Транспорт МИИТ

•ТЕОРИЯ •ИСТОРИЯ
•КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

1 2017 (68)

Учрежден Московским государственным университетом путей сообщения (МИИТ) в 2003 году

Редакционный совет:

Б. А. Лёвин – доктор технических наук, профессор МИИТ – председатель совета
Б. В. Гусев – член-корреспондент РАН – заместитель председателя совета
В. И. Галахов – доктор технических наук, профессор МИИТ – ответственный секретарь совета
И. С. Беседин – кандидат технических наук
Г. В. Бубнова – доктор экономических наук, профессор МИИТ
А. К. Головнич – доктор технических наук, доцент Белорусского государственного университета транспорта
Ф. С. Гоманков – кандидат технических наук, профессор МИИТ
А. А. Горбунов – доктор политических наук, профессор МИИТ
Н. А. Духно – доктор юридических наук, профессор МИИТ
Д. Г. Евсеев – доктор технических наук, профессор МИИТ
Л. А. Карпов – кандидат технических наук, профессор МИИТ
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
В. П. Мальцев – доктор технических наук, профессор МИИТ
Д. А. Мачерет – доктор экономических наук, профессор МИИТ, первый заместитель председателя Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»
Л. Б. Миротин – доктор технических наук, профессор Московского автодорожного государственного технического университета (МАДИ)
Н. П. Терёшина – доктор экономических наук, профессор МИИТ
Тран Дак Су – доктор технических наук, профессор Университета транспорта и коммуникаций (Ханой, Вьетнам)

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Андрей БОРОДИН
Комплексные решения проблем развития инфраструктуры и перевозочных ресурсов 6

Олег МАЛИКОВ, Оксана ПОКРОВСКАЯ
Методика построения сетевого графа структуры логистического объекта 18

Игорь ЛАГЕРЕВ
Комплексная математическая модель манипуляционной системы мобильной транспортно-технологической машины 28

Юрий ЗЕНКОВИЧ, Александр ИВАНЕНКО
Анализ электромагнитной совместимости рельсовых цепей и тягового электроснабжения 40

НАУКА И ТЕХНИКА

Юрий ЧЕРНОВ, Наталья ДМИТРИЕВА, Олеся КОКОРИНА
Система электроснабжения с трёхфазными трансформаторами для ВСМ 48

Владимир ГОЛЬДЕНБЕРГ
Возобновляемая энергия на железнодорожном транспорте . . . 64

Лада ЗАТОРСКАЯ
Моделирование процессов в тяговой сети и параметры подключения блокировки 76

Борис ДРОЗДОВ, Юрий ТЕРЕНТЬЕВ
Перспективы вакуумного магнитолевитационного транспорта . . . 90

Бурэн-Итгэл ГАНТУМУР, Владимир ПРЕЧИССКИЙ, Михаил СЛЕПЦОВ, Артем БАРАТ
Об эффективности использования автономных локомотивов на железных дорогах Монголии 100

ЭКОНОМИКА

Олег ДУНАЕВ
Транслогистическая платформа: сетевая кооперация 112

Дмитрий МАЧЕРЕТ, Юрий МАЧЕРЕТ
Проблемы транспортного обеспечения северных регионов . . 128

Дмитрий КАГАН
Оценка зависимости пассажирооборота от макроэкономических факторов 140

Игорь РУСИНОВ, Ирина ГАВРИЛОВА, Андрей НЕЛОГОВ
Опыт Японии в области регулирования линейного судоходства . 150

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Б. А. ЛЁВИН –
главный редактор

В. И. ГАЛАХОВ –
первый заместитель
главного редактора

Е. Ю. ЗАРЕЧКИН –
заместитель
главного редактора

Л. А. БАРАНОВ
В. Н. КОТУРАНОВ

Над номером
работали:
И. А. ГЛАЗОВ –
технический редактор
Т. Г. ИВАНОВА –
художественный редактор
Н. К. ОЛЕЙНИК –
технический редактор
М. В. МАСЛОВА –
английский перевод

Адрес редакции:
127994, г. Москва,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9.
Тел.: (495) 684 2877

Журнал выходит 6 раз в год.
Цена свободная.

***Подписной индекс
в Каталоге Роспечати
«Газеты. Журналы»* – 80812.**

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

Отпечатано в типографии
ООО «Печатный Дом «Череповецкая
Полиграфическая Компания»
г. Череповец, ул. Металлистов, 22
Тел.: (8202) 59 64 29, 59 64 28
Тираж 1000 экз.

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

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

При перепечатке ссылка
на журнал «Мир транспорта»
обязательна.
© «Мир транспорта», 2017

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Владимир БЕЛЯЕВ, Надежда ФИЛИППОВА
Основы организации транспортной системы
северных регионов 162

ЛЕ Хай Ха
Стратегия развития железных дорог Вьетнама:
видение до 2050 года 168

Татьяна КАЛИКИНА, Дарья СЕРОВА,
Виктория БАЛЕНКО
Факторы пропускной способности
транспортных коридоров Дальнего Востока. 174

Борис ВИНОГРАДОВ
Новое в проектировании пересечения рулежной
дорожки и подъездной автодороги в аэропорту 184

Бури КАРИМОВ
Интеграция автомобильных дорог СНГ
в мировую дорожную сеть 190

БЕЗОПАСНОСТЬ

Сергей ПАЛКИН, Валентин КОЗЫРЕВ
Гарантия качества рельсов – в договоре поставки 198

Владимир СУДЕНКО
Тактика осмотра места железнодорожного происшествия . . . 210

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Сергей БАРЫШНИКОВ, Андрей СТЕПАНОВ
Как обучение подчинить задачам отрасли 224

Алексей ТИХОНОВ, Сергей НОВИКОВ,
Марина ФЕДОТОВА
Взаимодействие вузов и предприятий в сфере
высокотехнологичного производства 232

Светлана ЛЯПИНА
Проблемы сотрудничества железных дорог
и научных организаций 242

Наталья ДЕНИСЕНКОВА
Политическое образование в вузе как стимул
гражданской активности студента 248

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Николай ГРИГОРЬЕВ
«Метался компас – буйствовал народ...» 256

Пресс-архив: «Железнодорожное дело», 1908 год 269

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Анатолий ПАНОВ
Монография о транспортных профсоюзах 276

Авторефераты диссертаций 281

Новые книги о транспорте. 283

Экспресс-информация 63, 75, 127, 231, 254

World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 15 Iss. 1 2017

Founded in 2003 by Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)

Editorial council:

Boris A. Lyovin, D.Sc. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering, chairman

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

Galina V. Bubnova, D.Sc. (Econ.), professor of Moscow State University of Railway Engineering

Valentine I. Galahov, D.Sc. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering, executive secretary

Ivan S. Besedin, Ph.D. (Eng)

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

Fedor S. Gomankov, Ph.D. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering

Alexander A. Gorbunov, D.Sc. (Pol), professor of Moscow State University of Railway Engineering

Nickolay A. Duhno, LL.D., professor of Moscow State University of Railway Engineering

Dmitry G. Evseev, D.Sc. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering

Leonid A. Karpov, Ph.D. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering

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

Valery P. Maltsev, D.Sc. (Eng), professor of Moscow State University of Railway Engineering

Dmitry A. Macheret, D.Sc. (Econ.), professor of Moscow State University of Railway Engineering, 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

Natalia P. Tereshina, D.Sc. (Econ), professor of Moscow State University of Railway Engineering

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

THEORY

Andrey F. BORODIN
Complex Solutions for the Problems of Infrastructure Development and Transportation Resources 6

Oleg B. MALIKOV, Oksana D. POKROVSKAYA
Method of Constructing a Network Graph of the Logistic Object Structure 18

Igor A. LAGEREV
Complex Mathematical Model of the Manipulation System of a Mobile Transport-Technological Machine 28

Yuri I. ZENKOVICH, Alexander A. IVANENKO
Analysis of Electromagnetic Compatibility of Track Circuits and Traction Power Supply 40

SCIENCE AND ENGINEERING

Yuri A. CHERNOV, Natalia Yu. DMITRIEVA, Olesya Yu. KOKORINA
Power Supply System with Three-Phase Transformers for HSR 48

Vladimir GOLDENBERG
Renewable Energy in Railway Transport 64

Lada P. ZATORSKAYA
Modeling Processes in the Traction Network and the Parameters for Connecting the Interlocking 76

Boris V. DROZDOV, Yuri A. TERENTIEV
Prospects for Vacuum Magnetic-Levitation Transport 90

Buren-Itgel GANTUMUR, Vladimir A. PRECHISSKY, Mikhail A. SLEPTSOV, Artem A. BARAT
On the Efficiency of Using Autonomous Locomotives on the Railways of Mongolia 100

ECONOMICS

Oleg N. DUNAEV
Translogistic Platform: Network Cooperation 112

Dmitry A. MACHERET, Yuri Ya. MACHERET
Problems of Transport Accessibility and Connectivity in the Northern Regions 128

Dmitry Z. KAGAN
Estimation of Dependence of Passenger Turnover of Transport on Macroeconomic Factors 140

Igor A. RUSINOV, Irina A. GAVRILOVA, Andrey G. NELOGOV
Japan's Experience in Governing Liner Shipping 150

Editorial board
Boris A. Lyovin, editor-in-chief
Valentine I. Galahov, first deputy editor-in-chief
Evgeny Yu. Zarechkin, deputy editor-in-chief
Leonid A. Baranov
Vladimir N. Koturanov

Editorial staff
Ivan A. Glazov, technical editor
Tatiana G. Ivanova, layout editor
Natalia C. Oleynik, editorial secretary
Maria V. Maslova, translator

Published quarterly since 2003.
Bimonthly since 2013.
68 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.

Information for the authors and editorial politics are available at the media page of the Web site of MIIT University 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.

Address for your mail: MIIT, Redaktsiya journala Mir Transporta, Obraztsova ul., d. 9, str. 9, Moscow, 127994, Russia.
E-mail: mirtr@mail.ru, MTavtor@mail.ru or wttjournal@gmail.com

© Mir Transporta
© World of Transport and Transportation
© English translation
© 2017. All rights reserved. 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.

ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

Vladimir M. BELYAEV, Nadezhda A. FILIPPOVA
Fundamentals of Transport System Organization in Northern Regions 162

LE Hai Ha
Development Strategy of Vietnam Railways: Vision to 2050 Year 168

Tatyana N. KALIKINA, Daria S. SEROVA, Victoria V. BALENKO
Factors of Capacity of Transport Corridors of the Far East 174

Boris A. VINOGRADOV
New in the Design of the Intersection of the Taxiway and the Access Road at the Airport 184

Buri B. KARIMOV
Integration of the CIS Roads into the World Road Network 190

SAFETY AND SECURITY

Sergey V. PALKIN, Valentine A. KOZYREV
Rails' Quality is Guaranteed by Supply Contract 198

Vladimir E. SUDENKO
Tactics of Inspection of Railway Accident Scene 210

HRM, EDUCATION & TRAINING

Sergey O. BARYSHNIKOV, Andrey L. STEPANOV
How to Subordinate Learning to the Tasks of the Industry 224

Aleksey I. TIKHONOV, Sergey V. NOVIKOV, Marina A. FEDOTOVA
Interaction of Universities and Enterprises in the Field of High-Tech Production 232

Svetlana Yu. LYAPINA
Problems of Cooperation between Railways and Scientific Organizations 242

Natalia N. DENISENKOVA
Political Education in the University as an Incentive for Student Civic Engagement 248

HISTORY WHEEL

Nikolai D. GRIGORIEV
«Compass Tore Around – People Went Wild» 256

Press Archives of the Rail Business of 1908 269

BIBLIO-DIRECTIONS

Anatoly I. PANOV
The Monograph about Transport Trade Unions 276

Selected Abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses 281

Newly Published Books on Transport and Transportation 283

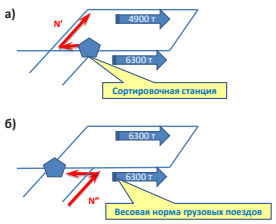
Express Information 63, 75, 127, 231, 254

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

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY

МЕТОДОЛОГИЯ 6

От чего отказываться, чтобы больше получить? Ресурсы инфраструктуры.



ДЕЛОВАЯ ЛОГИСТИКА 18

Материальные и виртуальные потоки.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ 28

Пятикомпонентная манипуляционная система.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ 40

Причины ложной занятости рельсовых цепей.

METHODOLOGY 6

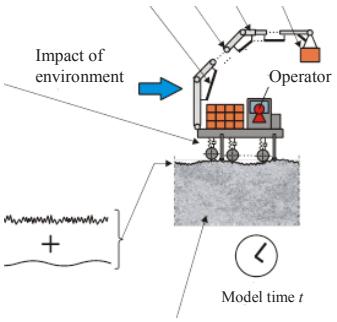
What should be rejected to gain more? The focus is on Infrastructure resources.

BUSINESS LOGISTICS 18

Material and virtual flows.

MATHEMATICAL MODEL 28

Five-component manipulation system.



ELECTROMASGNETIC COMPATIBILITY 40

Causes of false occupancy of rail circuits.

УДК 656.21

Комплексные решения проблем развития инфраструктуры и перевозочных ресурсов

Андрей БОРОДИН

Andrey F. BORODIN

Бородин Андрей Федорович *– доктор технических наук, профессор, заведующий отделением перспективного моделирования перевозочного процесса Института экономики и развития транспорта (АО «ИЭРТ»), Москва, Россия.*

Complex Solutions for the Problems of Infrastructure Development and Transportation Resources

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 13)

Представлены подход к обоснованию комплексных стратегий организации железнодорожных перевозок в условиях ограниченных инвестиций, классификация эксплуатационных резервов, методологические принципы комплексного решения проблем развития и использования инфраструктуры и перевозочных ресурсов на базе вариантных технологических режимов функционирования полигонов железнодорожной сети.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура, перевозки, ограниченные инвестиции, методология, эксплуатационные резервы, классификация, перевозочные ресурсы, вариантные технологические режимы.

Неубывающий дефицит мощности основных направлений и узлов отечественных железных дорог сопровождается жестким дефицитом доступных инвестиционных ресурсов. Разработка и актуализация генеральной схемы развития сети железных дорог [1], бизнес-планы крупных комплексных инвестиционных проектов, обоснование инвестиций по объектам, подготовка технических условий на проектирование строительства, реконструкции и примыкания железнодорожных путей необщего пользования – на любой из этих стадий неизбежно приходится искать ответ на вопрос: от чего и в какой последовательности отказываться, чтобы минимизировать потери технологического эффекта?

Не меньшую сложность представляет собой и проблема определения диапазона внешних и внутренних условий, при которых сохраняется необходимость и минимально допустимая эффективность мероприятий по развитию железнодорожной инфраструктуры. Как известно, неполнота информации о размерах и структуре транспортных потоков на перспективу касается всех видов движения, а в грузовом движении – не только груженых, но и порожних

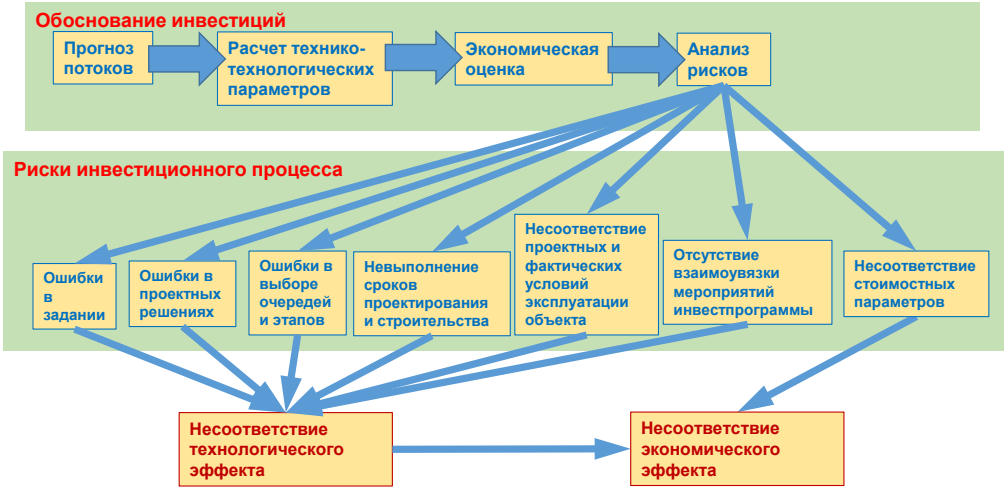


Рис. 1. Схема мониторинга и оценки рисков развития железнодорожной инфраструктуры.

вагонопотоков. Например, достаточно сложно указать, какая доля перевозок будет выполняться в вагонах отдельных операторов подвижного состава, какая система регулирования вагонных парков будет выстроена этими операторами. Поэтому алгоритмы мониторинга и оценка рисков (рис. 1) должны не только опираться на результаты исследования [2], но и обеспечивать, с одной стороны, выбор решений, которые не теряют своей эффективности при возможных изменениях исходных данных, а с другой стороны – содержать логические условия и вычислительные процедуры, снижающие вероятность указанных на схеме (см. рис. 1) ошибок.

СТРАТЕГИИ ОСВОЕНИЯ ПЕРЕВОЗОК

Технологический эффект оценивают прежде всего по целевым показателям комплексных инвестиционных проектов развития железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД», которые, как правило, определяют достигаемую пропускную и провозную способность участков и направлений, маршрутную скорость пассажирских поездов, участковую скорость и весовые нормы грузовых поездов. Таким образом, регламентируются требования к параметрам каналов в транспортной системе (в терминологии, предложенной проф. П. А. Козловым [3, 4]), но не устанавливается никаких требований к характеристикам бункеров. В терминологии железнодорожного транспорта характеристики канала – пропускные способности станций, участков и внутриузловых ходов, перерабатывающие способности сортировочных комплексов и грузовых терминалов; характеристики бункера – накопительные и регулирующие ёмкости путевого развития. Недооценка свойств и параметров бункера в развитии железнодорожной сети приводит к результатам отнюдь не абстрактно-теоретическим.

В текущем десятилетии имели место жесткие последствия роста грузового вагонного парка при изменившихся принципах его эксплуатации. Явление технологического дефицита вагонного парка в 2011–2013 годы, когда при росте общего наличия грузовых вагонов падала надежность обеспечения заявок грузоотправителей погрузочными ресурсами, росли затруднения с отправлением грузов – результат отсутствия гармонизации ресурсов инфраструктуры, численности вагонного парка и методов управления движением. Одной из причин этого стал, в частности, перенос ряда мероприятий по развитию станций (в том числе предусмотренных уже называвшейся схемой [5]) на более поздние сроки.

В работах [6, 7] доказано, что в диапазоне избыточного заполнения емкости станционного путевого развития происходит исключение части станционных путей из работы по пропуску и переработке потоков поездов и вагонов. При этом результирующая пропускная способность желез-

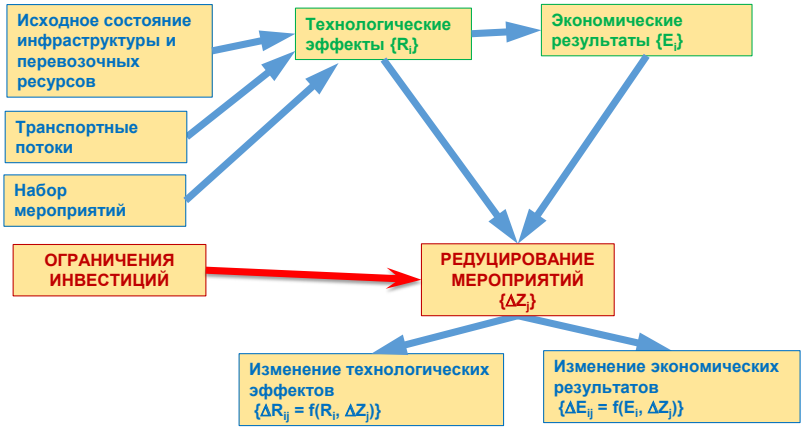


Рис. 2. Редуцирование мероприятий при ограничениях инвестиций.

нодорожной инфраструктуры существенно снижается относительно паспортных значений, рассчитанных согласно инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог [8].

Методологически сформулирован [7] подход к обоснованию комплексных стратегий освоения железнодорожных перевозок, включающих инвестиции в развитие инфраструктуры, изменение численности и структуры локомотивного и вагонного парков, улучшение технологии управления движением (снижение доли непроизводительного использования мощности инфраструктуры).

Редуцирование мероприятий инвестиционной программы и их параметров $\{DZ_j\}$ при ограничениях инвестиций (рис. 2), обеспечивающее минимизацию потерь технологического эффекта $\{DR_{ij} = f(R_i, DZ_j)\}$, предусматривает решения следующих классов: уменьшение потребной пропускной способности участков по перегонам и (или) системе тягового электроснабжения $\{\Delta n_{п.уч}\}$; уменьшение потребной пропускной способности станций по паркам, горловинам и соединительным путям $\{\Delta n_{п.ст}\}$; уменьшение потребной перерабатывающей способности станций по сортировочным, грузовым и специальным устройствам $\{\Delta N_{п.пер}\}$; уменьшение накопительной, регулирующей и служебно-технической [9] ёмкости путевого развития станций $\{\Delta E_{п.ст}\}$; уменьшение потребной численности локомотивного парка и мощности устройств локомотивного хозяйства $\{\Delta M_{п.и}\}$.

Решения каждого из этих классов влекут за собой ухудшение определенных групп показателей, увеличение потребности определенных групп ресурсов и необходимость определенных технологических мер компенсации (таблица 1), где $t_{ож.отпр}$ – время ожидания отправления со станции, ч; $K_{ост}$ – количество остановок грузовых поездов на участке; $V_{уч}$ – участковая скорость грузовых поездов, км/ч; $t_{пер}$, $t_{тр}$, $t_{м}$ – время нахождения на станции вагонов соответственно транзитных с переработкой, транзитных без переработки и местных, ч; $n_{з}$ – среднесуточное число поездов, задерживаемых по неприему станцией; k – число назначений формируемых поездов.

Рассматриваемые компенсационные меры не всегда приводят к положительным результатам. Например, уменьшение потребного количества и длины сортировочных путей на станции при расчете на перспективные потоки может вызвать потребность укладки не меньшего (если не большего) числа путей в приемных парках других станций и усиления горок, при этом замедлится продвижение вагонопотоков.

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЕРВОВ

Превышение мощности над среднесуточным объёмом работы определяется:

1) потребной пропускной способностью железнодорожной инфраструктуры;

2) заданными размерами грузового и пассажирского движения месяца максимальных перевозок;

3) потребной вместимостью путевого развития железнодорожных станций и путей необщего пользования;

Таблица 1

Меры компенсации редуцирования мероприятий по развитию железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов

Классы решений	Ухудшаемые показатели	Повышенная потребность	Меры компенсации
$\{\Delta n_{п.уч}\}$	$t_{ож.отпр}$; $K_{ост}$; $V_{уч}$	Ёмкости станций для невывезенных поездов и тягово-энергетических ресурсов из-за снижения участковой скорости	Параллельный график (S_1); переключение пассажирских и(или) грузовых поездов на параллельные хода (S_2); увеличение веса и длины поездов (S_3); уменьшение размеров пассажирского и пригородного движения (S_4)
$\{\Delta n_{п.ст}\}$	$t_{пер}$; $t_{тр}$; $t_{м}$; $n_{з}$; $K_{ост}$; $V_{уч}$	Мощности участков и тяговых ресурсов для ускорения вывоза поездов	S_1; S_2; S_3; S_4; перераспределение сортировочной работы (S_5); изменение схемы тягового обслуживания и гарантийных участков (S_6); увеличение уровня маршрутизации перевозок (S_7)
$\{\Delta N_{п.пер}\}$	$t_{пер}$; $t_{м}$; $n_{з}$; $K_{ост}$; $V_{уч}$	Ёмкости станций для вагонов в ожидании переработки и грузовых операций	S_5; S_7; обезличивание универсального вагонного парка (S_8)
$\{\Delta E_{п.ст}\}$	k; $n_{з}$; $K_{ост}$; $V_{уч}$	Перерабатывающей способности станций из-за снижения транзитности вагонопотоков, мощности участков и тяговых ресурсов для ускорения вывоза поездов	S_1; S_2; S_3; S_4; S_5; S_7; S_8
$\{\Delta M_{п.и}\}$	$t_{ож.отпр}$; $K_{ост}$; $V_{уч}$	Ёмкости станций для невывезенных поездов и мощности участков из-за снижения веса поезда	S_2; S_4; S_5; S_7; S_8

4) имеющимися возможностями регулирования вагонопотоков.

При расчетах и обоснованиях следует различать:

1) эксплуатационные резервы (экономически обоснованное превышение мощности над среднесуточным объёмом работы в расчетном году), которые могут быть использованы для освоения дополнительного объёма перевозочной работы;

2) технически необходимую долю мощности инфраструктуры и перевозочных ресурсов, которая используется для обеспечения надежности перевозочного процесса (соблюдения условий взаимодействия элементов инфраструктуры, достижения заданных технологических эффектов, удержания качественных показателей эксплуатационной работы в диапазоне допустимых значений).

Эксплуатационные резервы представляют собой запас мощностей, образующийся при их вводе в эксплуатацию ранее срока достижения расчётных размеров движения, исходя из потребности в снижении общих эксплуатационных и строительных затрат; при этом транспортные потоки и удельные расходы в эксплуатации меньше расчетного значения.

Технически нужное для устойчивого вывоза поездов количество ниток грузовых поездов в графике движения, на которое следует рассчитывать потребность локомотивов и показатели формы ЦДЛ-13, а также принимать потребную пропускную способность, установлено исследованиями, проведенными с применением имитационного моделирования и теории надежности. Относительное превышение расчетных размеров грузового движения над среднесуточными размерами месяца максимальных грузовых перевозок практически изменяется в диапазоне от 0,14 при 100 парах поездов/сут до 0,205 при пяти парах поездов/сут (рис. 3). При этом незначительное число невывезенных поездов в течение максимального месяца будет иметь место не более двух суток, что является технологически допустимым.

Игнорирование данных рекомендаций будет вызывать хронические нарушения взаимодействия станций и участков железных дорог. При отсутствии резерва ниток графика накопление невывезенных поездов в узлах потребует дополнительного устройства десятков приемоотправочных путей в каждом направлении следования (рис. 4), сделает невозможными своевременную доставку грузов, эффективное использование подвижного состава, энергоресурсов и штата.

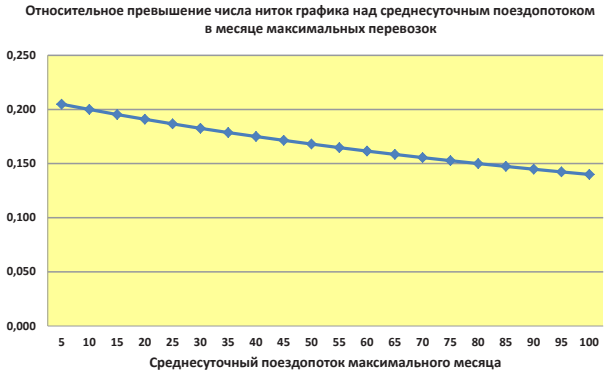


Рис. 3. Технически необходимое превышение расчётных размеров грузового движения над среднесуточными размерами месяца максимальных грузовых перевозок.

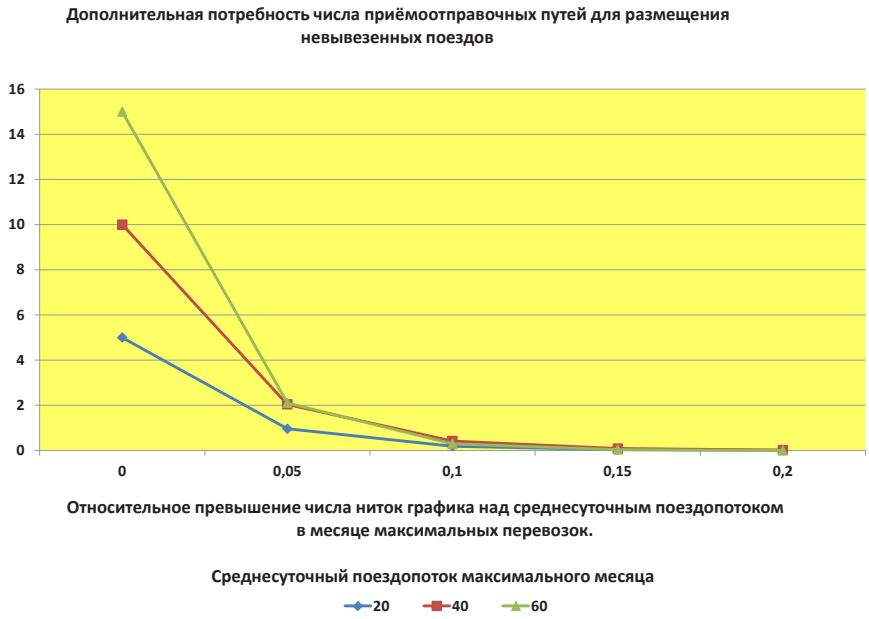


Рис. 4. Увеличение потребности приёмоотправочных путей при недостатке тяговых и графиковых ресурсов для вывоза грузовых поездов.

В оперативных условиях эксплуатационные затруднения развиваются циклично (рис. 5). В настоящее время записаны и запрограммированы уравнения перехода, решение которых позволяет моделировать развитие затруднений и вычислять баланс провозной способности железнодорожных полигонов, исходя из обеспечения их маневренности [7], то есть беспрепятственного продвижения поездопотоков без задержек по неприему станциями, внешними стыковыми пунктами полигона, а также без задержек обмена вагонами с железнодорожными путями необщего пользования.

Указанный баланс провозной способности должен определяться расчетом на моделях конкретных полигонов, позволяющих вычислять функции распределения технологического времени доставки грузов и порожних вагонов. По функциям распределения следует оценивать надежность выполнения юридических (нормативных и договорных) сроков доставки, которая должна быть в числе целевых показателей инвестиционных проектов и технологических эффектов включаемых в них мероприятий.

ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ

Комплексное решение проблемы развития и использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов должно обеспечивать в условиях текущей эксплуатации:

– достаточную инвариантность наборов реконструктивных мероприятий к конъюнктурным изменениям транспортных

Рис. 5. Цикличность развития эксплуатационных затруднений и баланс провозной способности.

потоков (грузовая база, пассажиропотоки, система управления вагонными парками);

– возможности для регулирования вагонопотоков за счет их перераспределения между элементами железнодорожной инфраструктуры (использования параллельных железнодорожных ходов, перераспределения сортировочной работы между станциями и др.).

Такое регулирование позволяет:

1) сохранять необходимый уровень надежности транспортного обслуживания в периоды работ по ремонту и модернизации инфраструктуры, сезонных изменений пассажирского движения и условий грузовой работы;

2) скомпенсировать неравномерность транспортных потоков по отдельным корреспонденциям и снизить общую потребность в пространственно-временных ресурсах за счет их взаимозаменяемости.

В ОАО «РЖД» проводится комплексный подход к ремонту и текущему содержанию инфраструктуры, предусматривающий переход от вариантных графиков движения поездов на участках и направлениях к вариантным технологическим режимам работы полигонов железнодорожной сети [7].

Возможности для эффективного применения таких режимов должны закладываться в мероприятия по развитию инфраструктуры в части:

– унификации веса и длины грузовых поездов на параллельных ходах;

– размещения и развития сортировочных станций, пассажирских (в том числе пассажирских технических) станций, транспортно-логистических центров, вагонно-линейного и локомотивного хозяйств;

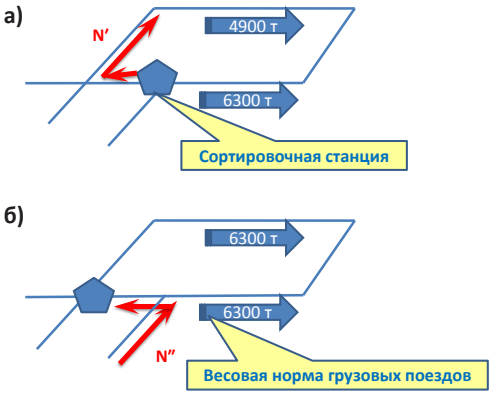


Рис. 6. Варианты размещения сортировочной станции и весовых норм грузовых поездов.

– концентрации и (или) дублирования однородных операций в транспортных узлах;

– организации подготовки порожних вагонов и размещения вагонов, не участвующих в перевозочном процессе.

Отнюдь не любая топология железнодорожной сети позволяет организовать эффективное взаимодействие железнодорожных узлов и направлений. Рассмотрим два варианта размещения сортировочной станции и установления весовых норм грузовых поездов на железнодорожном полигоне (рис. 6).

Первый вариант (см. рис. 6а) предусматривает на параллельных направлениях разные весовые нормы 4900 и 6300 т, а также концентрацию сортировочной работы с размещением сортировочной станции в узле, из которого вагонопотоки будут следовать с перепробегами N'. Данное

решение ограничивает возможности регулирования вагонопотоков при изменениях эксплуатационной обстановки: направление вагонов на параллельный ход требует организации перелома веса составов, а ввод в действие эффективных назначений плана формирования на сортировочной станции потребует либо длительных простоев вагонов под накоплением, либо направления вагонов на данную станцию с дополнительными перепробегами на подходах. Таким образом, развитие возможных эксплуатационных затруднений можно будет устранять путем увеличения загрузки инфраструктуры, что может еще более осложнить обстановку.

Второй вариант (см. рис. 6б) предусматривает на параллельных направлениях унифицированную весовую норму 6300 т и размещение сортировочной станции в узле, в который вагонопотоки будут направляться с перепробегами $N'' < N'$. Такой вариант потребует некоторого увеличения инвестиций, но позволит эффективно управлять вагонопотоками в значительном диапазоне изменения условий работы, что, безусловно, сократит прямые производственные расходы.

Для оценки последних каждый i-й вариантный технологический режим $W(t_i)$ характеризуется периодом действия длительностью t_i с датами начала T_{0i} и завершения T_i и с набором параметров

$$\{W_1(t_i), W_2(t_i), W_3(t_i), W_4(t_i), W_5(t_i), W_6(t_i), W_7(t_i)\},$$

где $W_j(t_i)$, $j = 1, ..., 7$ – вектор, характеризующий j-ю подсистему технологии эксплуатационной работы полигона.

Переменные, составляющие вектор $W_1(t_i)$, характеризуют действующую на полигоне технологию организации вагонопотоков; $W_2(t_i)$ – параметры внутриузловой (внутристанционной) технологии; $W_3(t_i)$ – график движения поездов и технологию поездной работы; $W_4(t_i)$ – систему тягового обслуживания; $W_5(t_i)$ – регулирование порожних вагонов; $W_6(t_i)$ – технологию работы путей необщего пользования и других железнодорожных инфраструктур; $W_7(t_i)$ – пассажирское и пригородное движение.

При этом переменные $W_5(t_i)$, $W_6(t_i)$, $W_7(t_i)$ находятся (полностью или частично) вне зоны ответственности ОАО «РЖД» как владельца инфраструктуры и гарантирующего перевозчика. Поэтому в конкретной постановке указанные переменные выступают либо как управляемые переменные в многокритериальной задаче, либо как система ограничений в однокритериальной задаче.

Следует также подчеркнуть, что задачи отыскания эффективного набора параметров вариантного технологического режима $W^{\bullet}(t_i)$ должны учитывать затраты, связанные со сменой технологических режимов (стоимостную оценку набора возможных технологических изменений) как при колебаниях предъявляемых транспортных потоков пассажирского и грузового движения, так и при выделенных календарных периодах проведения ремонтных и строительно-монтажных работ на заданных направлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пехтерев Ф. С. Об основных положениях Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 года // Железнодорожный транспорт.– 2012.– № 5.– С. 4–9.

2. Козлов П. А., Владимирская И. П., Козлова В. П. Экономико-технологические риски в проектах развития транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации.– 2009.– № 2.– С. 24–27.

3. Козлов П. А., Владимирская И. П. Метод оптимизации структуры транспортной системы // Мир транспорта.– 2009. – № 2.– С. 84–87.

4. Козлов П. А. Поток и бункер-канал в транспортной системе // Мир транспорта.– 2014.– № 2.– С. 30–37.

5. Бородин А. Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорожный транспорт.– 2008.– № 1.– С. 48–54.

6. Бородин А. Ф., Сотников Е. А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли приватных вагонов // Железнодорожный транспорт.– 2011.– № 3.– С. 8–19.

7. Сайбаталов Р. Ф., Бородин А. Ф. Вагонный парк, инфраструктуру и управление движением – к общему знаменателю // Железнодорожный транспорт.– 2014.– № 11.– С. 26–34.

8. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог / ОАО «РЖД», утв. 10.11.2010 г. № 128.– М.: Техинформ, 2011.– 289 с.

9. Бородин А. Ф. Эффективно использовать станционные мощности // Железнодорожный транспорт.– 2006.– № 6.– С. 37–43.

Координаты автора: **Бородин А. Ф.** – Borodin@iedt.ru, Borodinaf@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 07.11.2016, принята к публикации 29.12.2016.

COMPLEX SOLUTIONS FOR THE PROBLEMS OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT AND TRANSPORTATION RESOURCES

Borodin, Andrey F., *Institute of Economics and Transport Development (JSC IERT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The paper presents an approach to justification of complex strategies for organization of rail transportation in conditions of limited investments, classification of operational reserves, methodological principles for integrated solution of the problems of development and use of infrastructure and transportation resources based on the variant technological modes of functioning of the railway network.

Keywords: railway infrastructure, transportation, limited investments, methodology, operational reserves, classification, transportation resources, variant technological modes.

Background. *The non-decreasing power shortage of the main directions and nodes of domestic railways is accompanied by a severe shortage of available investment resources. Development and actualization of the general scheme for development of the railway network [1], business plans for large complex investment projects, justification of investment in facilities, preparation of technical conditions for design of construction, reconstruction and junction of tracks of non-public use – at any of these stages, the question arises: what and in what order is to be refused, in order to minimize the loss of technological effect?*

The problem of determining the range of external and internal conditions under which the need and the minimum permissible efficiency of measures to develop the railway infrastructure remain is equally difficult. As it is known, incompleteness of information about the size and structure of traffic flows for the future concerns all types of traffic, and in the freight traffic – not only laden, but also empty car flows. For example, it is rather difficult to indicate what proportion of traffic will be carried out in the cars of individual rolling stock operators, which car fleet regulation system will be built by these operators. Therefore, monitoring algorithms and risk assessment (Pic. 1) should not only rely on the results of the study [2], but also ensure, on the one hand, the choice of solutions that do not lose their effectiveness with possible changes in the initial data, and on the other hand – contain logical conditions and computational procedures that reduce the probability of errors indicated in the diagram (see Pic. 1).

Objective. *The objective of the author is to consider complex solutions for the problems of infrastructure development and transportation resources.*

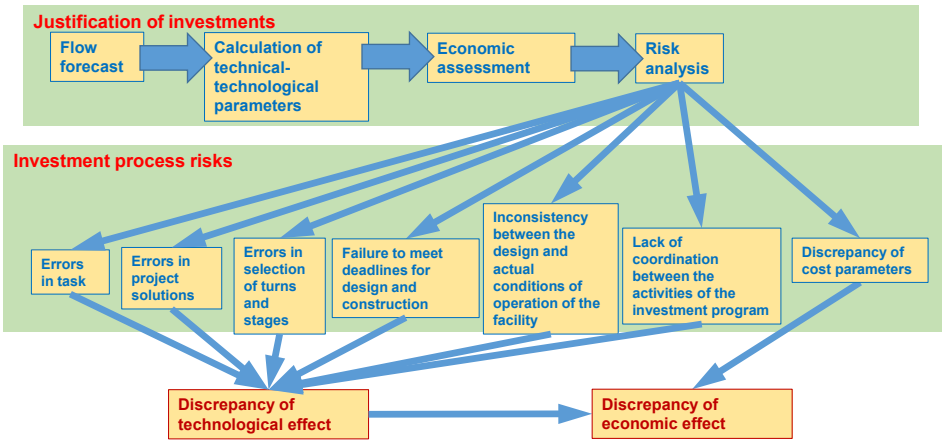
Methods. *The author uses general scientific and mathematical methods, comparative analysis, scientific description, evaluation approach.*

Results.

Transportation management strategies

The technological effect is evaluated primarily by the target indicators of integrated investment projects for development of railway infrastructure of JSC Russian Railways, which, as a rule, determine the achieved throughput and carrying capacity of sectors and destinations, route speed of passenger trains, section speed and weight norms of freight trains. Thus, the requirements for the parameters of the channels in the transport system are regulated (in the terminology proposed by professor P. A. Kozlov [3, 4]), but no requirements are set for characteristics of bunkers. In the terminology of railway transport, the characteristics of the channel are the capacity of stations, sections and in-junction runs, processing capacities of sorting complexes and cargo terminals; characteristics of the bunker – accumulative and regulating capacities of the road development. Underestimation of the properties and parameters of the bunker in the development of the railway network leads to results that are by no means abstract theoretical.

In the current decade there have been severe consequences of the growth of freight car fleet in the changed principles of its operation. The phenomenon of technological deficiency of the car fleet in 2011–2013, when the overall availability of freight cars was growing, the reliability of supplying shippers' shipments fell, the difficulties with dispatch of cargo were growing – the result of the lack of harmonization of the infrastructure resources, the number of car fleet and traffic management methods. One of the reasons for this was, in particular, the transfer of a number of

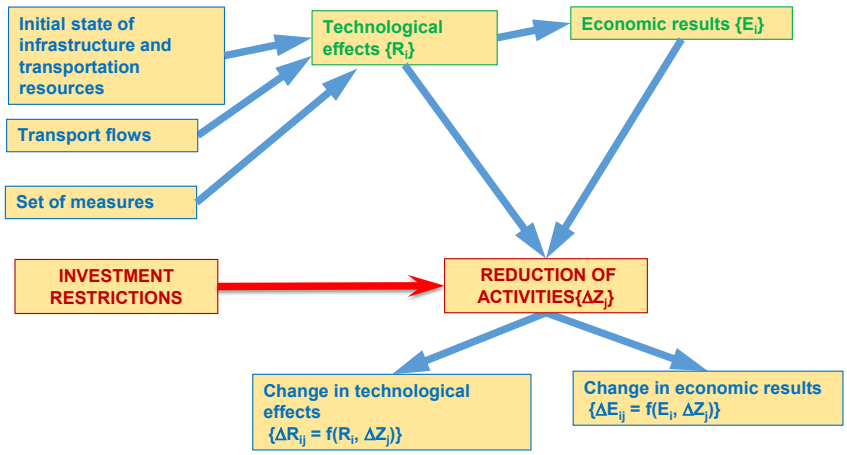


Pic. 1. Scheme for monitoring and assessing the risks of railway infrastructure development.

Table 1

Measures to compensate for the reduction of activities for development of railway infrastructure and transportation resources

Solution classes	Deteriorated indicators	Increased demand	Compensation measures
$\{\Delta n_{r.sec}\}$	$t_{wait.dep}$; K_{stops}; V_{sec}	Capacity of stations for unavailable trains and traction and energy resources due to a decrease in section speed	Parallel graph (S_1); switching of passenger and (or) freight trains to parallel runs (S_2); increase in weight and length of trains (S_3); reduction in passenger and suburban traffic (S_4)
$\{\Delta n_{r.st}\}$	t_{proc}; t_{tr}; t_i; n_3; K_{stops}; V_{sec}	Power of sections and traction resources for speeding up the export of trains	S_1; S_2; S_3; S_4; redistribution of sorting work (S_5); changing the scheme of traction service and warranty areas (S_6); increase in the level of traffic routing (S_7)
$\{\Delta N_{r.proc}\}$	t_{proc}; t_i; n_3; K_{stops}; V_{sec}	Capacity of stations for cars awaiting processing and cargo operations	S_5; S_7; depersonalization of the universal car fleet (S_8)
$\{\Delta E_{r.st}\}$	k; n_3; K_{stops}; V_{sec}	Processing capacity of the stations due to reduced transit flows of cars, capacity of sections and traction resources to speed up the export of trains	S_1; S_2; S_3; S_4; S_5; S_7; S_8
$\{\Delta M_{r.i}\}$	$t_{wait.dep}$; K_{stops}; V_{sec}	Capacity of stations for unavailable trains and power of sections due to the reduction in the weight of the train	S_2; S_4; S_5; S_7; S_8



Pic. 2. Reduction of activities under investment restrictions.

measures for the development of stations (including those envisaged by the scheme already mentioned [5]) to a later date.

In [6, 7] it was proved that in the range of excess filling of the capacity of the station track development, a part of the station tracks is excluded from the work of passing and processing the flows of trains and cars. At the same time, the resulting capacity of the railway infrastructure is significantly reduced relative to the passport values calculated in accordance with the instruction for calculating the available railroad capacity [8].

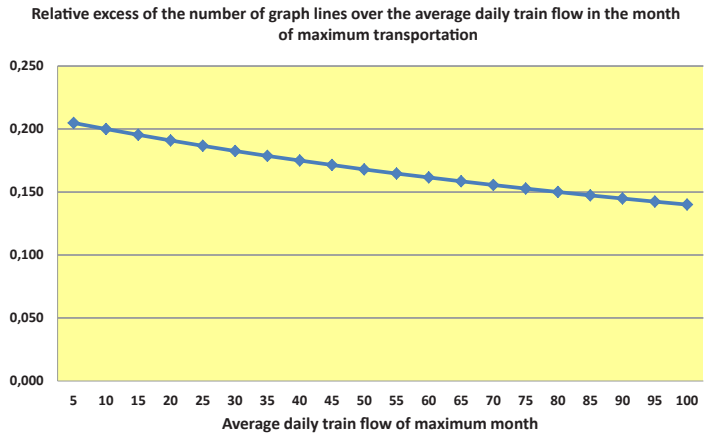
An approach to the rationale of integrated strategies for development of rail transport, including investment in infrastructure development, changing the number and structure of locomotive and car parks, improving the technology of traffic management (reducing the proportion of unproductive use of infrastructure capacity) was formulated methodologically [7].

Reduction of the activities of the investment program and their parameters {DZj} under investment restrictions (Pic. 2), which minimizes the loss of technological effect

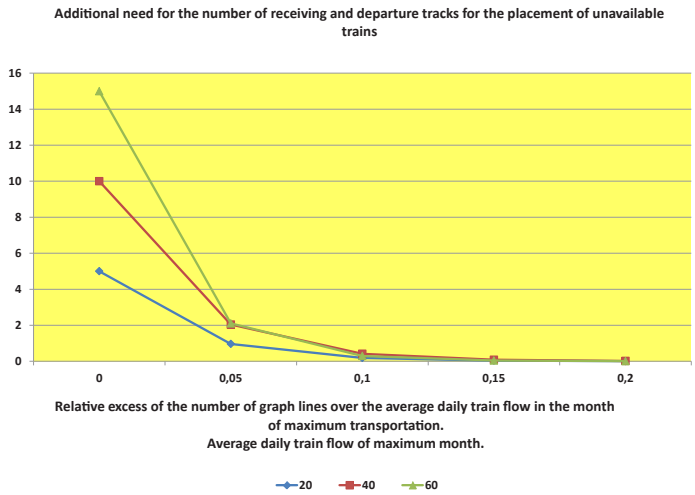
$\{DR_{ij} = f(R_i, DZ_j)\}$,

provides for the solutions of the following classes: reduction of the required capacity of sections on the hauls and (or) the traction power supply system $\{\Delta n_{r.sec}\}$; reduction of the required capacity of stations in parks, necks and connecting tracks $\{\Delta n_{r.st}\}$; reduction of the required processing capacity of the stations for sorting, freight and special devices $\{\Delta N_{r.proc}\}$; reduction of accumulative, regulating and service-technical [9] capacity of the track development of stations $\{\Delta E_{r.st}\}$; reduction of the required number of locomotive fleet and capacity of locomotive facilities $\{\Delta M_{r.i}\}$.

The solutions of each of these classes result in the deterioration of certain groups of indicators, the increase in the need for certain resource groups and the need



Pic. 3. Technically necessary excess of the estimated size of the freight traffic over the average daily size of the month of maximum freight traffic.



Pic. 4. Increase in the need for receiving departure tracks with a lack of traction and graph resources for the export of freight trains.

for certain technological compensation measures (Table 1), where $t_{wait.dep}$ is the waiting time for departure from the station, h; K_{stops} is the number of stops of freight trains on the section; V_{sec} is section speed of freight trains, km / h; t_{proc}, t_{tr}, t_l is the time spent at the station of cars, respectively, transit with processing, transit without processing and local, h; $n_з$ is the average daily number of trains delayed by the non-acceptance by the station; k is the number of train assignments.

The compensatory measures considered do not always lead to positive results. For example, a reduction in the required number and length of sorting tracks at a station in the calculation for future flows may cause the need to lay not less (if not more) number of tracks in the receiving parks of other stations and strengthen the humps, while slowing the progress of the car flows.

Classification of reserves

The excess of capacity over the average daily volume of work is determined by:

1) the required capacity of the railway infrastructure;

2) the given sizes of cargo and passenger traffic of the month of maximum transportation;

3) the required capacity for track development of railway stations and tracks of non-public use;

4) the available options for regulating car flows.

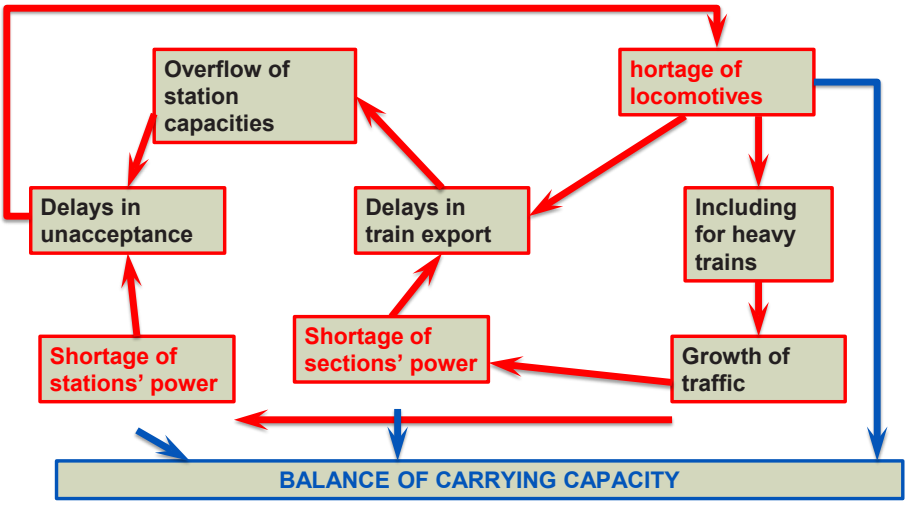
In the calculations and justifications, it is necessary to distinguish:

1) operational reserves (economically feasible excess of capacity over the average daily volume of work in the calculated year), which can be used to develop additional volume of transportation work;

2) the technically necessary share of the capacity of the infrastructure and transportation resources, which is used to ensure the reliability of the transportation process (compliance with the conditions for interaction of infrastructure elements, achieving specified technological effects, maintaining performance indicators within the acceptable range).

Operational reserves represent a reserve of capacity, formed when they are put into operation before the term for achieving the estimated traffic size, based on the need to reduce the overall operating and construction costs; while transport flows and unit costs in operation are less than the calculated value.

Technically necessary for the steady export of trains, the number of lines of freight trains in the traffic schedule, on which the need for locomotives and the indicators of the form CDL-13 should be calculated, and also to take the required throughput, is established by studies carried out using simulation and reliability theory. The relative excess of the estimated freight traffic over the average daily size of the month of maximum freight transportation varies practically in the range from 0,14 at 100 pairs of trains / days to 0,205 at five pairs of trains / days (Pic. 3). At the same time, a small number of unavailable trains during the maximum month will take place no longer than during two days, which is technologically feasible.



Pic. 5. Cyclical development of operational difficulties and balance of carrying capacity.

Ignoring these recommendations will cause chronic disturbances in the interaction of stations and sections of the railways. In the absence of reserve of schedules, the accumulation of unavailable trains at the nodes will require the addition of dozens of receivers in each direction (Pic. 4), make it impossible to deliver goods in a timely manner, and efficient use of rolling stock, energy resources and staff.

In operational conditions, operational difficulties develop cyclically (Pic. 5). At present, transition equations have been recorded and programmed, the solution of which allows modeling the development of difficulties and calculating the balance of the carrying capacity of railway ranges, proceeding from ensuring their maneuverability [7], that is, the unhampered advancement of train flows without delays in unacceptance by stations, external landfill sites, and without delay in the exchange of cars with non-public railway tracks.

The specified balance of carrying capacity should be determined by calculation on models of concrete polygons, allowing to calculate functions of distribution of technological time of delivery of cargoes and empty cars. Using distribution functions it is necessary to evaluate the reliability of fulfillment of legal (normative and contractual) delivery terms, which should be among the targets of investment projects and technological effects of the activities included in them.

Principles of an integrated solution

A comprehensive solution to the problem of development and use of the railway infrastructure and transportation resources should ensure in the conditions of current operation:

– sufficient invariance of sets of reconstructive measures to the conjunctural changes in traffic flows (cargo base, passenger flows, car fleet management system);

– opportunities for regulating car flows due to their redistribution between the elements of the railway infrastructure (use of parallel railway runs, redistribution of sorting work between stations, etc.).

This regulation will allow:

1) to maintain the necessary level of reliability of transport services during periods of repair and modernization of infrastructure, seasonal changes in passenger traffic and conditions of cargo operations;

2) to compensate the unevenness of traffic flows for individual correspondence and to reduce the overall need for space-time resources due to their interchangeability.

JSC Russian Railways carries out an integrated approach to repair and current maintenance of the infrastructure, providing for the transition from variant train schedules on sections and directions to the variant technological modes of operation of the railway network sites [7].

Opportunities for effective implementation of such regimes should be incorporated into infrastructure development activities in the following areas:

– unification of weight and length of freight trains on parallel runs;

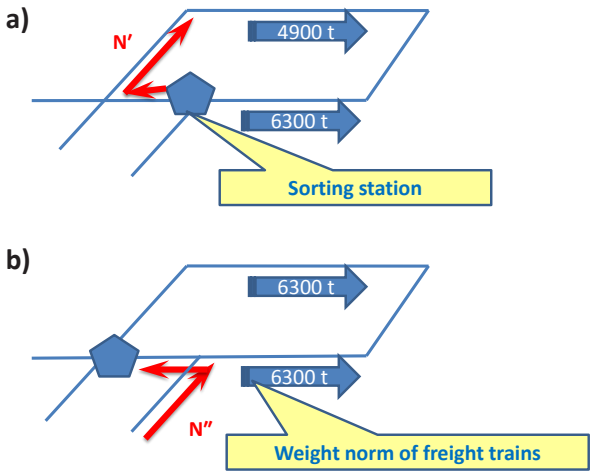
– location and development of marshalling yards, passenger (including passenger technical) stations, transport and logistics centers, car-linear and locomotive economies;

– concentration and (or) duplication of homogeneous operations in transport hubs;

– organization of preparation of empty cars and placement of cars not participating in the transportation process.

Not any topology of the railway network makes it possible to organize an effective interaction of railway junctions and directions. Let's consider two variants of placement of a sorting station and establishment of weight norms of freight trains on a railway range (Pic. 6).

The first variant (see Pic. 6a) provides for different directions in parallel runs different weight norms of 4900 and 6300 tons, as well as the concentration of sorting work with the placement of the sorting station at the node from which the car trains will follow with over-runs N'. This solution limits the possibilities of regulating the carload flows in the event of a change in the operational situation: the direction of the cars to the parallel run requires the organization of the fracture of the weights of the trains, and putting into effect effective design plan assignments at the marshalling yard will require either long idle times of the cars under accumulation or the direction of the cars to this station with additional reruns on the approaches. Thus, the development of possible operational difficulties can be eliminated by increasing the utilization of infrastructure, which can further complicate the situation.



Pic. 6. Variants of placement of the sorting station and weight norms of freight trains.

The second option (see Pic. 6b) provides on parallel directions a unified weighting norm of 6300 tons and the placement of a sorting station at the node in which the traffic flows will be sent with reruns of N'' < N'. Such a variant will require some increase in investments, but will allow efficient management of the car flows in a significant range of changes in working conditions, which, of course, will reduce direct production costs.

For the evaluation of the latter, each i -th variant technological mode $W(t_i)$ is characterized by a period of action of duration t_i with dates of beginning T_{0i} and completion T_i and with a set of parameters $\{W_1(t_i), W_2(t_i), W_3(t_i), W_4(t_i), W_5(t_i), W_6(t_i), W_7(t_i)\}$, where $W_j(t_i)$, j = 1, ..., 7 is the vector characterizing the j-th subsystem of the polygon operational technology.

The variables that make up the vector $W_1(t_i)$ characterize the technology of the organization of car flows operating on the polygon; $W_2(t_i)$ – parameters of intra-node (intra-station) technology; $W_3(t_i)$ – train schedule and train operation technology; $W_4(t_i)$ – traction service system; $W_5(t_i)$ – regulation of empty cars; $W_6(t_i)$ – technology for the operation of non-public tracks and other railway infrastructures; $W_7(t_i)$ – passenger and suburban traffic.

In this case, the variables $W_5(t_i)$, $W_6(t_i)$, $W_7(t_i)$ are located (in whole or in part) outside the zone of responsibility of JSC Russian Railways as the owner of the infrastructure and the guaranteeing carrier. Therefore, in a specific formulation, these variables act either as controllable variables in a multicriteria task or as a system of constraints in a single-objective problem.

Conclusion. *It should also be emphasized that the tasks of finding an effective set of parameters of a variant technological regime $W^*(t_i)$ should take into account the costs associated with the change of technological regimes (cost estimation of a set of possible technological changes), both in the case of fluctuations in the presented traffic flows of passenger and freight traffic, calendar periods of carrying out repair and construction works on specified directions.*

REFERENCES

1. Pekhterev, F. S. On the main provisions of the General Scheme for development of the railway network of JSC Russian Railways for the period until 2020 [*Ob osnovnyh polozhenijah General'noj shemy razvitija seti zheleznyh dorog OAO «RZhD» na period do 2020 goda*]. *Zheleznodorozhnyj transport,* 2012, Iss. 5, pp. 4–9.

2.Kozlov, P. A., Vladimirskaya, I. P., Kozlova, V. P. Economic and technological risks in the projects of transport infrastructure development [*Ekonomiko-tehnologicheskie riski v proektah razvitija transportnoj infrastruktury*]. *Transport Rossijskoj Federacii,* 2009, Iss. 2, pp. 24–27.

3. Kozlov, P. A., Vladimirskaya, I. P. A Method of Optimization of Structure of Transport System. *World of Transport and Transportation*, Vol. 7, 2009, Iss. 2, pp. 84–87.

4. Kozlov, P. A. Flow and Bunker-Channel in the Transport System. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 2, pp. 30–37.

5. Borodin, A. F. Scheme of location and development of sorting stations of JSC Russian Railways until 2015 [*Shema razmeshhenija i razvitija sortirovochnyh stancij OAO «RZhD» do 2015 goda*]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2008, Iss. 1, pp. 48–54.

6. Borodin, A. F., Sotnikov, E. A. The rational ratio of the capacity of railway stations and car parks taking into account the increase in the share of private cars [*Racional'noe sootnoshenie vmestimosti putej stancij i vagonnyh parkov s uchetom uvelichenija doli privatnyh vagonov*]. *Zheleznodorozhnyj transport,* 2011, Iss. 3, pp. 8–19.

7. Saibatalov, R. F., Borodin, A. F. Car fleet, infrastructure and traffic control – to the common denominator [*Vagonnyj park, infrastrukturu i upravlenie dvizheniem – k obshhemu znamenatelju*]. *Zheleznodorozhnyj transport,* 2014, Iss. 11, pp. 26–34.

8. Instruction on the calculation of the available railway capacity [*Instrukcija po raschetu nalichnoj propusknoj sposobnosti zheleznyh dorog*]. JSC Russian Railways, appr. 10.11.2010 № 128. Moscow, Tehinform publ., 2011, 289 p.

9. Borodin, A. F. To use station power efficiently [*Effektivno ispol'zovat' stancionnye moshhnosti*]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2006, Iss. 6, pp. 37–43. ●

Information about the author:
Borodin, Andrey F. – D.Sc. (Eng.), professor, head of the department for advanced modeling of transportation process of Institute of Economics and Transport Development (JSC IERT), Moscow, Russia, Borodin@iedt.ru, Borodinaf@mail.ru.

Article received 07.11.2016, accepted 29.12.2016.

УДК 656.073: 658.8

Методика построения сетевого графа структуры логистического объекта

Олег МАЛИКОВ
Oleg B. MALIKOV

Оксана ПОКРОВСКАЯ
Oksana D. POKROVSKAYA

Маликов Олег Борисович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Логистика и коммерческая работа» Петербургского государственного университета путей сообщения, Санкт-Петербург, Россия.*
Покровская Оксана Дмитриевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения, Новосибирск, Россия.*

Method of Constructing a Network Graph of the Logistic Object Structure
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 24)

От качества решений при проектировании и эксплуатации отдельных логистических объектов зависит эффективность всей терминально-складской инфраструктуры железных дорог страны. В предлагаемом методе исследования структуры логистического объекта в виде графа его структуры синтезированы положения общей теории систем, теории графов, динамического программирования и поиска кратчайшего расстояния. Отличительной чертой является универсальность метода при использовании показателей различного измерения (стоимостного, временного, относительного выражения). Теоретическая основа методики – совокупность экономико-математических методов и концептуальных положений, позволяющих из множества допустимых решений находить оптимальное. Проведено категорирование и классификация логистических объектов, дано параметрическое описание и формализованное моделирование их структуры.

Ключевые слова: общая теория систем, теория графов, логистический объект, логистический район, логистическая область, математическая модель, сетевой граф структуры, параметры логистических объектов, классификация, железная дорога, транспорт, терминально-складская инфраструктура.

Дальнейшее развитие терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта страны предусматривает формирование логистических объектов (ЛО), которые обеспечат эффективную реализацию транспортно-логистического сервиса и инфраструктурную основу транспортных систем доставки грузов потребителям.

Очевидно, что от качества проектирования и эксплуатации ЛО на региональном уровне зависят результаты работы всей терминально-складской инфраструктуры железных дорог. Об актуальности темы также свидетельствует следующее: 1) отсутствие общепринятого, единого иерархического подхода к классификации логистических объектов, что усложняет понимание всеми участниками процесса перевозок роли ЛО; 2) необходимость комплексного планирования развития ЛО по целому ряду параметров с различной размерностью в условиях недостаточной проработки вопроса об универсальной методике многокритериального проектирования оптимальной структуры логистического объекта [2].

Рис. 1. Предлагаемая система иерархии и классификации ЛО.

Целью нашего исследования является разработка методики формирования графа ЛО для формирования его структуры с наилучшими параметрами. При этом решаются следующие задачи: 1) категорирование и классификация ЛО; 2) параметрическое описание и формализованное моделирование структуры логистического объекта; 3) разработка сетевого графа структуры ЛО для выбора наилучших параметров.

1. КАТЕГОРИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Под логистическим объектом будем понимать любой объект, включенный в транспортно-складскую инфраструктуру локального масштаба, физически обеспечивающий реализацию транспортно-складского обслуживания различных клиентов и сосредоточенный по совокупности признаков в пространственно определенном районе.

С учетом иерархии его положения в транспортно-логистической системе объект трансформируется в более сложные образования – район и область (см. рис. 1).

Логистический район – совокупность ЛО определенной степени экономического и технологического взаимодействия, расположенных в географической близости для комплексного логистического обеспечения процессов перевозок.

Логистическая область – территориальные логистические образования глобального масштаба, занимающие значительную часть транспортно-логистической инфраструктуры страны и интегрированные в национальные и международные процессы перевозок [3].

В соответствии с этими определениями авторы разработали классификацию ЛО, изображенную на рис. 1.

Так, согласно классификации, к логистическим относятся (в порядке увеличения иерархического значения с учетом количественных показателей и комплексности логистического сервиса, см. стрелку слева) объекты, находящиеся на уровне отдельных предприятий (грузовые районы и специализированные площадки, склады, терминально-складские комплексы и транспортные терминалы) и на уровне городской/узловой агломерации (логистический центр, транспортно-логистический узел, мультимодальный транспортно-логистический центр). Затемненные блоки, соединенные стрелкой, представляют собой последовательность трансформации (эволюции) логистического объекта до логистической области и выхода на глобальный уровень по схеме «Логистический Объект (МТЛЦ)» → «Логистический Район (Гейтвей)» → «Логистическая Область (Терминальная Сеть)». Этому соответствует направление развития транспортного коридора (см. стрелка внизу).

К логистическим районам предлагается относить объекты уровня локальной инфраструктуры: грузовой/логистический хаб, «сухой порт», логистический/дистрибуционный парк и гейтвей.

К логистическим областям – объекты уровня территории (транспортно-логистический кластер, транспортно-логистическая система), региона (логистическая платформа) и страны (терминальная сеть).

Эта классификация может использоваться для: 1) идентификации ЛО с учетом конструкции, вида складирования, размеров, технической оснащенности и др.; 2) выбора ЛО с учетом его функциональных возможностей, дислокации и др.; 3) определения роли и места ЛО в процессах перевозок; 4) систематизации и удобства интегрированного представления сущности и видового многообразия ЛО; 5) унификации, простоты и удобства идентификации типа ЛО [4].

2. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ

Параметрическую структуру ЛО любого формата можно описать математическим выражением ряда значимых характеристик.

Формализованная модель структуры ЛО в общем модульно-блочном виде выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{ЛО\,i} = \left[S_{простр}; S_{тран}; S_{серв}; S_{экон}; S_{тех} \right], \quad (1)$$

где $S_{ЛО}$ – модульная структура i-го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $S_{простр}$ – пространственный модуль-блок; $S_{тран}$ – транспортный модуль-блок; $S_{серв}$ – сервисный модуль-блок; $S_{экон}$ – организационно-экономический модуль-блок; $S_{тех}$ – конструкционно-технический модуль-блок.

В поблочном виде:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{ЛО\,i} = [S_{простр}(S_{тер}; S_{хр}); \begin{bmatrix} S_{тран}(Q_{гр};\ N_{тр}); \\ S_{серв}(N_{усл};\ Q_{VAL}); \\ S_{экон}(T_{хр};\ T_{гр};\ T_{тр}); \\ S_{тех}(N_{скл};\ Q_{прм}) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $S_{ЛО}$ – модульная структура i-го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $S_{простр}$ – группа параметров пространственного модуль-блока; $S_{тер}$ – общая площадь территории, занимаемой i-ым логистическим объектом, га; $S_{хр}$ – общая площадь хранения i-го логистического объекта, кв. м; $S_{тран}$ – группа параметров транспортного модуль-блока; $Q_{гр}$ – общая перерабатывающая способность всех специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i-го логистического объекта, тонн/год; $N_{тр}$ – количество видов транспорта, обслуживаемых i-ым логистическим объектом, ед.; $S_{серв}$ – группа параметров сервисного модуль-блока; $N_{усл}$ – ассортимент логистических услуг, предоставляемых i-тым логистическим объектом, ед.; Q_{VAL} – объем добавленной стоимости оказываемых ЛО транспортно-логистических и складских услуг, Value added logistics – «логистика добавленной стоимости», %; $S_{экон}$ – группа параметров организационно-экономического модуль-блока; $T_{хр}$ – стоимость аренды 1 кв. м складского хранения, руб.; $T_{гр}$ – стоимость переработки 1 тонны груза на складе, руб.; $T_{тр}$ – тарифы стыкуемых в ЛО видов транспорта (включая услугу «последняя миля») и сопутствующих перевозке транспортных услуг (пользование вагонами, инфраструктурой, локомотивами), руб.; $S_{тех}$ – группа параметров конструкционно-технического модуль-блока; $N_{скл}$ – количество специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i-го логистического объекта, ед.; $Q_{прм}$ – обеспеченность ЛО погрузочно-разгрузочными механизмами ПРМ соответствующей производительности, %.

В развернутом виде:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{ЛО\,i} = \begin{bmatrix} N_{скл}; S_{хр}; S_{тер}; Q_{гр}; N_{тр}; \\ N_{усл}; Q_{VAL}; T_{хр}; T_{гр}; T_{тр}; Q_{прм} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $S_{ЛО}$ – модульная структура i-го логистического объекта, состоящая из n типовых элементов; $N_{скл}$ – количество специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе i-го логистического объекта, ед.; $S_{хр}$ – общая площадь объёма хранения i-го

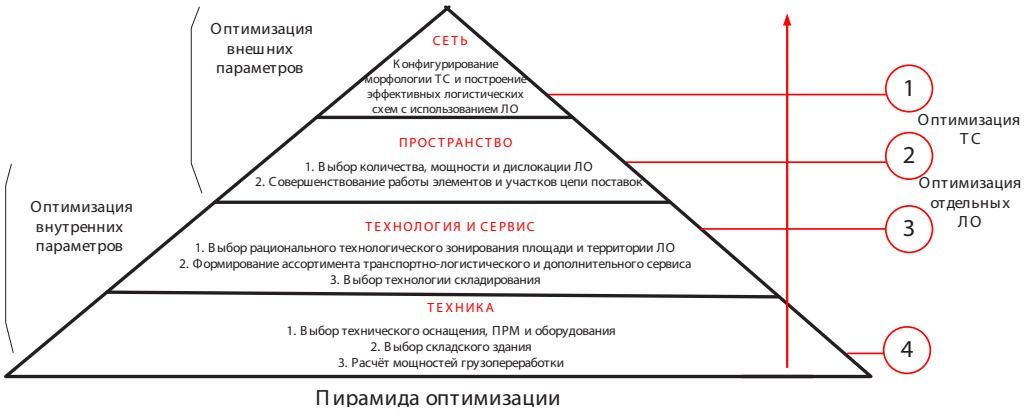


Рис. 2. Пирамида оптимизации ЛО.

логистического объекта, т или м^3; $S_{тер}$ – общая площадь территории, занимаемой *i*-тым логистическим объектом, га; $Q_{гр}$ – общий грузооборот всех специализированных складских площадок и помещений для хранения груза в составе *i*-го логистического объекта, тонн/год; $N_{тр}$ – количество видов транспорта, обслуживаемых *i*-ым логистическим объектом, ед.; $N_{усл}$ – ассортимент логистических услуг, предоставляемых *i*-ым логистическим объектом, ед.; Q_{VAL} – объем добавленной стоимости оказываемых ЛО транспортно-логистических и складских услуг, Value added logistics – «логистика добавленной стоимости», %; $T_{хр}$ – стоимость аренды 1 кв. м складского хранения, руб.; $T_{гр}$ – себестоимость переработки 1 тонны груза на складе, руб.; $T_{тр}$ – тарифы стыкуемых в ЛО видов транспорта (включая услугу «последняя миля») и сопутствующих перевозке транспортных услуг (пользование вагонами, инфраструктурой, локомотивами), руб.; $Q_{прм}$ – обеспеченность ЛО ПРМ соответствующей производительности, %.

Структура ЛО как сложной модульной системы в общем виде:

$$W_{ЛО} = \{W_{технич} | W_{технолог}\}. \quad (4)$$

В развернутом виде:

$$W_{ЛО} = \begin{Bmatrix} W_{пог/прием}; W_{разгр/выд}; \\ W_{сорт}; W_{хран}; \\ W_{доп}; W_{тран}; W_{компл}; W_{ПРМ} \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

где $W_{технолог}$ – модуль технологического блока; $W_{пог/прием}$ – модуль погрузки (приёмки) груза; $W_{разгр/выд}$ – модуль разгрузки (выдачи) груза; $W_{сорт}$ – модуль сортировки груза; $W_{хран}$ – модуль хранения груза; $W_{доп}$ – модуль дополнительного сервиса, реализуемого ЛО для отдельного груза; $W_{технич}$ – модуль технического блока; $W_{внеш}^{тран}$ – модуль внешнего магистрального транспорта приема и отправления груза; $W_{компл}$ – модуль комплектации груза; $W_{ПРМ}$ – модуль ПРМ приемки-выдачи, размещения и внутрискладской переработки груза.

Состояние ЛО – это совокупность показателей, идентифицирующих его в общей иерархической системе (определяющих его тип) и характеризующих его работу в целом.

Состояние любого ЛО выражается совокупностью показателей (ресурсов):

$$X_{ЛО\,i} = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5). \quad (6)$$

Определяющие состояние ЛО параметры (факторы его эволюции):

$$X_{ЛО}^{эвол} = (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4). \quad (7)$$

Названное позволяет сформировать многофакторную модель эволюции ЛО,

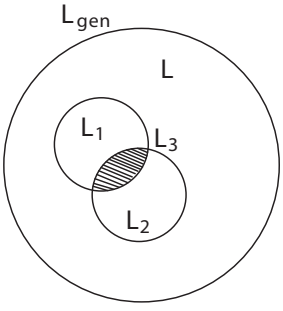


Рис. 3. Диаграмма ядра решений для сетевого графа структуры ЛО.

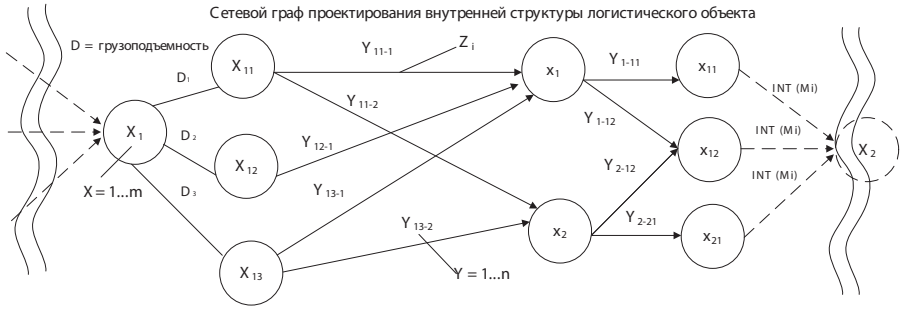


Рис. 4. Общий случай сетевого графа построения структуры ЛО.

состоящую из значащих признаков X_j и влияющих на них факторов Z_i.

$$F = X_1 Z_1 + X_2 Z_2 + \ldots + X_n Z_n. \quad (8)$$

Оптимизация параметров ЛО проходит поэтапно в соответствии с пирамидой оптимизации (рис. 2). Так, на низшем уровне принимаются локальные решения, направленные на оптимизацию внутренних параметров. На высшем уровне осуществляется глобальное позиционирование ЛО в составе терминальной сети.

Далее рассмотрим методику построения сетевого графа ЛО для оптимального параметрического формирования его структуры. В качестве примера взят низший уровень оптимизации параметров объекта – техническое решение (выбор наилучшего типа ПРМ – погрузочно-разгрузочных механизмов для внутрискладской обработки груза).

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТЕВОГО ГРАФА

В предлагаемом методе исследования структуры ЛО в виде графа его структуры синтезированы положения общей теории систем, теории графов, сетевого графика, динамического программирования и поиска кратчайшего расстояния [5, 6]. Универсальность метода характеризует использование показателей различного измерения (стоимостного, временного, относительного выражения), теоретическую значимость – совокупность экономико-математических методов и концептуальных положений, позволяющих эффективно находить из множества допустимых решений оптимальное.

Диаграмма выделения ядра решений для построения сетевого графа структуры ЛО дана на рис. 3, где: L_{gen} – множество вариантов решений структуры ЛО; L – предметная область поиска решений при построении структуры; L_1 – множество вариантов для параметра 1; L_2 – множество вариантов для параметра 2; L_3 – искомая область принимаемого решения.

Сетевые графы структуры при выборе оптимального решения по техническому оснащению объекта (с учетом стоимостных показателей) задают допустимое множество параметров и позволяют проектировать ЛО с оптимальными параметрами структуры (рис. 4).

Множеством вершин X такого графа является отображение допустимых генеральных вариантов структурных элементов от 1 до m, x – допустимых альтерна-

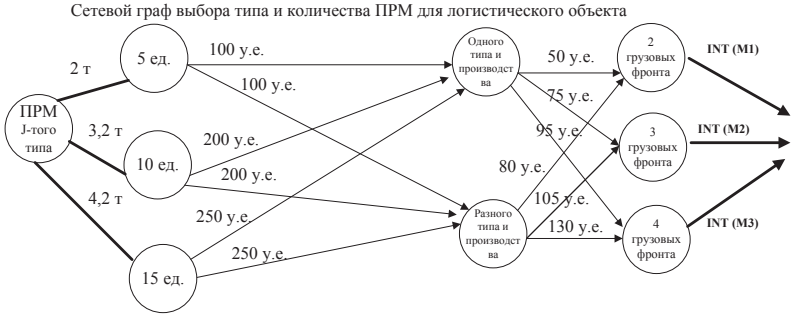


Рис. 5. Частный случай – сетевой граф выбора типа и количества ПРМ для логистического объекта.

тивных генеральных вариантов от 1 до n, а множеством дуг Z – логических связей возможности последовательного объединения этих элементов в оптимизируемую внутреннюю структуру ЛО. Каждой дуге (стрелке) Z соответствует определенное значение (например, это может быть стоимость, время, грузоподъемность, производительность или другой измеритель, в зависимости от специфики решаемой задачи оптимизации) Y ($Y(_{Xm-xn})$, $Y(_{Xm-Xm})$, $Y(_{xn-xn})$. Локальное решение M на i-ом участке графа INT принимается в соответствии со следующим условием:

$$INT(Mi) = min\sum [Yi]. \quad (9)$$

При этом дуги низшего порядка (идущие от ключевого параметра X, не направленные стрелкой) не имеют стоимости, поскольку указывают на D – направление оптимизации (в примере это грузоподъемность ПРМ), а дуги высшего порядка (результирующие сумму стоимости по каждому альтернативному варианту прохождения сетевого графа) имеют итоговые стоимости, равные сумме минимальных значений маршрута.

Более сложная структура такого графа может быть получена при одновременном рассмотрении нескольких параметров структуры ЛО. Упрощенный пример – общий вид графа на рис. 4 (разрывом показан переход к рассмотрению нового параметра) и частный случай построения сетевого графа для принятия технического решения (см. рис. 5).

Аналогичным способом можно строить граф для решения любого вопроса касающегося ЛО, начиная от его технической оснащенности и заканчивая внутренним технологическим зонированием, планировкой и т.д.

ВЫВОДЫ

1. Формализация фундаментальных вопросов эффективности проектирования и эксплуатации логистических объектов любого формата в составе терминально-складской инфраструктуры железных дорог позволяет получить целевые функции и параметрические описания ЛО как сложных систем, ключевых элементов терминальной сети, систем доставки отдельных грузов и транспортной системы страны в целом. Формализованная модель логистического объекта должна выражаться в трех аспектах, группирующих основные параметры ЛО как сложной системы и требующих разных направлений оптимизации.

2. Для ОАО «РЖД» наличие собственной системы классификации и иерархии ЛО решит системную проблему взаимодействия в узлах при организации перевозок грузов, упростит идентификацию объектов транспортно-логистической инфраструктуры с учетом клиентоориентированности и обеспечит рациональное проектирование объектов опорной терминальной сети.

3. Математическое моделирование позволяет при проектировании логистических объектов формализовать ряд значимых параметров. Это поможет выстроить для железных дорог терминальную сеть, работающую в режиме, необходимом и достаточном для грузопереработки соответствующего качества.

4. Предложенная методика может найти применение при решении широкого спектра вопросов в ходе проектирования и эксплуатации объектов терминально-складской инфраструктуры на любом виде транспорта, поскольку отличается универсальностью и комплексностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. – М., 2008. – 183 с.
2. Покровская О. Д., Маликов О. Б. Нелогичная логистика // Гудок. – 2016. – № 122. – С. 4. [Электронный ресурс]: http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1344429&archive=2016.07.21. Доступ 20.08.2016.
3. Покровская О. Д. Терминалистика: общие вопросы: Монография. – Казань: Бук, 2016. – 142 с.
4. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок: Монография. – М.: УМЦ по образованию на ж. – д. транспорте, 2014. – 537 с.
5. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. – СПб.: Лань, 2009. – 156 с.
6. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.

Координаты авторов: **Маликов О. Б.** – stadnitskey@mail.ru, **Покровская О. Д.** – insight1986@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2016, принята к публикации 12.01.2017.

METHOD OF CONSTRUCTING A NETWORK GRAPH OF THE LOGISTIC OBJECT STRUCTURE

Malikov, Oleg B., *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia.*
Pokrovskaya, Oksana D., *Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia.*

ABSTRACT

The quality of solutions in the design and operation of individual logistic objects influences the efficiency of the entire terminal-storage infrastructure of the country's railways. In the proposed research method the structure of a logistic object in the form of a graph of its structure, the positions of the general theory of systems, graph theory, dynamic programming and the search for the shortest distance are synthesized. A distinctive feature is the universality of the method when using indicators of different dimensions (cost, time, relative expression). The theoretical basis of the methodology is a combination of economic and mathematical methods and conceptual provisions that make it possible to find an optimal solution from a set of feasible solutions. The categorization and classification of logistics objects was carried out, a parametric description and a formalized modeling of their structure were given.

Keywords: general theory of systems, graph theory, logistic object, logistic district, logistic area, mathematical model, network graph of a structure, parameters of logistic objects, classification, railways, transport, terminal-warehouse infrastructure.

Background. *Further development of terminal-warehouse infrastructure of the country's railway transport envisages the formation of logistic objects (LO), which will ensure the effective implementation of transport and logistics services and the infrastructure basis of transport systems for the delivery of goods to consumers.*

Obviously, the results of the entire terminal-warehouse infrastructure of railways depend on the quality of design and operation of LO at the regional level. The relevance of the topic is also evidenced by the following: 1) the absence of a generally accepted, unified hierarchical approach to the classification of logistics facilities, which complicates the understanding of all participants in the transport process of the role of LO; 2) the need for comprehensive planning for the development of LO for a number of parameters with different dimensions in conditions of insufficient consideration of the question of a universal methodology for multi-criteria design of the optimal structure of a logistic object [2].

Objective. *The objective of the study is to develop a methodology for forming a graph of LO for formation of its structure with the best parameters. The following tasks are solved: 1) categorization and classification of LF; 2) parametric description and formalized modeling of the structure of the logistics facility; 3) development of a network graph of the LF structure for selecting the best parameters.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, mathematical apparatus, graph construction, categorization and systematization methods.*

Results.

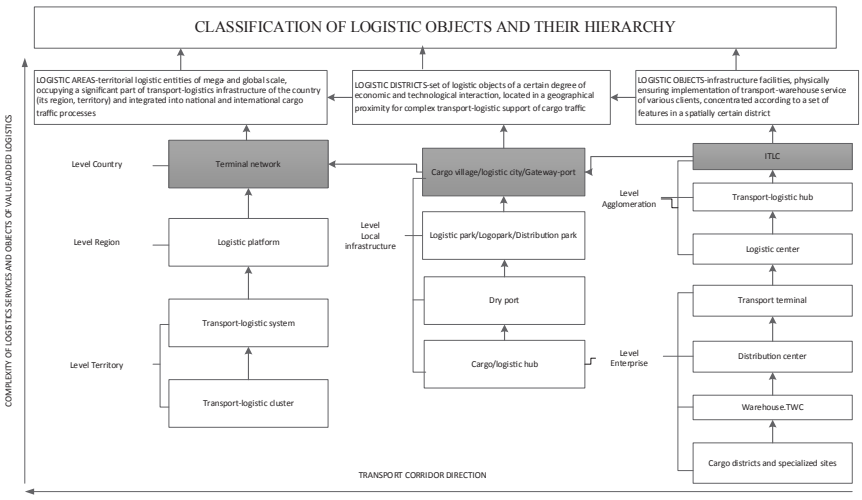
1. Categorization and classification

Under the logistic object we understand any object included in the transport-warehouse infrastructure of a local scale, physically providing the implementation of transport and warehousing services for various clients and focused on the totality of the characteristics in a spatially defined area.

Taking into account the hierarchy of its position in the transport and logistics system, the object is transformed into more complex entities – district and area. (See Pic. 1).

Logistic district is a combination of LO of a certain degree of economic and technological interaction located in geographical proximity for integrated logistic support of transportation processes.

Logistic area is a territorial logistical entity of a global scale that occupies a significant part of the country's transport and logistics infrastructure and is integrated into national and international transport processes [3].



Pic. 1. The proposed system of hierarchy and classification of LO.

In accordance with these definitions, the authors developed a classification of LO, depicted in Pic. 1.

Thus, according to the classification, the objects that are at the level of individual enterprises (cargo areas and specialized sites, warehouses, terminal-warehouse complexes and transport terminals) and at the level of the city / node agglomeration (logistic center, transport and logistics hub, multimodal transport and logistics center) belong to logistic objects (in the order of increasing the hierarchical value, taking into account the quantitative indicators and complexity of the logistics service, see the arrow on the left). The darkened blocks connected by an arrow represent the sequence of the transformation (evolution) of the logistics object to the logistics area and the entrance to the global level according to the scheme «Logistic Object (ITLT)» → «Logistics District (Gateway)» → «Logistic Area (Terminal Net)». This corresponds to the direction of the development of the transport corridor (see arrow below).

It is proposed to attribute to the logistics districts objects of the level of the local infrastructure: cargo / logistics hub, dry port, logistics / distribution park and gateway.

The logistic areas are objects of the territory level (transport and logistics cluster, transport and logistics system), region (logistics platform) and countries (terminal network).

This classification can be used for: 1) identification of LO taking into account the design, type of storage, size, technical equipment, etc.; 2) the choice of LO with regard to its functional capabilities, dislocation, etc.; 3) determining the role and place of LO in the transportation processes; 4) systematization and convenience of an integrated representation of the entity and species diversity of LO; 5) unification, simplicity and convenience of identification of type of LO [4].

2. Parametric description and formalized model of structure.

The parametric structure of LO of any format can be described by the mathematical expression of a number of significant characteristics.

The formalized model of the LO structure in the general modular-block form looks as follows:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{\text{LO}\,i} = \left[S_{\text{spat}}; S_{\text{tran}}; S_{\text{ser}}; S_{\text{econ}}; S_{\text{tech}} \right], \qquad (1)$$

where S_{LO} – is the modular structure of the i-th logistics object, consisting of n typical elements; S_{spat} is a spatial module-block; S_{tran} is a transport module block; S_{ser} is a service module block; S_{econ} is an organizational and economic module-block; S_{tech} is a structural and technical module-block.

In block form:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{\text{LO}\,i} = [S_{\text{spat}}(S_{\text{ter}}; S_{\text{st}}); \begin{bmatrix} S_{\text{tran}}(Q_{\text{cargo}}; N_{\text{tr}}); S_{\text{ser}}(N_{\text{ser}}; Q_{VAL}); \\ S_{\text{econ}}(T_{\text{st}}; T_{\text{cargo}}; T_{\text{tr}}); \\ S_{\text{tech}}(N_{\text{st}}; Q_{\text{lum}}) \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

where S_{LO} is a modular structure of the i-th logistic object, consisting of n typical elements; S_{spat} is a group of a spatial module-block; S_{ter} is a total area of the territory, occupied by the i-th logistic object, ha; S_{st} is a total storage area of the i-th logistic object, sq. m.; S_{tran} is a group of parameters of a transport module-block; Q_{cargo} is a total processing capacity of all specialized storage areas and storage facilities on the i-th logistic object, tons/year; N_{tr} is a number of modes of transport serviced by the i-th logistic object, units; S_{ser} is a group of parameters of a service module-block; N_{ser} is a range of logistics services provided by the i-th logistics objects; Q_{VAL} is a volume of added value of transport-logistics and warehouse services rendered by LO, Value added logistics is «logistics of added value», %; S_{econ} is a group of parameters of an organizational-economic module-block; T_{st} is a cost of rent of 1 sq. m of storage, rub.; T_{cargo} is a cost of processing of 1 ton of cargo at the warehouse, rub.; T_{tr} is tariffs of modes of transport to be joined in the LO (including the service of the «last mile») and the services accompanying transportation (use of cars, infrastructure, locomotives), rub.; S_{tech} is a group of parameters of the structural-technical module-block; N_{st} is a number of specialized storage areas and storage objects in the i-th logistics object, units; Q_{lum} is provision of LO with loading-unloading mechanisms LUM of appropriate capacity, %.

In the expanded form:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{\text{LO}\,i} = \begin{bmatrix} N_{\text{st}}; S_{\text{st}}; S_{\text{ter}}; Q_{\text{cargo}}; N_{\text{tr}}; \\ N_{\text{ser}}; Q_{VAL}; T_{\text{st}}; T_{\text{cargo}}; T_{\text{tr}}; Q_{\text{lum}} \end{bmatrix}, \qquad (3)$$

where S_{LO} is a modular structure of the i-th logistic object, consisting of n typical elements; N_{st} is a number of specialized storage areas and premises for storage of cargo in the i- th logistic object, units; S_{st} is a total area of storage volume of the i-th logistic object, t or m^3; S_{ter} is total area of the territory, occupied by the i-th logistic object, ha; Q_{cargo} isa total cargo turnover of all specialized storage sites and premises for storage of cargo in the i-th logistic object, ton/year; N_{tr} is a number of modes of transport, serviced by the i-th logistic object, units; N_{ser} is a range of logistic services, rendered by the i-th logistic object, units; Q_{VAL} is a volume of added value of transport and logistics services and storage services rendered by LO, Value added logistics is «logistics of added value», %; T_{st} is a cost of rent of 1 sq. m of storage, rub.; T_{cargo} is a cost of processing of 1 ton of cargo at the warehouse, rub.; T_{tr} is tariffs of modes of transport to be joined in the LO (including the service of the «last mile») and the services accompanying transportation (use of cars, infrastructure, locomotives), rub.; Q_{lum} is provision of LO with loading-unloading mechanisms LUM of appropriate capacity, %.

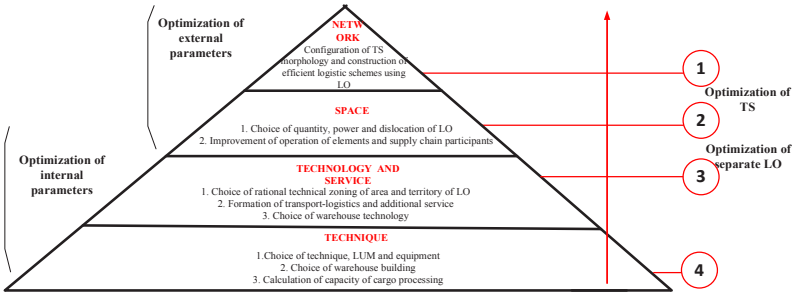
The structure of the LO as a complex modular system in the general form:

$$\text{W}_{\text{LO}} = \left\{ \text{W}_{\text{technical}} | \text{W}_{\text{technological}} \right\}. \qquad (4)$$

In the expanded form:

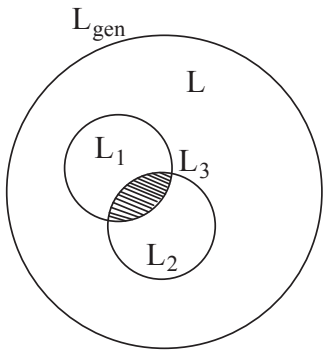
$$\text{W}_{\text{LO}} = \begin{Bmatrix} \text{W}_{\text{load/accept}}; \text{W}_{\text{unload/deliv}}; \text{W}_{\text{sort}}; \\ \text{W}_{\text{st}}; \text{W}_{\text{add}}; \text{W}_{\text{tran}}; W_{\text{pack}}; \text{W}_{\text{LUM}} \end{Bmatrix}, \qquad (5)$$

where $\text{W}_{\text{technological}}$ is a module of a technological block; $\text{W}_{\text{load/accept}}$ is a module of loading (acceptance) of cargo; $\text{W}_{\text{unload/deliv}}$ is a module of unloading (delivery) of cargo; W_{sort} is a module of cargo sorting; W_{st} is a module of cargo storage; W_{add} is a module of additional service, realized by LO for a separate type of cargo; $\text{W}_{\text{technical}}$ is a module of a technical block; $\text{W}_{\text{ext}}^{\text{tran}}$ is a module of external trunk transport of acceptance and delivery of cargo; W_{pack} is a module of cargo packaging arrangement; W_{LUM} is a module of LUM acceptance-delivery, arrangement and intra-warehouse processing of cargo.



Optimization pyramid

Pic. 2. Optimization pyramid of LO.



Pic. 3. The diagram of the solution's core for the network graph of the LO structure.

The state of LO is a set of indicators that identify it in the general hierarchical system (defining its type) and characterize its work as a whole.

The state of any LO is expressed by a set of indicators (resources):

$$X_{\text{LO}\,i} = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5). \quad (6)$$

The parameters determining the state of LO (the factors of its evolution):

$$X_{\text{LO}}^{\text{evol}} = (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4). \quad (7)$$

This allows to form a multifactorial model of the evolution of the LO, consisting of meaningful signs Xj and influencing factors Zi.

$$F = X_1 Z_1 + X_2 Z_2 + \ldots + X_n Z_n. \quad (8)$$

Optimization of LO parameters proceeds step by step in accordance with the optimization pyramid (Pic. 2). So, at the lowest level, local decisions are made aimed at optimizing internal parameters. At the highest level, global positioning of the LO in the terminal network is carried out.

Next, we will consider the technique of constructing the network graph of LO for the optimal parametric formation of its structure. As an example, the lowest level of optimization of object parameters is taken – the technical solution (selection of the best type of LUM – loading and unloading mechanisms for intra-warehouse cargo processing).

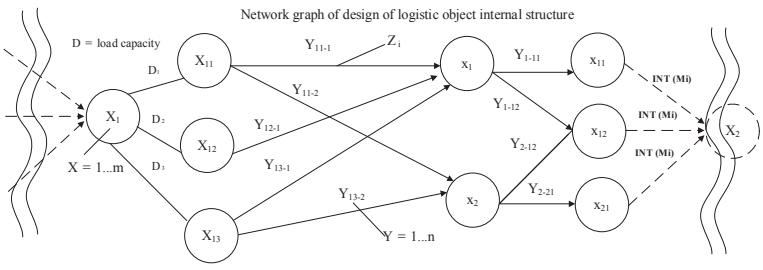
3. Methodology for studying the structure using the network graph

In the proposed method of studying the structure of LO in the form of a graph of its structure, the positions of the general theory of systems, graph theory, network graphics, dynamic programming and the search for the shortest distance are synthesized [5, 6]. The universality of the method characterizes the use of indicators of different dimensions (cost, time, relative expression), the theoretical significance – a set of economic and mathematical methods and conceptual provisions that allow one to effectively find optimal solutions from a set of feasible solutions.

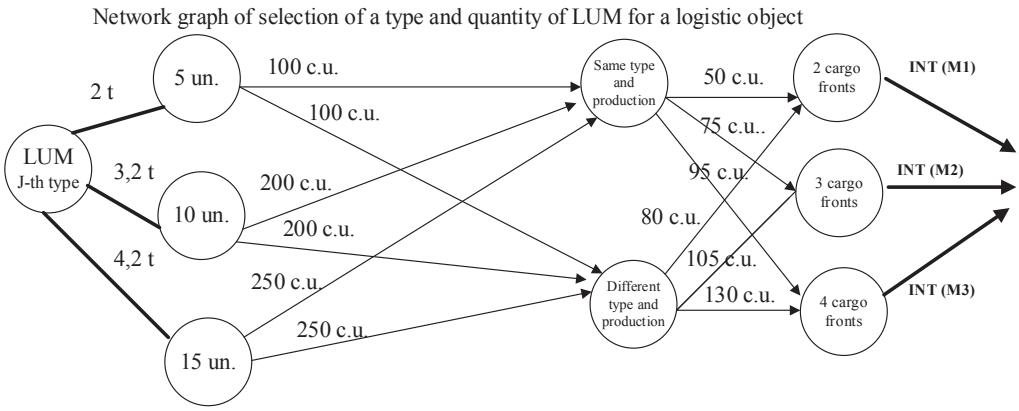
A diagram of the selection of the solution core for constructing the network graph of the LO structure is given in Pic. 3, where: L_{gen} is a set of variants of decisions of structure of LO; L is the subject area for finding solutions when building a structure; L_1 is set of options for parameter 1; L_2 is a set of options for parameter 2; L_3 is the desired domain of the decision.

The network graphs of the structure when choosing the optimal solution for the technical equipment of the facility (including cost indicators) set the permissible set of parameters and allow designing the LO with optimal parameters of the structure (Pic. 4).

The set of vertices X of such a graph is the mapping of admissible generic variants of structural elements from 1 to m, x – admissible alternative general variants from 1 to n, and the set of arcs Z – logical connections of the possibility of successive union of these elements in the optimized internal structure of LO. Each arc (arrow) Z corresponds to a certain value (for example, it may be cost, time, load



Pic. 4. The general case of the network graph of constructing the LO structure.



Pic. 5. A special case is a network graph of the type and quantity of LUM for a logistic object.

capacity, performance or another meter, depending on the specificity of the optimization task being solved) Y(Y($_{Xm-xn}$), Y($_{Xm-Xm}$), Y($_{xn-xn}$). The local solution M on the i-th section of the INT graph is taken in accordance with the following condition:

$$INT(Mi) = min\sum [Yi]. \quad (9)$$

At the same time, arcs of the lowest order (going from the key parameter X, not directed by an arrow) do not have a value, since they indicate the D–direction of optimization (in the example this is the LUM load capacity), and the higher-order arcs (the resulting sum of the cost for each alternative variant of the network graph passage) have total values equal to the sum of the minimum values of the route.

A more complex structure of such a graph can be obtained by considering several parameters of the LO structure at the same time. A simplified example is the general form of the graph in Pic. 4 (the break shows the transition to the consideration of a new parameter) and a special case of constructing a network graph for making a technical decision (see Pic. 5).

In a similar way, it is possible to build a graph to solve any issue related to LO, starting from its technical equipment and ending with internal technological zoning, planning, etc.

Conclusions.

1. Formalization of the fundamental issues of design and operation efficiency of logistic objects of any format within the terminal-warehouse infrastructure of railways makes it possible to obtain target functions and parametric descriptions of LO as complex systems, key elements of the terminal network, delivery systems for individual goods and the transport system of the country as a whole. The formalized model of the logistic object should be expressed in three aspects, grouping the main parameters of the LO as a complex system and requiring different directions of optimization.

2. For JSC Russian Railways the availability of its own classification system and the LO hierarchy will solve the systemic problem of interaction in the nodes when arranging the transportation of goods, simplify the identification of objects of the transport and logistics infrastructure taking into account the client orientation and ensure rational design of the objects of the core terminal network.

3. Mathematical modeling allows us to formalize a number of significant parameters when designing logistic objects. This will help to build a terminal network for railways, operating in a mode that is necessary and sufficient for cargo processing of the appropriate quality.

4. The proposed methodology can be applied in solving a wide range of issues in the design and operation of terminal-warehouse infrastructure facilities on any mode of transport, since it is versatile and complex.

REFERENCES

1. Transport strategy of the Russian Federation for the period until 2030 [*Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda*]. Moscow, 2008, 183 p.

2. Pokrovskaya, O. D., Malikov, O. B. Illogical logistics [*Nelogichnaja logistika*]. *Gudok*, 2016, Iss. 122, p. 4. URL: http://www.gudok.ru/newspaper/? ID = 1344429 & archive = 2016.07.21. Last accessed 20.08.2016.

3. Pokrovskaya, O. D. Terminalistics: general issues: Monograph [*Terminalistika: obshhie voprosy: Monografija*]. Kazan, Buk publ., 2016, 142 p.

4. Malikov, O. B. Transport and warehousing of goods in supply chains: Monograph [*Perevozki i skladirovanie tovarov v cepjah postavok: Monografija*]. Moscow, TMC on education on railway transport, 2014, 537 p.

5. Mikoni, S. V. Multicriteria choice on a finite set of alternatives [*Mnogokriterial'nyj vybor na konechnom mnozhestve al'ternativ*]. St. Petersburg, Lan publ., 2009, 156 p.

6. Ventzel, E. S. Research of operations. Tasks, principles, methodology [*Issledovanie operacij. Zadachi, principy, metodologija*]. Moscow, Drofa publ., 2004, 208 p. ●

Information about the authors:
Malikov, Oleg B. – D.Sc. (Eng.), professor of the department of Logistics and commercial work of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia, stadnitskey@mail.ru.
Pokrovskaya, Oksana D. – D.Sc. (Eng.), associate professor of the department of Logistics, commercial work and rolling stock of Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, insight1986@inbox.ru.

Article received 06.12.2016, accepted 12.01.2017.

УДК 621.86

Комплексная математическая модель манипуляционной системы мобильной транспортно-технологической машины

Игорь ЛАГЕРЕВ

Igor A. LAGEREV

Лагерев Игорь Александрович *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и прикладная механика» Брянского государственного университета имени акад. И. Г. Петровского, Брянск, Россия.*

Complex Mathematical Model of the Manipulation System of a Mobile Transport-Technological Machine

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 35)

Манипуляционные системы применяются в качестве исполнительных механизмов мобильных транспортно-технологических машин. В статье предложены подходы к моделированию динамических процессов при эксплуатации таких систем. Эти подходы базируются на разработанной автором комплексной математической модели, учитывающей взаимодействие между элементами пятикомпонентной системы «Рабочий орган – Манипуляционная система – Базовая машина – Опорное основание – Окружающая среда». Методом статистических испытаний или имитационного моделирования определяются сочетания значений факторов нагруженности в пределах каждого цикла работы системы. Затем для каждого сочетания факторов строится кусочная реализация процесса изменения динамических усилий или механических напряжений в интересующих элементах несущей металлоконструкции. По кусочным реализациям оценивается нагруженность манипуляционной системы в течение всего срока эксплуатации.

Ключевые слова: манипуляционная система, транспортно-технологическая машина, опорная поверхность, математическая модель, динамика, нагруженность.

Манипуляционные системы (далее – МС) устанавливаются на мобильные транспортно-технологические машины (далее – МТТМ), используемые в различных отраслях. Они также могут применяться в качестве исполнительных механизмов для установки рабочих органов специальных машин. Наибольшее распространение получили гидравлические манипуляторы (краны-манипуляторы) общего назначения, преимущественно для выполнения погрузочно-разгрузочных работ в условиях ограниченного пространства [1].

Существующие методики моделирования эксплуатационной нагруженности МС, как правило, рассматривают их как изолированный объект, установленный на неподвижном основании [1–5]. Звенья манипуляционной системы могут моделироваться без учета [1–3] или с учетом [4, 5] упругой податливости. Но в реальных условиях эксплуатации МТТМ не гарантируется выполнение данного допущения. В частности, в работе [6] рассмотрена модель движения МТТМ с грузом при нерабочем состоянии крана-манипулятора, содержащая элементы базового шасси и манипуляционной системы. Однако для

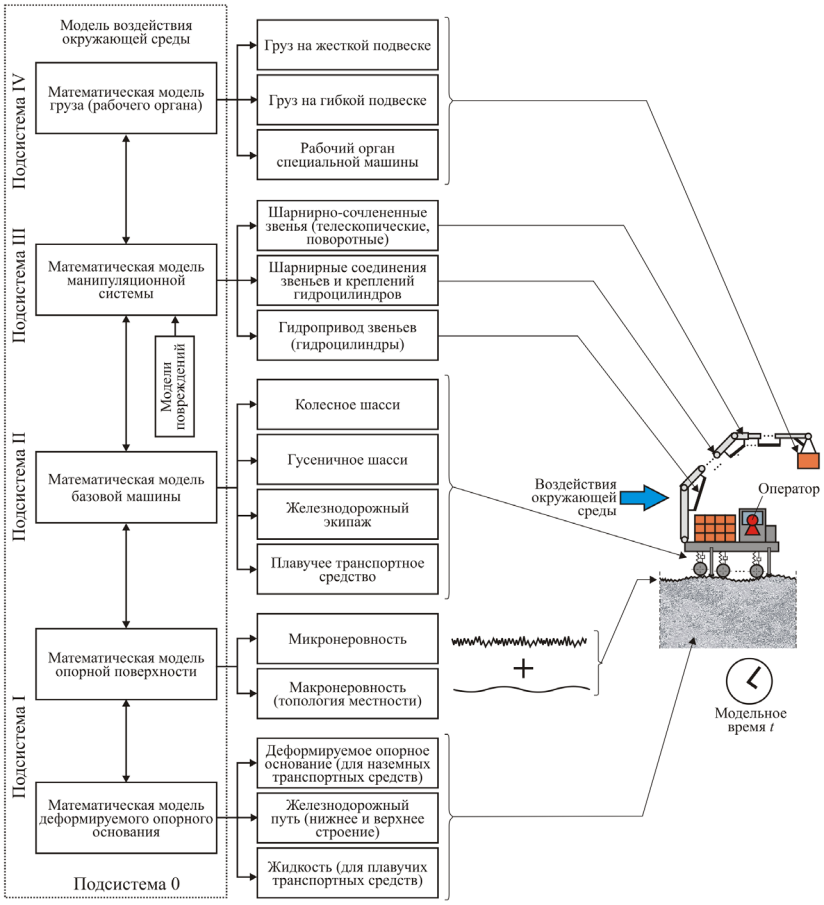


Рис. 1. Структура комплексной математической модели.

ряда МТТМ работа МС может сопровождаться передвижением базовой машины (лесная техника, экскаваторы). Кроме того, даже под установленным на аутригерах шасси при работе МС возможна деформация опорной поверхности (уплотнение грунта) [7]. В связи с этим требуется дальнейшее совершенствование математических моделей, чтобы лучше учитывать взаимное влияние МС, базового шасси МТТМ и деформируемого опорного основания.

Предлагаемая для подобных целей комплексная математическая модель состоит из совокупности подмоделей, учитывающих динамику каждого из компонентов системы «Рабочий орган – Манипуляционная система – Базовая машина – Опорное основание – Окружающая среда» (рис. 1).

Подсистема 0 объединяет внешние воздействия окружающей среды (ветровая нагрузка, температурное воздействие, импульсное воздействие).

Подсистема I включает в себя элементы, расположенные под МТТМ, создающие силы реакции опор. Влияние элементов подсистемы на работу МС учитывают: математическая модель опорной поверхности (модели макро- и микронеровности) и математическая модель деформируемого опорного основания (при передвижении базовой машины или работе манипуляционной системы опорная поверхность постоянно изменяется). Можно выделить следующие виды деформируемого опорного основания: для сухопутных транспортных средств (грунт, дорога), железнодорожный путь, жидкость (для плавучих транспортных средств).

Подсистема II включает элементы МТТМ (без элементов МС) – элементы базовой машины. Основными из них являются корпус, элементы подвески, движитель, двигатель с трансмиссией, аутригеры. При работе МС учитывается влияние аутригеров, а при движении МТТМ – не учитывается. Можно выделить следующие

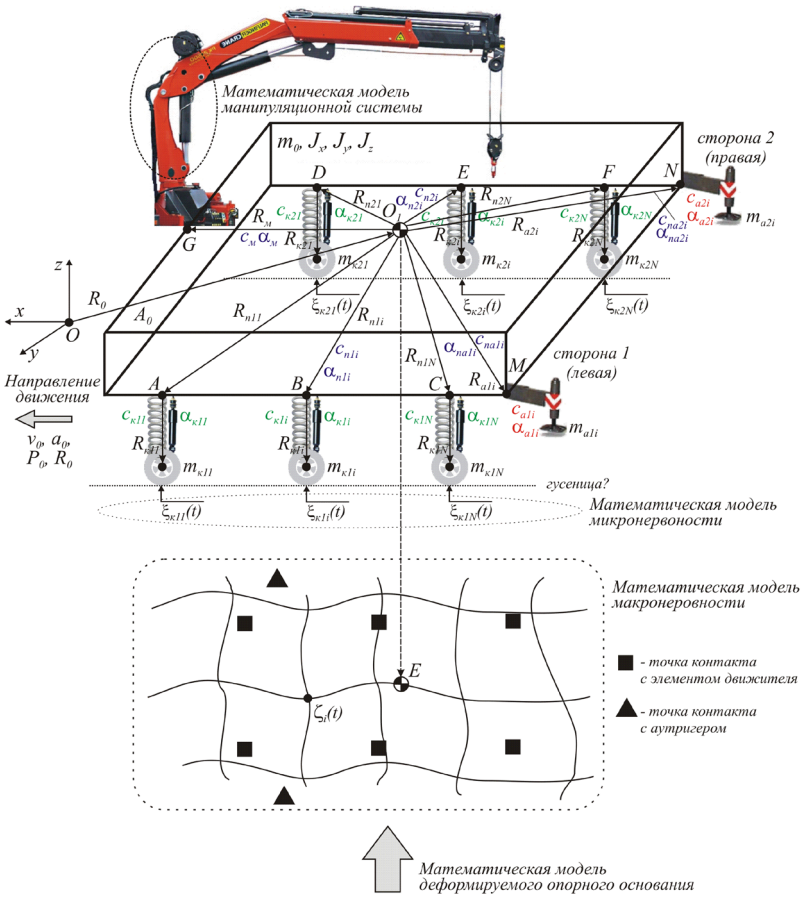


Рис. 2. Обобщенная модель базового шасси МТТМ.

виды базовых машин: колесное или гусеничное шасси, железнодорожный экипаж, плавучее транспортное средство.

Подсистема III включает элементы МС: звенья шарнирно-сочлененной стрелы, гидроцилиндры, шарниры. Также в эту подсистему входят повреждения, полученные МС в ходе эксплуатации (разрушения, люфты).

Подсистема IV включает груз, закрепленный на жестком или гибком подвесе вместе с грузозахватным органом, или специализированный рабочий орган МТТМ (грейферный захват, сучкорезная головка, фреза, копер).

Если звенья МС считаются абсолютно жесткими, то их динамика описывается уравнением вида:

$[H(q)]\{q''\} + \{C(q, q', F)\}=\{\tau\}$,

где $\{\tau\}$ – вектор обобщенных усилий; $[H(q)]$ – матрица инерции, компоненты которой зависят от обобщенных координат; $\{q''\}$ – вектор обобщенных ускорений; $\{C(q, q', F)\}$ – вектор, зависящий от обобщенных координат, обобщенных скоростей и внешних воздействий F [2].

Уравнения движения звеньев МС с учетом упругой податливости строятся с использованием метода множителей Лагранжа, позволяющего учесть конструкционные ограничения:

$$M_{зi}\ddot{q}_i + C_q^T \lambda = Q_{езi} - Q_{vзi} - Q_{fзi},$$

где C_q – матрица уравнений связи; λ – множители Лагранжа, $Q_{зi}$ – вектор внешних сил; $Q_{vзi}$ – вектор усилий, зависящих от квадратов скоростей; $Q_{fзi}$ – вектор упругих сил [4, 5].

Построена математическая модель силового гидропривода, ориентированная на ее включение в структуру комплексной математической модели многоцелевой МТТМ. Модель позволяет определить усилия, действующие на звенья МС, и представляет собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений относительно искомых неизвестных: давление (p_i) и расход (Q_j).

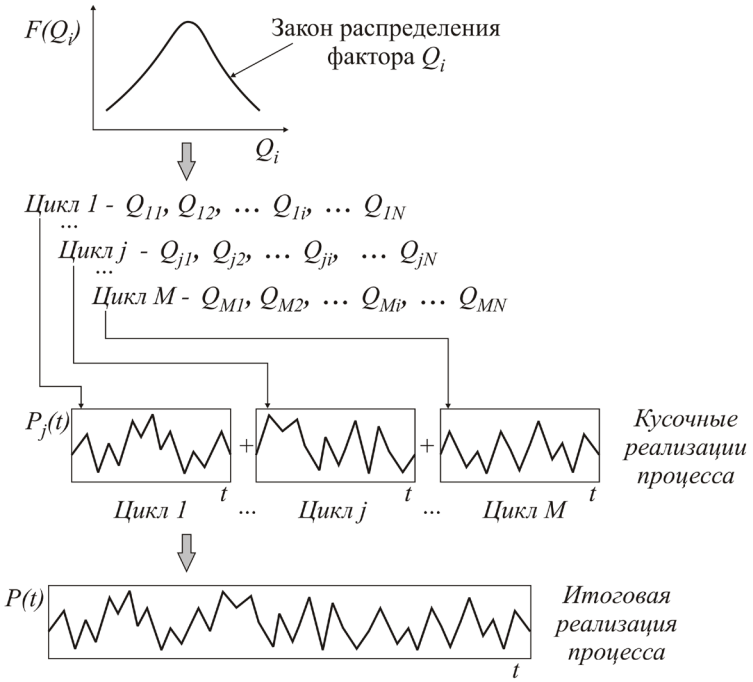


Рис. 3. Методика моделирования динамической нагруженности МС МТТМ.

Существует большое количество базовых шасси МТТМ, предназначенных для установки манипуляционных систем. Наибольшее влияние на динамику базовой машины оказывает тип движителя. Обобщённая модель базовой машины показана на рис. 2.

Уравнения движения системы в общем виде приведены ниже. Для подрессоренной массы базовой машины наиболее важными являются первые три уравнения движения.

$$m_0\ddot{z}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij} + F_{aji}\right] = P_z;$$

$$J_x\ddot{\phi}_x - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij}s_\phi R_{xkij} + F_{aij}s_\phi R_{xaij}\right] = M_x + P_y B;$$

$$J_y\ddot{\phi}_y - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij}s_\phi R_{ykij} + F_{aij}s_\phi R_{yaij}\right] = M_y - P_z O_1 Z + P_x B;$$

$$m_0\ddot{x}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{xkij} + F_{xaji}\right] = P_x;$$

$$m_0\ddot{y}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{ykij} + F_{yaji}\right] = P_y;$$

$$J_z\ddot{\phi}_z - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{xkij}y_{R_{kij}} + F_{xaji}y_{R_{akij}} + F_{ykij}x_{R_{kij}} + F_{yaji}x_{R_{akij}}\right] =$$

$$= M_z + P_y O_1 Z;$$

...

$$m_{kij}\ddot{x}_{kij} + \left(c_{nji} + c_{kij}\right)\left(x_{kij} - z_м - s_\phi\phi_y R_{ykij} - s_\phi\phi_x R_{xkij} + \xi_{kij}(t)\right) +$$

$$+\left(\alpha_{nji} + \alpha_{kij}\right)\left(\dot{x}_{kij} - \dot{z}_м - s_\phi\dot{\phi}_y R_{ykij} - s_\phi\dot{\phi}_x R_{xkij}\right) = 0;$$

...

$$m_{aij}\ddot{x}_{aji} + \left(c_{aji} + c_{naij}\right)\left(x_{aji} - z_м - s_\phi\phi_y R_{yaji} - s_\phi\phi_x R_{xaji} + \xi_{aij}(t)\right)$$

$$+\left(\alpha_{aji} + \alpha_{naij}\right)\left(\dot{x}_{aji} - \dot{z}_м - s_\phi\dot{\phi}_y R_{yaji} - s_\phi\dot{\phi}_x R_{xaji}\right) = 0,$$

где c_{k1i}, α_{k1i} – коэффициент упругости и вязкости элемента подвески массы m_{k1i}; c_{k2i}, α_{k2i} – коэффициент упругости и вязкости элемента подвески массы m_{k2i}; c_{n1i}, α_{n1i} – коэффициент упругости и вязкости рамы базовой машины для воздействия со стороны элемента подвески массы m_{k1i}; c_{n2i}, α_{n2i} – коэффициент упругости и вязкости рамы базовой машины для воздействия со стороны элемента подвески массы m_{k2i}; c_{aij}, c_{naij}, α_{aij}, α_{naij} – коэффициенты упругости и вязкости аутригеров и рамы базовой машины для воздействия со стороны аутригеров; $c_м$, $\alpha_м$ – коэффициент упругости и вязкости рамы базовой машины для воздействия со стороны манипулятора; s_ϕ – множитель для выбора знака (если сила со стороны опорного элемента приводит к положительному вращению s_ϕ=1, к отрицательному – s_ϕ= –1); R_{ykij}, R_{yakij} – расстояние от центра тяжести до точки крепления опорного элемента вдоль оси y; R_{xkij}, R_{xakij} – расстояние от центра тяжести до точки крепления опорного элемента вдоль оси x; F_{xkij}, F_{xaji}, F_{ykij}, F_{yaji} – упругие силы, при сдвигах вдоль осей x и y вычисляемые аналогично силам F_{kij} и F_{aji}, но с соответствующими жесткостями и коэффициентами диссипации; x_R и y_R – компоненты векторов R; B – высота точки G над центром тяжести.

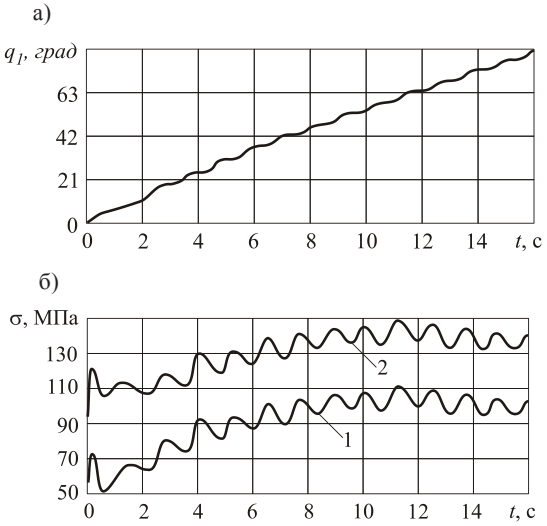


Рис. 4. Результаты моделирования динамики при движении рукояти: а – график изменения обобщенной координаты рукояти (угла поворота); б – график изменения максимальных эквивалентных напряжений в звеньях; 1 – напряжения в рукояти; 2 – напряжения в стреле.

Параметры определяются либо аналитическим путем, либо с помощью метода конечных элементов [8]. Манипуляционная система воздействует на базовое шасси посредством шести силовых факторов: сил P_x, P_y, P_z и моментов M_x, M_y, M_z.

Деформация опорного основания ε_z под опорным элементом исследуется с использованием нелинейной теории упруго-вязко-пластичных материалов. С этой целью строится зависимость для одного из видов шасси: гусеничного или колесного со слабой или сильной накачкой колес. Такая зависимость выглядит следующим образом:

$\varepsilon_z = \varepsilon_z(t, E, K_z, \sigma_z, t_к)$,

где t – время; E – мгновенный модуль деформации; K_z – функция скорости ползучести; σ_z – напряжения (давление) в точке контакта опорного элемента и опорного основания; $t_к$ – время конца процесса деформации грунта под опорным элементом [7].

Для расчета металлоконструкции манипуляционной системы на прочность необходимо определить непосредственно действующие на нее нагрузки и величины соответствующих напряжений в опасных точках, сечениях, элементах. Оценка динамической нагруженности проводится после построения вероятностного семейства реализаций процесса изменения напряжений в опасных местах. Общий алгоритм оценки динамической нагруженности состоит из этапов, показанных на рис. 3.

1. В ходе имитационного моделирования определяются точные значения случайных факторов нагруженности Q_i для каждого цикла работы манипуляционной системы мобильной транспортно-технологической машины в течение исследуемого периода работы.

2. Моделируются динамические процессы в МС с использованием детерминированной комплексной динамической модели. Смоделированные значения факторов нагруженности служат исходными параметрами этих моделей. Результат моделирования представляет собой кусочную реализацию процесса $P_j(t)$ изменения характеристик нагруженности МС.

3. В результате из кусочных реализаций, соответствующих различным сочетаниям факторов нагруженности, складывается итоговая реализация $P(t)$ процесса изменения характеристики нагруженности (динамических усилий или напряжений в металлоконструкции).

4. Данный процесс многократно повторяется, после чего оказывается сформированным вероятностное семейство реализаций. При необходимости выполняется схематизация результатов моделирования нагруженности (строятся блоки или определяются законы распределения).

С использованием разработанной модели выполнено моделирование динамики трехзвенной МС МТТМ АСТ-4-А на базе гусеничного трелевочного трактора ТТ-4М [5, 6, 8]. Манипуляционная система данной машины состоит из трех звеньев: поворотной колонны, стрелы и рукояти, на которой закреплена крюковая подвеска. Звенья МС могут двигаться как раздельно, так и сов-

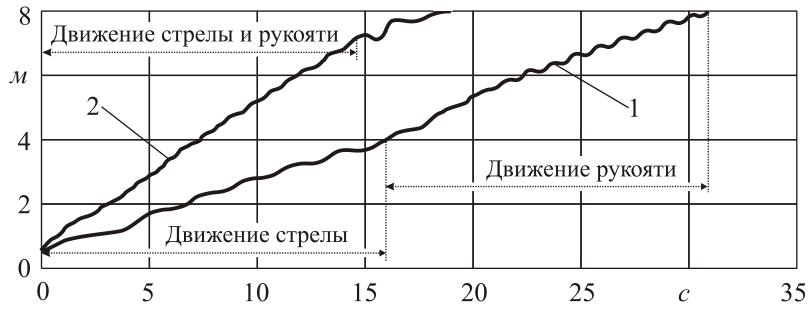


Рис. 5. График изменения вертикальной координаты точки подвеса груза МС МТТМ АСТ-4-А: 1 – при раздельном движении (сначала движется стрела, потом – рукоять); 2 – при совместном движении звеньев.

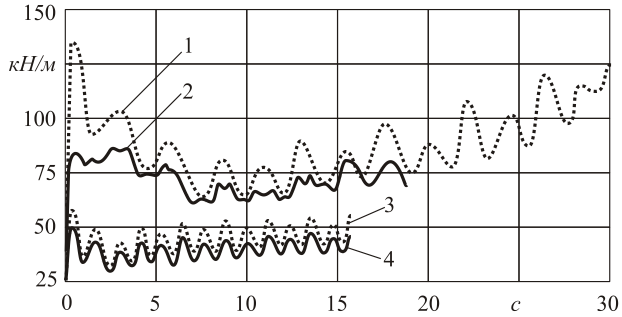


Рис. 6. График изменения усилий в гидроцилиндрах МС МТТМ АСТ-4-А: 1, 2 – гидроцилиндр привода стрелы; 3, 4 – гидроцилиндр привода рукояти; 1, 3 – при раздельном движении (сначала движется стрела, потом – рукоять); 2, 4 – при совместном движении.

местно. Результаты моделирования динамики при движении рукояти МС приведены на рис. 4. Положение ее определяется обобщенной координатой q_1.

Упругость звеньев МС обуславливает колебательный характер графиков (рис. 4) даже на этапе установившегося движения, когда решение для модели с жесткими звеньями дает нулевое значение. Размах колебаний величины ускорения при этом достигает 15–20 МПа. Длительность переходного процесса при начале движения звена увеличивается с 0,1–0,2 до 2,0–2,5 с.

Гидропривод и кинематическая схема МС МТТМ АСТ-4-А допускает одновременное движение рукояти и стрелы. При этом подача насоса распределяется между гидроцилиндрами через делитель расхода. График изменения вертикальной координаты точки подвеса груза при совместном движении стрелы и рукояти показан на рис. 5. Через 15–16 с рукоять достигает крайнего положения и ее привод отключается. Это вызывает временное увеличение амплитуды колебаний (переходный процесс). Остальное время работает только привод стрелы. Как только стрела достигает крайнего положения, гидропривод МС полностью отключается. Совмещение движений приводит к сокращению времени цикла на 40–50 %.

График изменения усилий в гидроцилиндрах МС МТТМ АСТ-4-А при совместном движении стрелы и рукояти показан на рис. 6. Видно, что совмещение движений приводит к уменьшению усилий на 25–30 %.

Одной из целей создания комплексной модели являлась возможность оценки устойчивости МТТМ с учетом влияния базовой машины и деформаций опорной поверхности. Рассмотрим случай резкого проседания грунта под одной из гусениц МТТМ АСТ-4-А. После установки машины на опорное основание происходит уплотнение грунта (суглинка) под обеими гусеницами (рис. 7а). Этот процесс длится t_{y0}. В момент времени $t = 2$ с начинается подъем груза. В течение некоторого времени t_{y1} динамические нагрузки, вызванные работой МС, приводят к дополнительному уплотнению грунта под гусеницами. Суммарное уплотнение достигает 3,1 см.

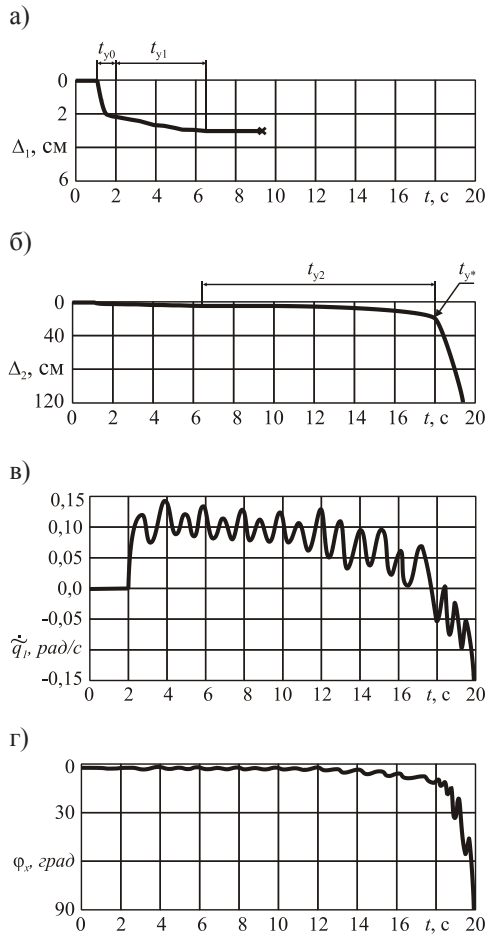


Рис. 7. Результаты моделирования просадки грунта под МТТМ АСТ-4-А:
а – деформация грунта под гусеницей № 1; б – деформация грунта под гусеницей № 2; в – обобщенная скорость рукояти МС; г – угол бокового крена базового шасси машины.

Через 9,5 с после начала подъема груза начинается проседание грунта под одной из гусениц, вызванное внешними воздействиями (размыв или обрушение подземной пустоты). Это приводит к разоружению одной гусеницы (рис. 7а) и появлению сильного крена МТТМ в плоскости установки МС (рис. 7г). В момент времени $t = 18$ просадка грунта под нагруженной гусеницей, несущей основную нагрузку, начинает стремительно возрастать (рис. 7б). С некоторым запозданием в 0,3–0,5 с машина начинается резко накреняться (рис. 7г). Угол устойчивости для МТТМ АСТ-4-А составляет 62,6°. Превышение его приведет к потере устойчивости машины. Из рис. 7г видно, что с учетом деформаций грунта уже при $\phi_x = 55°$ начинается резкое увеличение угла наклона машины, которое приводит затем к ее опрокидыванию (потере общей устойчивости).

ВЫВОДЫ

Разработанная комплексная модель может быть использована для моделирования динамики и оценки динамической нагруженности МС МТТМ при различных рабочих режимах: движении отдельных звеньев стрелы, совместном движении звеньев, движении базовой машины с грузом на неподвижной МС, просадке грунта под МТТМ. При совмещении движений звеньев МС МТТМ время цикла сокращается на 40–50 %, а усилия, преодолеваемые гидроцилиндрами, снижаются на 25–30 %. Резкая просадка грунта под МТТМ может приводить к потере общей устойчивости. Риск такого развития событий может быть оценен с использованием разработанной комплексной математической модели МС МТТМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лагерев И. А. Сравнительный анализ характеристик кранов-манипуляторов отечественных и зарубежных производителей // Подъемно-транспортное дело.– 2016.– № 1–2.– С. 8–10.

2. Featherstone R. Rigid Body Dynamics Algorithms. N.Y.: Springer, 2008. 272 p.

3. Silver, W. On the Equivalence of Lagrangian and Newton-Euler Dynamics for Manipulators. Int. Robotics Res. 1982. № 1(2). P. 60–70.

4. Korkealaakso P., Mikkola A., Eantalainen T., Rouvinen A. Description of Joint Constraints in the Floating Frame of Reference Formulation // Proc. IMechE. 2008. Vol. 223. Part K. P. 133–144.

5. Ковальский В. Ф., Лагерев И. А. Математическое моделирование динамики манипуляционной системы мобильной транспортно-технологической машины с учетом упругости звеньев // Известия МАМИ.– 2016.– № 3.– С. 9–15.

6. Лагерев И. А. Динамическая нагруженность крана-манипулятора машины для сварки трубопроводов при движении с грузом // Подъёмно-транспортное дело.– 2011.– № 3.– С. 7–10.

7. Носов С. В. Взаимодействие колесных, гусеничных и дорожных машин с деформируемым опорным основанием (научные основы) / Автореф. дис... док. техн. наук.– СПб., 2008.– 34 с.

8. Вершинский А. В., Лагерев И. А., Шубин А. Н., Лагерев А. В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных машин.– Брянск: БГУ, 2015.– 210 с.

Координаты автора: **Лагерев И. А.**– lagerev-bgu@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 29.11.2016, принята к публикации 25.01.2017.

COMPLEX MATHEMATICAL MODEL OF THE MANIPULATION SYSTEM OF A MOBILE TRANSPORT-TECHNOLOGICAL MACHINE

Lagerev, Igor A., *Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk, Russia.*

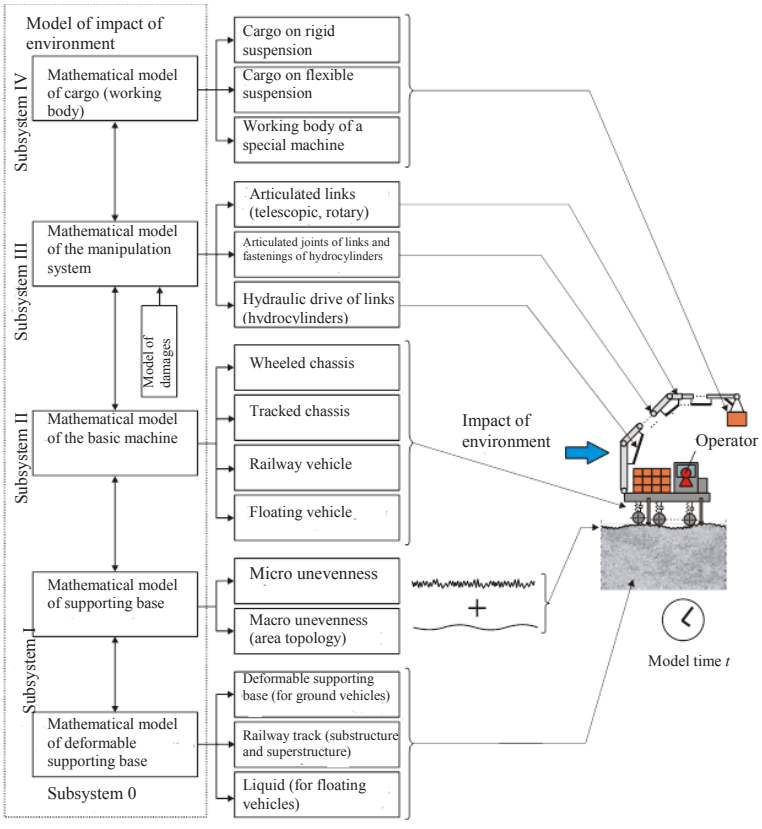
ABSTRACT

Manipulation systems are used as executive mechanisms of mobile transport-technological machines. The article offers approaches to modeling of dynamic processes in the operation of such systems. These approaches are based on the complex mathematical model developed by the author, which takes into account the interaction between the elements of the five-component system «Working body – Manipulation System – Basic Machine – Reference Base – Environment». By the method of statistical tests or simulation modeling, combinations of load factor values within each cycle of the system operation are determined. Then, for each combination of factors, a piecewise implementation of the process of changing dynamic forces or mechanical stresses in the elements of the structural steel that are of interest is constructed. For piecewise implementations, the loading of the manipulation system during the entire service life is estimated.

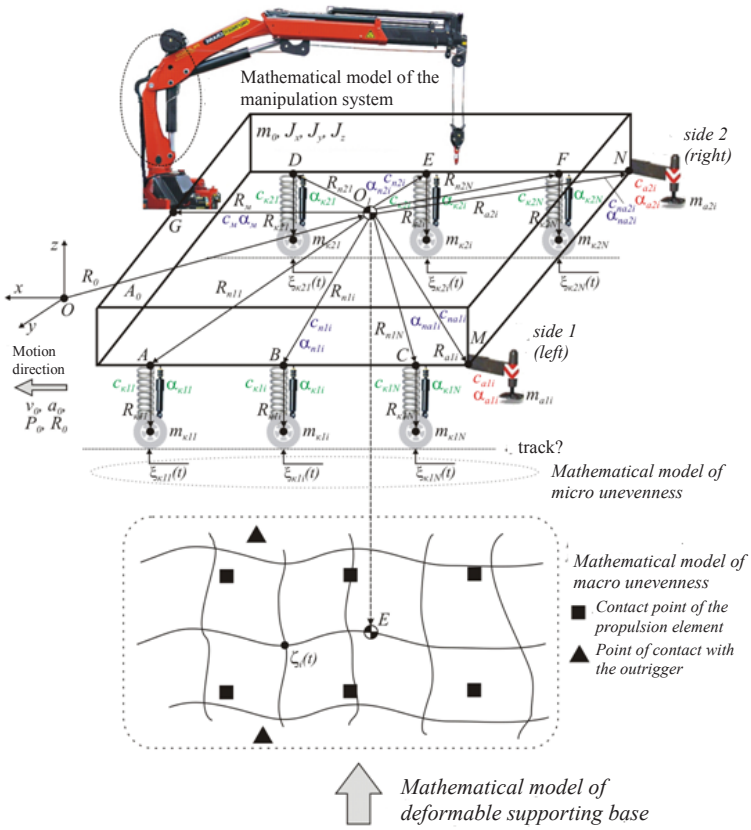
Keywords: manipulation system, transport-technological machine, bearing surface, mathematical model, dynamics, loading.

Background. *Manipulation systems (hereinafter – MS) are installed on mobile transport-technological machines (hereinafter – MTTM), used in various industries. They can also be used as actuators for the installation of the working bodies of special machines. The most common are hydraulic manipulators (general-purpose cranes), mainly for loading and unloading operations in confined spaces [1].*

Existing methods of modeling the operational loading of MS, as a rule, consider them as an isolated object installed on a stationary basis [1–5]. The links of the manipulation system can be modeled without taking into account [1–3] or taking into account [4, 5] elastic compliance. But in real operating conditions, MTTM is not guaranteed to fulfill this assumption. In particular, in work [6] the model of motion of MTTM with a load is considered with the non-working state of the manipulator crane, containing elements of the base chassis and manipulation system. However, for a number of MTTM, the MS operation can be accompanied by the movement of the base machine (forest machinery, excavators). In addition, even under the chassis mounted on the outriggers, the deformation of the supporting surface (compaction of the soil) is possible during the operation of the MS [7]. In this connection, further improvement of mathematical models is required in order to better take into account the mutual influence of MS, the basic chassis of MTTM and the deformable support base.



Pic. 1. Structure of complex mathematical model.



Pic. 2. Generalized model of the basic chassis of MTTM.

Objective. *The objective of the author is to consider a complex mathematical model of the manipulation system of a mobile transport-technological machine.*

Methods. *The author uses general scientific and engineering methods, mathematical methods, calculation methods.*

Results. *The complex mathematical model proposed for such purposes consists of a set of submodels that take into account the dynamics of each of the components of the system «Working body – Manipulation system – Base machine – Support base – Environment» (Pic. 1).*

Subsystem 0 *combines external environmental influences (wind load, temperature influence, impulse impact).*

Subsystem I *includes elements located under the MTTM, creating the reaction forces of the supports. The influence of the elements of the subsystem on the work of the MS is taken into account by: the mathematical model of the support surface (macro- and microroughness models) and the mathematical model of the deformable support base (when the base machine moves or the manipulation system works, the support surface is constantly changing). It is possible to distinguish the following types of deformable support base: for land vehicles (ground, road), railway track, liquid (for floating vehicles).*

Subsystem II *includes elements of MTTM (without MS elements) – elements of the base machine. The main ones are the hull, the suspension components, the propulsor, the engine with the transmission, the outriggers. When the MS is working, the influence of outriggers is taken into account, and when moving MTTM – is not taken into account. We can distinguish the following types of basic machines: wheeled or tracked chassis, railway carriage, floating vehicle.*

Subsystem III *includes MS elements: links of articulated jib, hydraulic cylinders, hinges. Also in this subsystem there are damages received by the MS during operation (destruction, backlash).*

Subsystem IV *includes a cargo fixed to a rigid or flexible suspension with a load-holding body, or a specialized working body MTTM (clamp hook, delimbing head, milling cutter, ram engine).*

If the links of the MS are considered absolutely rigid, then their dynamics is described by an equation of the form:

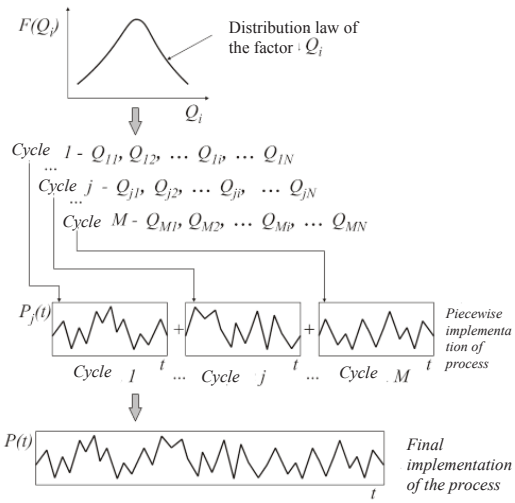
$$[H(q)]\{q''\} + \{C(q, q', F)\} = \{\tau\},$$

where $\{\tau\}$ is a vector of generalized forces; $[H(q)]$ is a matrix of inertia, the components of which depend on the generalized coordinates; $\{q''\}$ is a vector of generalized accelerations; $\{C(q, q', F)\}$ is a vector, depending on the generalized coordinates, generalized velocities and external influences F [2].

The equations of motion of the links of the MS with account of elastic compliance are constructed using the method of Lagrange multipliers, which allows taking into account the structural limitations:

$$M_{3i}\ddot{q}_i + C_q^T \lambda = Q_{esi} - Q_{v3i} - Q_{fsi},$$

where C_q is a matrix of coupling equations; λ are Lagrange multipliers, Q_{3i} is a vector of external forces;



Pic. 3. The method of dynamic loading simulation MS MTTM.

Q_{v3i} is a vector of forces that depend on the squares of the velocities; Q_{f3i} is a vector of elastic forces [4, 5].

A mathematical model of the power hydraulic drive is designed, oriented to its inclusion in the structure of the complex mathematical model of the multipurpose MTTM. The model makes it possible to determine the forces acting on the links of the MS, and is a system of differential and algebraic equations with respect to unknowns: pressure (p_j)) and flow rate (Q_j).

There is a large number of basic chassis MTTM, designed for installation of manipulation systems. The greatest influence on the dynamics of the base machine is provided by the propulsion type. A generalized model of the base machine is shown in Pic. 2.

The equations of motion of the system in general form are given below. For the sprung mass of the base machine, the first three equations of motion are the most important.

$$m_0\ddot{z}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij} + F_{aji}\right] = P_z;$$

$$J_x\ddot{\phi}_x - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij}s_\phi R_{xkij} + F_{aij}s_\phi R_{xaij}\right] = M_x + P_y B;$$

$$J_y\ddot{\phi}_y - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{kij}s_\phi R_{ykij} + F_{aij}s_\phi R_{yaij}\right] = M_y - P_z O_1 Z + P_x B;$$

$$m_0\ddot{x}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{xkij} + F_{xaji}\right] = P_x;$$

$$m_0\ddot{y}_м - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{ykij} + F_{yaji}\right] = P_y;$$

$$J_z\ddot{\phi}_z - \sum_i\sum_j\sum_k\left[F_{xkij}y_{R_{kij}} + F_{xaji}y_{R_{akij}} + F_{ykij}x_{R_{kij}} + F_{yaji}x_{R_{akij}}\right] =$$

$$= M_z + P_y O_1 Z;$$

...

$$m_{kij}\ddot{x}_{kij} + \left(c_{nji} + c_{kij}\right)\left(x_{kij} - z_м - s_\phi\phi_y R_{ykij} - s_\phi\phi_x R_{xkij} + \xi_{kij}(t)\right) +$$

$$+\left(\alpha_{nji} + \alpha_{kij}\right)\left(\dot{x}_{kij} - \dot{z}_м - s_\phi\dot{\phi}_y R_{ykij} - s_\phi\dot{\phi}_x R_{xkij}\right) = 0;$$

...

$$m_{aij}\ddot{x}_{aji} + \left(c_{aji} + c_{naij}\right)\left(x_{aji} - z_м - s_\phi\phi_y R_{yaji} - s_\phi\phi_x R_{xaji} + \xi_{aij}(t)\right)$$

$$+\left(\alpha_{aji} + \alpha_{naij}\right)\left(\dot{x}_{aji} - \dot{z}_м - s_\phi\dot{\phi}_y R_{yaji} - s_\phi\dot{\phi}_x R_{xaji}\right) = 0,$$

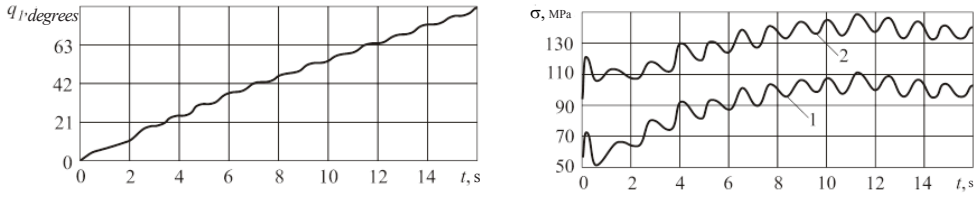
where c_{k1i}, α_{k1i} is coefficient of elasticity and viscosity of the mass suspension element m_{k1i}; c_{k2i}, α_{k2i} is coefficient of elasticity and viscosity of the mass suspension element m_{k2i}; c_{n1i}, α_{n1i} is coefficient of elasticity and viscosity of the frame of the base machine for the action of the mass suspension element m_{k1i}; c_{n2i}, α_{n2i} is coefficient of elasticity and viscosity of the frame of the base machine for the action of the mass suspension element m_{k2i}; c_{aij}, c_{naij}, α_{aij}, α_{naij} are coefficients of elasticity and viscosity of the outriggers and the frame of the base machine for impact from the outriggers; $c_м$, $\alpha_м$ is coefficient of elasticity and viscosity of the frame of the base machine for manipulator action; s_ϕ is the multiplier for selecting the sign (if the force on the side of the reference element leads to positive rotation $s_\phi = 1$, to negative rotation $– s_\phi = –1$); R_{ykij}, R_{yakij} is distance from the center of gravity to the point of attachment of the support element along the y axis; R_{xkij}, R_{xakij} is distance from the center of gravity to the point of attachment of the support element along the x axis; F_{xkij}, F_{xaji}, F_{ykij}, F_{yaji} are elastic forces, with shifts along the x and y axes, calculated similarly to the forces F_{kij} and F_{aji}, but with the corresponding rigidity and dissipation coefficients; x_R and y_R are components of vectors R; B is height of the point G above the gravity center. The parameters are determined either analytically or by the finite element method [8]. The manipulation system acts on the base chassis by means of six force factors: the forces P_x, P_y, P_z and moments M_x, M_y, M_z.

The deformation of the support base ε_z under the support element is studied using the nonlinear theory of elastic-visco-plastic materials. For this purpose, the dependence is constructed for one of the chassis types: tracked or wheeled with weak or strong pumping of the wheels. Such a relationship is as follows:

$\varepsilon_z = \varepsilon_z(t, E, K_z, \sigma_z, t_к)$,

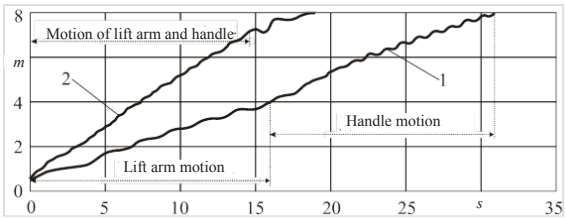
where t is time; E is instantaneous modulus of deformation; K_z is a function of creep speed; σ_z is stresses (pressure) at the point of contact of the support element and the support base; $t_к$ is the end time of deformation process of the soil under the support element [7].

To calculate the metal structure of the manipulation system for strength, it is necessary to determine the loads acting directly on it and the values of the corresponding stresses at hazardous points, sections, and elements. The evaluation of the dynamic loading is carried out after the construction of a probabilistic

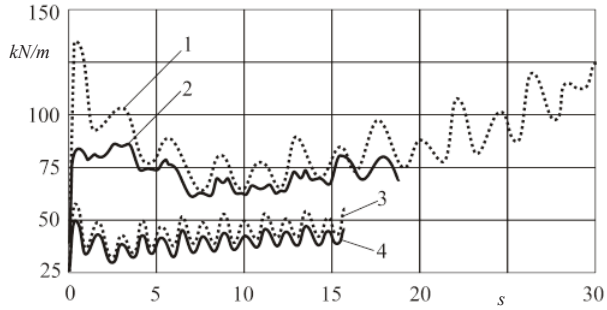


a) *b)*

Pic. 4. Results of modeling dynamics when moving the handle: a – graph of the change in the general coordinate of the handle (angle of rotation); b – graph of the change in the maximum equivalent stresses in the links; 1 – stresses in the handle; 2 – stresses in the lift arm.



Pic. 5. The graph of the change in the vertical coordinate of the suspension point of the cargo MS MTTM AST-4-A: 1 – with separate movement (first the lift arm moves, then the handle); 2 – with joint movement of links.



Pic. 6. The graph of the change in the forces in the hydraulic cylinders MC MTTM AST-4-A: 1, 2 – hydraulic cylinder of the lift arm drive; 3, 4 – the hydraulic cylinder of the handle drive; 1, 3 – with separate movement (first the lift arm moves, then – the handle); 2, 4 – when moving together.

family of realizations of the process of changing stresses in hazardous locations. The general algorithm for estimating dynamic loading consists of the steps shown in Pic. 3.

1. During the simulation, the exact values of the random load factors Q_i are determined for each cycle of operation of the manipulation system of the mobile transport-technological machine during the period of work under study.

2. Dynamic processes in the MS are simulated using a deterministic complex dynamic model. The simulated values of loading factors serve as the initial parameters of these models. The result of the simulation is a piecewise realization of the process $P_i(t)$ of changing the load characteristics of the MS.

3. As a result, from the piecewise implementations corresponding to different combinations of loading factors, the final realization P(t) of the process of changing the loading characteristic (dynamic forces or stresses in the metal structure) is added.

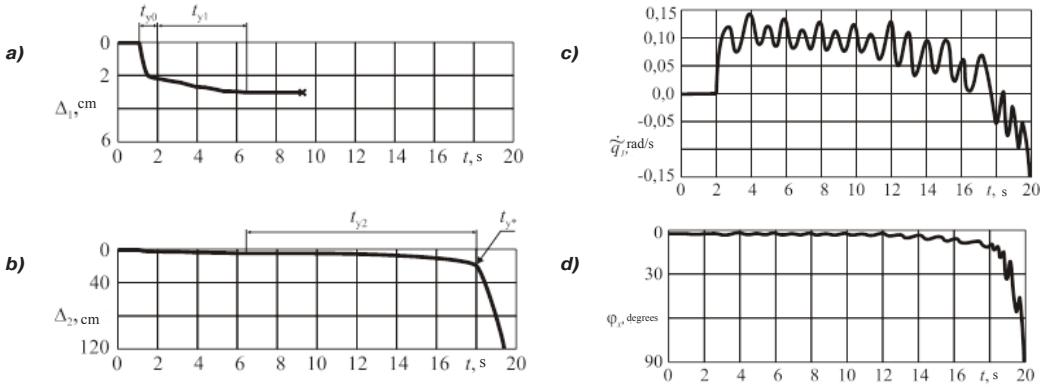
4. This process is repeated many times, after which a probabilistic family of realizations is formed. If necessary, the simulation results of load modeling are performed (blocks are constructed or distribution laws are determined).

Using the developed model, the dynamics of the three-link MS MTTM AST-4-A was simulated on the basis of the crawler tractor TT-4M [5, 6, 8]. The manipulation system of this machine consists of three links: a rotating column, an arrow and a handle, on which a hook suspension is fixed. The MS links can move both separately and together. The results of modeling the dynamics when moving the MS handle are shown in Pic. 4. Its position is determined by the generalized coordinate q_1.

The elasticity of the MS links causes the oscillatory character of the graphs (Pic. 4), even at the stage of steady motion, when the solution for the model with rigid links gives a zero value. The range of oscillation of the magnitude of acceleration thus reaches 15–20 MPa. The duration of the transient process at the beginning of the movement of the link increases from 0,1–0,2 to 2,0–2,5 s.

Hydraulic drive and kinematic scheme MS MTTM AST-4-A allows simultaneous movement of the handle and lift arm. In this case, the pump feed is distributed between the hydraulic cylinders through the consumption divider. The graph of the vertical coordinate change of the suspension point of the load when the lift arm and the handle are moving together is shown in Pic. 5. After 15–16 seconds, the handle reaches its end position and its drive switches off. This causes a temporary increase in the amplitude of the oscillations (transient process). The rest of the time only the lift arm drive works. As soon as the lift arm reaches its extreme position, the hydraulic actuator MS is completely shut off. Combination of movements leads to a reduction in cycle time by 40–50 %.

The graph of the change in the forces in the hydraulic cylinders MS MTTM AST-4-A with the joint movement of the lift arm and the handle is shown in Pic. 6. It can be seen that the combination



Pic. 7. Results of simulation of subsidence under MTTM AST-4-A: a – deformation of soil under the track No. 1; b – deformation of soil under the track No. 2; c – generalized speed of the MS handle; d – angle of the side heel of the base chassis of the machine.

of movements leads to a decrease in effort by 25–30 %.

One of the goals of creating a complex model was the possibility of assessing the stability of MTTM, taking into account the influence of the base machine and the deformation of the support surface. Let's consider the case of a sharp subsidence of the ground under one of the tracks MTTM AST-4-A. After installing the machine on the support base, the soil (loam) is compacted under both tracks (Pic. 7a). This process lasts for t_{y0}. At the time t = 2 s, the load begins to rise. For some time, t_{y1} dynamic loads caused by the operation of the MS, lead to additional compaction of the soil under the tracks. The total compaction is 3,1 cm.

After 9,5 seconds after the beginning of the lifting of the load, subsidence starts under one of the tracks, caused by external influences (erosion or collapse of the underground cavity). This leads to the disarmament of a single track (Pic. 7a) and the appearance of a strong roll of MTTM in the installation plane of the MS (Pic. 7d). At time t = 18, subsidence under the loaded track bearing the main load begins to increase rapidly (Pic. 7b). With a delay of 0,3–0,5 s, the machine begins to abruptly lean (Pic. 7d). The stability angle for MTTM AST-4-A is 62.6°. Its exceeding will lead to loss of stability of the machine. From Pic. 7d it can be seen that, taking into account the deformations of the ground, a sharp increase in the angle of inclination of the machine begins at $\phi_x = 55^o$, which then leads to its overturning (loss of overall stability).

Conclusions. *The developed complex model can be used to simulate the dynamics and estimation of the dynamic loading of MS MTMM under various operating conditions: movement of individual lift arm links, joint movement of links, movement of the base machine with the load on the stationary MS, subsidence of the ground under the MTTM. When the movements of MS MTMM links are combined, the cycle time is reduced by 40–50 %, and the forces overcome by hydraulic cylinders are reduced by 25–30 %. The sharp subsidence of the ground under MTTM can lead to a loss of overall stability. The risk of such a development of events can be estimated using the developed complex mathematical model of MS MTTM.*

REFERENCES

1. Lagerev, I. A. Comparative analysis of the characteristics of cranes-manipulators of domestic and foreign manufacturers [*Sravnitel'nyj analiz harakteristik kranov-manipuljatorov otechestvennyh i zarubezhnyh proizvoditelej*]. *Pod'emno-transportnoe delo,* 2016, Iss. 1–2, pp. 8–10.

2. Featherstone, R. Rigid Body Dynamics Algorithms. N.Y.: Springer, 2008, 272 p.

3. Silver, W. On the Equivalence of Lagrangian and Newton-Euler Dynamics for Manipulators. *Int. Robotics Res*, 1982, Iss. 1(2), pp. 60–70.

4. Korkealaakso, P., Mikkola, A., Eantalainen, T., Rouvinen, A. Description of Joint Constraints in the Floating Frame of Reference Formulation. *Proc. IMechE*, 2008, Vol. 223, Part K, pp. 133–144.

5. Kovalsky, V. F., Lagerev, I. A. Mathematical modeling of the dynamics of the manipulation system of a mobile transport-technological machine taking into account the elasticity of links [*Matematicheskoe modelirovanie dinamiki manipuljacionnoj sistemy mobil'noj transportno-tehnologicheskoj mashiny s uchetom uprugosti zven'ev*]. *Izvestija MAMI*, 2016, Iss. 3, pp. 9–15.

6. Lagerev, I. A. Dynamic loading of a crane-manipulator of a machine for welding pipelines during the movement with a load [*Dinamicheskaja nagruzhennost' krana-manipuljatora mashiny dlja svarki truboprovodov pri dvizhenii s gruzom*]. *Pod'emno-transportnoe delo*, 2011, Iss. 3, pp. 7–10.

7. Nosov, S. V. Interaction of wheeled, tracked and road machines with a deformable support base (scientific basis) [*Vzaimodejstvie kolesnyh, gusenichnyh i dorozhnyh mashin s deformiruemym opornym osnovaniem (nauchnye osnovy)*]. Abstract of D.Sc. (Eng.) thesis. St. Petersburg, 2008, 34 p.

8. Vershinsky, A. V., Lagerev, I. A., Shubin, A. N., Lagerev, A. V. Numerical analysis of metal structures of lifting and transporting machines [*Chislennyj analiz metallicheskih konstrukcij pod'emno-transportnyh mashin*]. Bryansk, BSU, 2015, 210 p.

Information about the author:

Lagerev, Igor A. – Ph.D. (Eng.), associate professor of the department of Informatics and Applied Mathematics of Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk, Russia, lagerev-bgu@yandex.ru.

Article received 29.11.2016, accepted 25.01.2017.

УДК 656.259.12

Анализ электромагнитной совместимости рельсовых цепей и тягового электроснабжения

Александр ИВАНЕНКО
Alexander A. IVANENKO

Юрий ЗЕНКОВИЧ
Yuri I. ZENKOVICH

Зенкович Юрий Иосифович *– заслуженный изобретатель России, кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Иваненко Александр Александрович *– начальник технического отдела департамента безопасности движения ОАО «РЖД», Москва, Россия.*

Analysis of Electromagnetic Compatibility of Track Circuits and Traction Power Supply
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 44)

Рассмотрены вопросы электромагнитной совместимости устройств тягового электроснабжения с рельсовыми цепями при гололёдных явлениях на контактном проводе. Приводятся расчетные соотношения для определения значения токов подмагничивания дроссель-трансформаторов при электрической дуге, возникающей вследствие образования наледи на контактном проводе, а также анализируются причины ложной занятости рельсовых цепей на станции.

Ключевые слова: *электромагнитная совместимость, ложная занятость, рельсовая цепь, электрическая дуга, коэффициент асимметрии, тяговый ток, контактный провод, удельное сопротивление рельсов.*

На участках железных дорог при электротяге переменного тока наблюдаются случаи ложной занятости рельсовых цепей при обледенении контактного провода. Как правило, они имеют место на станциях и очень редко на перегонах.

Ложная занятость наступает из-за воздействия тягового тока на аппаратуру рельсовых цепей и проявляется при приближении поезда к входному сигналу станции, когда внезапно разрешающий сигнал входного светофора перекрывается на запрещающее показание перед вступлением поезда на установленный для него маршрут движения по станции. В результате этого машинист может проехать запрещающее показание входного светофора, что квалифицируется как нарушение правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта.

Проведём подробный анализ причин возникновения таких сбоев в работе устройств СЦБ в период гололёдных явлений на контактном проводе. На рис. 1 представлена схема тягового электроснабжения электровоза, включающая в себя тяговую подстанцию ТП, рельсовые цепи 1РЦ-3РЦ с дроссель-трансформаторами ДТ, к вторичным обмоткам которых подключается аппаратура

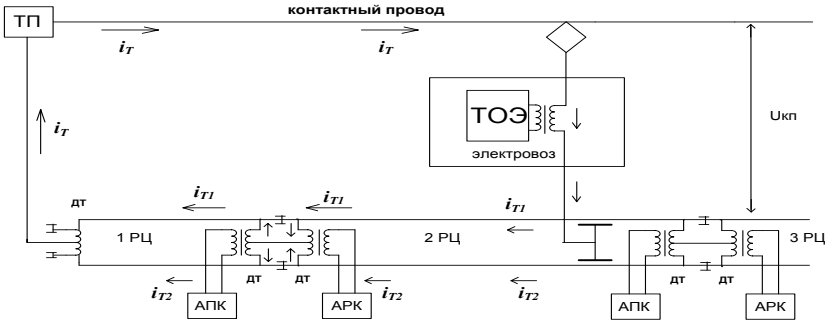


Рис. 1.

питающего конца АПК рельсовой цепи и аппаратура релейного конца АРК. На рис. 1 показаны также схема токосъёма электровоза с тяговым оборудованием электровоза (ТОЭ) и тяговые токи i_T, i_{T1}, i_{T2}, протекающие через контактный провод и по рельсам, причём $i_T = i_{T1} + i_{T2}$.

При образовании наледи на контактном проводе между лыжей пантографа электровоза и контактным проводом возникает электрическая дуга [1]. Для анализа условий возникновения дуги может быть использована электрическая схема замещения тягового электроснабжения электровоза в виде, представленном на рис. 2, где L – эквивалентная индуктивность трансформатора тяговой подстанции ТП и трансформатора электровоза. Сопротивление контактного провода и рельсов обратной тяговой сети можно считать активной величиной r, так как их индуктивность во много раз меньше величины L. Переключателем П будет имитироваться процесс вступления электровоза на участок с наледью на контактном проводе и, следовательно, переходный процесс, вызывающий зажигание электрической дуги, напряжение на которой обозначено U.

На рис. 3 показана приближенная кусочно-линейная аппроксимация характеристики электрической дуги. До тех пор, пока напряжение между графитовой вставкой полоза токоприемника электровоза и контактным проводом не достигнет величины U_1, дуга не горит и электрическая цепь при включённом рубильнике П (рис. 2) разорвана. При повышении напряжения на дуге до значения U_1 дуга зажигается и на ней устанавливается напряжение U_2. Снижение напряжения со значения U_1 до U_2 происходит не мгновенно, однако при низкой частоте источника $U_{кп}$, равной 50 Гц, и при упрощённом рассмотрении задачи без учёта инерционности дуги можно этим временем пренебречь и считать,

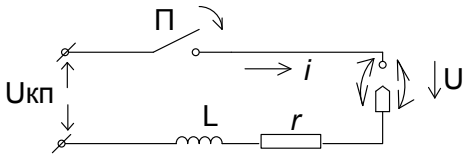


Рис. 2.

что сразу после зажигания дуги на ней устанавливается напряжение U_2. Напряжение на дуге U_2 остаётся неизменным, вплоть до момента, когда ток в цепи проходит через нуль и дуга гаснет. Если за начало отсчёта времени выбрать момент зажигания дуги, то переходный процесс в электрической цепи схемы (рис. 2) будет характеризоваться следующими параметрами:

$$U_{кп} = U_m \cdot Sin(\omega t + \alpha_н) - U_2, \quad (1)$$

где $\alpha_н = \arcsin(\frac{U_1}{U_m})$.

В этом случае ток переходного процесса для $i>0$ может быть представлен в виде:

$$i = \frac{U_m}{z} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\omega t + \alpha_н - \varphi) - \\ e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot \sin(\alpha_н - \varphi) \end{bmatrix} - \frac{U_2}{r}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (2)$$

где $\phi = arctg(\omega L/r)$, $z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2}$, $\tau = L/r$.

На рис. 4 представлены графики зависимости напряжения $U_{кп}$ и тока i, а также напряжения на дуге $U = \pm U_2$. Как видно из графика, установившийся режим тока i в интервале времени от 0 до 1 определяется изменяющимся во времени напряжением $U_{кп}$, которое не достигает значения U_1 и описывается уравнением (2). Интервалы погасания дуги между токами 1–2 и 3–4 зависят от параметров электрической цепи и могут быть сведены к нулю, то есть электрическая дуга может гореть непрерывно. Условием непрерывного горения в этом случае является соотношение между напряжениями в точке 1 (рис. 4) когда $U_3 \geq U_1$, что, в свою очередь, зависит от амплитуд-

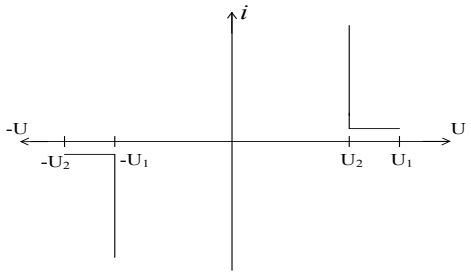


Рис. 3.

ного значения U_m на контактном проводе и индуктивности L.

При достаточно больших значениях L и U_m дуга может гореть непрерывно. Рассмотрим условия, при которых это будет происходить.

Если при $i = 0$ напряжение $U = |U_3| \geq |-U_1|$, то дуга горит без перерывов, а точки 1 и 2, 3 и 4 соответственно сливаются в одну. В этом случае установившийся режим наступит, когда угол $\alpha_н$ изменится и примет некоторое наибольшее значение α_m.

Напряжение источника, при котором изменяется полярность тока дуги, также увеличится до некоторого значения $U > |-U_1|$.

Величина α_m может быть определена из условия, что время между моментами зажигания дуги и прохождения тока через нуль равно половине периода ϖ. В этом случае будем иметь:

$$\frac{U_m}{z}\left[\begin{matrix}\sin(\alpha_m-\varphi+\pi)-\\ e^{-\frac{\pi}{\omega\cdot\tau}}\cdot\sin(\alpha_m-\varphi)\end{matrix}\right]-\frac{U_2}{r}(1-e^{-\frac{\pi}{\omega\cdot\tau}})=0 \quad , \quad (3)$$

откуда:

$$\alpha_m=\varphi-\arcsin\left(\frac{U_2\cdot z\cdot(1-e^{-\frac{\pi}{\omega\cdot\tau}})}{U_m\cdot r\cdot(1+e^{-\frac{\pi}{\omega\cdot\tau}})}\right). \quad (4)$$

При существующих значениях индуктивности L и напряжения контактной сети тягового электроснабжения дуга горит непрерывно. Однако процесс непрерывного горения не может вызывать сбои в работе устройств СЦБ, так как ток i не содержит постоянной составляющей, а от высших гармонических составляющих этого тока имеется достаточно надёжная защита, основанная на применении синхронных фазочувствительных приёмников типа ДСШ [2], в которых путевые и местные цепи питаются от разных и независимых источников питания.

В то же время следует отметить, что электрическая дуга сопровождается мощным тепловым процессом, который выбрасывает в окружающую среду огромное количество тепла. Выделяемая электрическая мощность в среднем составляет от 50 до 100 кВА. Такая энергия способна мгновенно расплавить лёд в окрестности полоза токоприемника и восстановить контакт в системе электроснабжения электровоза, то есть погасить электрическую дугу. После погасания дуги и остывания элементов токосъёма электровоза при его непрерывном движении происходит снова наезд на наледь контактного провода и зажигание электрической дуги. Таким образом, во время движения электровоза происходят периодическое включение и выключение электрической дуги и связанный с этими явлениями процесс коммутации переменного тока с накопителями энергии.

Известно, что при включении синусоидального напряжения в электрической цепи, содержащей индуктивность L и активное сопротивление r (рис. 2), образуется переходный процесс, при котором ток i будет содержать вынужденную $i_в$ и свободную составляющую $i_{св}$:

$$i = i_в + i_{св}. \quad (5)$$

При этом $i_в$ определяется из выражения:

$$i_в=\frac{U_m}{z}\sin(\omega t+\psi-\varphi), \quad (6)$$

где $z=\sqrt{(\omega L)^2+r^2}$, $tg\varphi=\frac{\omega L}{r}$.

А свободная составляющая тока $i_{св}$ может быть рассчитана по выражению:

$$i_{св}=-\frac{U_m}{z}\cdot\sin(\psi-\varphi)\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (7)$$

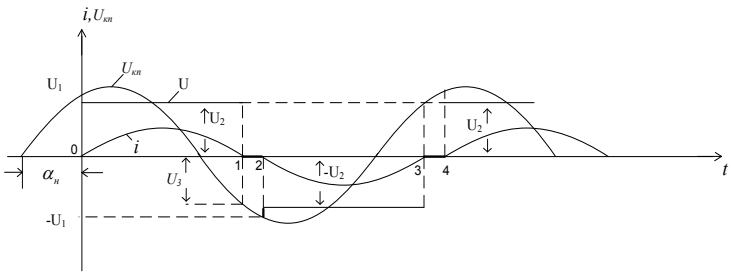


Рис. 4.

где $\tau = L/r$, ψ – текущее значение фазы синусоидального тока.

Учитывая, что процесс коммутации электрической цепи происходит периодически с некоторым периодом Т, который, в свою очередь, зависит от ряда таких факторов, как толщина льда на контактном проводе, скорость движения электровоза, потребляемый электровозом ток и др., то в переменном тяговом токе электровоза образуется некоторое среднее значение постоянной составляющей тока:

$$I_{ср} = \frac{1}{T}\int_0^T i_{св}(t)dt. \qquad (8)$$

Среднее значение $I_{ср}$ представляет собой постоянный ток, который протекает в обратной тяговой сети наравне с переменным тяговым током $i_Т$. Этот ток $I_{ср}$ проходит через тяговые обмотки дроссель-трансформаторов ДТ (рис. 1) и при наличии асимметрии в рельсовой линии намагничивает магнитную систему дроссель-трансформатора, не имеющую воздушного зазора [3, 4]. В этом случае происходит смещение рабочей точки электромагнитной системы ДТ, и система входит в насыщение, то есть индукция перестаёт изменяться под действием сигнального тока рельсовой цепи, который тоже протекает через обмотку дроссель-трансформатора, но имеет частоту, отличную от частоты тягового тока. В результате процесса дроссель-трансформатор не наводит ЭДС от сигнального тока в дополнительную обмотку, где подключена аппаратура рельсовой цепи, и напряжение на путевых реле падает до напряжения отпускания якоря реле [5]. Это приводит к ложной занятости рельсовой цепи. Необходимо также заметить, что максимальное значение i_{max} тока переходного процесса может составлять удвоенное значение амплитуды вынужденного тока $I^{в}_{m}$ (рис. 5).

В эксплуатируемых сейчас рельсовых цепях при электротяге переменного тока асимметрия рельсовой линии оценивается по переменному тяговому току, протекающему через тяговую обмотку дроссель-трансформатора. Установленные нормы на асимметрию по переменному тяговому току

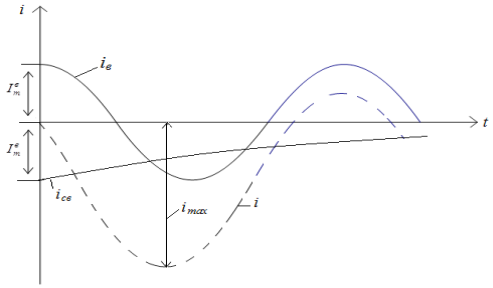


Рис. 5.

обеспечивают устойчивую работу рельсовых цепей в условиях эксплуатации при отсутствии наледи на контактном проводе. Обледенение контактного провода приводит к изменению состава тягового тока, в котором появляется наряду с переменным током частотой 50 Гц и постоянный ток. Причем асимметрия по постоянному току может иметь совершенно другие значения по сравнению с контролируемыми значениями на переменном токе. Это объясняется тем, что, например, при продольной асимметрии рельсовой линии удельное сопротивление рельсов на частоте 50 Гц в 6–8 раз выше, чем удельное сопротивление на постоянном токе. Следует к тому же отметить, что контролировать асимметрию по постоянному току используемыми в эксплуатации измерительными приборами не представляется возможным, да и сама процедура измерения асимметрии по постоянному току не предусмотрена в графике технологического обслуживания рельсовых цепей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В., Страхов С. В. Основы теории цепей.– М.: Энергия, 1975.– 752 с.
2. Аркатов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание.– М.: Транспорт, 1990.– 295 с.
3. Иваненко А. А., Зенкович Ю. И., Щербина Е. Г. Защита рельсовых цепей от ложной занятости // Автоматика, связь информатика.– 2011.– № 4.– С. 29–31.
4. Кравцов Ю. А., Зенкович Ю. И., Гоман Е. А. и др. Работа рельсовых цепей в условиях гололедообразования на контактном проводе // Автоматика, связь, информатика.– 2004.– № 5.– С. 17–19.
5. Сороко В. И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник.– Т. 1.– М.: Планета, 2000.– 960 с.

Координаты авторов: **Зенкович Ю. И.** – zenkovich@bk.ru, **Иваненко А. А.** – ivanenkoAA@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 21.04.2016, принята к публикации 25.08.2016.

ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF TRACK CIRCUITS AND TRACTION POWER SUPPLY

Zenkovich, Yuri I., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Ivanenko, Alexander A., *JSC Russian Railways, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The issues of electromagnetic compatibility of traction power supply devices with track circuits are considered in case ice phenomena on the contact wire. The calculated ratios for determining the value of the bias currents of the choke-transformers in the electric arc, which arises from the formation of ice on the contact wire, as well as the reasons for false occupation of track circuits at the station are analyzed.

Keywords: electromagnetic compatibility, track circuit, electric arc, asymmetry coefficient, traction current, contact wire, resistivity of rails.

Background. *On sections of railways with AC electric traction, there are cases of false occupation of track circuits when icing of the contact wire. As a rule, they take place at stations and very rarely on hauls.*

False occupation occurs because of the influence of traction current on the equipment of track circuits and manifests itself when the train approaches the station input signal, when suddenly the permissive signal of the entrance traffic light overlaps the prohibitory indication before the train enters the destination route established for it. As a result, the driver can pass the prohibitive indication of the entrance traffic light, which is qualified by an event associated with violation of safety rules for movement and operation of the railway transport.

Objective. *The objective of the authors is to analyze electromagnetic compatibility of track circuits and traction power supply.*

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

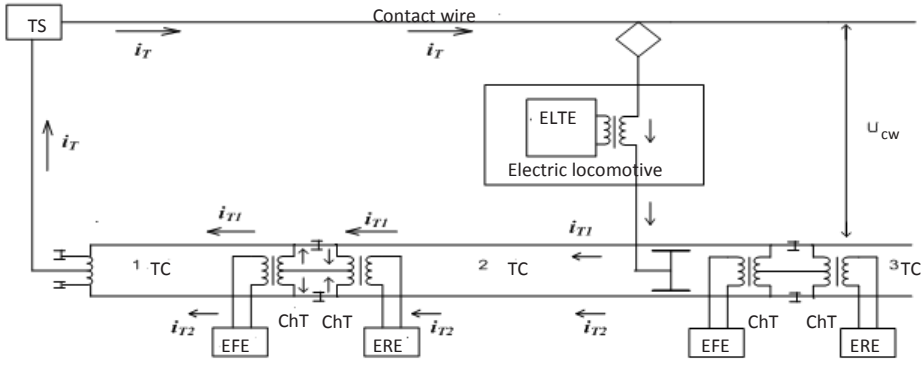
Results. *We will conduct a detailed analysis of the causes of such failures in the operation of the signaling devices in the period of glacial phenomena on the contact wire. Pic. 1 shows the scheme of traction power supply of an electric locomotive including a traction substation TS, track circuits 1TC-3TC with choke-transformers ChT, to the secondary windings of which the equipment of the feeding end EFE of the track circuit and the equipment of the relay end ERE are connected. Pic. 1 also shows the scheme of current collection of an electric locomotive with electric locomotive traction equipment (ELTE) and traction currents i_T, i_{T1}, i_{T2}, flowing through the contact wire and along the rails, and $i_T = i_{T1}+i_{T2}$.*

In the formation of ice on the contact wire between the pantograph slide of the electric locomotive and the contact wire, an electric arc arises [1]. To analyze the conditions for appearance of the arc, an electric circuit for replacing the traction power supply of an electric locomotive in the form shown in Pic. 2 can be used, where L is the equivalent inductance of the transformer of the traction substation TS and the electric locomotive transformer. Resistance of the contact wire and rails of the reverse traction network can be considered as an active value of r, since their inductance is many times less than the value L. The switch S will simulate the process of the electric locomotive entering the area with ice on the contact wire and, therefore, the transient process that causes the ignition of the electric arc, the voltage at which is denoted by U.

Pic. 3 shows an approximate piecewise linear approximation of the electric arc characteristic. As long as the voltage between the graphite insert of the current collector of the electric locomotive and the contact wire does not reach the value U_1, the arc does not burn and the electric circuit with the cut-off switch S (Pic. 2) is broken. When the arc voltage rises to U_1, the arc is ignited and the voltage U_2 is set on it. The decrease in voltage from the value U_1 to U_2 does not occur immediately, however, at a low frequency of the source U_{cw} equal to 50 Hz and with a simplified consideration of the problem without taking into account the inertia of the arc, this time can be neglected and it is assumed that immediately after ignition of the arc, the voltage U_2 is set on it. The voltage on the arc U_2 remains unchanged, until the moment when the current in the circuit passes through zero and the arc goes out. If the timing of the arc ignition is selected as the time reference point, the transient process in the electrical circuit of the scheme (Pic. 2) will be characterized by the following parameters:

$$U_{cw} = U_c \cdot Sin(\omega t+\alpha_v)-U_2, \qquad (1)$$

where $\alpha_v = \arcsin(\frac{U_1}{U_c})$.



Pic. 1.

In this case, the current of the transient for i>0 can be represented as:

$$i = \frac{U_c}{z} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\omega t + \alpha_v - \varphi) - \\ e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot \sin(\alpha_v - \varphi) \end{bmatrix} - \frac{U_2}{r}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \qquad (2)$$

where $\phi = arctg(\omega L/r)$, $z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2}$, $\tau = L/r$.

Pic. 4 shows the graphs of dependence of voltage U_{cw} *and the current i, as well as the voltage across the arc* $U = \pm U_2$. *As can be seen from the graph, the steady-state current mode i in the time interval from 0 to 1 is determined by the time-varying voltage* U_{cw}, *which does not reach the value* U_1 *and is described by the equation (2). The intervals of arc extinction between currents 1–2 and 3–4 depend on the parameters of the electrical circuit and can be reduced to zero, that is, the electric arc can burn continuously. The condition for continuous combustion in this case is the relationship between the voltages at point 1 (Pic. 4) when* $U_3 \geq U_1$, *which in turn depends on the amplitude value* U_c *on the contact wire and the inductance L.*

For sufficiently large values of L and U_c, *the arc can burn continuously. Let's consider the conditions under which this will occur.*

If, for i = 0, the voltage $U = |U_3| \geq |-U_1|$, *then the arc burns without interruptions, and points 1 and 2, 3 and 4 respectively merge into one. In this case, the steady-state mode will occur when the angle* α_v *changes and takes a certain largest value* α_c.

The voltage of the source, at which the polarity of the arc current changes, will also increase to a certain value $U > |-U_1|$.

The value of α_c *can be determined from the condition that the time between the moments of ignition of the arc and the passage of the current through zero is equal to half the period* ϖ. *In this case we will have:*

$$\frac{U_c}{z}\left[\sin(\alpha_c - \varphi + \pi) - e^{-\frac{\pi}{\omega\tau}} \cdot \sin(\alpha_c - \varphi)\right] -$$

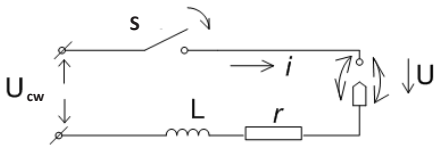
$$-\frac{U_2}{r}(1 - e^{-\frac{\pi}{\omega\tau}}) = 0, \qquad (3)$$

hence:

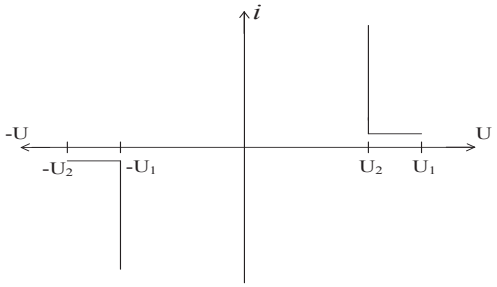
$$\alpha_c = \varphi - \arcsin\left(\frac{U_2 \cdot z \cdot (1 - e^{-\frac{\pi}{\omega\tau}})}{U_c \cdot r \cdot (1 + e^{-\frac{\pi}{\omega\tau}})}\right). \qquad (4)$$

With the existing values of the inductance L and the voltage of the traction power grid, the arc burns continuously. However, the process of continuous combustion cannot cause a malfunction in the operation of the signaling devices, since the current i does not contain a constant component, and from the higher harmonic components of this current there is a sufficiently reliable protection based on the use of synchronous phase-sensitive receivers of the DSSh type [2], in which the track and local circuits are powered by different and independent power sources.

At the same time, it should be noted that the electric arc is accompanied by a powerful thermal process, which emits a huge amount of heat into the environment. The electric power output is on average from 50 to 100 kVA. Such energy is able to instantaneously melt ice in the vicinity of the current collector's panel and restore contact in the electric locomotive power system, that is, to extinguish the electric arc. After the extinction of the arc and the cooling of the elements of the electric locomotive's current collector, when it moves continuously, there is again run-over the ice on the contact wire and the ignition of the electric arc. Thus, during the movement of an electric locomotive, periodic switching-on and switching-off of the electric arc and the process of commutation of the alternating current with energy storage devices connected with these phenomena occur.



Pic. 2.



Pic. 3.

It is known that when sinusoidal voltage is switched on in an electrical circuit containing inductance L and the active resistance r (Pic. 2), a transient process is formed at which the current i will contain the forced i_f *and the free component* i_{fr}:

$$i = i_f + i_{fr}. \qquad (5)$$

At the same time i_f *is determined from the expression:*

$$i_f = \frac{U_c}{z}\sin(\omega t + \psi - \varphi), \qquad (6)$$

where $z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2}$, $tg\varphi = \frac{\omega L}{r}$.

And the free current component i_{fr} *can be calculated by the expression:*

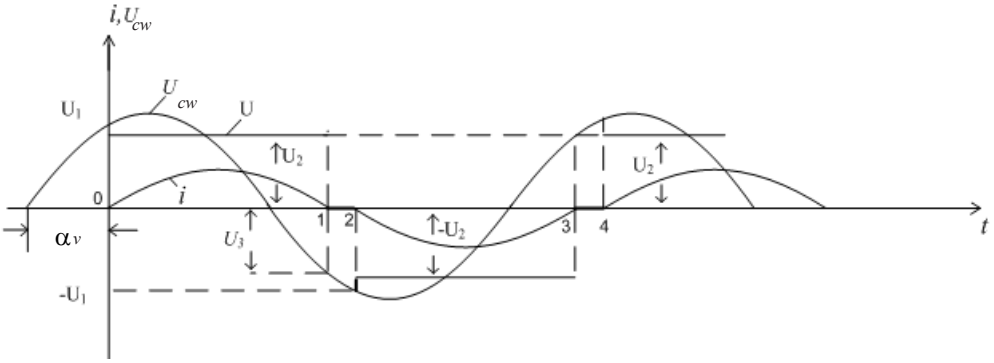
$$i_{fr} = -\frac{U_c}{z} \cdot \sin(\psi - \varphi) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \qquad (7)$$

where $\tau = L/r$, ψ – *current value of the sinusoidal current phase.*

Given that the process of commutation of an electrical circuit occurs periodically with a certain period T, which in turn depends on a number of factors such as the thickness of the ice on the contact wire, the speed of the electric locomotive, the current consumed by the electric locomotive, etc., then in the alternating traction current of the electric locomotive a certain average value of the constant component of the current is formed:

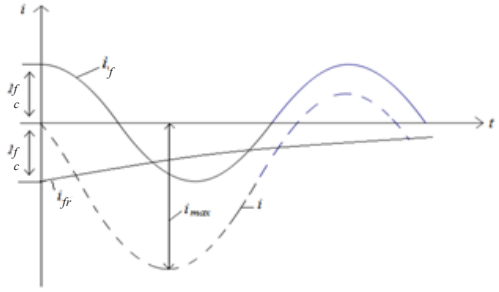
$$I_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T i_{fr}(t)dt. \qquad (8)$$

The average value I_{av} *is a direct current that flows in the reverse traction network on a par with the variable traction current* i_T. *This current* I_{av} *passes through the traction windings of the choke-transformers ChT (see Pic. 1) and, in the presence of asymmetry in the track circuit, magnetizes the magnetic system of the choke-transformer, which*



Pic. 4.

Pic. 5.



does not have an air gap [3, 4]. In this case, the working point of the ChT electromagnetic system shifts, and the system enters saturation, that is, the induction ceases to change under the influence of the signal current of the track circuit, which also flows through the winding of the choke-transformer, but has a frequency different from the frequency of the traction current. As a result of the process, the choke-transformer does not direct the EMF from the signal current to the additional winding where the track circuit equipment is connected, and the voltage on the track relays drops to the relay armature release voltage [5]. This leads to a false occupation of the track circuit. It should also be noted that the maximum value i_{max} of the transient current can be twice the amplitude of the forced current I^f_c (Pic. 5).

Conclusion. *In the currently operated track circuits with AC traction, the asymmetry of the track circuit is estimated from the variable traction current flowing through the traction winding of the choke-transformer. The established norms for asymmetry in variable traction current ensure stable operation of track circuits under operating conditions in the absence of ice on the contact wire. Icing of the contact wire leads to a change in the composition of the traction current, which appears along with alternating current of 50 Hz and direct current. And the asymmetry with respect to direct current can have completely different values in comparison with the controlled values on alternating current. This is because, for example, with longitudinal asymmetry of the track circuit, the specific resistance of the rails at a frequency of 50 Hz is 6–8 times higher than the resistivity at direct current. It should also be noted that it is not possible to control the asymmetry in direct current by the measuring instruments used in operation, and the procedure for measuring the asymmetry in direct current is not provided for in the schedule of technological maintenance of track circuits.*

REFERENCES

1. Zeveke, G. V., Ionkin, P. A., Netushil, A. V., Strakhov, S. V. Fundamentals of the theory of chains [*Osnovy teorii cepej*]. Moscow, Energia publ., 1975, 752 p.

2. Arkatov, V. S., Kravtsov, Yu. A., Stepensky, B. M. Track circuits. Analysis of work and maintenance [*Rel'sovye cepi. Analiz raboty i tehnicheskoe obsluzhivanie*]. Moscow, Transport publ., 1990, 295 p.

3. Ivanenko, A. A., Zenkovich, Yu. I., Shcherbina, E. G. Protection of track circuits against false occupation [*Zashhita rel'sovyh cepej ot lozhnoj zanjatosti*]. *Avtomatika, svjaz' informatika*, 2011, Iss. 4, pp. 29–31.

4. Kravtsov, Yu. A., Zenkovich, Yu. I., Goman, E. A. *et al.* Work of track circuits in the conditions of ice formation on a contact wire [*Rabota rel'sovyh cepej v uslovijah gololedoobrazovanija na kontaktnom provode*]. *Avtomatika, svjaz', informatika,* 2004, Iss. 5, pp. 17–19.

5. Soroko, V. I. Equipment of railway automatics and telemechanics: Reference book [*Apparatura zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki: Spravochnik*]. Vol. 1. Moscow, Planeta publ., 2000, 960 p.

Information about the authors:
Zenkovich, Yuri I. – Honored Inventor of Russia, Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, zenkovich@bk.ru.
Ivanenko, Alexander A. – head of the technical department of the Department of Traffic Safety of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, ivanenkoAA@rambler.ru.

Article received 21.04.2016, accepted 25.08.2016.

НАУКА И ТЕХНИКА • SCIENCE AND ENGINEERING

ВСМ 48

Принципиальная схема адаптированной тяговой подстанции.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГИЯ 64

На немецких железных дорогах ищут рациональные варианты.

ТЯГОВАЯ СЕТЬ 76

Несанкционированным процессам ставится блок.

МАГЛЕВ 90

Интегральная транспортная система и вакуумная магнитная левитация.

ЛОКОМОТИВЫ 100

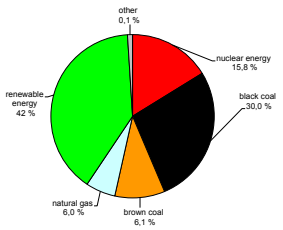
Сложение сил на грузонапряжённых участках.

HSR 48

Electrical schematic of adapted traction substation.

RENEWABLE ENERGY 64

The German Railways are looking for rational variants.



TRACTION NETWORK 76

Not authorized processes are blocked.

MAGLEV 90

Integral transport system and vacuum magnetic levitation.

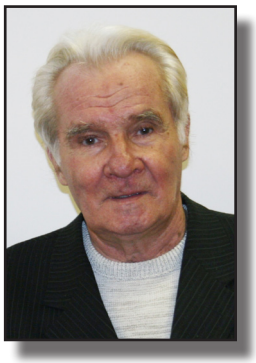
LOCOMOTIVES 100

Summation of forces at heavy loaded railway sections.

УДК 621.331:621.311

Система электроснабжения с трёхфазными трансформаторами для ВСМ

Наталья ДМИТРИЕВА
Natalia Yu. DMITRIEVA



Юрий ЧЕРНОВ
Yuri A. CHERNOV

Олеся КОКОРИНА
Olesya Yu. KOKORINA

Чернов Юрий Антонович *– доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Дмитриева Наталья Юрьевна *– ведущий инженер проектно-изыскательского института «Мосгипротранс», Москва, Россия.*
Кокорина Олеся Юрьевна *– инженер института «Мосгипротранс», Москва, Россия.*

Power Supply System with Three-Phase Transformers for HSR

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 57)

В статье предложена принципиальная схема тяговой подстанции системы электроснабжения 2х25 кВ с трёхфазными трансформаторами и векторной диаграммой напряжений для высокоскоростных магистралей. Проведено сравнение систем электроснабжения 2х25 кВ с однофазными и трёхфазными трансформаторами, рекомендована мощность трёхфазных трансформаторов для высокоскоростных магистралей. И всё это с учётом новых специальных технических условий, которые выработаны под задачи проектирования, строительства и эксплуатации российских ВСМ.

Ключевые слова: железная дорога, высокоскоростная магистраль, тяговая подстанция, система электроснабжения 2х25 кВ, трёхфазный трансформатор, однофазный трансформатор, специальные технические условия.

Высокоскоростные пассажирские перевозки прибыльны и окупают себя, принося государству прямую экономическую выгоду, а также развитие регионов, по которым проходит трасса магистралей, и определённый статус в мировом сообществе.

В нашей стране запущена и функционирует первая высокоскоростная магистраль (ВСМ) Москва–Санкт-Петербург. Она электрифицирована на постоянном токе напряжением 3 кВ. К сожалению, практика показывает, что возникает множество проблем при эксплуатации электрифицированной на постоянном токе скоростной магистрали. Это, в первую очередь, серьёзные «просадки» напряжения на токоприемнике электроподвижного состава (ЭПС) в середине фидерной зоны и, как следствие, необходимость использования громоздких вольтодобавочных устройств на тяговых подстанциях, да еще и вынужденное ограничение скорости на определенных участках. Но для этой магистрали не выбирали род тока, а лишь

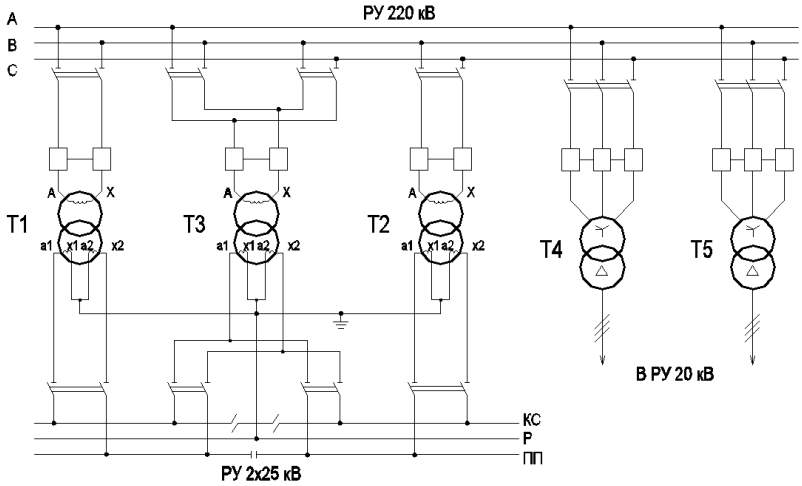


Рис. 1. Принципиальная схема тяговой подстанции с однофазными трансформаторами.

модернизировали имеющиеся тяговые подстанции.

Опыт электрификации высокоскоростных магистралей в Японии показал, что при мощности электропоезда порядка 16 МВт наиболее целесообразно использовать автотрансформаторную систему электроснабжения, получившую у нас название система тягового электроснабжения 2х25 кВ (СТЭ 2х25 кВ). Если в Японии на первой скоростной магистрали Токио–Осака при системе электроснабжения 25 кВ расстояние между тяговыми подстанциями было порядка 20 км, то при продолжении электрификации магистрали по системе 2х25 кВ это расстояние увеличилось до 50 км [1].

На данный момент ведутся работы по проектированию ВСМ-2 Москва–Казань–Екатеринбург и сделано обоснование инвестиций для ВСМ-3 Москва–Адлер. При отсутствии в начале проектирования российских нормативных документов, регламентирующих требования по строительству и эксплуатации специализированных железнодорожных линий со скоростью движения пассажирских поездов до 400 км/ч, по заказу ОАО «Скоростные магистрали» Петербургским государственным университетом путей сообщения (ПГУПС) и рядом других организаций под руководством профессора А. Т. Буркова разработаны «Специальные технические условия «Железнодорожное электроснабжение участка Москва–Казань–Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству» (далее СТУ). В СТУ указано, что при проектировании должны быть рассмотрены варианты схем тяговых подстанций с использованием однофазных, трёхфазных силовых трансформаторов, трансформаторов с симметрирующим эффектом, устройств повышения качества электроэнергии.

В обосновании инвестиций ВСМ-2 предлагается построить систему электроснабжения из участка постоянного тока (Москва-Ногинск) и участка переменного тока 2х25 кВ (Ногинск–Казань), что рекомендовано СТУ.

Статья посвящена выбору рационального варианта схемы трансформаторов тяговых подстанций системы электроснабжения 2х25 кВ магистрали. Вопрос возник не случайно. По результатам тяговых расчетов, сделанных ОАО «Ленгипротранс» на стадии обоснования инвестиций, было рекомендовано применение однофазных тяговых трансформаторов мощностью 48 МВА, что не соответствует требованию СТУ выбирать оборудование из ряда номинальных значений, установленных стандартом. К тому же ни один из отечественных заводов не выпускает однофазные трансформаторы такой мощности.

1.

Как правило, в нашей стране на тяговых подстанциях для питания тяговой сети системы 2х25 кВ устанавливаются однофазные трансформаторы с расщеплённой вторичной обмоткой [2]. Имеется опыт

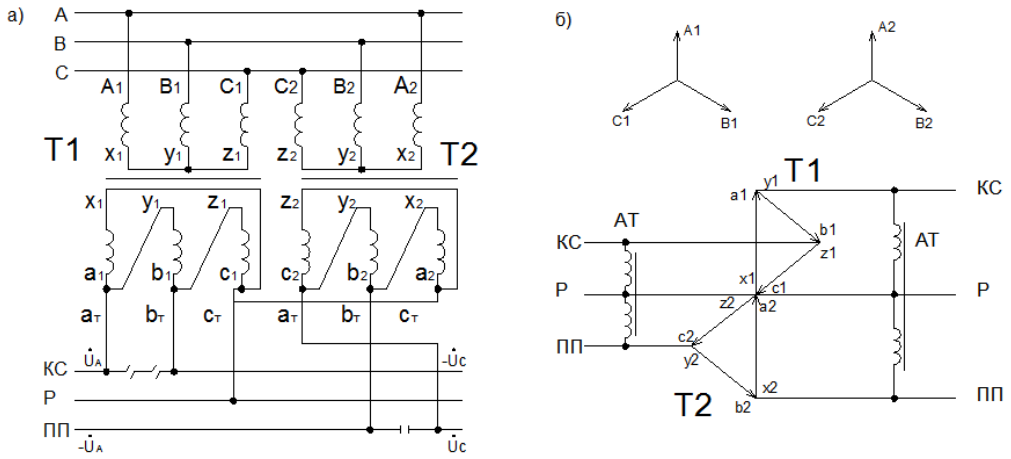


Рис. 2. Принципиальная схема тяговой подстанции системы электроснабжения 2х25 кВ с трёхфазными трансформаторами (а), справа – векторная диаграмма напряжений (б).

использования на Приволжской железной дороге и ранее на БАМ трёхфазных трансформаторов в системе 2х25 кВ.

На рис. 1 приведена схема тяговой подстанции с однофазными трансформаторами, учитывающая рекомендации СТУ: стопроцентное резервирование силовых трансформаторов и питание нетяговых потребителей от двух дополнительных трёхфазных двухобмоточных трансформаторов с высшим напряжением 220 кВ и вторичным напряжением 20 кВ. Такая схема рассмотрена и в обосновании инвестиций ВСМ-2. Первичные обмотки двух трансформаторов Т1 и Т2 соединены в открытый треугольник. Дополнительный трансформатор Т3 является резервным. Для питания трёхфазных потребителей с целью резервирования предусмотрены два трёхфазных трансформатора Т4 и Т5. На рисунке КС – контактная сеть, ПП – питающий провод, Р – рельсы.

Существенным недостатком схемы с однофазными трансформаторами стала ненадёжная работа устройств регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Скорость движения поезда зависит от напряжения на токоприёмнике ЭПС. В СТУ установлено минимальное значение напряжения на токоприёмнике не менее 21 кВ. Номинальное напряжение в тяговой сети, при котором выполняются тяговые расчёты, 25 кВ. Снижение напряжения на ВСМ до минимально допустимого приводит к потере мощности ЭПС на 15 % и к уменьшению среднетехнической скорости на 7–8 % [3].

Одним из средств обеспечения необходимого уровня напряжения в тяговой сети, в том числе и за счет изменения напряжения на первичных шинах тяговых подстанций, является автоматическое регулирование напряжения (АРПН) на трансформаторах тяговых подстанций. В первый же год эксплуатации системы электроснабжения 2х25 кВ с однофазными трансформаторами на Вяземской дистанции электроснабжения Московской железной дороги на одной из подстанций вышли из строя обмотки тонкого регулирования напряжения, осуществляющие ступенчатое регулирование напряжения. В результате их пришлось зашунтировать [4].

Выходило из строя устройство РПН на тяговой подстанции Мухтолово Горьковской железной дороги. На подстанции Сергач работают только нечётные позиции такого регулятора напряжения. По запросу авторов получен ответ от ЦЭТ ОАО «РЖД», что АРПН в системе 2х25 кВ не используется по причине ненадёжной его работы.

Ненадёжная работа устройств РПН обусловлена следующими причинами. По условиям изоляции эти устройства, предназначенные для регулирования числа витков в нейтрали первичной трехфазной обмотки, включены в две секции расщеплённой вторичной обмотки низкого напряжения со стороны рельсов. При низком напряжении резко увеличиваются токи,

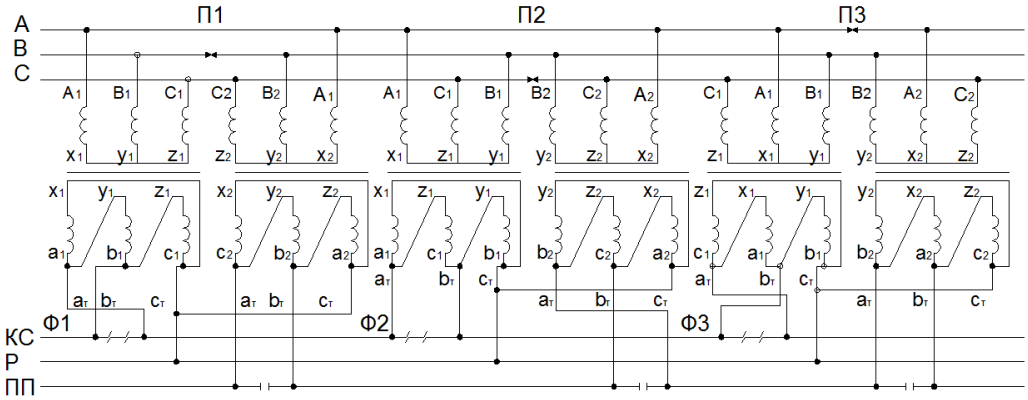


Рис. 3. Схема фазировки трёх подстанций (П1-П3) со стандартными трёхфазными трансформаторами в системе 2х25 кВ.

протекающие только через две фазы схемы. При этом через переключающее устройство, подключённое к контактной сети, протекает существенно бо́льший ток, чем через устройство, подключённое к питающему проводу, из-за бо́льшего сопротивления контура, питающего провод-рельсы, в который последовательно включены сопротивления линейных автотрансформаторов. Кроме того, на надёжность работы устройств РПН, особенно с низкой стороны, при питании тяговой нагрузки существенно влияют более частые короткие замыкания в тяговой сети по сравнению со стационарной энергетикой. Бо́льшая частота коротких замыканий вызывается воздействием посторонних тел (части вагонов, птицы), повреждениями на ЭПС, неисправностью токоприёмников, метеоусловиями (грозы, сильный ветер), неисправностями контактной сети.

Эти обстоятельства привели к тому, что в системе 2х25 кВ с однофазными трансформаторами автоматическое регулирование напряжения под нагрузкой, по данным Московской и Горьковской железных дорог, не практикуется. Однако в [3] для усиления системы электроснабжения ВСМ рекомендуется автоматическое поддержание напряжения на токоприёмнике за счёт регулирования напряжения на шинах тяговых подстанций.

2.

При разработке первых тяговых подстанций системы 2х25 кВ для Байкало-Амурской магистрали МИИТ, ВНИИЖТ и Трансэлектропроект предложили схему соединения трансформаторов подстанции, которую можно назвать (по аналогии со схемами Скотта и Вудбриджа) схемой Чернова, с использованием трёхфазных трансформаторов с группой соединения обмоток У/Д-11, выпускаемых серийно для системы тягового электроснабжения 25 кВ [5].

В этой схеме, показанной на рис. 2а, последовательно соединены две фазы вторичных обмоток двух трёхфазных трансформаторов, один из которых имеет группу соединения обмоток У/Д-11, а другой – группу соединения У/Д-1. При этом один трансформатор подключается к контактным проводам и справа, и слева от тяговой подстанции, а второй – к проводам и правого, и левого плеч питания. Группа соединения У/Д-1 образуется путем одноимённой двойной перемаркировки двух выводов стандартного трансформатора. Начало вторичной обмотки «а» соединяется с концом вторичной обмотки «z».

Векторные диаграммы первичных и вторичных напряжений приведены на рис. 2б, где дополнительно обозначены автотрансформаторы (АТ).

С целью симметрирования нагрузки фаз питающей сети, что предусмотрено в СТУ, следует чередовать присоединение наименее нагруженных фаз подстанций к высоковольтной линии (схема фазировки). При этом схема подключения трансформаторов, присоединенных к контактным проводам, такая же, как и в СТЭ 25 кВ. Схема фазировки трансформаторов, подключенных к питающим проводам, получается автоматически, что показано на рис. 3.

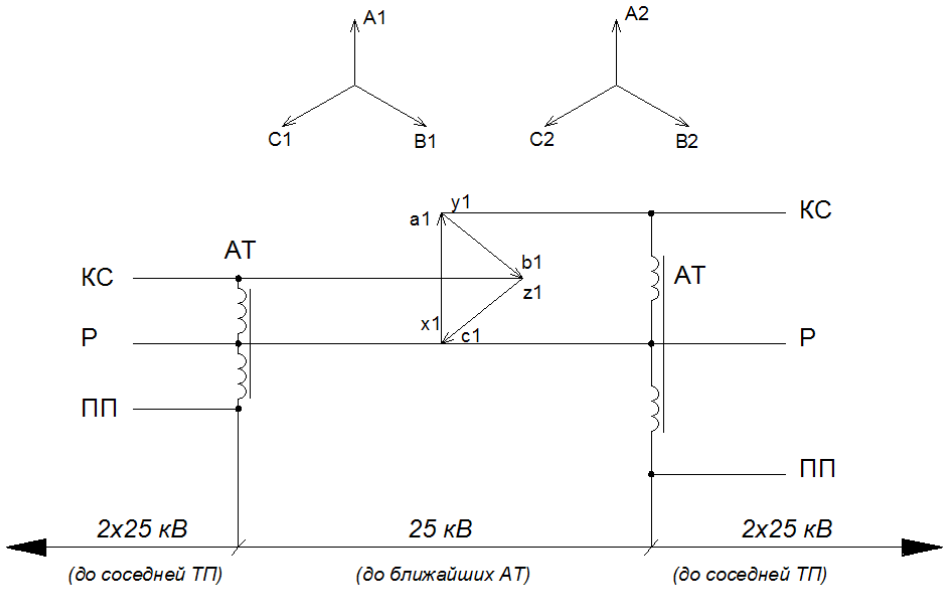


Рис. 4. Принципиальная схема работы тяговой подстанции системы 2х25 кВ в аварийном режиме.

Схема тяговой подстанции с трёхфазными трансформаторами, соединенными последовательно, уступила схеме с однофазными трансформаторами, потому что первоначально была предложена как схема с двумя трёхфазными трёхобмоточными трансформаторами. Резервирование предполагалось осуществлять следующим образом. При выходе из строя трансформатора, присоединенного к питающим проводам, осуществляется питание контактной сети с обеих сторон подстанции до ближайших автотрансформаторов по СТЭ 25 кВ (рис. 4).

Ближайший к подстанции автотрансформатор повышает напряжение до 50 кВ, и в результате на всем участке за ним до следующей тяговой подстанции работает система 2х25 кВ с двусторонним питанием тяговой сети. При выходе из строя трансформатора, присоединенного к контактным проводам, он заменяется трансформатором, присоединенным к питающим проводам, путём оперативных переключений. Во время оперативных переключений продолжится питание тяговой сети от двух подстанций.

При реализации СТЭ 2х25 кВ с однофазными трансформаторами на БАМ отошли от идеи двухтрансформаторной подстанции. Для резервирования любого из однофазных трансформаторов устанавливается резервный. Для питания трёхфазных потребителей на территории тяговой подстанции предусматриваются два трёхфазных трансформатора. В результате, если мощность одного тягового трансформатора достаточна для питания тяговой нагрузки плеча питания, на подстанции устанавливается минимум пять трансформаторов.

Отход от идеи двухтрансформаторной тяговой подстанции в системе 2х25 кВ позволил предложить и в системе с трёхфазными трансформаторами установку на подстанции третьего (резервного) тягового трансформатора [6]. Схема резервирования показана на рис. 5.

По системе 2х25 кВ с трехфазными трансформаторами предполагалось электрифицировать на ЮВЖД линию Кочетовка–Ртищево. С этой целью в 1987 году Харгипротранс выполнил проект электрификации этой линии по СТЭ 2х25 кВ с трехфазными трансформаторами на четырёх тяговых подстанциях: Никифоровка, Рассказово, Кирсанов, Вертуновская. Проект был утвержден и получил средства. Но в связи с ухудшившимся экономическим положением в стране так и не был воплощен в жизнь. В последние годы вернулись к электрификации этой линии, и Трансэлектропроектом был выпущен проект уже с пятью тяговыми подстанциями.

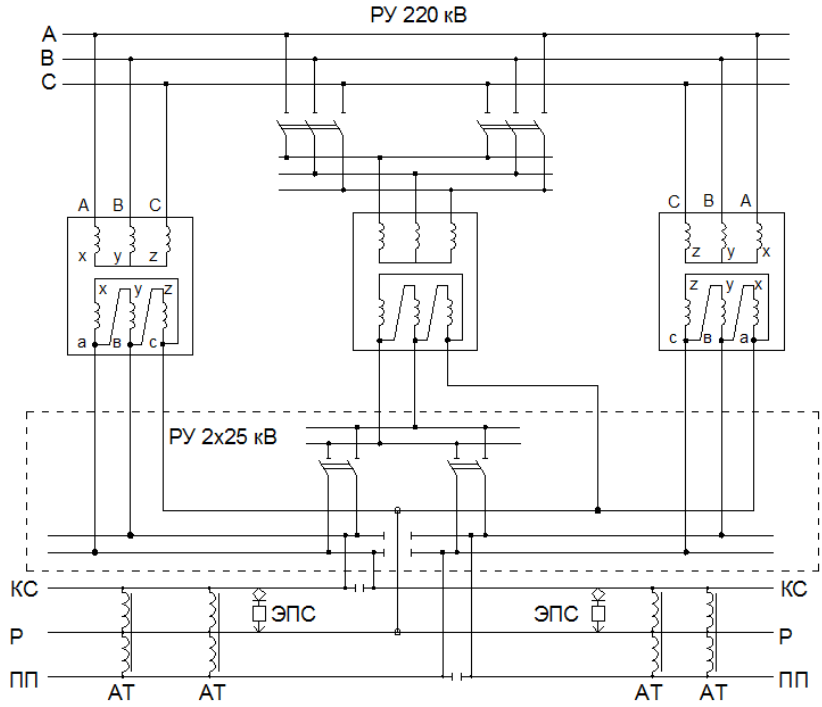


Рис. 5. Принципиальная схема подключения резервного тягового трансформатора в СТЭ 2х25 кВ с трёхфазными трансформаторами.

Система 2х25 кВ с трехфазными трансформаторами позволяет просто организовать прохождение высокоскоростной железнодорожной магистралью крупных городов (Владимир, Нижний Новгород, Чебоксары, Казань), опираясь на существующую в них систему тягового электроснабжения 25 кВ с трёхфазными трансформаторами. При этом возможно ответвление для пассажирских поездов со скоростью до 200 км/ч на магистрали с прежней системой 25 кВ.

3.

На ВСМ профессором А. Т. Бурковым предложен оригинальный способ снижения потерь напряжения в тяговой сети введением пакетного графика движения высокоскоростных поездов с интервалом не менее времени хода поезда по наиболее длинной межподстанционной зоне, что обеспечивает нахождение на одном пути между тяговыми подстанциями только одного поезда [3]. В этом случае при средних расстояниях между подстанциями в Японии и Франции соответственно 50 и 55 км межпоездной интервал равен 9–12 минутам. Подобный интервал существенно снижает пиковую нагрузку проводов тяговой сети, трансформаторов тяговых подстанций, потери электроэнергии во всех элементах системы электроснабжения и повышает качество электроэнергии на шинах тяговых подстанций. При такой организации движения поездов пиковая нагрузка подстанций будет одноплечей, когда два встречных поезда находятся между двумя подстанциями, и двухплечей – при нахождении встречных поездов по разные стороны от подстанции.

При реализации предложенного в [3] интервала пакетного графика движения применение симметрирующих трансформаторов Скотта и Вудбриджа в системе 2х25 кВ на ВСМ в основном из-за одноплечей нагрузки тяговых подстанций практически не даёт им преимущества по снижению токов обратной последовательности в питающей сети. Возможен обратный результат при обеспечении требования СТУ о необходимости параллельной работы тяговых подстанций. Если при однофазных и трёхфазных трансформаторах за счёт чередования нагрузок фаз от параллельно работающих подстанций токи обратной последовательности источников питания

от нагрузок разных подстанций складываются векторно под углом 120°, то при одноплечей нагрузке токи обратной последовательности источников питания от симметрирующих трансформаторов складываются арифметически со сдвигом на 180° от нагрузок с одной и другой стороны тяговой подстанции. Только при равенстве нагрузок с двух сторон, что возможно на ВСМ в единичных случаях, реализуется симметрирующий эффект.

В работе [3] четко показано, что в схеме для системы 2х25 кВ Скотта–Вудбриджа трансформатор не присоединен к рельсу. И тогда на стороне 50 кВ требуется основное оборудование на этот класс напряжения. В России нет такого класса напряжения. Реализация схемы возможна только при использовании в ней основного оборудования класса 110 кВ, что значительно дороже. С целью использования оборудования класса 35 кВ в РУ 2х25 кВ в нашей стране трансформаторы присоединяются к рельсам, что определяет неравенство нагрузок обмоток трансформаторов, присоединенных к контактной сети и питающему проводу.

Предложение профессора А. Т. Буркова позволяет просто оценить необходимую мощность трёхфазных трансформаторов в системе 2х25 кВ на ВСМ. Анализ основных параметров высокоскоростных поездов [3] показывает, что максимальную мощность 18,24 МВт имеет поезд, выпущенный в Японии в 1995 году. На основании этого для оценки мощности трёхфазных трансформаторов в системе 2х25 кВ принята наибольшая мощность электропоезда 20 МВт, потребляющая от обмоток трансформаторов тяговых подстанций ток 727 А. Учтём, что в случае нахождения поезда между автотрансформаторами трёхфазный трансформатор, включённый между контактным проводом и рельсом, нагружен на 10 % больше, чем трансформатор, подключённый между питающим проводом и рельсами [7]. Последнее определяется бо́льшим сопротивлением нерасщеплённого питающего провода и последовательно включённого с ним автотрансформатора. В результате нагрузка плеча питания, подключённого к наиболее нагруженному трансформатору между контактным проводом и рельсом, от одного поезда составит 400 А (55 % от тока поезда) при одностороннем питании тяговой сети. В дальнейшем под нагрузкой плеча питания понимается нагрузка, приходящаяся на трансформатор, присоединённый к контактным проводам.

Оценим возможность использования при мощности электропоезда 20 МВт двух последовательно включенных трёхфазных трансформаторов мощностью 40 МВА при одностороннем питании тяговой сети. Оценка проведена для наиболее нагруженного трансформатора.

Стандартный трёхфазный трансформатор мощностью 40 МВА с напряжением вторичной обмотки 27,5 кВ имеет номинальный ток обмотки 485 А. Поскольку на обмотку трёхфазного трансформатора приходится не весь ток плеча питания (в отличие от однофазного трансформатора), а 2/3 его, то номинальный ток фазы достигается при одноплечей нагрузке 727 А, что равно току поезда при его мощности 20 МВт. При одинаковой нагрузке с двух сторон номинальный ток двух наиболее нагруженных фаз трансформатора достигается при токах 550 А на каждом плече.

При расположении двух поездов с токами 400 А по разные стороны от подстанции токи двух наиболее нагруженных фаз будут меньше их номинальных значений.

В случае нахождения двух поездов между подстанциями следует рассмотреть два варианта их взаимного расположения. Более легкий вариант – когда поезда находятся между автотрансформаторами. Тогда одноплечая нагрузка от двух поездов 800 А превысит номинальный ток наиболее нагруженной фазы трансформатора на 10 %. Максимальный кратковременный пик одноплечей нагрузки наиболее нагруженной фазы трансформатора будет, когда встречные поезда окажутся с одной стороны непосредственно у тяговой подстанции. При этом возникает одноплечая нагрузка от двух поездов. Между последовательно включёнными трансформаторами она распределяется обратно пропорционально относительно сопротивления трансформатора, подключённого к контактным проводам, и суммарного сопротивления контура, состоящего из сопротивления контактная сеть–рельсы до ближайшего автотрансформатора, сопротивления самого

Таблица 1

Сравнение капитальных затрат на трансформаторное оборудование тяговых подстанций СТЭ 2х25 кВ

Схемное решение	Тип трансформатора	Стоимость трансформатора, отн. ед.	Кол-во, шт.	Итого, отн. ед.
Подстанция с тремя однофазными и двумя трёхфазными трансформаторами	ОРДНЖ-25000/220	1	3	4,313
	ТДН-10000/220	0,656	2	
Подстанция с пятью трёхфазными трансформаторами	ТДНЖ-25000/220	0,937	3	4,123
	ТДН-10000/220	0,656	2	

АТ, сопротивления контура, питающего провод–рельсы до ближайшего АТ, и сопротивления трансформатора, подключённого к питающим проводам. Поскольку сопротивление от поезда в сторону трансформатора, подключённого к питающим проводам, существенно больше, то значительная часть нагрузки двух поездов придётся на трансформатор, подключённый к контактным проводам.

Как показано в [7], два ближайших к подстанции АТ передадут на трансформатор между питающим проводом и рельсом по 15 % нагрузки каждого поезда. В результате одномоментная нагрузка трансформатора, подключенного между контактной сетью и рельсом, составит 70 % от суммы двух поездов, что превысит на 40 % номинальный ток наиболее нагруженной фазы. Продолжительность этого пика – секунды, так как встречный поезд перейдёт на другую фидерную зону, а второй поезд достигнет ближайшего к подстанции АТ. На температуру обмоток и на старение изоляции рассмотренный случай не повлияет, поскольку он маловероятен и происходит при недогрузке двух других фаз трансформатора, находящихся с наиболее нагруженной фазой в общей масляной ванне.

Следует иметь в виду, что приведенные перегрузки будут только у трансформатора мощностью 40 МВА, подключенного между контактной сетью и рельсами при мощности электропоездов 20 МВт, когда между подстанциями находятся два поезда в случае питания тяговой сети от одной подстанции. При мощности электропоездов 12 МВт перегрузки не будет, как и в случае одностороннего питания.

При двустороннем питании тяговой сети перегрузки трансформатора не будет и при двух поездах мощностью 20 МВт, когда они находятся между автотрансформаторами. В случае одновременного нахождения двух поездов мощностью 20 МВт с одной стороны непосредственно у подстанции возможна кратковременная перегрузка трансформатора и при двустороннем питании тяговой сети, но менее 40 %. Такая перегрузка кратковременно допустима для трансформатора даже при одновременной перегрузке трёх фаз. Отметим, что при трёхфазных трансформаторах вероятность одностороннего питания тяговой сети в 2 раза меньше, чем при однофазных.

При необходимости перегрузку трансформатора, подключенного к контактной сети, при двух поездах с одной стороны от подстанции можно устранить увеличением загрузки трансформатора, подключенного к питающему проводу, путём уменьшения сопротивления контура тяговой сети между последовательно включенными трансформаторами. Это можно осуществить расщеплением питающего провода на участке между подстанцией и ближайшим АТ, установкой продольной компенсации на подстанции в контур питающий провод–рельсы, а также уменьшением расстояния от подстанции до ближайшего АТ.

Таким образом, мощности двух трёхфазных трансформаторов по 40 МВА, соединённых последовательно, достаточно для питания высокоскоростных поездов мощностью до 20 МВт при интервале между ними не менее времени хода поезда по наиболее длинной межподстанционной зоне.

По заказу авторов заводом-изготовителем трансформаторного оборудования

ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург)–Уралэлектротяжмаш» проведена оценка относительной стоимости трансформаторов ОРДНЖ-25000/220; ТДН-10000/220; ТДТНЖ-25000/220. Поскольку на данный момент завод не выпускает однофазные трансформаторы типа ОРДНЖ мощностью более 25000 кВА, за единицу принята известная стоимость однофазного трансформатора мощностью 25000 кВА. Исходя опять же из известной стоимости трехфазных трансформаторов, определена их стоимость в относительных единицах. Поскольку в обеих схемах РУ 2х25 кВ можно выполнить одинаково, с использованием отечественного оборудования, то проведено сравнение двух схем только по стоимости трансформаторов. Два трансформатора ТДН-10000/220 необходимы для питания нетяговых потребителей на тяговых подстанциях в обоих случаях. Результаты относительной оценки стоимости трансформаторов тяговых подстанций СТЭ 2х25 кВ приведены в таблице 1.

Результаты в таблице показывают, что при одинаковой стоимости трансформаторов для питания нетяговых потребителей вариант с однофазными трансформаторами несколько дороже варианта с трёхфазными при одинаковой мощности силовых трансформаторов. При этом следует учесть, что однофазный трансформатор с предлагаемой мощностью 48 МВА будет дороже трёхфазного мощностью 40 МВА.

ВЫВОДЫ

1. Учитывая размеры нашей страны и размещение народонаселения по сравнению с Японией и странами Западной Европы, а также численность населения России по сравнению с Китаем, проектировать систему электроснабжения ВСМ с интервалом движения 5 минут на ближайшие 25 лет (срок службы трансформаторов) представляется нецелесообразным. Более рационально и экономично для России при проектировании системы электроснабжения ВСМ исходить из предложенной схемы организации движения поездов, когда интервал попутного следования определяется временем хода поезда по наиболее длинной межподстанционной зоне. В зависимости от скорости поезда этот интервал будет равен 9–14 минутам.

2. Принимая во внимание ряд существенных преимуществ рассмотренной схемы с трёхфазными трансформаторами и особенно надёжную работу устройств РПН трёхфазных трансформаторов, авторы предлагают для системы электроснабжения высокоскоростных магистралей России схему с двумя рабочими, серийно выпускаемыми для системы тягового электроснабжения 25 кВ трёхфазными трансформаторами мощностью 40 МВА, соединёнными последовательно, и одним резервным трансформатором такой же мощности. При этом если в обычной системе 25 кВ установленная мощность трансформаторов на подстанциях равна 80 МВА, то на ВСМ она станет 120 МВА, что соответствует мировой практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скоростные железные дороги Японии: Синкансэн / Под ред. В. Г. Альбрехта.– М.: Транспорт, 1984.– 200 с.

2. Бородулин Б. М., Векслер М. И., Марский В. Е., Павлов И. В. Система тягового электроснабжения 2х25 кВ.– М.: Транспорт, 1989.– 247 с.

3. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб. пособие в 2 т. / И. П. Киселёв и др.– М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.– Т. 1.– 308 с., Т. 2.– 372 с.

4. Сапронов Ю. Д., Сарафанов В. И., Чернов Ю. А. Опыт эксплуатации системы электроснабжения 2х25 кВ на Вяземской дистанции электроснабжения Московской железной дороги // Электрификация и энергетическое хозяйство.– 1987.– Вып. 4.– С. 9–15.

5. Авторское свидетельство 516551 СССР, МКИ В60 М 3/00. Система энергоснабжения электрических железных дорог переменного тока / Чернов Ю. А., Бородулин Б. М., Павлов И. В.: МИИТ (СССР) № 1979639/07. Заявл. 27.12.1973 // Открытия. Изобретения.–1976.– № 21.

6. Авторское свидетельство 1782795 СССР, МКИ В60 М 3/00. Устройство энергоснабжения электрических железных дорог переменного тока / Чернов Ю. А., Гуков А. И., Павлов И. В.: МИИТ (СССР) № 48086377/11. Заявл. 02.04.90// Открытия. Изобретения.– 1992.– № 47.

7. Чернов Ю. А. Электроснабжение железных дорог: Учеб. пособие.– М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2016.– 430 с. ●

Координаты авторов: **Чернов Ю. А.**– 8(495) 684–2277, **Дмитриева Н. Ю.**– Yudinany@ya.ru, **Кокорина О. Ю.**– Brusentsova_Olesya@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 14.07.2016, принята к публикации 20.10.2016.

POWER SUPPLY SYSTEM WITH THREE-PHASE TRANSFORMERS FOR HSR

Chernov, Yuri A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Dmitrieva, Natalia Yu., *design and survey institute Mosgiprotrans, Moscow, Russia.*
Kokorina, Olesya Yu., *design and survey institute Mosgiprotrans, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article presents a schematic diagram of a traction substation of the 2x25 kV power supply system with three-phase transformers and a vector voltage diagram for high-speed lines. Power supply systems 2x25 kV with single-phase and three-phase transformers are compared, the power of three-phase transformers for high-speed main lines is recommended. And all this taking into account the new special technical conditions that are worked out for the design, construction and operation of Russian HSR.

Keywords: railway, high-speed railway, traction substation, 2x25 kV power supply system, three-phase transformer, single-phase transformer, special technical conditions.

Background. *High-speed passenger transportation is profitable and pays for itself, bringing direct economic benefits to the state, as well as development of the regions along which the main lines pass and a certain status in the world community.*

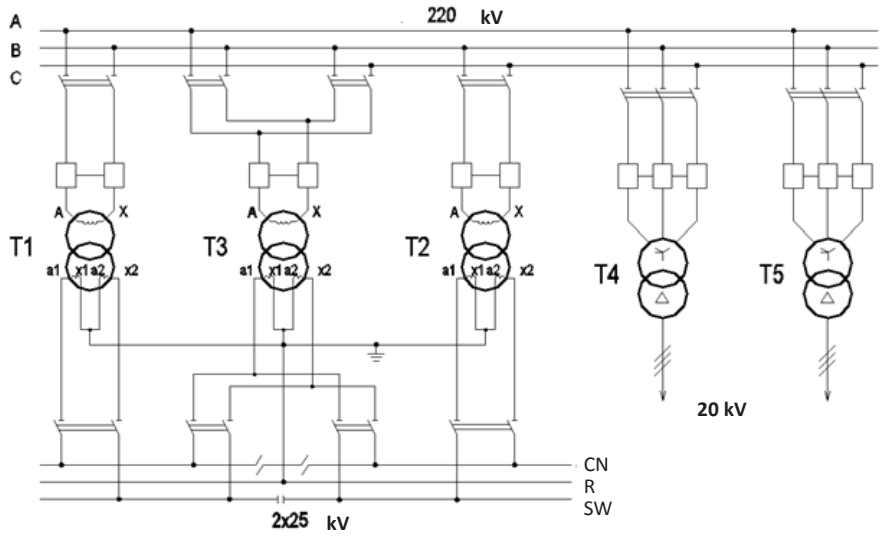
In our country, the first high-speed rail (HSR) Moscow–Saint Petersburg has been launched and is functioning. It is electrified with a direct current of 3 kV. Unfortunately, practice shows that a lot of problems arise in the operation of a DC-electrified high-speed railway. First of all, this is a serious «drawdown» of voltage on the current collector of electric rolling stock (ERS) in the middle of the feeder zone and, as a consequence, the necessity of using bulky volt-adding devices in traction substations, and even forced speed limits in certain areas. But for this main line, the type of current was not chosen, but only existing traction substations were modernized.

The experience of electrification of high-speed main lines in Japan showed that with an electric train power of about 16 MW, it is most advisable to use an autotransformer power supply system, which we called 2x25 kV traction power (2x2 kV TSP). If in Japan on the first high-speed main line Tokyo–Osaka with a power supply system of 25 kV this distance was about 20 km, with continuation of electrification of the main line using the system 2x25 kV the distance increased to 50 km [1].

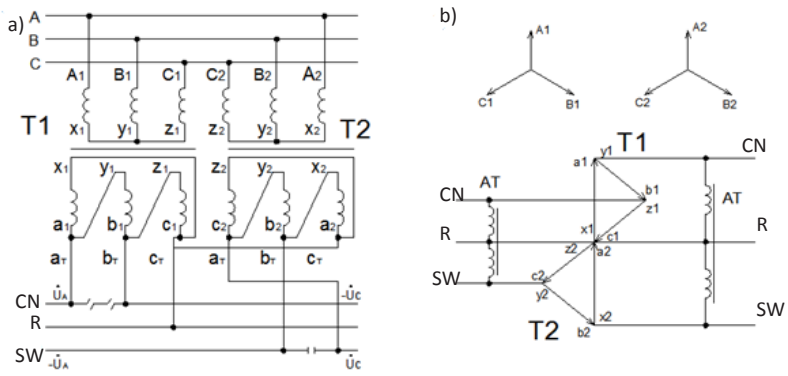
At the moment, work is underway to design the HSR-2 Moscow–Kazan–Yekaterinburg and the investment justification for the HSR-3 Moscow–Adler is made. In the absence of early design Russian documents regulating the requirements for the construction and operation of specialized railway lines with the speed of passenger trains of up to 400 km/h, at the request of JSC «High-speed main lines» Petersburg State Transport University (PSTU) and a number of other organizations under the leadership of professor A. T. Burkov developed «Special technical conditions» Railway power supply of Moscow–Kazan–Yekaterinburg section. Technical standards and requirements for design and construction» (hereinafter referred to as STC). The STC specifies that the design should consider options for traction substation schemes using single-phase, three-phase power transformers, transformers with a balancing effect, devices for improving the quality of electricity.

In justification of the investment of HSR-2 it is proposed to build a power supply system from the DC section (Moscow–Noginsk) and the 2x25 kV alternating current section (Noginsk–Kazan), which is recommended by STC.

The article is devoted to the choice of a rational variant of the scheme of transformers of traction substations of the power supply system 2x25 kV of the main line. The question arose not by chance. Based on the results of traction calculations made by JSC «Lengiprotrans» at the stage of investment justification, it was recommended to use single-phase



Pic. 1. Schematic diagram of traction substation with single-phase transformers.



Pic. 2. Schematic diagram of the traction substation of the power supply system 2x25 kV with three-phase transformers (a), on the right – vector diagram of voltages (b).

traction transformers with a capacity of 48 MVA, which does not meet the STC's requirement to choose equipment from a number of nominal values established by the standard. In addition, none of the domestic factories produces single-phase transformers of this power.

Objective. *The objective of the authors is to consider power supply system with three-phase transformers, which can be applied on HSR.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, scientific description, mathematical calculations.*

Results.

1.

As a rule, in our country, single-phase transformers with a split secondary winding are installed in traction substations for supplying the traction network of the 2x25 kV system [2]. There is an experience of using three-phase transformers in the 2x25 kV system on the Privolzhskaya railway and earlier on the BAM.

Pic. 1 shows the scheme of a traction substation with single-phase transformers, taking into account the recommendations of the STC: 100 % redundancy of power transformers and supply of non-traction consumers from two additional three-phase double-wound transformers with a higher voltage of 220 kV and a secondary voltage of 20 kV. Such a scheme is also considered in justifying the investment of HSR-2. The primary windings of two transformers T1 and T2 are connected to an open triangle. The additional transformer T3 is reserved. Two three-phase transformers T4 and T5 are provided for supplying three-phase consumers for redundancy purposes. In the figure, CN is the contact network, SW is the supply wire, and R is the rails.

A significant drawback of the circuit with single-phase transformers was the unreliable operation of voltage-controlled load devices (VCL). The speed of the train depends on the voltage on the current collector of ERS. In STC, the minimum value of voltage on the current collector is not less than 21 kV. Nominal voltage in the traction network, at which traction calculations are performed, 25 kV. Reducing the voltage on HSR to the minimum allowed leads to a loss of ERS power by 15 % and to a decrease in the average technical speed by 7–8 % [3].

One of the means to provide the necessary voltage level in the traction network, including through changing the voltage on primary buses of traction substations, is automatic voltage regulation (ARPV) on transformers of traction substations. In the first year of operation of the 2x25 kV power supply system with single-phase transformers at the Vyazemskaya power supply distance of Moscow Railway, at one of the substations the fine voltage regulation windings failed that perform stepwise voltage regulation. As a result, they had to be shunted [4].

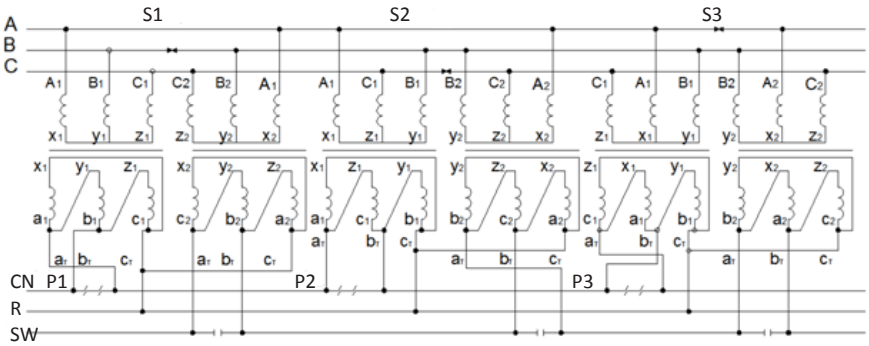
The VCL device at the traction substation Mukhtolovo of Gorky Railway failed. At the substation Sergach only odd positions of such a voltage regulator work. At the request of the authors, a response was received from the CET of JSC Russian Railways that ARPV in the 2x25 kV system is not used because of its unreliable operation.

Unreliable operation of VCL devices is caused by the following reasons. According to the insulation conditions, these devices, designed to regulate the number of turns in the neutral of the primary three-phase winding, are included in the two sections of the split low-voltage secondary winding on the side of the rails. With a low voltage, the currents flowing through only two phases of the circuit sharply increase. In this case, significantly larger current flows through the switching device connected to the contact network than through the device connected to the supply wire, because of the greater resistance of the loop feeding the wire-rails, to which the resistance of the linear autotransformers is subsequently connected. In addition, the reliability of the VCL devices, especially on the low side, when powering the traction load is significantly affected by more frequent short circuits in the traction network compared to the stationary power. A greater frequency of short circuits is caused by the influence of foreign bodies (parts of wagons, birds), damage to ERS, malfunction of current collectors, weather conditions (thunderstorms, strong wind), faults in the contact network.

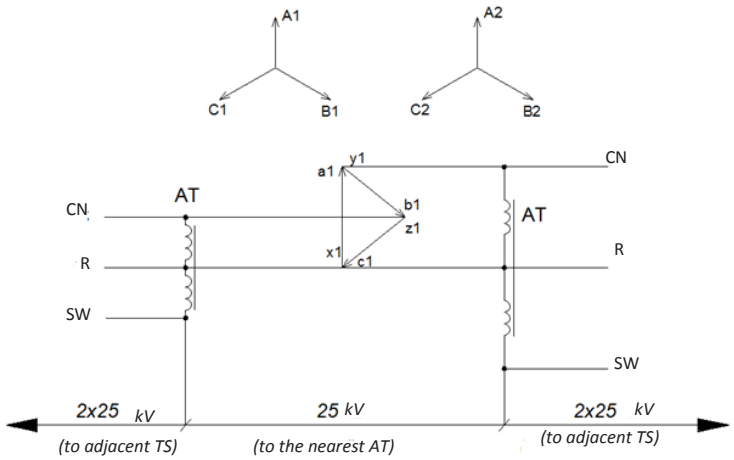
These circumstances led to the fact that in the 2x25 kV system with single-phase transformers automatic regulation of voltage under load, according to the Moscow and Gorky Railways, is not practiced. However, in [3] it is recommended to automatically maintain the voltage on the current collector to improve the power supply system of the HSR by adjusting the voltage on the bus bars of the traction substations.

2.

When developing the first traction substations of the 2x25 kV system for the Baikal-Amur Mainline, MIIT, VNIIZhT and Transelectroproekt proposed a connection scheme for substation transformers, which can be called (by analogy with the Scott and



Pic. 3. Scheme of phasing of three substations (S1-S3) with standard three-phase transformers in the 2x25 kV system.



Pic. 4. Schematic diagram of the operation of the traction substation of the 2x25 kV system in emergency mode.

Woodbridge schemes) the Chernov scheme, using three-phase transformers with the winding group U / D –11, produced serially for the traction power supply system of 25 kV [5].

In this scheme, shown in Pic. 2a, two phases of the secondary windings of two three-phase transformers are connected in series, one of which has a winding group U / D-11, and the other is a U / D-1 connection group. In this case, one transformer is connected to the contact wires to the right and to the left of the traction substation, and the second to the wires of both the right and left arms of the power supply. The U / D-1 connection group is formed by the double-labeling of two terminals of a standard transformer. The beginning of the secondary winding «a» is connected to the end of the secondary winding «z».

Vector diagrams of primary and secondary voltages are shown in Pic. 2b, where autotransformers (AT) are additionally indicated.

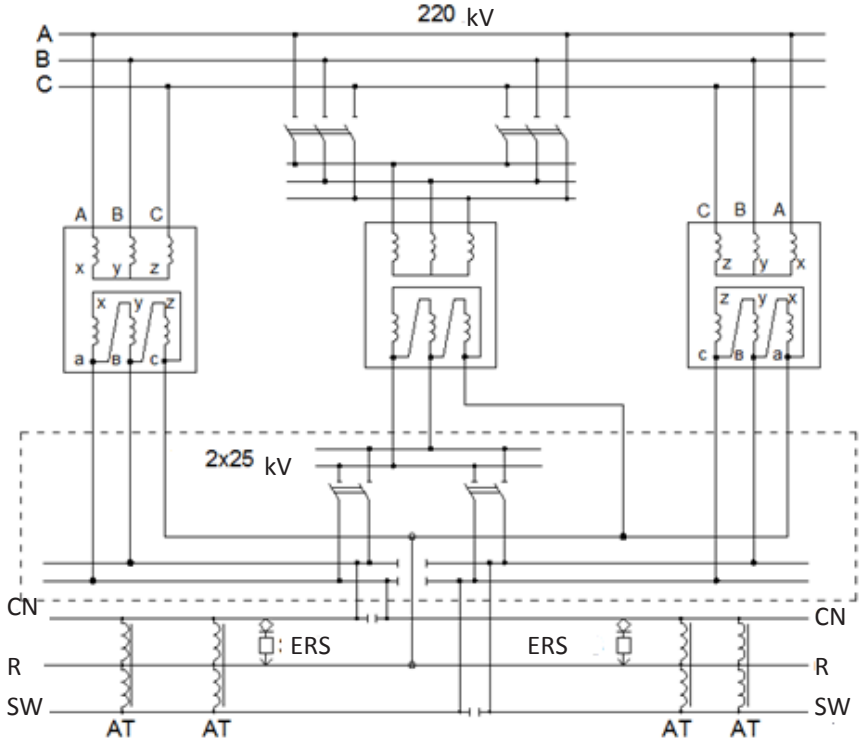
In order to balance the load of the phases of the supply network, as provided in the STC, alternating the connection of the least loaded substation phases to the high-voltage line (phasing scheme) should be alternated. In this case, the connection diagram of the transformers connected to the contact wires is the same as in the TSP 25 kV. The phasing scheme of the transformers connected to the supply wires is obtained automatically, as shown in Pic. 3.

The scheme of the traction substation with three-phase transformers, connected in series, yielded to the circuit with single-phase transformers because it was originally proposed as a circuit with two three-phase three-winding transformers. The reservation was to be carried out as follows. In case of failure of the transformer connected to supply wires, the contact network is powered from both sides of the substation to the nearest autotransformers according to the TSP 25 kV (Pic. 4).

The nearest autotransformer to the substation increases the voltage to 50 kV, and as a result, on the whole section, a 2x25 kV system with a two-way power supply of the traction network operates behind it to the next traction substation. If a transformer connected to the contact wires fails, it is replaced by a transformer connected to the supply wires, by means of operational switching. During the operative switching, the traction network will continue to be powered from two substations.

When implementing STP 2x25 kV with single-phase transformers at the Baikal-Amur Mainline departed from the idea of a two-transformer substation. To reserve any of the single-phase transformers, a backup is installed. Two three-phase transformers are provided for the supply of three-phase consumers on the territory of the traction substation. As a result, if the power of one traction transformer is sufficient to supply the traction load of the power supply, at least five transformers are installed at the substation.

A departure from the idea of a two-transformer traction substation in the 2x25 kV system made it



Pic. 5. Schematic diagram of connection of a backup traction transformer in STP 2x25 kV with three-phase transformers.

possible to offer installation of a third (backup) traction transformer in a system with three-phase transformers [6]. The redundancy scheme is shown in Pic. 5.

A 2x25 kV system with three-phase transformers was supposed to electively connect the Kochetovka–Rtishchevo line to the South-East Railway. To this end, in 1987, Khargiprotrans completed the project of electrification of this line for 2x25 kV STP with three-phase transformers at four traction substations: Nikiforovka, Rasskazovo, Kirsanov, Vertunovskaya. The project was approved and received funds. But in connection with the deteriorating economic situation in the country was not implemented. In recent years, we have returned to the electrification of this line, and Transnelectroproject has already issued a project with five traction substations.

The 2x25 kV system with three-phase transformers makes it possible to simply organize the passage of high-speed railway of large cities (Vladimir, Nizhny Novgorod, Cheboksary, Kazan) based on the existing 25 kV traction power system with three-phase transformers. At the same time, a branch for passenger trains with a speed of up to 200 km / h on a main line with the old 25 kV system is possible.

3.

At HSR professor A. T. Burkov proposed an original way to reduce voltage losses in the traction network by introducing a package schedule for the movement of high-speed trains with an interval of at least the train travel time along the longest inter-substation zone, which ensures only one train on one track between traction substations [3]. In this case, at medium distances between substations in Japan and France, respectively, 50 and 55 km, the inter-train interval is 9–12 minutes. Such an interval substantially reduces the peak load of traction network wires, transformers of traction substations, loss of electricity in all elements of the power supply system and improves the quality of electricity on the tires of traction substations. With this arrangement of train traffic, the peak load of the substations will be a one-armed, when two oncoming trains are located between two substations, and two-armed – when the oncoming trains are on opposite sides of the substation.

When implementing the interval of the package traffic schedule proposed in [3], the use of Scott and Woodbridge symmetrizing transformers in the 2x25 kV system on HSR, mainly due to the single-armed load of the traction substations, practically does not give them an advantage in reducing the negative sequence currents in the supply network. The reverse result is possible while ensuring the requirements of the STC on the need for parallel operation of traction substations. If for single-phase and three-phase transformers due to the alternation of phase loads from parallel operating substations, the currents of the reverse sequence of power supplies from the loads of different substations are folded vectorally at an angle of 120°, then for single-armed loads the currents of the reverse sequence of power supplies from balancing transformers are added arithmetically with a shift of 180° from the loads from one and the other side of the traction substation. Only when the loads are equal on both sides, which is possible on the HSR in single cases, a balancing effect is realized.

In [3] it is clearly shown that in the scheme for the 2x25 kV Scott Woodbridge system the transformer is not connected to the rail. And then on the 50 kV side, the main equipment is required for this voltage class.

Table 1

Comparison of capital costs for transformer equipment of traction substations STP 2x25 kV

Circuit design	Transformer type	Cost of transformer, rel. units	Quanty, pcs	Otal, rel. units
Substation with 3 single-phase and 2 three-phase transformers	ORDNZh-25000/220	1	3	4,313
	TDN-10000/220	0,656	2	
Substation with 5 three-phase transformers	TDNZh-25000/220	0,937	3	4,123
	TDN-10000/220	0,656	2	

In Russia there is no such class of voltage. The implementation of the scheme is possible only with the use of the main equipment of the 110 kV class, which is much more expensive. In order to use equipment of 35 kV class in RU2x25 kV in our country, transformers are connected to rails, which determines the unequal load of windings of transformers connected to the contact network and the supply wire.

The proposal of professor A. T. Burkov allows us to simply estimate the necessary power of three-phase transformers in a 2x25 kV system on the HSR. Analysis of the main parameters of high-speed trains [3] shows that the maximum capacity of 18,24 MW is possessed by the train, produced in Japan in 1995. Based on this, to estimate the power of the three-phase transformers in the 2x25 kV system, the maximum power of the electric train is 20 MW, consuming 727 A current from the windings of the transformer of the traction substations. We will take into account that in the case a train is located between autotransformers, a three-phase transformer connected between the contact wire and the rail is loaded with 10 % more than the transformer connected between the supply wire and the rails [7]. The latter is determined by the greater resistance of the unsplit supply wire and the autotransformer connected in turn with it. As a result, the load of the power arm, connected to the most loaded transformer between the contact wire and the rail, from one train will be 400 A (55 % of the train current) with unilateral power supply of the traction network. In the future, under the load of the power arm is understood the load coming from the transformer, connected to the contact wires.

Let's estimate the possibility of using 20 MW of electric power for two successive three-phase transformers with a capacity of 40 MVA at unilateral power supply of the traction network. The estimation is carried out for the most loaded transformer.

A standard three-phase transformer with a capacity of 40 MVA with a secondary winding voltage of 27,5 kV has a rated winding current of 485 A. Since the whole current of the supply arm (in contrast to a single-phase transformer) does not fall on the winding of a three-phase transformer, but 2/3 of it, noniml current of the phase is achieved with a single-armed load of 727 A, which is equal to the current of the train at its power of 20 MW. With the same load on both sides, the nominal current of the two most loaded phases of the transformer is achieved at currents of 550 A on each arm.

With the arrangement of two trains with currents of 400 A on either side of the substation, the currents of the two most loaded phases will be less than their nominal values.

In case two trains are located between substations, two options for their mutual arrangement should be considered. The easier option is when trains are between autotransformers. Then a single load from two trains 800 A will exceed the nominal current of the most loaded phase of the transformer by 10 %. The maximum short-term peak of a single-armed load of the most loaded phase of the transformer will be when the oncoming trains are on one side directly from the traction substation. This causes a single-armed load from two trains. Between the series-connected transformers it is distributed inversely with respect to the resistance of the transformer connected to the contact wires and the total resistance of the circuit consisting of the resistance of the contact network–rails to the nearest autotransformer, the resistance of the AT itself, the loop resistance, powering wire–rail to the nearest AT, resistance of the transformer, connected to supply wires. Since the resistance from the train to the side of the transformer connected to the supply wires is much larger, a significant part of the load of the two trains will have to be connected to the contact wires.

As shown in [7], the two closest to the AT substation will transmit 15 % of the load of each train to the transformer between the supply wire and the rail. As a result, the one-stage load of the transformer connected between the contact network and the rail will be 70 % of the sum of the two trains, which will exceed by 40 % the nominal current of the most loaded phase. The duration of this peak is seconds, since the oncoming train will go to another feeder zone, and the second train will reach the nearest AT station. The considered case will not affect the temperature of the windings and the aging of insulation, since it is unlikely and occurs when two other phases of the transformer are underloaded with the most loaded phase in the common oil bath.

It should be borne in mind that these overloads will only be for a 40 MVA transformer connected between the contact network and the rails at the capacity of electric trains of 20 MW, when there are two trains between the substations in case the traction network is supplied from one substation. With the capacity of electric trains of 12 MW there will be no overload, as in the case of unilateral power supply.

With two-sided feeding of the traction network, the transformer will not be overloaded and with two 20 MW trains, when they are between autotrans-formers. In case of simultaneous presence of two 20 MW trains on one side, a short-term transformer overload is possible directly at the substation and with a bilateral power supply of the traction network, but less than 40 %. This overload is briefly permissible for

the transformer, even if three phases are simultaneously overloaded. Note that with three-phase transformers, the probability of unidirectional feeding of the traction network is 2 times less than in single-phase transformers.

If necessary, the overload of the transformer connected to the contact network with two trains on one side of the substation can be eliminated by increasing the load of the transformer connected to the supply wire by reducing the resistance of the traction network between the series-connected transformers. This can be done by splitting the supply wire in the section between the substation and the nearest AT, installing a longitudinal compensation at the substation in the circuit feeding the wire-rails, and also reducing the distance from the substation to the nearest AT.

Thus, the power of two three-phase transformers of 40 MVA connected in series is sufficient to supply high-speed trains up to 20 MW with an interval between them no less than the train travel time along the longest inter-station zone.

By order of the authors, the manufacturer of the transformer equipment of CJSC Energomash (Yekaterinburg)–UralElectrotyazhMash estimated the relative cost of the ORDNZh-25000/220 transformers; TDN-10000/220; TDTNZh-25000/220. Since at the moment the plant does not produce single-phase transformers of the ORDZH type with a capacity of more than 25 000 kVA, as a unit is taken a known cost of a single-phase transformer with a capacity of 25 000 kVA. Proceeding again from the known cost of three-phase transformers, their cost is determined in relative units. Since in both schemes 2x25 kV can be executed in the same way, using domestic equipment, then two schemes are compared only for the cost of transformers. Two transformers TDN-10000/220 are necessary for supplying non-traction consumers to traction substations in both cases. The results of the relative cost estimation of transformers of traction substations STP 2x25 kV are given in Table 1.

The results in the table show that with the same cost of transformers for supplying non-traction consumers, the variant with single-phase transformers is somewhat more expensive than the three-phase variant with the same power of the power transformers. It should be noted that a single-phase transformer with a proposed capacity of 48 MVA will be more expensive than a three-phase 40 MVA.

Conclusions.

1. Considering the size of our country and population distribution in comparison with Japan and countries of Western Europe, as well as the population of Russia in comparison with China, it is not advisable to design a power supply system for the HSR with an interval of 5 minutes for the next 25 years (transformer service life). It is more rational and economical for Russia to design the power supply system of the HSR to start from the proposed scheme for organizing train traffic, when the interval of passing trains is determined by the time of the train travel through the longest inter-station zone. Depending on the speed of the train, this interval will be 9–14 minutes.

2. Taking into account a number of significant advantages of the considered scheme with three-phase transformers and especially reliable operation of VCL devices of three-phase transformers, the authors propose for the system of electric power supply of high-speed main lines of Russia a scheme with two working commercially available for the traction power supply system 25 kV with three-phase transformers of 40 MVA, connected in series, and one backup transformer of the same power. At the same time, if in an ordinary 25 kV system the installed capacity of transformers at substations is 80 MVA, then it will become 120 MVA at the HSR, which corresponds to the world practice.

REFERENCES

1. Japan's high-speed railways: Shinkansen [*Skorostnye zheleznye dorogi Japonii: Sinkansjen*]. Ed. by V. G. Albrecht. Moscow, Transport publ., 1984, 200 p.

2. Borodulin, B. M., Veksler, M. I., Marsky, V. E., Pavlov, I. V. The traction power supply system 2x25 kV [*Sistema tjagovogo elektrosnabzhenija 2x25 kV*]. Moscow, Transport publ., 1989, 247 p.

3. High-speed rail. General course: educational guide in 2 volumes [*Vysokoskorostnoj zheleznodorozhnyj transport. Obshhij kurs: ucheb. posobie v 2 t.*]. I. P. Kiselev *et al*. Moscow, TMC for education in railway transport, 2014, Vol. 1, 308 p., Vol. 2, 372 p.

4. Sapronov, Yu.D., Sarafanov, V.I., Chernov, Yu.A. Experience in the operation of the 2x25 kV power supply system at Vyazemskaya power supply distance of Moscow railway [*Opyt ekspluatacii sistemy elektrosnabzhenija 2x25 kV na Vjazemskoj distancii elektrosnabzhenija Moskovskoj zheleznoj dorogi*].*Elektrifikacija i energeticheskoe hozjajstvo*, Iss. 4, pp. 9–15.

5. Copyright certificate 516551 USSR, MKI V60 M 3/00. System of power supply of electric railways of alternating current [*Avtorskoe svidetel'stvo 516551 SSSR, MKI V60 M 3/00. Sistema energosnabzhenija elektricheskih zheleznyh dorog peremennogo toka*] / Chernov, Yu.A., Borodulin, B. M., Pavlov, I. V.: MIIT (USSR) № 1979639 / 07. Appl. 27.12.1973. *Discoveries. Inventions*,1976, Iss. 21.

6. The author's certificate 1782795 of the USSR, MKI B60 M 3/00. The device of power supply of electric railways of an alternating current [*Avtorskoe svidetel'stvo 1782795 SSSR, MKI V60 M 3/00. Ustrojstvo energosnabzhenija elektricheskih zheleznyh dorog peremennogo toka*]. Chernov, Yu. A., Gukov, A. I., Pavlov, I. V.: MIIT (USSR) № 48086377 / 11. Appl. 02.04.90. *Discoveries. Inventions,* 1992, Iss. 47.

7. Chernov, Yu.A. Electrosupply of railways: educational guide [*Elektrosnabzhenie* zheleznyh dorog: ucheb. posobie]. Moscow, TMC on education in railway transport, 2016, 430 p.

Information about the authors:

Chernov, Yuri A. – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, 8(495) 684–2277.

Dmitrieva, Natalia Yu. – leading engineer of design and survey institute Mosgiprotrans, Moscow, Russia, Yudinany@ya.ru.

Kokorina, Olesya Yu. – engineer of design and survey institute Mosgiprotrans, Moscow, Russia, Brusentsova_Olesya@mail.ru.

Article received 14.07.2016, accepted 20.10.2016.

ОТКРЫТИЕ ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА ОАО «РЖД» И «СИМЕНС» ПО ДИСТАНЦИОННОМУ АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЕЗДОВ «ЛАСТОЧКА»

3 февраля в Москве ОАО «РЖД» и компания «Сименс» запустили уникальный Центр обработки и анализа данных, получаемых при эксплуатации подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры.

В церемонии открытия приняли участие старший вице-президент ОАО «РЖД» Валентин Гапанович, директор подразделения «Сервисная поддержка заказчика» департамента «Мобильность» концерна «Сименс АГ» Йоханес Эмельхайнц и президент «Сименс» в России Дитрих Мёллер.

Новый центр создан на базе моторвагонного депо Подмосковная, где осуществляется диагностика и сервисное обслуживание электропоездов «Ласточка».

Центр обработки и анализа данных является инновационной площадкой, благодаря которой появляется возможность прогнозировать состояние узлов поезда, увеличивать степень готовности подвижного состава и инфраструктуры к эксплуатации, при этом оптимизировать эксплуатационные расходы и постепенно переходить к «сервису по состоянию» (сервис соответствует техническому состоянию поездов и инфраструктуры).

Данные, поступающие в центр в режиме «онлайн», будут анализироваться и передаваться сервисным инженерам. Подобная интеллектуальная аналитическая система обработки показателей поможет перейти на автоматическое прогнозирование технического состояния составов, вырабатывать рекомендации для сервисных инженеров, а также снизить количество отказов эксплуатирующим подразделениям ОАО «РЖД». Кроме того, в задачи центра будет входить проведение исследовательских работ в области внедрения цифровых технологий для инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта общего пользования.

Инновационный центр обработки и анализа данных введен в эксплуатацию в рамках стратегического сотрудничества двух компаний и согласно меморандуму, подписанному в июне 2016 года на Петербургском международном экономическом форуме, является аналогом центра обработки данных в Мюнхене.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

ENGINEERING CENTRE OF RUSSIAN RAILWAYS AND SIEMENS REMOTE ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF LASTOCHKA TRAINS

Russian Railways and Siemens have launched a unique processing and analysis centre to handle data received from the operation of rolling stock and railway infrastructure.

The opening ceremony was held in Moscow on 3 February 2016 and attended by the Senior Vice-President of Russian Railways Valentin Gapanovich, the Director of the Customer Services Department at the Mobility Services division of Siemens AG Johannes Emmelheinz and the President of Siemens in Russia and Central Asia Dietrich M ller.

The new centre is based at the Podmoskovnaya railcar depot, which carries out diagnostics and maintenance of the Lastochka electric trains.

The Data Processing and Analysis Centre is an innovative platform which facilitates predictions of the condition of the train units and increases the degree of rolling stock and infrastructure operational readiness, while at the same time optimising operating costs and gradually moving to «service according to condition» – service corresponds to the technical state of the trains and infrastructure.

The innovation Data Processing and Analysis Centre was put into operation in the framework of strategic cooperation between Russian Railways and Siemens. According to the memorandum signed at the St. Petersburg International Economic Forum in June 2016, it is analogous to the Munich data centre.

Data received online by the Centre will be analysed and transmitted to the service engineers. This kind of smart analytical processing system of performance indicators will facilitate the switch to the automatic forecasting of the train formations' technical condition and the ability to make recommendations to the service engineers, as well as reduce the number of failures at the operating divisions of Russian Railways.

The Centre's functions will also include conducting research in the field of digital technology for the infrastructure and rolling stock of public rail transport.

Based on releases of press service of JSC Russian Railways ●

УДК 621.311:656.2

Возобновляемая энергия на железнодорожном транспорте

Владимир ГОЛЬДЕНБЕРГ

Vladimir GOLDENBERG

Гольденберг Владимир *– доктор, европейский железнодорожный инженер (EURail-Ing.), Институт технологического и научного трансфера Университета прикладных наук Аугсбурга, член Союза немецких инженеров-железнодорожников (VDEI), Аугсбург, Германия.*

Renewable Energy in Railway Transport

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 71)

Преимущество использования возобновляемой энергии для рельсового пассажирского транспорта очевидно. Но потому же и всё большее значение придается экономии энергии, поиску более дешевых и доступных ее источников. Автор статьи именно с этой точки зрения подходит к анализу растущих в последние годы возможностей применения возобновляемых источников энергии на железнодорожном транспорте и тенденций их развития, выделяя водородные топливные элементы, фотоэлектрические установки, энергию ветра, солнца, самой нашей планеты. Особое место уделено проблемам накопления энергии, вариантам ее рационального перераспределения на сети. При этом показана научно-исследовательская, проектная и внедренческая практика целого ряда стран.

Ключевые слова: железные дороги, электроснабжение, возобновляемые источники энергии, поиск, развитие, энергетическая культура.

Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в промышленности и на транспорте и их дальнейшее развитие – это сегодня настоятельная необходимость с позиций экологии, энергетической эффективности и потребительской привлекательности железнодорожного транспорта.

Повышение эффективности использования энергетических ресурсов и прежде всего возобновляемых источников энергии открывают для железной дороги необозримые возможности. В общественном пассажирском сообщении (ÖPNV) около 66 % транспортной работы, выраженной в пассажирокилометрах, приходится на электрическую энергию. На Немецкой железной дороге (DB AG – Deutsche Bahn AG) более 90 % энергии на тягу составляет электроэнергия. Этот показатель для железнодорожного междугороднего сообщения (Fernverkehr) достиг уже 98 %. Преимущество использования электрической энергии для рельсового пассажирского транспорта очевидно. Именно поэтому экономии энергии придаётся особое значение, особенно в условиях постоянного роста ее стоимости.

Следует, однако, иметь в виду, что транспортным средством № 1 в Германии и стра-

нах Евросоюза является автомобиль. И для DB это сильный фактор конкуренции. Кроме того, другие предприятия железнодорожного транспорта, имеющие собственный подвижной состав и осуществляющие грузовые и пассажирские перевозки на сети DB, укрепляют свои позиции на транспортном рынке и представляют для компании всё возрастающую конкуренцию.

Планируется, что к 2050 году эмиссия углекислого газа уменьшится практически до нуля, и железнодорожный транспорт полностью освободится от CO_2 – т.е. будет достигнут «зелёный нуль». Это возможно в том числе и потому, что DB эксплуатирует собственную сеть электроснабжения (например, имеет собственные гидроэлектростанции и некоторые из них питают контактные сети частотой 16,7 Гц) и сама регулирует закупку электроэнергии.

Тем не менее полный переход на ВИЭ представляет собой сложную задачу ещё и по той причине, что различные источники энергии не всегда имеют достаточный количественный и равномерный коэффициент выработки энергии.

Правительство Германии, формулируя энергетическую концепцию в 2010 году, поставило задачу снизить энергопотребление на транспорте до 2020 года на 10 % и до 2050 года на 40 % по отношению к 2005 году [1].

Известно, что железнодорожный транспорт по сравнению с другими видами транспорта характеризуется более низким удельным потреблением энергии и зарекомендовал себя более экологичным. Страны с ограниченными собственными фоссильными ресурсами в последние годы интенсивно инвестируют в технологические разработки и внедрение возобновляемых источников энергии. Таким образом зависимость от нефти и газа уменьшается, а кроме того уменьшается и зависимость от импорта энергоносителей. Германия активно использует различные альтернативные источники энергии (ветровая, солнечная, гидроэнергия, биомасса).

DB видит себя фаворитом в области экологически организованного транспорта и экономии энергии. DB по решению такой респектабельной международной организации, как CDP (Carbon Disclosure Projekt), признана лучшей железной дорогой мира в области экологической чистоты. Она заняла первое место в рэнкинге.

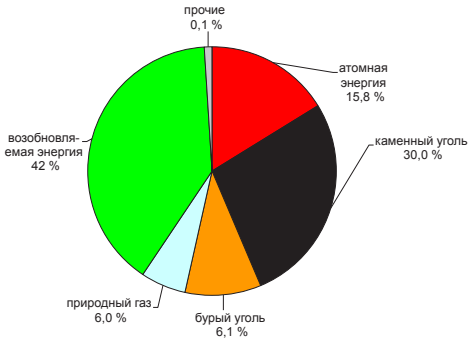


Рис. 1. Источники получения энергии на DB в 2015 г., (переработано автором).

Применение ВИЭ поддерживается в Германии законом о возобновляемой энергии (EEG), что положительно сказывается и на железнодорожном транспорте, который является важнейшим участником энергетической политики, где, как и везде, от положения «стрелки» зависит направление будущего развития [2, 3].

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ И В СЕКТОРЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

По данным DB доля возобновляемой энергии в электропотреблении на тягу должна была возрасти к 2020 году до 35 %, однако этот показатель уже превзойдён и достиг 40 % в 2015 году [4] (рис. 1). Для сравнения: в 2010 году доля возобновляемых источников энергии на железнодорожном транспорте составляла 19,8 %. Возможности использования альтернативных источников энергии на железной дороге очень многообразны. С позиций сегодняшнего дня это: энергия для тяги поездов, эксплуатационная работа, инфраструктура, подвижной состав (работа вспомогательных агрегатов, освещение, системы кондиционирования воздуха), сеть компьютеров, поддержание функций внешних обустройств, накопление энергии, освещение зданий и т.д. Другие возможности повышения энергоэффективности заключаются в переходе на облегчённые конструкции подвижного состава, производстве более экономных локомотивов и моторвагонного подвижного состава, а также в оп-

Рис. 2. Фотоэлектрическая установка на крыше вокзала в Берлине. Фото: DB.

тимальном способе управления поездами. Следует отметить, что на железной дороге решения по повышению энергетической эффективности получают весьма заметную отдачу. До 8 % общего потребления энергии, к примеру, может быть возвращено в контактную сеть переменного тока за счёт рекуперации при торможении или аккумулироваться.

Энергоснабжение систем кондиционирования, вспомогательных агрегатов и освещения осуществляется преимущественно обычным способом, а также может дополняться за счёт возобновляемых источников энергии (концепции гибридного привода в сочетании с фотоэлектрическими модулями, водородными топливными элементами и т.д.). Энергетически оптимальный способ управления движением поездом тоже создает дополнительный потенциал экономии. Однако стационарная выработка энергии остается пока в обозримом будущем важнейшим способом ее производства. Причём это успешно дополняется интеллигентными способами управления (Smart Grid), в особенности с возрастанием требований к энергетическим сетям и в связи с ростом доли ВИЭ на железнодорожном транспорте.

Производство облегчённого подвижного состава и использование композитных материалов с первоклассными свойствами (на стекло- и углеволоконной основе GFK и CFK) – еще один ресурс экономии энергии, уменьшается вес конструкций и удешевляется производство на 20–30 %. Новые горизонты открывает также применение нанотехнологий на подвижном составе и объектах инфраструктуры.

Наука даёт немало различных технических возможностей и продуктов, которые, однако, пока не всегда могут быть использованы, поскольку ещё не эффективны с экономической точки зрения (рентабельность), а также не достигли рыночной зрелости.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Водородные топливные элементы

Использование привода на водородных топливных элементах для тяги поездов вместо дизельной или электрической тяги в ближайшем будущем трудно себе представить. Дело в том, что для тяги нужна не только большая мощность водородных топливных элементов, не менее важно иметь и большое количество вырабатываемой энергии. Для потребностей же вспомогательных агрегатов это возможно уже сегодня. Но во всех случаях рядом и технико-экономическая задача – существенное повышение рентабельности этого экологически чистого источника энергии.

Ниже приведены некоторые примеры для тягового подвижного состава, где используются гибридные энергетические установки на водородном топливе.

• Фирма «Alstom» подписала на международной ярмарке «InnoTrans 2014» в Берлине договоры о намерении по поставке в четыре Федеральные земли Германии тягового подвижного состава на водородном топливе. Эта же фирма поставила в 2015–2016 годы для завода автомобиле-

строительного концерна «Audi» в г. Ингольштадт гибридные локомотивы для грузовых перевозок. Как известно, работа в цехах этого завода разрешена лишь для локомотивов, не создающих эмиссию выхлопных газов.

• Завершённый проект в рамках государственно-частного партнерства (Public Private Partnership), в котором участвовал целый ряд компаний, подтверждает активность в этом направлении в США. В 2009 году была успешно проведена пробная поездка локомотива на водородном топливе. Это, пожалуй, самый крупный локомотив такого рода на сегодняшний день (фирма BNSF). Его мощность при длительном режиме работы составляет 240 кВт. Пиковой мощности в размере 1 МВт хватает на несколько минут [5].

• На Российских железных дорог (ОАО «РЖД») проводятся исследования по использованию водородных топливных элементов для маневрового локомотива сортировочной горки. При этом получение водорода осуществляется конверсией из природного газа, возимого на борту локомотива. Другие проекты нацелены на применение водородного топлива для дрезин, рельсовых автобусов и вагонов с энергетической установкой для обеспечения электричеством при проведении тоннельных работ.

Фотоэлектрические установки, энергия ветра

Использование солнечной энергии на железнодорожном транспорте даёт очень много преимуществ. Она пригодна для электропитания бортового оборудования, устройств кондиционирования воздуха, для энергобеспечения малодеятельных станций и районов, её следует рассматривать как экономически выгодную альтернативу, в особенности там, где подключение к электросети (если таковая имеется вблизи) дорого. Доля энергии ветра в источниках получения энергии также постоянно растёт.

• Во Флоренции (Италия) ещё в 2004 году был представлен завершённый проект, в рамках которого разработан вагон с солнечными панелями (Photovoltaik Train). Этот проект Итальянских железных дорог (Trenitalia) который финансировался в рамках программы Евросоюза (1,25 млн евро).

Рис. 3. Крыша туннеля трассы Париж-Амстердам. Фото: JinkoSolar.

Подвижной состав с солнечными панелями на крыше находится в эксплуатации. Вырабатываемой энергии хватает для освещения, кондиционирования воздуха и работы бортовых систем. Следует отметить, что в течение ряда лет в Италии имеет место «солярный бум», ибо государство за счёт финансовых стимулов повысило привлекательность проектов в области использования солнечных источников энергии.

• Солнечная энергия находит применение в области СЦБ на железной дороге уже на протяжении многих лет. Энергоснабжение систем глобального позиционирования (GPS) в грузовых вагонах также производится с помощью солярного (солнечного) тока. Известны примеры использования солярных панелей в шумозащитных стенах на транспорте.

• Важную роль для солнечной энергетики играют крыши. С 2003 года в эксплуатации фотоэлектрическая установка на южной стороне главного вокзала в Берлине (рис. 2). Такие установки на крышах вокзалов имеются уже в целом ряде стран.

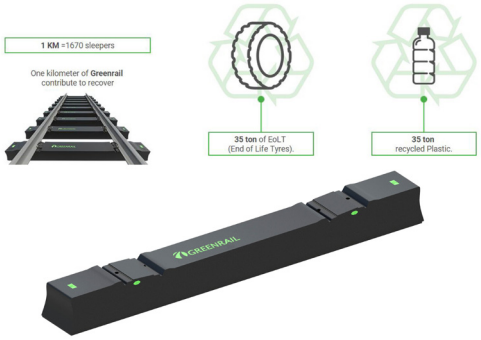


Рис. 4. Шпала с пьезоэлементами. Фото: Greenrail.

• Для транспортного предприятия Женевского кантона (Швейцария) фирмой «Höft & Wessel» поставлено более 700 автоматов по продаже билетов, которые установлены в самых «солнечных» местах.

• Китайская фирма «JinkoSolar» произвела и поставила солярные модули для крыши туннеля высокоскоростной трассы между Парижем и Амстердамом на трассе Бельгийских железных дорог (рис. 3). Солнечные батареи, установленные на крыше туннеля длиной 3,6 км, вырабатывают 3300 мВт • ч энергии в год. Электрическая энергия используется для поездов и объектов инфраструктуры. Эмиссия CO_2 уменьшается на 2400 т в год [6].

• Метрополитен города Мехико использует энергию потока воздуха движущихся поездов. Ток, вырабатываемый ветровыми генераторами, установленными в шахтах, расходуется на освещение станций метро.

Накопление энергии

Выработка энергии должна обязательно сочетаться с возможностями её накопления. Это предусматривается сегодня в энергетическом комплексе. Эффективный менеджмент синхронизирует потребление энергии и её выработку из флуктуирующих источников и обеспечивает необходимую рентабельность. Непостоянство выработки энергии из ВИЭ создает одновременно стимул к поиску надёжных и экономичных ее накопителей. Комбинация источников с накопителями энергии даёт достаточное энергообеспечение для периодов слабой солнечной или ветровой активности.

Преимущество выработки электро- и тепловой энергии заключается также в том, что эти источники децентрализованы. В случае избыточного призводства энергии возникает потребность возврата ее в энергетическую сеть с получением оплаты, к её накоплению и созданию резервов. Существуют примеры, когда избыточная энергия просто «дарится» другим соседним странам, поскольку приостановка выработки энергии обходится иногда дороже.

Аккумуляция тепла

Известны различные возможности аккумулировать тепло и его транспортировать. Инновационным способом является использование латентных накопителей тепловой энергии, когда все определяет изменение агрегатного состояния накапливающего медиума при подведении или отведении тепла. Перевозки контейнера «с теплом» осуществляются по шоссе, а при наличии подъездных путей могут производиться по железной дороге. Латентные накопители применяются для обогрева или охлаждения зданий. Для транспортировки используются танк-контейнеры. Один из примеров уже действующей с 2013 года мобильной системы перевозки «тепла» имеется в Аугсбурге (Германия), где на ТЭЦ мусороперерабатывающего завода «AVA» танк-контейнеры «заряжаются теплом» и транспортируются для обогрева школьного центра соседнего города Фридберга. Подобный вариант даёт около 2500 кВт • ч энергии. КПД системы составляет 85 % [7].

Накопление электричества

Результаты использования суперконденсаторов (Supercaps) для накопления электрической энергии впечатляют. Сегодня такие решения не новы для накопления энергии, полученной, например, от ветросиловых и солнечных установок. Эти системы в состоянии аккумулировать электрическую энергию в больших объёмах. Уже известны суперкондесаторы ёмкостью до 5000 фарад, хотя величины напряжения у них малы. КПД составляет 90–95 %, и потенциал применения очень высок. Модуляризация на подвижном составе возможна и даёт желаемый эффект.

Примеры их использования в комбинации с аккумуляторами имеются в ряде стран. Концерн «Siemens» сдал в эксплуатацию трамвайную линию в г. Доха (Катар) в 2016 году. В этой рельсовой схеме бесконтактной сети присутствует гибридная сис-

тема накопления электрической энергии: двухслойные суперконденсаторы дополняются литий-ионными батареями. Зарядка при необходимости осуществляется буквально за секунды на любой из станций трамвайной сети [8].

Энергия Земли

Для движения поездов важна бесперебойная работа стрелочных переводов. Их обогрев в зимних условиях возможен не только с помощью электичества, но и с применением энергии Земли. Эти системы используют также тепло подземных вод, воздуха или сточных вод. Современные тепловые насосы позволяют экономить не менее 40 % энергии.

• Первый пример использования геотермического обогрева стрелок на DB относится к 2007 году в Хольцминдене (Holzminden). В 2010 году на Гамбургской портовой железной дороге был принят в эксплуатацию геотермический обогрев стрелок без применения тока.

• С 2005 года в Бад Лаутерберг–Барбис на линии Гёттинген–Нордхаузен находится в эксплуатации система обогрева железнодорожной платформы также с использованием тепла Земли.

• Фирма «Triple-S-GmbH» имеет немало выполненных проектов по оборудованию стрелочных переводов, платформ, транспортных площадей и мостов системами геотермического обогрева. Она получила допуск к производству работ на DB и, в частности, разрешение РЖД на установку пилотной системы нового поколения на двух стрелочных переводах в Санкт-Петербурге. Обслуживание устройств осуществляется в дистанционном режиме из Германии. Сегодня число геотермических систем на железной дороге растет после их успешного тестирования.

• На отдельных станциях метрополитена г. Вены используются тепловые насосы и тепло туннелей.

Солнечная тепловая энергия и санирование зданий

• Комплексное использование возобновляемых источников энергии демонстрирует в Кёльне проект DB первого в Германии экологически чистого предприятия по обслуживанию поездов ICE, где планируется максимально показать самую современную технологию в области охраны окружающей среды. Здесь предусмотрено применение геотермической энергии, фотоэлектрических установок, тепловой энергии солнца и будут преобладать другие инновационные решения. Предприятие оснастят системой кондиционирования на базе тепловых насосов и теплообмена с подземной водой. Солнечные тепловые коллекторы обеспечат теплоснабжение общественного здания, доставляя горячую воду для бытовых нужд. Суммарная мощность 1200 фотоэлектрических модулей, расположенных на крыше длиной 433 м, составит 300 мВт.

Естественно, что при пиковых нагрузках энергия будет поступать и из других экологически чистых источников энергии. Для подзарядки электродвигателей дорожного транспорта построят «солярные» заправки. Предусмотрен ряд других современных решений, постройка дополнительных шумозащитных стен с солнечными батареями, звукоизоляция зданий и т.д. Уже в 2017 году здесь будут проходить профилактический осмотр высокоскоростные поезда, включая будущее поколение ICE4 (ICx).

Общая экономия энергии составит 15 %.

• Утепление фасадов, крыш и стен вокзалов, а также других зданий является составной частью программы энергетической эффективности DB. Кроме тепловой изоляции производится замена старых окон и систем отопления. За прошедшие годы более 30 зданий, преимущественно находящихся под охраной государства как памятники старины, были энергетически санированы. Ежегодно в Германии модернизируются три вокзала, которые получают новый энергетический паспорт.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТЫ

Довольно молодая итальянская фирма «Greenrail» (greenrail.it) производит новые шпалы, которые вырабатывают ток за счет давления, производимого проходящими над ними поездами. Интегрированные пьезоэлементы, являющиеся генераторами, дают до 150 кВт • ч/км энергии при прохождении до 15 поездов. Совместно с Политехническим университетом Милана и другими партнерами фирма продвигает этот продукт на рынок (рис. 4). В 2016

году она осуществила тестирование 1 км пути с этими новыми шпалами.

• В рамках проекта «Поезд будущего поколения» (Next Generation Train) в Национальном исследовательском центре Германии DLR методами системного анализа исследуется эффективность новых технологий и решений (в том числе ВИЭ) в проекции на всю комплексную железнодорожную систему. Этот крупный проект представляет собой взгляд в завтрашний день железнодорожного сообщения [9].

• В 2015 году в Москве в рамках V международного железнодорожного салона «Экспо-2015» был представлен инновационный маневровый газотепловоз ТЭМ-19, построенный на Брянском машиностроительном заводе «Трансмашхолдинга» по заказу РЖД. Локомотив прошёл необходимые испытания и запланирован к серийному выпуску. Газотепловоз имеет газопоршневой двигатель мощностью 880 кВт и работает только на сжиженном природном газе. Это отличный пример реализации программы РЖД по внедрению ресурсосберегающих технологий.

• В завершённом исследовании в рамках проекта по энергетике железнодорожного транспорта (7-й исследовательской рамочной программы, финансируемой Евросоюзом) даётся анализ результатов по целому ряду стран для различного типа подвижного состава о применении энергетически эффективных технологий и рассматриваются варианты принятия решений по инвестициям с позиций потребности в энергии, выброса CO_2 и рентабельности.

• Университет прикладных наук Аугсбурга совместно с МИИТ регулярно организует стажировки, проводит совместные исследования. В программах стажировки приняли участие более 400 специалистов РЖД, преподавателей и студентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ориентация железных дорог на использование возобновляемой энергии играет важную роль для обеспечения эффективности, долговременного и надёжного энергоснабжения и характеризует эпохальную тенденцию её развития. В этом процессе много «актёров»: политика, промышленность, железные дороги, наука, университеты, общество и люди. И запущенный механизм будет хорошо функционировать лишь при полном взаимодействии всех участников процесса. Применение новых источников энергии, ресурсосберегающих технологий должно затрагивать весь железнодорожный комплекс, имеющий огромный потенциал экономии энергии, и тогда эффективность энергоснабжения станет существенно выше. Новая энергетическая культура получила сегодня большое развитие в обществе и на железнодорожном транспорте. Переход к децентрализованному энергоснабжению обеспечивает большую автономию, независимость и безопасность отраслевой сферы.

Энергетическая революция – процесс, который следует сопровождать и вовремя корректировать со стороны институциональной политики. Это не только брошенный вызов, но и большой шанс, который надо использовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Umwelttrends in Deutschland. Daten zur Umwelt 2015. Umweltbundesamt.

2. Goldenberg, P, Goldenberg, V., Reppich. Anwendungsmöglichkeiten erneuerbarer Energiequellen im Bahnsektor. EI-Eisenbahningenieur, 2/2012, S. 22–29.

3. Гольденберг В., Гольденберг Ф. Возобновляемые источники энергии и ее экономия на железнодорожном транспорте. Тенденции развития // Бюллетень ОСЖД.– 2016.– № 1.– С. 25–36.

4. Mit dem Zug automatisch grün unterwegs. [Электронный ресурс]: http://www.bahn.de/p/view/service/umwelt/klimaschutz.shtml. Доступ 26.07.2016.

5. Information about the projects of Fuelcell Propulsion Institute. [Электронный ресурс]: http://www.fuelcellpropulsion.org/projects.html. Доступ 26.07.2016.

6. JinkoSolar versorgt Solar Tunnel mit Energie. [Электронный ресурс]: http://www.jinkosolar.com/press_detail_131.html?lan=ge. Доступ 26.07.2016.

7. Goldenberg, P.: Mobile Wärmespeicher für den Lkw-oder Zugtransport? EI-Eisenbahningenieur, 5/2013, S. 97–100.

8. Schlüsselfertiges Tramsystem für Katar mit oberleitungslosen Avenio-Straßenbahnen. [Электронный ресурс]: http://www.siemens.com/press/de/feature/2012/infrastructure-cities/rail-systems/2012–08-avenio.php?content[]=MO. Доступ 26.07.2016.

9. Der NGT: Next Generation Train. [Электронный ресурс]: http://www.dlr.de/fk/desktopdefault.aspx/tabid-10718/18625_read-27293/. Доступ 25.07.2016. ●

Координаты автора: **Гольденберг В.**– vladimir.goldenberg@HS-Augsburg.de.

Статья поступила в редакцию 26.07.2016, принята к публикации 09.11.2016.

RENEWABLE ENERGY IN RAILWAY TRANSPORT

Goldenberg, Vladimir, *Augsburg University of Applied Sciences, the Union of German Railway Engineers (VDEI), Augsburg, Germany.*

ABSTRACT

The advantage of using electric energy for rail passenger transport has long been evident. But because of this, more and more importance is paid to saving energy, searching for cheaper and more affordable sources. From this point of view, the author of the article approaches the analysis of the growing opportunities in recent years for the use of renewable energy sources in rail transport and the trends in their development, distinguishing hydrogen fuel cells, photoelectric installations, wind, solar, and our planet. A special place is given to the problems of energy storage, to variants of its rational redistribution on the network. At the same time, research, design and implementation practices of a number of countries are shown.

Keywords: railways, power supply, renewable energy sources, search, development, energy culture.

Background. *The use of renewable energy sources (RES) in industry and transport and their further development is today an urgent need in terms of ecology, energy efficiency and consumer attractiveness of rail transport.*

Increasing the efficiency of the use of energy resources and, first of all, renewable energy sources open immense opportunities for the railway. In public passenger traffic (ÖPNV), about 66 % of the transport work, expressed in passenger kilometers, falls on electricity. On the Deutsche Bahn AG (DB AG), more than 90 % of energy for traction is electricity. This indicator for railway long-distance traffic has already reached 98 %. The advantage of using electric power for rail passenger transport is obvious. That is why energy saving is given special significance, and also because its cost increases.

It should, however, be borne in mind that the vehicle № 1 in Germany and the countries of the European Union is a car. And for DB it is a strong factor of competition. In addition, other railway companies that have their own rolling stock and carry out freight and passenger transportation on the DB network, strengthen their positions in the transport market and present increasing competition for the company.

It is planned that by 2050 the emission of carbon dioxide will have decreased practically to zero, and the railway transport will be completely freed from CO_2 – i.e. «green zero» will be reached. This is possible also because the DB operates its own power supply network (for example, it has its own hydroelectric power plants and some of them supply contact networks with a frequency of 16.7 Hz) and itself regulates the purchase of electricity.

Nevertheless, a complete transition to RES is a difficult task also for the reason that different energy sources do not always have a sufficient quantitative and uniform energy production factor.

The German government, in formulating the energy concept in 2010, set the goal of reducing energy consumption in transport by 2020 by 10 % and by 2050 by 40 % compared to 2005 [1].

It is known that rail transport in comparison with other modes of transport is characterized by lower specific energy consumption and has proved more environmentally friendly. Countries with limited own fossil resources in recent years have been intensively investing in technological development and the introduction of renewable energy sources. Thus, dependence on oil and gas decreases, and in addition, dependence on energy imports also decreases. Germany actively uses various alternative energy sources (wind, solar, hydropower, biomass).

DB sees itself as a favorite in the field of environmentally organized transport and energy saving. It was recognized by the respectable international organization CDP (Carbon Disclosure Projekt) as the world's best railway in the field of environmental cleanliness, ranking first in the rating.

The application of RES is supported in Germany by the law on renewable energy (EEG), which has a positive effect on rail transport, which is a major participant in energy policy, where, as elsewhere, the direction of future development depends on the position of the «arrow» [2, 3].

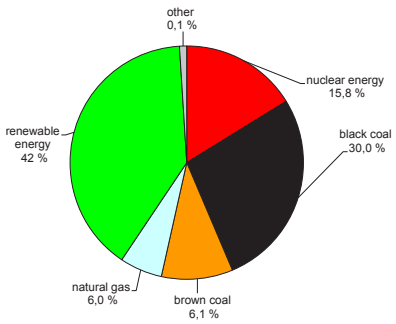
Objective. *The objective of the author is to consider prospects of renewable energy sources application in the field of railway transport.*

Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, scientific description.*

Results.

Energy on the roads and in the rolling stock sector

According to DB, the share of renewable energy in power consumption for traction would have been increased to 35 % by 2020, but this figure has already surpassed and reached 40 % in 2015 [4] (Pic. 1). For comparison: in 2010 the share of renewable energy sources in railway transport was 19.8 %. The possibilities of using alternative energy sources on the railway are very diverse. From today's perspective, it is: energy for train traction, operational work, infrastructure, rolling stock (the work of auxiliary units, lighting, air conditioning systems), a network of computers, maintaining external functions, accumulating energy, lighting buildings, etc. Other possibilities for increasing energy efficiency are the transition to lightweight rolling stock designs, the production of more economical locomotives and motorized rolling stock, as well as the optimal method for controlling trains. It should be noted that decisions on increasing energy efficiency on the railroad receive very noticeable returns. Up to 8 % of the total energy



Pic. 1. Sources of energy production for DB in 2015, (revised by the author).

Pic. 2. Photoelectric installation on the roof of the station in Berlin. Photo: DB.

consumption, for example, can be returned to the AC contact network by recuperation during braking or can be accumulated.

Power supply for air conditioning systems, auxiliary units and lighting is carried out mainly in the usual way, and can also be supplemented by renewable energy sources (hybrid drive concepts in combination with photoelectric modules, hydrogen fuel cells, etc.). An energetically optimal way of controlling train traffic also creates an additional saving potential. However, stationary generation of energy remains in the foreseeable future an important method of its production. Moreover, it is successfully supplemented by intelligent management methods (Smart Grid), especially with increasing requirements for energy networks and in connection with the growth of the share of renewable energy in railway transport.

Manufacture of lightweight rolling stock and the use of composite materials with first-class properties (on glass and carbon fiber basis GFK and CFK) is another energy saving resource, design weight is reduced and production costs are reduced by 20–30 %. New horizons are also opened by the use of nanotechnology on the rolling stock and infrastructure facilities.

Science provides many different technical capabilities and products, which, however, cannot always be used so far, because they are not yet economically efficient (profitability), nor have they reached market maturity.

Practical use

Hydrogen fuel cells

The use of the drive on hydrogen fuel cells for traction of trains instead of diesel or electric traction in the near future is hard to imagine. The fact is that for traction, not only the high power of hydrogen fuel cells is needed, it is equally important to have a large amount of generated energy. For the needs of auxiliary units this is possible already today. But in all cases, the technical and economic task is also a significant increase in the profitability of this environmentally friendly energy source.

Below there are some examples for traction rolling stock, where hybrid power plants using hydrogen fuel are used.

• Alstom signed an agreement at the international fair «InnoTrans 2014» in Berlin on the delivery of a traction rolling stock on hydrogen fuel to four Federal States of Germany. The same company supplied hybrid locomotives for cargo transportation in 2015–2016 for the plant of the Audi automobile concern in Ingolstadt. As it is known, work in the plant's workshops is allowed only for locomotives that do not generate exhaust gas.

• The completed project within the framework of the Public Private Partnership, in which a number of companies participated, confirms the activity in this direction in the USA. In 2009, a test trip of the locomotive on hydrogen fuel was successfully carried out. This, perhaps, is the largest locomotive of this kind for today (firm BNSF). Its power with a long operating mode is 240 kW. The peak power of 1 MW is enough for a few minutes [5].

• Research on the use of hydrogen fuel cells for the shunting locomotive of the shunting locomotive of the marshalling yard is carried out on the Russian Railways (JSC RZD). At the same time, the production of hydrogen is carried out by conversion from natural gas transported on board the locomotive. Other projects are aimed at the use of hydrogen fuel for railcars, rail buses and cars with an energy installation to provide electricity for tunneling.

Photoelectric installations, wind power

The use of solar energy in rail transport has many advantages. It is suitable for the power supply of on-board equipment, air conditioning devices, for power supply to low-capacity stations and areas, it should be considered as an economically viable alternative, especially where the connection to the power grid (if any is near) is expensive. The share of wind energy in sources of energy production is also constantly growing.

• In Florence (Italy), in 2004, a completed project was presented, within which a car with solar panels (Photovoltaik Train) was designed. This is the project of Italian Railways (Trenitalia), which was funded under the EU program (1.25 million euros). Rolling stock with solar panels on the roof is in operation. The generated energy is sufficient for lighting, air conditioning and operation of onboard systems. It should be noted that for a number of years in Italy there has been a «solar boom», because the state, through financial incentives, has increased the attractiveness of projects in the field of using solar energy sources.

• Solar power has been used in the field of signalization on the railway for many years. The power supply of global positioning systems (GPS) in freight cars is also carried out with the help of solar current. Examples of the use of solar panels in soundproof walls on transport are known.

• Roofs play an important role for solar energy. Since 2003, a photovoltaic system has been in operation on the south side of the main station in Berlin (Pic. 2). Such installations on the roofs of the stations are already available in a number of countries.

• For the Geneva Canton transport company (Switzerland), Höft & Wessel more than 700 ticket machines have been supplied that are installed in the sunniest places.

• The Chinese firm JinkoSolar produced and supplied solar modules for the roof of the high-speed tunnel between Paris and Amsterdam on the Belgian railroad track (Pic. 3). Solar panels installed on the roof of a 3.6 km long tunnel generate 3,300 mW•h of energy per year. Electric energy is used for trains and infrastructure. The emission of CO_2 decreases by 2400 tons per year [6].

• The metro of Mexico city uses the energy of the airflow of moving trains. The current generated by the wind generators installed in the mines is used to illuminate the metro stations.

Accumulation of energy

The production of energy must necessarily be combined with the possibilities of its accumulation.

This is foreseen in the energy complex today. Effective management synchronizes energy consumption and its production from fluctuating sources and provides the necessary profitability. The inconstancy of energy production from renewable energy creates at the same time a stimulus to the search for reliable and economical storage devices. The combination of sources with energy storage provides sufficient energy for periods of weak solar or wind activity.

The advantage of generating electricity and heat is also that these sources are decentralized. In the case of excessive production of energy, there is a need of its return to the energy network with payment, its accumulation and to creation of reserves. There are examples where excess energy is simply «gifted» to other neighboring countries, since the suspension of energy production is sometimes more expensive.

Accumulation of heat

There are various possibilities for accumulating heat and transporting it. An innovative way is to use latent thermal energy storage devices, when everything is determined by the change in the aggregate state of the accumulating medium when heat is applied or removed. Transportation of the container «with heat» is carried out on the highway, and in the presence of access roads can be made by rail. Latent storages are used for heating or cooling buildings. For transportation, tank containers are used. One example of the mobile heat transport system that already operates since 2013 is in Augsburg, Germany, where the tank containers are «charged with heat» at the heat station of the «AVA» garbage processing plant and transported to heat the school center of the neighboring town of Friedberg. Such an option gives about 2500 kWh • h of energy. The system efficiency is 85 % [7].

Condensation of electricity

The results of using supercondensers (Supercaps) for the accumulation of electrical energy are impressive. Today such solutions are not original when collecting energy, for example, from wind power and solar installations. These systems are able to accumulate electrical energy in large volumes. Supercondensers with a capacity of up to 5000 farads are already known, although the voltage values are small. The efficiency is 90–95 %, and the application potential is very high. Modularization on the rolling stock is possible and gives the desired effect.

Examples of their use in combination with batteries are available in several countries. Let's say that the Siemens concern is putting into operation a tram line in Doha (Qatar). In this rail system without a contact network, there is a hybrid system for accumulating electrical energy: two-layer supercapacitors are supplemented with lithium-ion batteries. Charging, if necessary, takes place literally in seconds at any of the stations of the tram network [8].

Energy of the Earth

For the movement of trains, the smooth operation of turnout switches is important. Their heating in winter conditions is possible not only with the help of electricity, but also with the use of the energy of the Earth. These systems also use the heat of underground water, air or sewage. Modern heat pumps save at least 40 % of energy.

• The first example of the use of geothermal heating of switches on a DB refers to 2007 in Holzminden. In 2010, the geothermal heating of the switches without the use of a current was commissioned on the Hamburg port railway.

Pic. 3. The roof of Paris-Amsterdam route tunnel. Photo: JinkoSolar.

• Since 2005, in Bad Lauterberg–Barbis, a heating system for the railway platform is also in operation on the Göttingen–Nordhausen line, also using the heat of the Earth.

• «Triple-S-GmbH» has a number of completed projects for equipping turnout switches, platforms, transport areas and bridges with geothermal heating systems. It received an admission to the work on the DB and, in particular, the permission of RZD to install a new generation pilot system at two switch points in St. Petersburg. The devices are serviced remotely from Germany. Today, the number of geothermal systems on the railway grows after their successful testing.

• At individual metro stations in Vienna, heat pumps and heat of tunnels are included in everyday use.

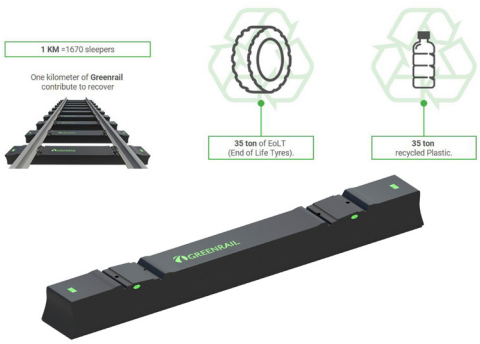
Solar thermal energy and sanitation of buildings

• The comprehensive use of renewable energy sources is demonstrated in Cologne by the DB project of Germany's first environmentally friendly train service company ICE, where it is planned to show the most advanced technology in the field of environmental protection. Here, geothermal energy, photovoltaic installations, solar thermal energy are envisaged and other innovative solutions will prevail. The company will be equipped with a conditioning system based on heat pumps and heat exchange with underground water. Solar thermal collectors will provide heat supply to the public building, delivering warm water for domestic needs. The total capacity of 1200 photovoltaic modules located on a roof 433 m long will be 300 mW.

Naturally, under peak loads, energy will come from other environmentally friendly energy sources. To recharge the electric motor road transport «solar» refueling stations will be built. A number of other modern solutions is provided, construction of additional noise-protective walls with solar batteries, soundproofing of buildings, etc. As early as 2017, high-speed trains, including the future generation of ICE4 (IC), will be inspected here.

The total energy savings will be 15 %.

• Warming of facades, roofs and walls of railway stations, as well as other buildings is an integral part



Pic. 4. Sleeper with piezoelements. Photo: Greenrail.

of the energy efficiency program DB. In addition to thermal insulation, old windows and heating systems are being replaced. Over the past years, more than 30 buildings, mostly under the protection of the state as monuments of the past, were energetically sanitized. Annually in Germany three railway stations are modernized, which receive a new energy passport.

Scientific researches and projects

The newly founded Italian firm «Greenrail» (greenrail.it) produces new sleepers, which produce current due to the pressure produced by trains passing over them. Integrated piezoelectric elements, which are generators, give up to 150 kW•h / km of energy when passing up to 15 trains. Together with Polytechnic University of Milan and other partners, the company promotes this product to the market (Pic. 4). In 2016, it is testing 1 km of track with these new sleepers.

• Within the framework of the «Next Generation Train» project at the National Research Center of Germany DLR, using the methods of system analysis the effectiveness of new technologies and solutions (including RES) is studied in the projection on the entire integrated railway system. This major project represents a look into the future of rail traffic [9].

• In 2015, an innovative shunting gas-turbine locomotive TEM-19, built at the Bryansk machine-building plant «Transmashholding» under the order of Russian Railways, was presented in Moscow within the framework of the 5th international railway salon «Expo-1520». The locomotive passed the necessary tests and is scheduled for serial production. The gas turbine locomotive has a gas piston engine with a power of 880 kW and operates only on liquefied natural gas. This is an excellent example of the implementation of the Railways program for the implementation of resource-saving technologies.

• The final study of the railway energy project (7th EU-funded research program) analyzes the results for a number of countries for different types of rolling stock on the use of energy-efficient technologies and examines options for making investment decisions from the standpoint of the need for energy, CO_2 emissions and profitability.

• The Augsburg University of Applied Sciences together with the MIIT regularly organizes internship, conduct joint research. About 300 specialists from Russian Railways and teachers took part in the training programs.

Conclusion. *The orientation of railways to the use of renewable energy plays an important role in ensuring the efficiency, long-term and reliable energy supply and characterizes the epochal trend of its development. In this process, there are many «actors»: politics, industry, railways, science, universities, society and people. And the running mechanism will function well only with full interaction of all participants in the process. The use of new energy sources, resource-saving technologies should affect the entire railway complex, which has a huge potential for saving energy, and then the efficiency of energy supply will be significantly higher. A new energy culture has received a great deal of development in the society and in rail transport today. The transition to decentralized energy supply ensures greater autonomy, independence and security of the industry sector.*

The energy revolution is a process that should be accompanied and corrected on time by institutional policy. This is not only an abandoned challenge, but also a great chance to be used.

REFERENCES

1. Umwelttrends in Deutschland. Daten zur Umwelt 2015. Umweltbundesamt.

2. Goldenberg, P, Goldenberg, V., Reppich. Anwendungsm glichkeiten erneuerbarer Energiequellen im Bahnsektor. EI-Eisenbahningenieur, 2/2012, S. 22–29.

3. Goldenberg, V., Goldenberg, F. Renewable sources of energy and its economy in railway transport. Development trends [*Vozobnovlyaemye istochniki energii i ee ekonomiya na zheleznodorozhnom transporte*]. *OSJD Bulletin*, 2016, Iss. 1, pp. 25–36.

4. Mit dem Zug automatisch gr n unterwegs [Electronic resource]: http://www.bahn.de/p/view/service/umwelt/klimaschutz.shtml. Last accessed 26.07.2016.

5. Information about the projects of Fuelcell Propulsion Institute [Electronic resource]: http://www.fuelcellpropulsion.org/projects.html. Last accessed 26.07.2016.

6. JinkoSolar versorgt Solar Tunnel mit Energie [Electronic resource]: http://www.jinkosolar.com/press_detail_131.html?lan=ge. Last accessed 26.07.2016.

7. Goldenberg, P.: Mobile W rmespeicher f r den Lkw- oder Zugtransport? *EI-Eisenbahningenieur*, 2013, Iss. 5, pp. 97–100.

8. Schl sselfertiges Tramsystem f r Katar mit oberleitungslosen Avenio-Stra enbahnen [Electronic resource]: http://www.siemens.com/press/de/feature/2012/infrastructure-cities/rail-systems/2012–08-avenio.php?content[]=MO. Last accessed 26.07.2016.

8. [Электронный ресурс]: http://www.siemens.com/press/de/feature/2012/infrastructure-cities/rail-systems/2012–08-avenio.php?content[]=MO. Доступ 26.07.2016. Berlin, 17. April 2015.

9. Der NGT: Next Generation Train [Electronic resource]: http://www.dlr.de/fk/desktopdefault.aspx/tabid-10718/18625_read-27293/. Last accessed 25.07.2016.

Information about the author:
Goldenberg, Vladimir – Dr., European Railway Engineer (EURail-Ing.), Institute of Technological and Scientific Transfer of Augsburg University of Applied Sciences, member of the Union of German Railway Engineers (VDEI), Augsburg, Germany, vladimir.goldenberg@HS-Augsburg.de.

Article received 26.07.2016, accepted 09.11.2016.

НОВЫЙ МАГИСТРАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ 2ЭС7 ДЛЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ

Новый магистральный электровоз 2ЭС7 с ноября 2016 года провел 30 тяжеловесных поездов весом 6 тыс. тонн по Байкало-Амурской магистрали.

Напомним, современный подвижной состав проходил тягово-энергетические испытания на Восточно-Сибирской железной дороге в октябре-ноябре прошлого года на участке Тайшет – Таксимо. По результатам поездок электровоза был сделан вывод о возможном повышении массы поездов и при этом сокращении эксплуатационных расходов на 12 %.

Ранее по БАМу поезда с таким весом водили трехсекционные локомотивы «Ермак» 3ЭС5К, имеющие 12 тяговых осей и общую мощность 9,84 МВт. Локомотив 2ЭС7 мощностью 8,8 МВт и восемью тяговыми осями успешно преодолел аналогичный участок Тайшет–Таксимо с весом 6 тыс. тонн, при этом показал более низкий, в среднем на 25 %, расход электроэнергии. Это стало возможным благодаря усовершенствованной бустерной системе электровоза 2ЭС7 и тяговым характеристикам асинхронных электродвигателей.

На участке Тайшет–Таксимо сочетается целый комплекс факторов, затрудняющих эксплуатацию локомотивов. Здесь расположено наибольшее количество перевальных участков и кривых малого радиуса, температура воздуха колеблется в диапазоне от плюс 50 градусов летом до минус 50 градусов – зимой. Кроме того, большое количество снега, засыпающего рельсы, усложняет передвижение по путям в зимнее время. Также в условиях холодов тяговый подвижной состав подвергается резким перепадам внешних температур, проходя по Северомуйскому железнодорожному тоннелю протяженностью свыше 15 км. За счет технологических особенностей содержания тоннеля температура в нем круглогодично не опускается ниже плюс 15 градусов. Зимой из-за разницы температур воздуха снаружи и внутри тоннеля нагрузка на все системы, узлы и материалы локомотива многократно увеличивается.

2ЭС7 — первый в России магистральный грузовой электровоз переменного тока с асинхронным тяговым приводом. Создан на заводе «Уральские локомотивы» в 2013 году. В нем применен асинхронный тяговый двигатель, позволяющий локомотиву использовать высокую силу тяги.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

NEW 2ES7 MAINLINE ELECTRIC TRAIN PULLS 30 HEAVY LOCOMOTIVE FOR HEAVY TRAINS

The new 2ES7 mainline electric train was tested for its traction and power on the Taishet–Taksimo stretch at East Siberian Railways during October-November 2017.

Since November 2016, this modern rolling stock has hauled 30 heavy trains weighing 6,000 tons along the Baikal-Amur Mainline.

As a result of these tests, it was concluded that the mass of the trains pulled could be increased, while at the same time reducing operating costs by 12 %.

Earlier on the Baikal-Amur Mainline, trains with such a weight hauled three-section Ermak 3ES5K locomotives with 12 traction axles and a total capacity of 9.84 MW.

The 2ES7 locomotive, which has a capacity of 8.8 MW and eight-axle traction, successfully hauled a train weighing 6,000 tons along a similar stretch between Taishet–Taksimo and used on average 25 % less electrical power thanks to an improved booster system on the 2ES7 and the traction characteristics of asynchronous electric motors.

The Taishet–Taksimo stretch combines a whole range of factors that impede the operation of locomotives, including a large number of passes and tight curves, air temperature ranging from plus 50°C in the summer to minus 50°C in the winter, while heavy snowfall on the rails complicates movement along the tracks in winter.

In terms of cold weather, traction rolling stock is also subject to sudden changes in external temperatures when passing through the Severomuisk railway tunnel, which is over 15 km in length. Due to the technological features in maintaining the tunnel, its internal temperature never falls below plus 15°C all the year round. As a result, the high temperature difference between the air inside and outside the tunnel in winter places a much greater stress on all the locomotive's systems, components and materials.

The 2ES7 is Russia's first mainline electric freight AC asynchronous motor drive. Created at the Ural Locomotives plant in 2013, it utilizes an asynchronous traction motor, which gives the locomotive high pulling power.

Based on releases of press service of JSC Russian Railways ●

УДК 621.331:621.311:656.25

Моделирование процессов в тяговой сети и параметры подключения блокировки

Лада ЗАТОРСКАЯ

Lada P. ZATORSKAYA

Заторская Лада Павловна *– соискатель кафедры «Электроэнергетика транспорта», помощник проректора по организационно-производственной работе Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Modeling Processes in the Traction Network and the Parameters for Connecting the Interlocking

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 84)

Исследован процесс прохода поезда под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка тяговой сети постоянного тока, показаны причины отключения ветви, на которую въезжает поезд. Для решения целевых задач повышения производительности и снижения издержек в работе электрифицированного железнодорожного транспорта предложена схема блокировки несанкционированного срабатывания быстродействующего выключателя. С помощью моделирования процесса изменения тока в сети определены параметры дополнительной катушки магнитопровода реле-дифференциального шунта для подключения блокирующего устройства.

Ключевые слова: железная дорога, тяговая сеть, реле-дифференциальный шунт, схема блокировки, имитационное моделирование, параметры катушки магнитопровода.

Электрифицированная железная дорога – система сложнейших технических сооружений. Одним из показателей их эффективности является увеличение пропускной способности линий. Особое значение при этом приобретает состояние тяговой сети. Ведь при каких-то сбоях в движении, неожиданной остановке одного подвижного состава вынужденно происходит задержка и других находящихся на перегоне поездов. И важно не просто определить причины остановки, нужно знать все возможные последствия.

ЗАЩИТА ОТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Постоянное воздействие метеорологических факторов, механических и тепловых нагрузок, электромагнитных полей, искрения приводит к отказу элементов тяговой сети, сопровождающемуся уменьшением её сопротивления с резким увеличением тока, что приводит к коротким замыканиям. В аварийном режиме короткого замыкания, возникающего по самым различным причинам, нарушается работа системы тягового электроснабжения, происходят сбои в движении поездов.

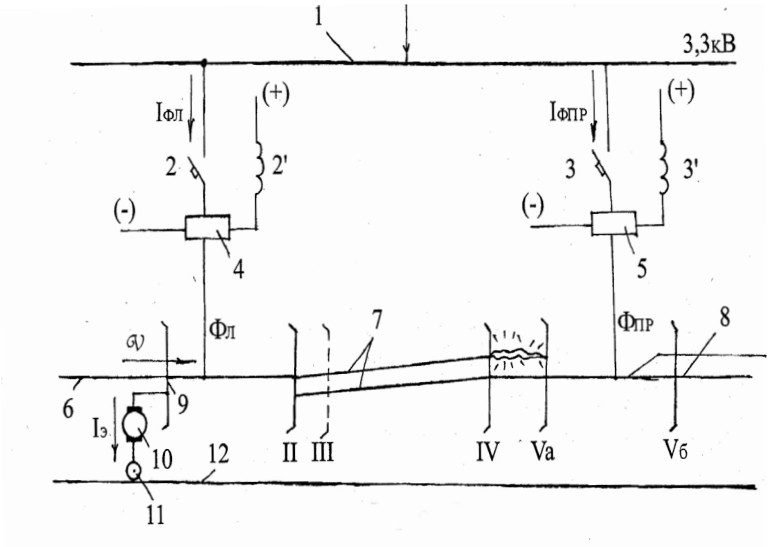


Рис. 1. Процесс движения электровоза по ветвям изолирующего воздушного промежутка.

Токи короткого замыкания, возникшего вблизи тяговой подстанции (при так называемых близких коротких замыканиях), могут превышать величину нормальных токов нагрузки в 20–40 раз. Такие величины даже при очень малой длительности в результате динамического воздействия могут привести к разрушению коммутационных аппаратов и различных конструкций.

В то же время, токи короткого замыкания, возникшего на значительном расстоянии от тяговой подстанции (так называемые удаленные), в отдельных случаях настолько малы, что их значение не достигает уровня обычных токов нагрузки. При длительном воздействии малого тока короткого замыкания выделяющееся тепло в месте контакта с заземленным элементом может вызвать пережог контактного провода, особенно при возникновении электрической дуги.

Кроме аварийных режимов работы тяговой сети существуют штатные ситуации, при которых параметры токов и напряжений фидеров контактной сети близки по значению к параметрам короткого замыкания.

Во всех названных случаях значение тока питающего фидера изменяется скачкообразно, что может привести к неселективной работе быстродействующего выключателя фидера, отключению зоны питания, остановке поезда, возникновению электрической дуги и пережогу контактного провода.

Тяговые нагрузки в штатном режиме в отличие от нагрузок других потребителей электроэнергии характеризуются особыми, присущими только им свойствами: значение их все время изменяется, а изменения носят случайный и нарастающий характер. Аналогичные по характеру изменения тока наблюдаются при аварийных режимах.

Соизмеримость значений токов в различных ситуациях указывает на сложность в их классификации. В таких условиях работа устройств защиты от токов короткого замыкания в тяговой сети постоянного тока приобретает определенную специфику.

Надо отметить, что для определения возможной причины отключения фидерных быстродействующих выключателей следует на протяжении длительного времени осциллографировать процесс изменения тока в тяговой сети (переходные процессы тока и напряжения фидера непосредственно перед отключением и во время него).

Одним из основных направлений исследования является определение множества параметров в работе тяговой сети с использованием моделирования процессов и на основе полученных данных построение характеристик с целью прогнозирования свойств и модернизации отдельных устройств защиты.

Проблема эта известна и ей посвящены труды многих ученых и организаций, интересующихся вопросами тяговой сети постоянного тока и ее надежности. Широ-

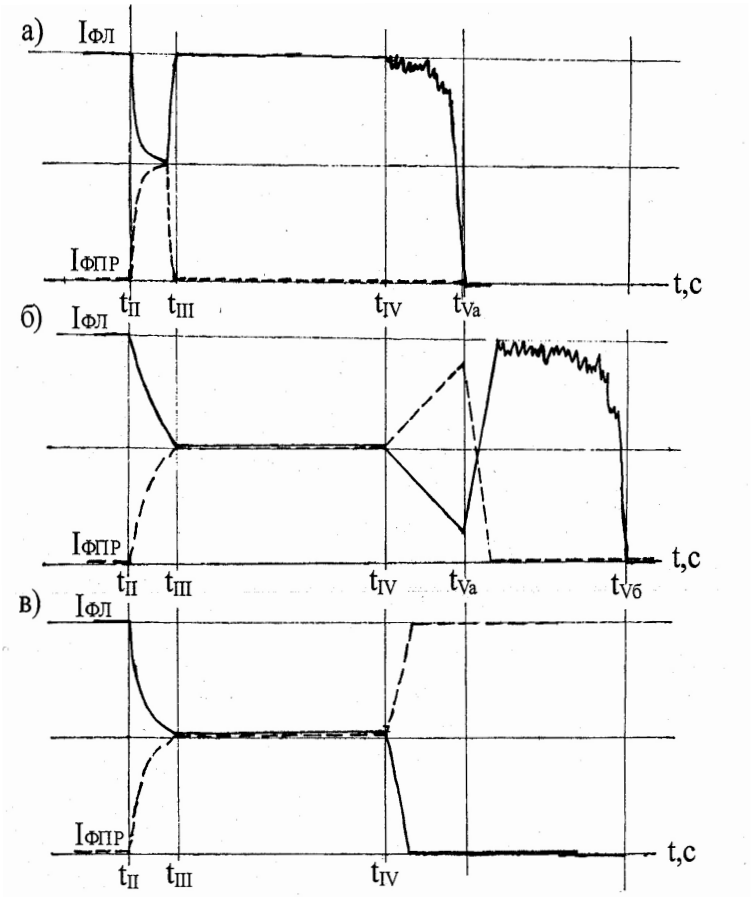


Рис. 2. Процесс перераспределения токов по ветвям питания изолирующего воздушного промежутка.

ким спектром исследований занята, в частности, швейцарская компания Secheron [1].

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЛЕ-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ШУНТОВ

Скачки тока в сети возникают по разным причинам. Рассмотрим одну из них: во время замыкания токоприёмником электровоза под током ветвей изолирующего воздушного промежутка тяговой сети постоянного тока. Ток нагрузки, доставляемый ранее по левому фидеру, по которому двигался электровоз, перераспределяется между данным и подключившимся правым фидером (рис. 1).

Происходит отрицательный скачок тока на левом фидере, по которому двигался электровоз, и такой же положительный скачок на подключившемся правом фидере. На рис. 2в изображен идеальный процесс перераспределения токов между питающими фидерами.

Скачкообразное изменение тока приводит к срабатыванию быстродействующих устройств смежных фидеров и несанкционированному отключению зоны питания (рис. 2а, б). Защита смежных фидеров тяговой сети постоянного тока осуществляется с помощью неполяризованных выключателей и первичных датчиков защиты – реле-дифференциальных шунтов (РДШ). Из-за срабатывания реле-дифференциального шунта в ответ на скачок тока отключение ветви правого фидера, на которую въезжает электровоз под током, может произойти в момент t_{II} касания токоприёмника ветви (рис. 2а). Если же отключения в момент t_{II} не произошло, то с еще большей вероятностью по той же причине оно произойдет в момент t_{IV} съезда с ветви левого фидера, по которой двигался электровоз (рис. 2б).

Реле-дифференциальный шунт представляет собой магнитопровод 9 (рис. 3) с якорем 7. Внутри магнитопровода дифференциально проходят шины 1 и 2 неравного сечения, причем на шине меньшего сечения 1 насажены пакеты с железом 3.

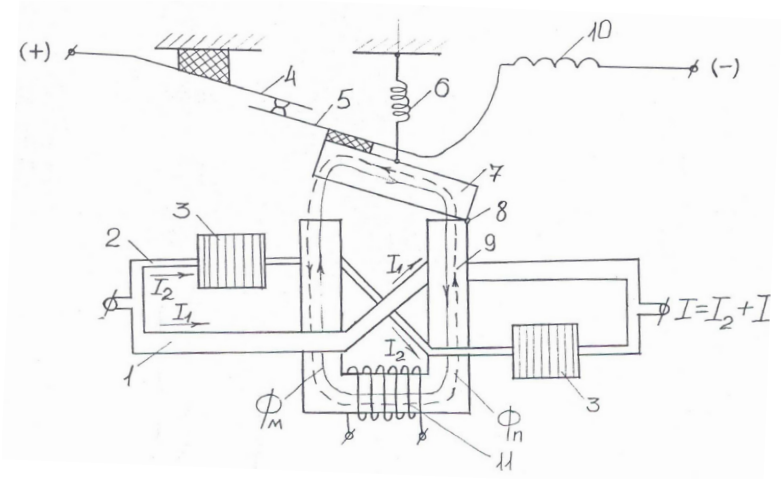


Рис. 3. Схема реле-дифференциального шунта с дополнительной катушкой.

Якорь с закрепленным на нем подвижным контактом 5 оттянут ориентирующей пружиной 6 до упора с неподвижным контактом 4 (контакты нормально замкнуты). Создаваемая от изменения тока в сети разница токов в шинах вызывает в магнитопроводе магнитный поток Фм такой силы, которая, преодолев силу натяжения пружины, притягивает якорь к магнитопроводу, разъединяя при этом подвижный и неподвижный контакты. Происходят срабатывание первичного датчика защиты и отключение питающего фидера.

Если принять, что нарастание тока происходит по экспоненциальному закону (что близко к действительности), то характеристики срабатывания реле описываются тремя параметрами:

– величиной установившегося тока, предшествующего приращению (скачку) тока I_{1*};

– величиной приращения (скачка) тока DI_{1*};

– постоянной времени приращения (скачка) тока T_1.

На рис. 4 (величины I_{1*} и DI_{1*} указаны в относительных единицах) видно, например, что при предшествующей нагрузке на фидере I_{2*} и последующем приращении тока DI_{2*} реле сработает, если постоянная времени приращения тока равна T_1 (область срабатывания реле для скачков с постоянной времени T_1 отштрихована) и не сработает, если постоянная времени скачка равна T_2.

То есть при неизменной постоянной времени сети T_1, не зависящей от I_*, выключатель работает только от скачка тока величиной ΔI_{*0} или только от установившегося значения тока ΔI_{1*}, если ему предшествовал установившийся ток I_{1*}.

Величина I_{1*} является статической, а величина ΔI_{1*} – динамической уставками выключателя. Динамическая уставка ΔI_{1*} зависит от постоянной времени сети T_1.

В реальных условиях постоянная времени сети T_1 сложным образом зависит от установившегося значения тока I_*. Поэтому при построении характеристики срабатывания выключателя для определенного участка необходимо знать как меняется его динамическая уставка по мере изменения постоянной времени сети T_1. На практике широко применяется моделирование процессов в тяговой сети или на каком-либо техническом элементе. В частности, графики изменения токов в тяговой сети,

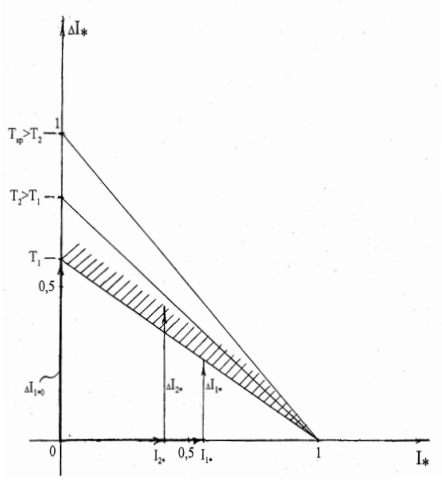


Рис. 4. Характеристика срабатывания реле-дифференциального шунта.

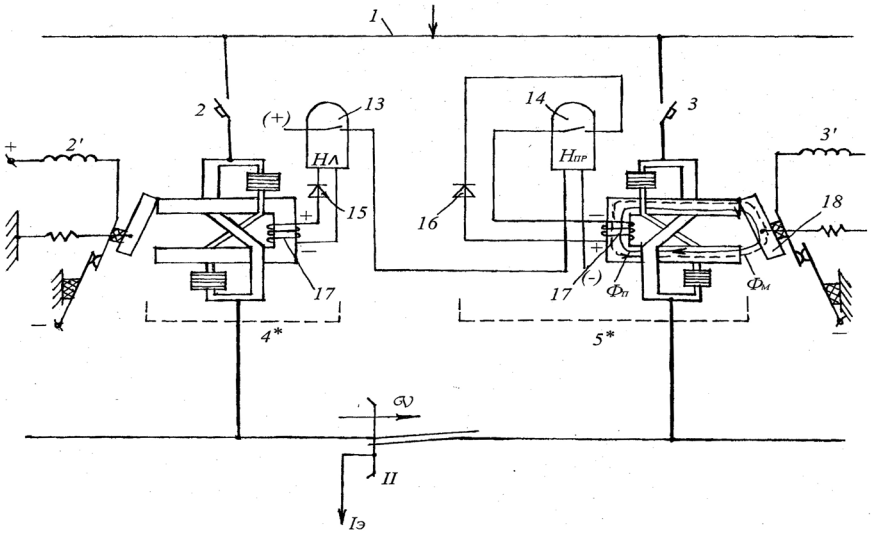


Рис. 5. Схема блокировки с помощью реле напряжения.

полученные таким образом, служат основой для дальнейшей модернизации устройств.

Характер нарастания тока в сети и постоянная времени сети являются объектами исследования Secheron [1], что подтверждается приведенными характеристиками – результатами динамического моделирования сети постоянного тока по разработанному программному обеспечению. В основу положено программное моделирование для расчета системы питания, падения напряжения вдоль линии, расчета оптимальных параметров быстродействующих выключателей, создания схемы защиты.

ПРИЧИНЫ ЛОЖНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ

Реле-дифференциальный шунт [2] поразному реагирует на медленные и быстрые изменения тока фидера, и срабатывание его в переходном режиме определяется указанными выше тремя параметрами (в относительных единицах).

Это устройство позволяет отключить фидер тяговой сети при малом значении быстро изменяющегося тока. Однако это же свойство РДШ и становится причиной ложных отключений выключателей фидеров при въезде на изолирующий воздушный промежуток подвижного состава под током. Начиная с момента отрыва токоприёмника электровоза с ветви изолирующего воздушного промежутка, питаемой левым фидером, и въезда на отключенную зону правого фидера, движение электровоза происходит за счет поддерживания питания только от левого фидера, вызывая появление дуги.

Причина пережогов проводов изолирующего промежутка заключается в ложной работе реле-дифференциального шунта по скачку тока и, следовательно, устранить причину пережогов можно, лишь устранив ложные отключения. Для решения вопроса есть два пути.

Один из них состоит в устранении реакции реле-дифференциального шунта на приращения (скачки) тока. Однако этот путь нежелателен, потому что тем самым одновременно устраняется возможность реле реагировать на малые токи короткого замыкания, что может быть чревато еще более неприятными последствиями – отжигом проводов контактной сети.

Другой путь представляется более эффективным. Он предполагает введение специальных блокировок, предотвращающих отключение по скачку тока выключателей смежных фидеров, питающих ветви изолирующих воздушных промежутков тяговой сети постоянного тока.

СХЕМА МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ШУНТА

В схеме (рис. 3) модернизация заключается в том, что на магнитопроводе реле-дифференциального шунта намотана до-

полнительная катушка 11. Блокировка срабатывания достигается путем соединительной схемы блокировки и демпфированием магнитного потока Фм в магнитопроводе реле-дифференциального шунта противопотоком Фп (рис. 5).

При касании токоприёмником электровоза обеих ветвей воздушного промежутка возникнут одинаковые по величине скачки тока – отрицательный (–DIф1) на левом фидере и положительный (+DIф3) на правом. Отрицательным скачком тока на левом фидере наводится напряжение на его дополнительной катушке, которое заставляет сработать реле напряжения левого фидера 13, поскольку направление тока в цепи катушки при этом совпадает с проводящим направлением диода 12. Вследствие этого реле напряжения замыкает свои нормально разомкнутые контакты, через которые подается напряжение оперативного постоянного тока на катушку реле напряжения правого фидера 14. Последнее срабатывает и своими контактами замыкает дополнительную катушку 11 реле-дифференциального шунта через диод фидера.

В это же время положительный скачок тока на правом фидере наведет в его дополнительной катушке напряжение, направление которого совпадает с проводящим направлением диода 15. В результате по дополнительной катушке начинает протекать ток. Поток Фп в магнитопроводе реле-дифференциального шунта фидера, создаваемый этим током, по закону Ленца противоположен потоку Фм, создаваемому положительным скачком тока +DIф3 в магнитопроводе шунта правого фидера. Поэтому суммарный поток магнитопровода (Фм – Фп) будет близок к нулю и первичный датчик защиты правого фидера на положительный скачок тока не прореагирует, т.е. его ложные срабатывания от скачка тока будут исключены.

Величина скачка тока фидера –DIф1, вызывающая указанную работу устройства, регулируется величиной уставки по напряжению реле напряжения левого фидера.

Данное устройство с его характеристиками позволяет не отключаться первичному датчику защиты от скачка оперативного тока во время проезда по ветвям изолирующего воздушного промежутка токоприемника электровоза под током, но в то же время обеспечивает отключение зоны при возникновении на ней короткого замыкания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕЗДА ЭЛЕКТРОВОЗА

Срабатывание реле-дифференциального шунта обусловлено возникновением в его магнитопроводе магнитного потока, зависящего от разницы токов в его шинах неравного сечения, создаваемой изменением тока в сети.

Скачки токов в сети и шинах реле-дифференциальных шунтов смежных фидеров при движении токоприёмника электровоза по ветвям изолирующего воздушного промежутка тяговой сети постоянного тока имеют характер переходного процесса. Моделирование процесса формируется путем построения трёх последовательных этапов [3]:

– движение токоприёмника электровоза по ветви тяговой сети, питаемой левым фидером (рис. 6а);

– движение электровоза по двум ветвям изолирующего воздушного промежутка и питание его левым и правым фидерами (рис. 6б);

– отрыв токоприёмника электровоза от ветви изолирующего воздушного промежутка, питаемой левым фидером, и движение токоприемника электровоза по ветви тяговой сети, питаемой правым фидером (рис. 6в).

Целью моделирования является определение зависимости изменения токов в ветвях от времени в конкретный момент с помощью общей электрической схемы участка сети. Все величины схемы принимаются близкими к реальным или же рассчитываются.

Если к моменту съезда пантографа электровоза с ветвей изолирующего воздушного промежутка (рис. 6в) выключатель правого фидера отключается, между пантографом и ветвью появляется электрическая дуга.

Результатом моделирования становятся зависимости токов в шинах реле-дифференциального шунта и напряжения в дополнительной катушке в функции времени в течение всего периода моделирования (рис. 7), где:

$I_{об}$ – ток фидера;

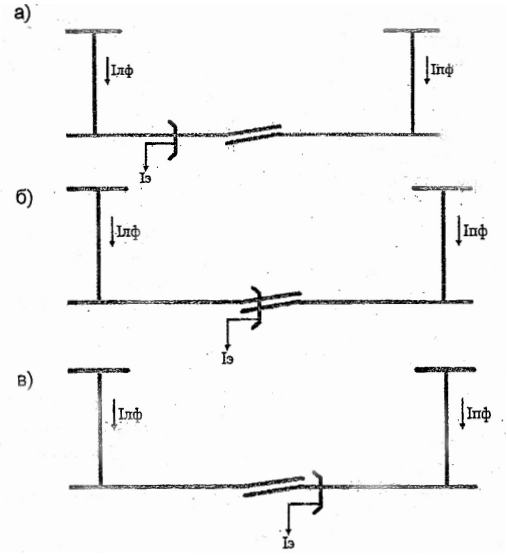


Рис.6. Этапы моделирования прохода электровоза по ветвям изолирующего воздушного промежутка.

I_1, I_2 – токи в шинах реле-дифференциального шунта меньшего и большего сечения соответственно;

$I_2 - I_1$ – разность токов в шинах реле-дифференциального шунта;

$U_к$ – напряжение в дополнительной катушке реле-дифференциального шунта.

Величина напряжения, наводимого в дополнительной катушке реле-дифференциального шунта, зависит от разницы токов, протекающих по его шинам. На основе полученных данных разработаны параметры схемы блокировки от ложных отключений быстродействующих выключателей смежных фидеров, оборудованных реле-дифференциальными шунтами.

ПАРАМЕТРЫ КАТУШКИ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ БЛОКИРОВКИ

По результатам моделирования переходного процесса и полученным зависимостям токов и напряжения от времени величина напряжения одного витка дополнительной катушки, расположенной на магнитопроводе реле-дифференциального шунта, равна:

$U_{1в} = e_{1в} = 25 \cdot 10^{-5}$ В.

Подключение выводов дополнительной катушки реле-дифференциального шунта производится к схеме блокировки с использованием реле напряжения типа 5П14А с параметрами $R_р = 28$ Ом, $I_р = 25$ мА, $U_р = 0{,}7$ В.

Примем величину сопротивления дополнительной катушки значительно превышающей величину сопротивления реле напряжения ($R_{кат} > R_р$). Тогда при использовании катушки с количеством витков $w = 1$ из медного провода диаметром 0,1 мм и длиной витка 15 см (в соответствии с размерами магнитопровода) сопротивление и ток имеют значения:

$R_{1в} = R_{провода}\, l_{провода} = 0{,}34$ Ом,

$I = e_{1в} \cdot w / R_{1в} \cdot w = 8$ мА.

Необходимая величина тока в 25 мА не обеспечивается.

Для срабатывания реле напряжения необходимо увеличить ток в дополнительной катушке при помощи операционного

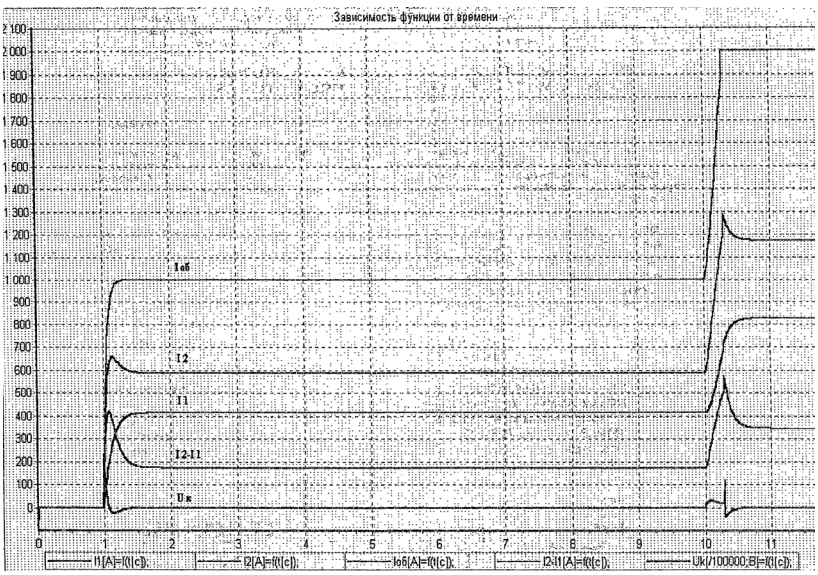


Рис. 7. Зависимости токов в шинах реле-дифференциального шунта и напряжения в дополнительной катушке в результате моделирования.

усилителя и делителя тока, позволяющего при увеличенном токе дополнительной катушки обеспечить работу выбранного усилителя с его параметрами.

По рассчитанным ранее параметрам выбираем усилитель УД6, имеющий входное сопротивление $R_{вх\,у} = 1000$ Ом и входной ток $I_{вх\,у} = 5 \cdot 10^{-8}$ А, выходное сопротивление $R_{вых\,у} = 50$ Ом и выходной ток $I_{вых\,у} = 25 \cdot 10^{-3}$ А.

Для определения количества витков катушки уравнение получает вид:

$we_{1в} = R_{1в}\, w\, I_{вх\,у} + I_{вх\,у} R_{вх\,у}$,

откуда $w = I_{вх\,у} R_{вх\,у} / e - R_{1в} I_{вх\,у} = 0{,}2$.

То есть достаточно одного витка, чтобы обеспечить работу усилителя по входящим характеристикам.

По полученным данным можно сказать, что величина напряжения на выводах дополнительной катушки, равная входному напряжению усилителя, мала. А наводимое напряжение от оборудования, смонтированного вблизи установки, сравнимо по величине с рассчитанным напряжением одного витка: $e_{1в} \approx e_{навед}$. Для налаженной работы схемы необходимо обеспечить условие: $e_{1в} >> e_{навед}$, чего можно добиться увеличением числа витков катушки, то есть должно выполняться условие:

$$e_{1в}\, w >> e_{навед}.$$

Для окончательного определения количества витков дополнительной катушки, достаточного для работы схемы, зададимся соотношением $R_{вх\,у} = R_{2д} = 1000$ Ом:

$w = (R_{вх\,у} / R_{2д} + 1) \cdot R_{вх\,у} / e_{1в} \cdot (100 R_{2д} + R_{вх\,у} R_{2д} / R_{2д} + R_{вх\,у}) \cdot I_{вх\,у} = 40$ витков.

Из расчётов можно сделать вывод, что для достижения помехоустойчивости предложенной схемы достаточно на магнитопровод реле-дифференциального шунта установить дополнительную катушку с количеством витков, равным 40.

Также на основе результатов моделирования определяется количество витков дополнительной катушки, создающей демпфирующий поток Фп в магнитопроводе реле-дифференциального шунта.

При проходе поезда под током по ветвям изолирующего воздушного промежутка реле напряжения сработает в ключевом режиме.

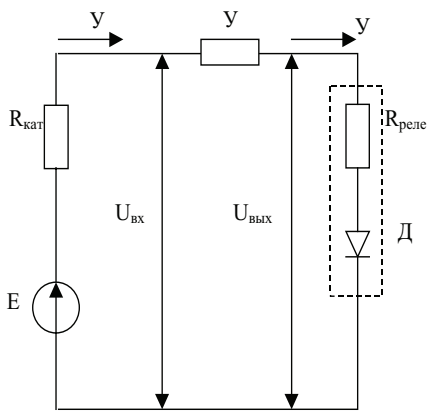


Рис. 8. Схема подключения дополнительной катушки к схеме блокировки.

Если же произойдет короткое замыкание в тяговой сети, дополнительная катушка остается разомкнутой и реле-дифференциальный шунт срабатывает в оперативном режиме, отключая зону питания, где зафиксирован аварийный режим. Кроме того, появляется возможность не загрублять уставку, обеспечивая селективность защиты.

Положительный экономический эффект от применения схемы блокировки доказан расчетами [4], основанными на уменьшении расходов на материалы и оплату труда ремонтных бригад, ранее затрачиваемых на восстановление проводов и конструкций изолирующих воздушных промежутков от пережогов их электрической дугой.

ЛИТЕРАТУРА

1. DC Traction Network, Design and simulation, Secheron SA substations@ secheron, www. Secheron.com Copyright 2007 Secheron SA.

2. Пупынин В. Н. Полная теория работы и характеристики параллельных индуктивных шунтов быстродействующих выключателей типов ВАБ-2, АБ-2/3, АБ-2/4 и АБ-2/4 и реле-дифференциальных шунтов выключателей ВАБ-28 // Труды МИИТ.– 1965.– Вып. 213.– С. 61–86.

3. Заторская Л. П. Моделирование переходного процесса при проходе токоприёмника по воздушному промежутку тяговой сети постоянного тока // Вестник МИИТ.– 2002.– Вып.7.– С. 38.

4. Заторская Л. П. Оценка целесообразности использования блокировки от несанкционированного отключения участка контактной сети постоянного тока // Наука и техника транспорта.– 2016.– № 3.– С. 45.

Координаты автора: **Заторская Л. П.**– zatorskaya@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.08.2016, актуализирована 10.11.2016, принята к публикации 12.11.2016.

MODELING PROCESSES IN THE TRACTION NETWORK AND THE PARAMETERS FOR CONNECTING THE INTERLOCKING

Zatorskaya, Lada P., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The process of passing a train under the current along the branches of an insulating air gap of a DC traction network is studied, the reasons for disconnection of the branch to which the train enters are shown. To solve the tasks of increasing productivity and reducing costs in the work of electrified railway transport, a scheme for blocking the unauthorized operation of a high-speed switch is proposed. Using the modeling of the process of current variation in the network, the parameters of the additional coil of the magnetic circuit of the relay-differential shunt for connection of the locking device are determined.

Keywords: railway, traction network, relay-differential shunt, blocking scheme, simulation modeling, coil parameters of magnetic circuit.

Background. *Electrified railway is a system of complex technical structures. One of the indicators of their effectiveness is the increase in the capacity of the lines. Particular importance in this case is attributed to the state of the traction network. After all, with some disruptions in traffic, unexpected stoppage of one rolling stock, there is also a delay of other trains on the haul. And it is important not just to determine the reasons for the stop, but also to know all possible extensions.*

Objective. *The objective of the author is to consider modeling processes in the traction network and the parameters for connecting the lock.*

Methods. *The author uses general scientific and engineering methods, evaluation approach, mathematical apparatus.*

Results.

Protection of currents against short-circuit

Constant influence of meteorological factors, mechanical and thermal loads, electromagnetic fields, sparking leads to the failure of traction network elements, accompanied by a decrease in its resistance with a sharp increase in current, which leads to short circuits. In the emergency mode of short-circuit, which occurs for a variety of reasons, the operation of the traction power system is disrupted, and there are disruptions in movement of trains.

Short-circuit currents that occurred near the traction substation (for so-called close short circuits) can exceed the value of normal load currents by 20–40 times. Such values, even with a very short duration, can result in the destruction of switching devices and various structures as a result of dynamic action.

At the same time, short-circuit currents that originated at a considerable distance from the traction substation (the so-called remote ones) are, in some cases, so small that their value does not reach the level of conventional load currents. If the short-circuit current is applied for a long time, the heat generated at the place of contact with the grounded element can cause the contact wire to burn, especially when an electric arc occurs.

In addition to the emergency operation modes of the traction network, there are regular situations in which the parameters of the currents and voltages of the feeders of the contact network are close in value to the short-circuit parameters.

In all these cases, the current feeder current varies in a jerky manner, which can lead to a non-selective operation of the fast-acting feeder switch, power-off, train shutdown, arcing and burnout of the contact wire.

Traction loads in the normal mode, in contrast to the loads of other consumers of electricity, are characterized by special properties inherent only to them: their importance is constantly changing, and the changes are of an accidental and increasing nature. Similar changes in current are observed in emergency modes.

The commensurability of the values of currents in various situations indicates the difficulty in their classification. In such conditions, the operation of short-circuit protection devices in a traction DC network acquires a certain specificity.

It should be noted that in order to determine the possible reason for the disconnection of feeder-type high-speed circuit breakers, it is necessary to oscillograph for a long time the process of current variation in the traction network (transient processes of current and voltage of the feeder immediately before and during disconnection).

One of the main directions of the research is the determination of a set of parameters in the work of a traction network using the modeling of processes and based on the data obtained, the construction of characteristics in order to predict the properties and the modernization of individual protection devices.

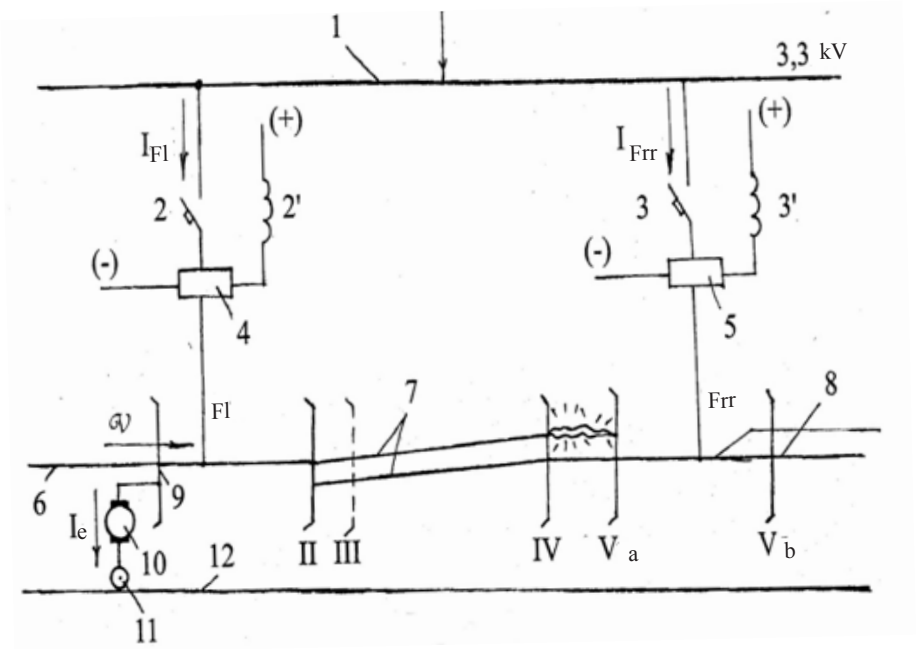
This problem is known and it is devoted to the works of many scientists and organizations interested in the DC traction network and its reliability. A wide range of research is, in particular, the Swiss company Secheron [1].

Characteristic of relay-differential shunts

Current jumps in the network occur for various reasons. Let us consider one of them: during the closing of the electric locomotive under the current of the branches of the insulating air gap of the DC traction network by the current collector. The load current, delivered earlier on the left feeder, along which the electric locomotive was moving, is redistributed between the given and the connected right feeder (Pic. 1).

There is a negative current jump on the left feeder, along which the electric locomotive moved, and the same positive jump on the connected right feeder. Pic. 2c shows the ideal process of redistribution of currents between feeding feeders.

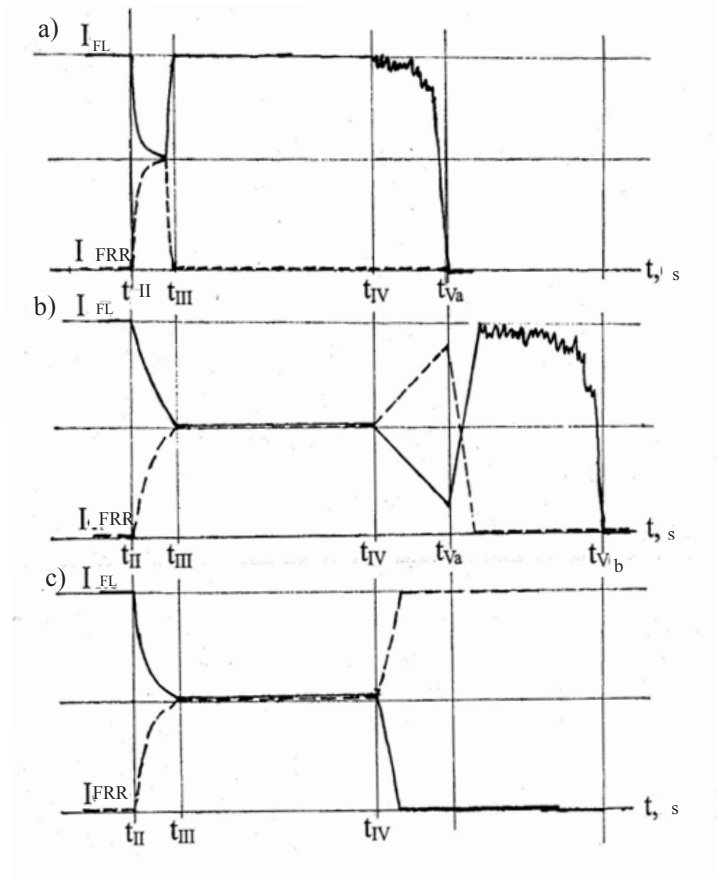
A sudden change in current leads to the activation of high-speed devices of adjacent feeders and unauthorized disconnection of the power zone (Pic. 2a, b). Protection of adjacent DC traction feeders is provided by unpolarized switches and primary protection sensors – relay differential shunts (RDS). Due to the actuation of the relay-differential shunt in response to the current jump,



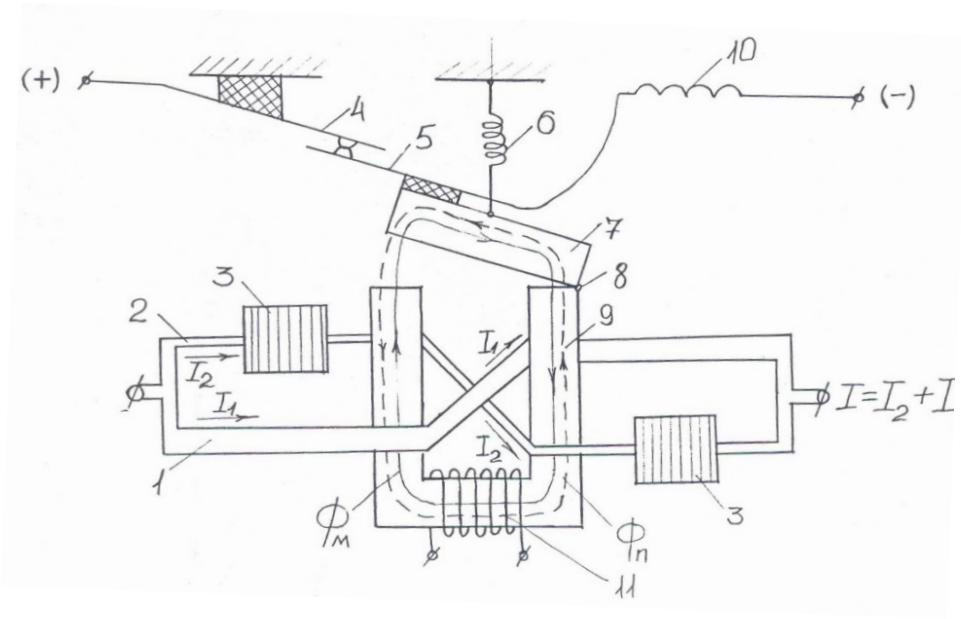
Pic. 1. The process of the movement of an electric locomotive along the branches of an insulating air gap.

the cut-off of the branch of the right feeder, to which the electric locomotive drives under the current, can occur at the moment of t_{II} touching the collector of the branch (Pic. 2a). If there is no switch-off at the time t_{II}, then with even greater probability, for the same reason, it will occur at the time t_{IV} of the movement of branch of the left feeder, along which the electric locomotive moved (Pic. 2b).

The relay-differential shunt is a magnetic core 9 (Pic. 3) with an anchor 7. Inside the magnetic circuit,



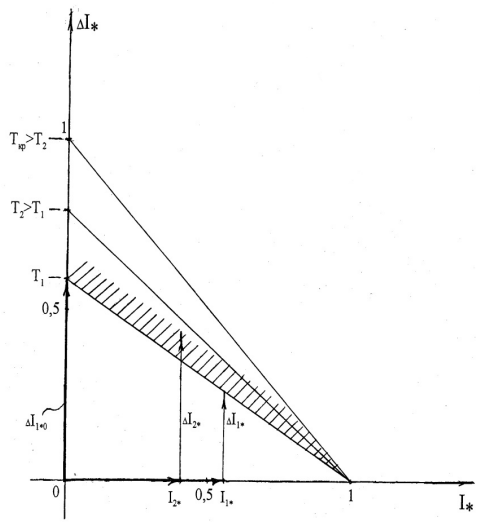
Pic. 2. The process of redistribution of currents along the branches of the supply of an insulating air gap.



Pic. 3. Diagram of a relay-differential shunt with an additional coil.

tires 1 and 2 are unequal in cross-section, and on the bus of a smaller cross-section 1, packets with iron 3 are placed. The anchor, with the movable contact 5 fixed on it, spring 6 to the stop with the fixed contact 4 (the contacts are normally closed). The difference in currents in the buses caused by a change in the current in the bus causes in the magnetic circuit a magnetic flux Fm of such a force that, breaking the force of the spring tension, attracts the armature to the magnetic circuit, disconnecting the movable and stationary contacts. The primary protection sensor is triggered and the feeder is disconnected.

If we assume that the current increases according to an exponential law (which is close to reality), then the characteristics of the relay operation are described by three parameters:



Pic. 4. Characteristic of the operation of the relay-differential shunt.

– the value of the steady-state current preceding the increment (jump) of the current I_{1*};

– magnitude of increment (jump) of the current ΔI_{1*};

– time constant of the increment (jump) of the current T_1.

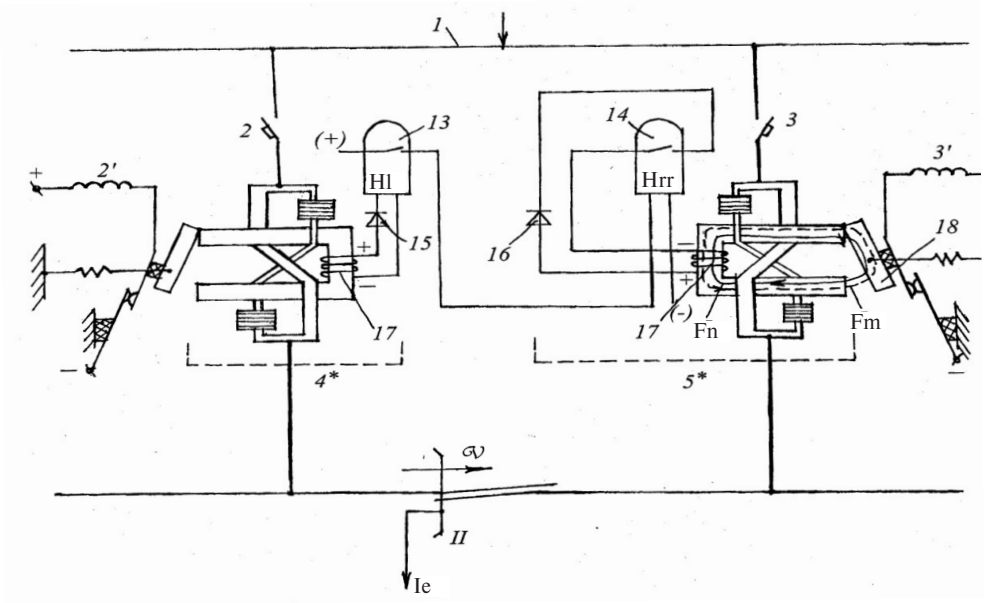
Pic. 4 (the values of I_{1*} and ΔI_{1*} are given in relative units), it is seen, for example, that when the previous load on the feeder I_{2*} and the subsequent current increment ΔI_{2*} the relay will work if the time constant of the current increment is equal to T_1 (the range of the relay for jumps with time constant T_1 is shaded) and will not work if the time constant of the jump is T_2.

That is, with a constant time of the network T_1 independent of I_*, the switch only operates from a current jump of magnitude ΔI_{*0} or only from a steady-state current value ΔI_{1*}, if it was preceded by a steady-state current I_{1*}.

The value of I_{1*} is static, and the value ΔI_{1*} is the dynamic settings of the switch. The dynamic setting ΔI_{1*} depends on the network time constant T_1.

Under real conditions, the time constant of the network T_1 depends in a complex manner on the steady-state value of the current I_*. Therefore, when constructing the circuit breaker response characteristic for a certain section, it is necessary to know how its dynamic set point changes as the network time constant T_1 changes. In practice, the modeling of processes in a traction network or on some technical element is widely used. In particular, the graphs of current changes in the traction network, obtained in this way, serve as the basis for further device upgrades.

The nature of the current rise in the network and the time constant of the network are the objects of the Secheron study [1], which is confirmed by the resulted characteristics – the results of dynamic modeling of the DC network by the developed software. The basis is software modeling for calculating the power system, voltage drop along the line, calculating the optimal parameters of high-speed switches, creating a protection scheme.



Pic. 5. Blocking scheme using a voltage relay.

Causes of false disconnections

The relay-differential shunt [2] reacts differently to slow and rapid changes in the current of the feeder, and its operation in the transient mode is determined by the above three parameters (in relative units).

This device allows to disconnect the feeder of the traction network at a low value of the rapidly changing current. However, the same property of the RDS also causes false disconnections of the feeder breakers at the entrance to the insulating air gap of the rolling stock under the current. Starting from the moment of separation of the electric locomotive current collector from the branch of the insulating air gap fed by the left feeder and entering the disconnected zone of the right feeder, the movement of the electric locomotive occurs due to the support of power only from the left feeder, causing the appearance of an arc.

The reason for the overburning of wires of the insulating gap is the false operation of the relay-differential shunt by the current jump and, consequently, the cause of the burns can be eliminated only by eliminating false disconnections. There are two ways to solve the problem.

One of them is to eliminate the response of the relay-differential shunt to the increments (jumps) of the current. However, this way is undesirable, because at the same time the possibility of the relay to react to small short-circuit currents is eliminated, which can lead to even more unpleasant consequences – the annealing of the wires of the contact network.

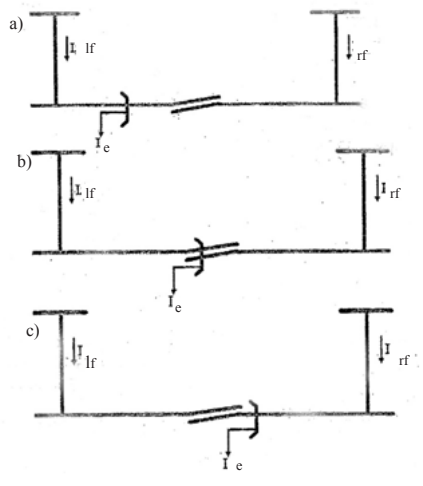
The other way seems more effective. It involves the introduction of special interlocks preventing disconnection from the current jumpers of adjacent feeders feeding the branches of the insulating air gaps of the DC traction network.

Scheme of the modernized shunt

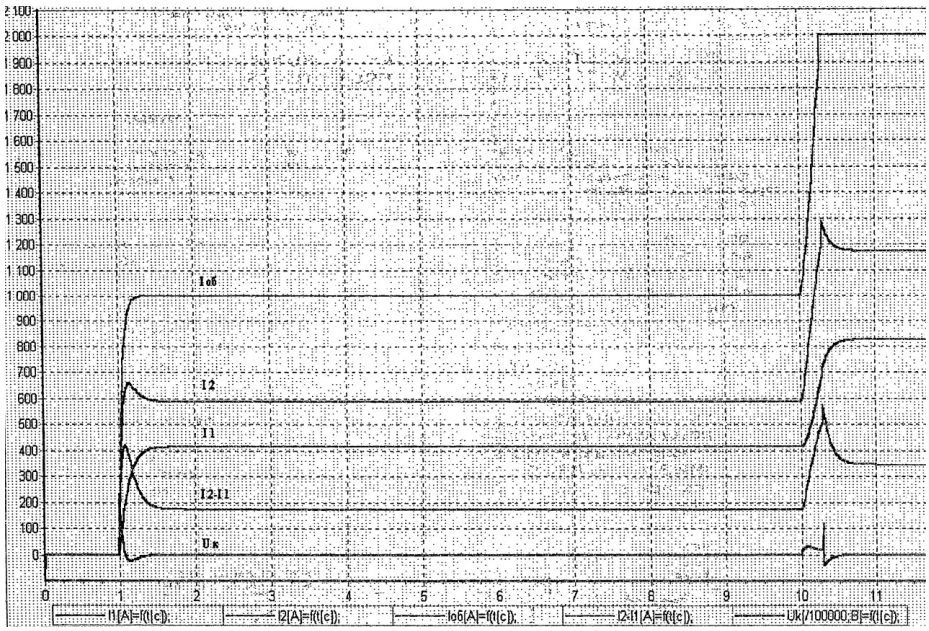
In the scheme (Pic. 3), modernization consists in the addition of an additional coil 11 on the magnetic circuit of the relay-differential shunt. The activation blocking is achieved by connecting the locking circuit and damping the magnetic flux Fm in the magnetic circuit of the relay-differential shunt opposite to Fn (Pic. 5).

When the current collector touches the electric locomotive of both branches of the air gap, the current jumps equal in magnitude will occur-negative (–∆If1) on the left feeder and positive (+∆If3) on the right. A negative current jump on the left feeder induces a voltage on its additional coil, which forces the voltage relay of the left feeder 13 to work, since the direction of the current in the coil circuit coincides with the conductive direction of the diode 12. As a result, the voltage relay closes its normally open contacts through which the voltage of the operative direct current to the coil of the voltage relay of the right feeder 14. The latter operates and closes its contacts with an additional coil 11 of the relay-differential shunt through the feeder diode.

At the same time, a positive current jump on the right feeder will induce in its additional coil a voltage which direction coincides with the conducting direction of the diode 15. As a result, a current begins



Pic.6. Stages of modeling the passage of an electric locomotive along the branches of an insulating air gap.

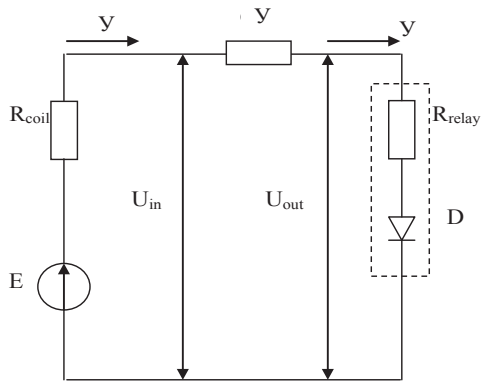


Pic. 7. Dependences of the currents in the buses of the relay-differential shunt and the voltage in the additional coil as a result of simulation.

to flow through the additional coil. The flux of Pn in the magnetic circuit of the relay-differential shunt feeder, created by this current, is, in accordance with Lenz's law, the opposite of the flux Fm produced by the positive current jump + ΔIf3 in the magnetic circuit of the shunt of the right feeder. Therefore, the total flux of the magnetic circuit (Fm–Fn) will be close to zero and the primary protection sensor of the right feeder will not react to a positive current jump, i.e. its false triggering from the current jump will be eliminated.

The value of the feeder current jump –ΔIf1, which causes the indicated operation of the device, is regulated by the value of the voltage setting of the voltage relay of the left feeder.

This device with its characteristics allows not to disconnect the primary protection sensor from the surge of the operational current while traveling along the branches of the insulating air gap of the current collector of the electric locomotive under the current, but at the same time ensures the shutdown of the zone in the event of a short circuit on it.



Pic. 8. Scheme of connecting an additional coil to the blocking scheme.

Modeling of electric locomotive motion

The operation of the relay-differential shunt is caused by the appearance of a magnetic flux in its magnetic circuit, which depends on the difference in currents in its unequal cross-sectional buses, created by a change in the current in the network.

Current jumps in the network and the buses of relay-differential shunts of adjacent feeders during the motion of the current collector of the electric locomotive along the branches of the insulating air gap of the DC traction network have the character of a transient process. Simulation of the process is formed by constructing three consecutive stages [3]:

– movement of the current collector of the electric locomotive along the branch of the traction net fed by the left feeder (Pic. 6a);

– movement of the electric locomotive along two branches of the insulating air gap and feeding it to the left and right feeders (Pic. 6b);

– separation of the current collector of the electric locomotive from the branch of the insulating air gap fed by the left feeder and the movement of the current collector of the electric locomotive along the branch of the traction net fed by the right feeder (Pic. 6c).

The purpose of the simulation is to determine the dependence of the current change in the branches on time at a particular time using a common electrical circuit of the network section. All values of the scheme are taken close to real ones or are calculated.

If the switch of the right feeder is switched off at the moment of exit of the electric motor pantograph from the branches of the insulating air gap (Pic. 6c), an electric arc appears between the pantograph and the branch.

The result of the simulation is the dependence of the currents in the buses of the relay-differential shunt and the voltage in the additional coil as a function of time during the entire simulation period (Pic. 7), where:

I_{ob} is feeder current;

I_1, I_2 – are currents in the buses of the relay-differential shunt of smaller and larger cross section, respectively;

$I_2 – I_1$ is difference of currents in the buses of the relay-differential shunt;

$U_к$ is voltage in the additional coil of the relay-differential shunt.

The magnitude of the voltage induced in the additional coil of the relay-differential shunt depends on the difference in currents flowing through its busbars. Based on the obtained data, the parameters of the blocking scheme were developed from false trips of high-speed switches of adjacent feeders equipped with relay-differential shunts.

Coil settings for interlocking

Based on the results of the simulation of the transient process and the obtained dependences of the currents and voltage on time, the voltage value of one turn of the additional coil located on the magnetic circuit of the relay-differential shunt is:

$U_{1v} = e_{1v} = 25 \cdot 10^{-5}$ V.

Connection of the outputs of the additional coil of the relay-differential shunt is made to the blocking scheme using a 5P14A type voltage relay with parameters $R_p = 28$ Ohm, $I_p = 25$ mA, $U_p = 0,7$ V.

We take the value of the resistance of the additional coil significantly exceeding the resistance value of the voltage relay ($R_{coil} > R_r$). Then, using a coil with an amount of turns w = 1 from a copper wire of 0,1 mm in diameter and a turn length of 15 cm (in accordance with the dimensions of the magnetic circuit), the resistance and current have the following values:

$R_{1v} = R_{wire}\, l_{wire} = 0,34$ Ohm,

$I = e_{1v} \cdot w / R_{1v} \cdot w = 8$ mA.

The required current value of 25 mA is not provided.

For the operation of the voltage relay, it is necessary to increase the current in the additional coil by means of an operational amplifier and a current divider, which, with an increased current of the additional coil, ensures the operation of the selected amplifier with its parameters.

According to the previously calculated parameters, we select an amplifier UD6 having an input resistance $R_{in\,y} = 1000$ Ohms and an input current $I_{in\,y} = 5 \cdot 10^{-8}$ A, an output resistance $R_{out\,y} = 50$ Ohm and an output current $I_{out\,y} = 25 \cdot 10^{-3}$ A.

To determine the number of coil turns, the equation becomes:

$we_{1v} = R_{1v}\, w\, I_{in\,y} + I_{in\,y} R_{in\,y}$, hence

$w = I_{in\,y} R_{in\,y} / e - R_{1v} I_{in\,y} = 0,2$.

That is, one turn is enough to ensure the amplifier's performance in terms of incoming characteristics.

According to the received data it can be said that the voltage value at the terminals of the additional coil, equal to the input voltage of the amplifier, is small. And the induced voltage from equipment installed near the installation is comparable in magnitude to the calculated voltage of one turn: $e_{1v} \approx e_{ind}$. For the functioning of the circuit, it is necessary to ensure the following condition: $e_{1v} >> e_{ind}$, which can be achieved by increasing the number of coil turns, that is, the following condition must be fulfilled:

$e_{1v}\, w >> e_{ind}$.

For the final determination of the number of turns of the additional coil sufficient for the operation of the circuit, let us set the ratio $R_{in\,y} = R_{2d} = 1000$ Ohm:

$w = (R_{in\,y} / R_{2d} + 1) \cdot R_{in\,y} / e_{1v} \cdot (100 R_{2d} + R_{in\,y} R_{2d} / R_{2d} + R_{in\,y}) \cdot I_{in\,y} = 40$ turns.

It can be concluded from the calculations that in order to achieve interference resistance of the proposed scheme, it is sufficient to install an additional coil with a number of turns equal to 40 on the relay-differential shunt magnetic circuit.

Also, based on the simulation results, the number of turns of the additional coil creating the damping flux Fp in the magnetic circuit of the relay-differential shunt is determined.

Conclusion. *When the train passes under the current along the branches of the insulating air gap, the voltage relay will operate in the key mode.*

If there is a short circuit in the traction network, the additional coil remains open and the relay-differential shunt is activated in the operational mode, disconnecting the power zone where the emergency mode is fixed. In addition, it becomes possible not to set the set point, ensuring the selectivity of the protection.

The positive economic effect from the application of the blocking scheme has been proved by calculations [4], based on a reduction in the cost of materials and labor of repair teams previously spent on the restoration of wires and structures of insulating air gaps from electric arc burns.

REFERENCES

1. DC Traction Network, Design and simulation, Secheron SA substations@ secheron, www. Secheron.com Copyright 2007 Secheron SA.

2. Pupinin, V. N. The complete theory of operation and characteristics of parallel inductive shunts of high-speed switches of the types VAB-2, AB-2/3, AB-2/4 and AB-2/4 and relay-differential shunts of switches VAB-28 [*Polnaja teorija raboty i harakteristiki parallel'nyh induktivnyh shuntov bystrodejstvujushhih vykljuchatelej tipov VAB-2, AB-2/3, AB-2/4 i AB-2/4 i rele-differencial'nyh shuntov vykljuchatelej VAB-28*]. *Trudy MIIT*, 1965, Iss. 213, pp. 61–86

3. Zatorskaya, L. P. Simulation of the transient process during passage of the current collector over the air gap of the DC traction network [*Modelirovanie perehodnogo processa pri prohode tokopriemnika po vozdushnomu promezhutku tjagovoj seti postojannogo toka*]. *Vestnik MIIT*, 2002, Iss. 7, p. 38.

4. Zatorskaya, L. P. Estimating the advisability of using a lock from an unauthorized disconnection of the contact area of a direct current network [*Ocenka celesoobraznosti ispol'zovanija blokirovki ot nesankcionirovannogo otkljuchenija uchastka kontaktnoj seti postojannogo toka*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2016, Iss. 3, p. 45.

Information about the author:

Zatorskaya, Lada P. – external Ph.D. student at the department of Electrical engineering of transport, assistant of vice-rector for organizational-production work of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, zatorskaya@mail.ru.

Article received 15.08.2016, revised 10.11.2016, accepted 12.11.2016.

УДК 629.438.4

Перспективы вакуумного магнитолевитационного транспорта

Борис ДРОЗДОВ
Boris V. DROZDOV

Юрий ТЕРЕНТЬЕВ
Yuri A. TERENTIEV

Дроздов Борис Викторович *– доктор технических наук, генеральный директор НИИ информационно-аналитических технологий (НИИ ИАТ), Москва, Россия.*
Терентьев Юрий Алексеевич *– независимый эксперт, официальный представитель «ЕТЗ» в Российской Федерации, Москва, Россия.*

Prospects for Vacuum Magnetic-Levitation Transport
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 96)

Авторы предлагают принципиально новый подход к решению проблемы преодоления двух технологических пределов роста скорости, существующих для рельсовых транспортных средств. Оцениваются преимущества вакуумного магнитолевитационного транспорта по сравнению с традиционными транспортными системами. Определяются перспективы применения этого вида транспорта применительно к стратегии развития транспортной системы России.

Ключевые слова: вакуумный магнитолевитационный транспорт, удельные энергозатраты, транзитный транспортный ресурс, магнитный подвес, вакуумный трубопровод.

Чтобы стать цивилизационным центром на евроазиатском континенте, России необходимо активизировать свое участие в реализации геостратегических проектов, ключевую роль в которых будут играть транспортные системы.

Для современных традиционных транспортных технологий уже сейчас очевидно, что основными лимитирующими их факторами и тормозом прогресса стали недостаточные предельные скорости транспортных средств (ТСР), низкие транспортная эффективность, пропускная и провозная способности магистралей. В частности, на железных дорогах России для изначально используемой технологии движения «колесо–рельс» наметились проблемы при последовательном достижении транспортом двух технологических пределов роста скорости ТСР.

Первый предел связан с ограничением динамики разгона и торможения ТСР, зависящим от сцепления колеса с рельсом и надёжности токосъёма на постоянном и переменном токах. Второй предел связан с ограничением возможности дальнейшего повышения скорости ТСР примерно до

500 км/ч, обусловленным ростом в третьей степени затрат энергии на преодоление растущего аэродинамического сопротивления его движению.

В первом случае логичным видится переход на бесконтактные (маглев) или магнитолевитационные транспортные (МЛТ) принципы организации движения ТСР, активно развиваемые в том числе и в нашей стране [1–4]. Достоинства, недостатки и неоспоримые преимущества магнитолевитационных высокоскоростных (около 500 км/ч) технологий, реализуемых в естественных «атмосферных» условиях окружающей среды, по сравнению с традиционной высокоскоростной рельсовой (ВСР) технологией достаточно подробно рассмотрены и обоснованы в работах отечественных и зарубежных исследователей [1–5].

Магнитолевитационный (МЛТ) «атмосферный» транспорт является перспективным первым этапом развития высоко- и сверхвысокоскоростного наземного транспорта. В стратегической перспективе, реализация этого проекта и его передовой отечественной разработки «МагТранСиТи» [1–3] в комбинации с вакуумной магнитолевитационной технологией (ВМЛТ) [6, 7] позволит добиться, к примеру, сверхскоростного транспортного соединения акваторий Тихого и Атлантического океанов через Евразийский континент по территории России и откроет новые возможности к созданию межконтинентальных транспортных магистралей, появлению целого ряда новых технологических решений в области энергетики, сверхпроводимости, криогеники, способных существенно изменить экологическую ситуацию в мире. При этом Россия может реализовать мощную экспортную составляющую в виде транзитного грузового потока, в частности, в направлениях Север–Юг, Восток–Запад между странами Азиатско-Тихоокеанского региона и Европой.

Но даже в технологии «атмосферного» МЛТ по мере роста скорости движения квадратично возрастает аэродинамическое сопротивление движению ТСР и при достигнутых им уже сейчас рекордных скоростях более 1000 км/ч, основная часть мощности привода ТС вынужденно затрачивается на преодоление такого сопротивления, определяя пределы применимости и этой прогрессивной технологии.

Нами предлагается принципиально новый подход к решению проблемы преодоления одновременно и первого, и второго пределов увеличения скорости ТСР на основе очевидных преимуществ «вакуумно-трубопроводной транспортной технологии» (ВТ3) [6–9].

Концепция ВМЛТ по этой технологии является примером эффективной конвергенции магнитолевитационной, сверхпроводниковой и вакуумной технологий для наземного транспорта, позволяющей ему в потенциале достигать скорости движения порядка 6500 км/ч и более, причем при весьма высокой пропускной способности магистрального путепровода, приемлемой стоимости перемещения пассажиров и грузов, а также рекордно низких затратах энергии. Так, по данным [8, 10] перевозка 1800 пассажиров на расстояние 1 км требует затрат энергии в пределах 1 кВт • ч и 0,004 кВт • ч/т • км на доставку грузов.

Основные принципы симбиоза двух идей – концепции транспорта на магнитном подвесе и в искусственно созданной разреженной вакуумной среде внутри герметичного трубопровода – были впервые сформулированы, разработаны и опубликованы отечественным учёным-геофизиком Б. П. Вейнбергом [11] и позднее развиты и описаны в [6–10].

В этой статье на базе изложенного принципа рассматривается крупномасштабный инфраструктурный проект создания в стратегической перспективе новой интегральной транспортной системы (ТС), позволяющей, в частности, решить проблему транспортной доступности в странах Евразийского союза на основе объединения имеющихся сейчас традиционных видов транспорта и новых безаэродромных амфибийных, экранопланных, аэростатных и других инновационных средств транспорта.

Сравним различные транспортные системы по такому важнейшему количественному показателю, как удельные энергозатраты на перевозку единицы груза на единицу расстояния (в килоджоулях на т • км) в терминах так назы-

Таблица 1

Энергетические показатели различных транспортных систем

№	Транспортная система	Вид транспорта	Мощность, МВт	Скорость, м/с	Вес полезного груза, Т	Yр • э кДж /т • км
1	Боинг-747	авиа	71	253	64	4380
2	Экраноплан «Лунь»	авиа	137	138	120	8333
3	Грузовой состав	ж.д.	4,4	20,0	2000	110
4	ВСМ- магистраль TGV	ж.д.	8,8	83,3	50	2173
5	Автотрейлер	авто	0,338	22,2	20	761
6	СТЮ	струнный	0,040	3,3	4	120
7	Автопаром	мор.	17,6	10,8	3345	487
8	СПК «Вихрь»	мор.	3,5	19,4	26	7009
9	ВМЛТ	ВМЛТ	0,5 (имп., 16 с)	180	0,4	14,05

Обозначения: ВСМ – высокоскоростная магистраль; TGV – тип западноевропейской ВСМ; СТЮ – струнный транспорт Юницкого; СПК – судно на подводных крыльях.

ваемой «физической экономики». Основным энергетическим критерием перевозки здесь выступает критерий удельных энергозатрат на перевозку единицы веса груза на единицу расстояния [12]. Этот критерий, обозначаемый Урэ (удельный расход энергии), имеет размерность кДж/т • км. Величина Урэ определяется формулой:

$$У р э = N/M \times V,$$

где N – полезная мощность тяговой машины (тягового двигателя) транспортной системы, в киловаттах (1 кВт = кДж/с);

M – масса перевозимого груза, в тоннах;

V – скорость, с которой перевозится груз транспортной системой, км/с.

С помощью показателя удельных энергозатрат Урэ можно решать задачу определения перспективных направлений развития различных видов транспорта, в том числе и ВМЛТС. В таблице 1 на основе данных [13] приведены результаты сравнения по показателю Урэ традиционных и перспективных видов транспорта, включая наземный, морской (водный) и воздушный, а ниже – оценка для ВМЛТ.

Как видно из таблицы 1, без учёта ВМЛТ, наилучшие параметры энергетической эффективности (но не всегда с сопоставимой скоростью перевозок) имеет по выбранному критерию железнодорожный транспорт классического типа, одна-

Таблица 2

Совокупные показатели удельных энергозатрат и времени доставки для различных СТ и способов перевозки грузов

N п/п	Тип транзита	У р э, (кДж/ т • км)	L, (км)	P, (кДж/т)	Время доставки груза (сутки)
1	Железнодорожный (российский транзит) (Китай–Финляндия)	110	10000	$1.1 \cdot 10^6$	12 (7)
2	Морской (Китай–Финляндия)	54,3	21000	$1.14 \cdot 10^6$	28
3	Железнодорожный (российский транзит) (Корея–Зап. Европа)	110	11000	$1.2 \cdot 10^6$	14
4	Морской (Корея–Зап. Европа)	54,3	22000	$1.2 \cdot 10^6$	30
5	Железнодорожный (российский транзит) (Китай–Зап. Европа)	110	11000	$1.21 \cdot 10^6$	15
6	Морской (Китай–Зап. Европа) (Шанхай–Амстердам)	54,3	23000	$1.25 \cdot 10^6$	27–46
7.	Российский транзит (Китай–Зап. Европа) ТС ВМЛТ	14,05	11000	$1,54 \cdot 10^5$	0,1

Таблица 3

Сравнительные характеристики различных видов транспорта

№ п/п	Вид транспорта	Средняя скорость, км/ч	Средняя скорость, м/с	Удельные энергозатраты, Дж/м кг (МДж/т • км)*	Транспортная эффективность**
1	Железная дорога	60	17	0,15	100
2	Морской транспорт	40	11	0,08	125
3	Автомобиль	100	28	2,0	15
4	Самолёт	700	194	2,2	90
5	Инерциальный трубопроводный транспорт	500	139	0,009	16000
6	Перспективный дирижабль	150	42	0,021	1900
7	ВМЛТ	6500	1800	0,014	128500

***** – в пересчёте к первичным энергоносителям; ****** – транспортная эффективность – отношение скорости к удельным энергозатратам.

ко и он уступает ВМЛТ по эффективности почти на порядок.

Примененный энергетический показатель при оценке транспортных систем может быть использован и при определении транзитного транспортного ресурса России.

В качестве критерия целесообразно в этом случае использовать совокупные энергозатраты на перемещение тонны груза из точки отправления в точку прибытия (в килоджоулях на тонну), т.е. Р = Урэ • L, где L – расстояние. Результаты сравнения двух способов доставки груза (морской и железнодорожный) для транзита Европа–Азия приведены в таблице 2 на основе данных [13]. Здесь же оценка аналогичного российского транзита Китай–Западная Европа с помощью транспортной системы ВМЛТ.

И в таблице 2 совершенно очевидно преимущество ВМЛТ на базе ЕТ3 по всем сравниваемым параметрам, причём по основному, целевому параметру, Р – совокупным энергозатратам они меньше почти на порядок, т.е. почти в 10 раз лучше.

Конечно, использование только одного обобщенного энергетического показателя Урэ (и связанного с ним модифицированного – Р) недостаточно, чтобы описывать и управлять такой сложной системой, какой является транспортный комплекс. Одномерная модель для любого транспорта не в состоянии адекватно отразить сложные многомерные и динамические процессы и взаимосвязи системы. Необходимо при разработке физической экономики для транспорта (как и для других систем жизнеобеспечения) разрабатывать целый набор взаимосвязанных и физически измеримых показателей [12].

Хотя, конечно, использование, даже в первом приближении только одного так называемого показателя «транспортной эффективности» (С) [14], равного отношению скорости ТСР в м/с к его удельным энергозатратам в [Дж/кг • м], оценивающего преимущества ТС ещё и с учётом различий в их скорости, может служить хорошим ориентиром при сравнении различных транспортных систем и их эффективности.

В таблице 3 сделано сравнение по данному критерию некоторых традиционных видов транспорта, а также и оценка режимов работы одной из перспективных конструкций дирижаблей инновационного типа и сверхвысокоскоростной, которая одновременно сочетает в себе как преимущество сверхвысокой скорости перемещения грузов, так и низких энергозатрат, или преимущества весьма высокой энергоэффективности в сочетании с быстрой транспортировкой грузов.

Из этого сравнения очевидно, что транспортная эффективность ТС ВМЛТ на несколько порядков выше транспортной эффективности всех остальных сравниваемых здесь традиционных видов транспорта и в разы выше самого эффективного из сравниваемых в таблице 3, но, пока ещё гипотетического – инерциального трубопроводного транспорта [14].

Таким образом, по уровню энергетической и транспортной эффективности ВМЛТ не имеет себе равных среди осталь-

ных видов транспорта. Она вполне справедливо претендует на роль основной или центральной, магистральной ТС в ряду составляющих интегральной системы и в стратегической перспективе – среди предлагаемых к созданию инновационных транспортных систем.

Вакуумно-трубопроводная транспортная технология идеально отвечает нуждам XXI века. Она толерантна к большинству существующих транспортных, в том числе и любому типу маглев-технологий [1–4].

В общих чертах основные ее концептуальные принципы описаны в [6–11] и формулируются, например, так: в разреженной среде сдвоенного вакуумированного магистрального магнитолевитационного путепровода, располагаемого эстакадно над относительно равнинной поверхностью земли, в тоннеле под землёй или даже под поверхностью водной преграды, перемещаются на принципах бесконтактной магнитной левитации лёгкие, компактные и герметичные капсулы с размерами, оптимизированными для задач транспортировки как людей, так и грузов со скоростями вплоть до 6500 км/ч и более.

По сравнению с поездами высокоскоростной рельсовой системы, материалоёмкость ВМЛТ в пересчете на одного пассажира составит менее 1/20 части материалоёмкости ВСР, а по удельным энергозатратам ВМЛТ не имеет себе равных. Затраты на создание и поддержание вакуума также не столь велики и уже при КПД вакуумных насосов в районе 0,5 затраты даже на первичное, наиболее затратное вакуумирование составят не более 500 руб./км для оптимального путепровода диаметром 1500 мм.

Пропускная (провозная) способность ВМЛТ зависит от скорости капсулы. Так, для одной трубы вакуумированного путепровода при скорости 650 км/ч она может достигнуть и 260000 пассажиров или 17000 тонн грузов в час, если шлюзов будет около 300, что достаточно привлекательно для основного междугороднего сообщения мегаполисов.

При этом широко разрекламированная сейчас и просто похожая на неё технология Hyperloop гораздо более ограничена, чем конкурирующая с ней технология ВМЛТ, по максимально возможному расстоянию до первой необходимой «технической» остановки (около 600 км), существенно ограничена по предельной, экономически оправданной (не более 1500 км) дальности поездки, поскольку капсула Hyperloop «левитирует» на «воздушной подушке» в вакуумной среде трубопровода с давлением порядка 100 Па, что гораздо менее эффективно, чем магнитная левитация [9].

Становится всё более очевидным, что сегодня фактически единственным экономически и технически приемлемым решением задачи энергоэффективного повышения скорости экологичного наземного транспорта является замена системы колесо-рельс на систему магнитного подвеса и замена обычной окружающей среды на искусственно созданную, в которой аэродинамическое сопротивление будет относительно мало. И здесь у ВМЛТ конкурентов пока практически нет.

При этом система ВМЛТ может обеспечить в 50 раз больше перевозок на 1 кВт • ч электроэнергии, чем самые эффективные электромобили или поезда, а эстакадную сеть ВМЛТ можно построить за деньги, эквивалентные 1/10 стоимости высокоскоростной рельсовой дороги или 1/4 стоимости сопоставимой высокоскоростной автострады, при пропускной способности всего одной пары вакуумированных путепроводов, как у 32 полос магистральной высокоскоростной автострады [6, 10].

И как уже отмечалось в [7–9], отечественными разработчиками, давно предложены новые экономически эффективные и энергосберегающие принципы конструирования элементов инженерных сооружений [15], различных типов силовых сверхпроводниковых кабелей для энергообеспечения комплексов оборудования сетей ВМЛТ, а также экспериментально проверенные эффективные методики помехоустойчивого управления и контроля состояния оборудования сетей на базе дальнедистанционной оптоволоконной диагностики и криогенных оптоволоконных сенсоров [16, 17], устойчиво и надёжно действующих в жёстких условиях совместного воздействия вакуума, низких (криогенных) температур, сильно-

го влияния постоянных и переменных электрических и магнитных полей оборудования ВМЛТ по всей длине трассы путепровода.

ВЫВОДЫ

1. Рассматриваемые в статье технологии и варианты дальнейшего развития высокоскоростных и сверхвысокоскоростных транспортных средств являются технически реализуемыми, экономически выгодными для России и обладают высокотехнологичными решениями в области магнитолевитационной, вакуумно-криогенной, оптоволоконной и сверхпроводниковой техники.

2. Основным сдерживающим фактором для повсеместного внедрения такой транспортной системы остается отсутствие реализованного репрезентативного и коммерчески привлекательного пилотного проекта, разработка и реализация которого стала сейчас наиболее срочной и актуальной задачей.

3. Необходимо решением правительства РФ признать важность проекта на государственном уровне и включить работы по созданию и развитию МЛТ и ВМЛТ в Стратегию развития транспорта на период до 2030 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магнитолевитационная транспортная технология / Под ред. В. А. Гапановича.– М.: Физматлит, 2014.– 476 с.

2. Магнитолевитационный транспорт: научные проблемы и технические решения / Под ред. Ю. Ф. Антонова, А. А. Зайцева.– М.: Физматлит, 2015.– 612 с.

3. Магнитолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны: Монография / А. А. Зайцев, Е. И. Морозова, Г. Н. Талашкин, Я. В. Соколова.– СПб.: НП-Принт, 2015.– 140 с.

4. Зайцев А. А. Отечественная транспортная система на основе магнитной левитации // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».– 2015.– № 6.– С. 22–27.

5. Technical-economical comparison of Maglev and High Speed Systems // The website of the Transportation and Infrastructure Committee. [Электронный ресурс]: http://archives.republicans.transportation.house.gov/Media/File/110th/Rail/3–20–07– roundtable-Brady-dornier.pdf. Доступ 15.09.2016.

6. The website of the Evacuated Tube Transport Technology. [Electronic resource]: http://et3.com/. Доступ 25.10.2016.

7. Терентьев Ю. А. Основные преимущества и особенности высокоскоростного вакуумного транспорта «ET3» // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».– 2015.– № 6.– С. 10–21.

8. Терентьев Ю. А., Фомин В. М., Наливайченко Д. Г. К вопросу выбора диапазона рабочих параметров вакуумного магнитолевитационного транспорта // XI международная научно-техническая конференция «Вакуумная техника, материалы и технология».– М., 2016. [Электронный ресурс]: https://istina.msu.ru/collections/19819075/. Доступ 25.10.2016.

9. Терентьев Ю. А. «Evacuated tube transport technologies» (ET3) – новая транспортная парадигма XXI века // Этика, транспорт и устойчивое развитие: социальная роль транспортной науки и ответственность ученых: Международная конференция ЮНЕСКО / Под общ. ред. И. В. Карапетянц, Г. Г. Малинецкого.– М.: АИСнТ, 2016.– С. 99–106.

10. ET3 online education // The website of the Evacuated Tube Transport Technology. [Электронный ресурс]: http://et3.eu/et3-online-education.html. Доступ 15.09.2016.

11. Островская Г. В. Магнитные дороги профессора Вейнберга (К 100-летию лекции «Движение без трения») // Вестник науки Сибири.– 2014.– № 2.– С. 6–14.

12. Дроздов Б. В. Направления разработки физической экономики (применительно к транспортному комплексу) // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. Электронное научное издание, том 10, выпуск 2(23), 2014. Материалы конференции к 90-летию П. Г. Кузнецова. [Электронный ресурс]: http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2014/08/05-Drozdov.pdf. Доступ 15.09.2016.

13. Дроздов Б. В. Геостратегические проекты дальневосточного развития России // Культура. Народ. Экосфера: труды социокультурного семинара имени Бугровского.– Вып. 4.– М.: Спутник+, 2009. [Электронный ресурс]: https://refdb.ru/look/1972048-pall.html. Доступ 15.09.2016.

14. Крюков П. В. Россия в XXI веке – центр мирового транспортного сообщения // Научно-технический отчет по теме Минпромнауки.– М., 2002.

15. Композитный несущий блок и монтажное соединение несущих блоков сборной строительной конструкции: Патент 2519021 РФ: МПК E04C1/00, E04B2/08 / авторы и заявители Фридкин В. М., Токарев П. М., Зенин А. В., Замуховский А. В., Савкин Д. А, Грудский В. А., Пономарев И. В., Цомаева К. А.; патентообладатель Московский государственный университет путей сообщения, № 2012128146/03, заявл. 06.07.2012.

16. Терентьев Ю. А. Примеры повышения энергетической эффективности проектов сверхпроводниковой криоэнергетики при использовании программы МОДЭН и оптоволоконной криодиагностики // Сб. трудов I-й и II-й Национальной конференции по прикладной сверхпроводимости НКПС-2011 и НКПС-2013.– М.: НИЦ «Курчатовский ин-т», 2014.– С. 390–397.

17. Терентьев Ю. А., Федосеев В. Н., Шелемба И. С. и др. Испытания первой отечественной системы оптоволоконной криодиагностики на эффекте Рамана для регистрации профиля распределения температуры вдоль отрезка ВТСП кабельной линии // Сб. трудов I-й и II-й Национальной конференции по прикладной сверхпроводимости НКПС-2011 и НКПС-2013.– М.: НИЦ «Курчатовский ин-т», 2014.– С. 398–405.

Координаты авторов: **Дроздов Б. В.** – drozdovbv@mail.ru, **Терентьев Ю. А.** – teren_y@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.12.2016, принята к публикации 28.02.2017.

PROSPECTS FOR VACUUM MAGNETIC-LEVITATION TRANSPORT

Drozdov, Boris V., *Research Institute of Information and Analytical Technologies (NII IAT), Moscow, Russia.*

Terentiev, Yuri A., *official representative of ET3 in the Russian Federation, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The authors propose a fundamentally new approach to solving the problem of overcoming two technological limits of speed growth existing for rail vehicles. The advantages of vacuum magnetic-levitation transport are assessed in comparison with traditional transport systems. The perspectives of the use of this type of transport as applied to the development strategy of the transport system of Russia are determined.

Keywords: vacuum magnetic-levitation transport, specific energy inputs, transit transport resource, magnetic suspension, vacuum pipeline.

Background. *To become a civilization center on the Eurasian continent, Russia needs to step up its participation in the implementation of geostrategic projects, the key role in which will be played by transport systems.*

For modern traditional transport technologies it is already obvious that the main limiting factors and the brake on progress have been insufficient vehicle speed limits, low transport efficiency, throughput and carrying capacity of the main lines. In particular, on the railways of Russia for the initially used technology of wheel-rail movement, problems have arisen when the transport reaches two technological limits of growth in the speed of transport vehicles (TV).

The first limit is related to limiting the dynamics of acceleration and deceleration of TV, depending on adhesion of the wheel to the rail and the reliability of the current collector on a constant and alternating current. The second limit is connected with limiting the possibility of a further increase in the speed of TV to about 500 km / h, due to the growth in the third degree of energy costs to overcome the growing aerodynamic resistance to its movement.

Objective. *The objective of the authors is to consider prospects for vacuum magnetic- levitation transport.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparative analysis, statistical method, economic evaluation.*

Results. *In the first case, the transition to contactless (maglev) or magnetic-levitation transport (MLT) principles of the organization of the movement of the TCP, which is actively developed including in our country, is seen as logical [1–4]. The advantages, disadvantages and unquestionable advantages of magnetic-levitation high-speed (about 500 km / h) technologies realized in natural «atmospheric» environmental conditions in comparison with traditional high-speed rail (HSR) technology have been examined in detail and substantiated in the works of domestic and foreign researchers [1–5].*

Magnetic-levitation (MLT) »atmospheric» transport is a promising first stage in the development of high- and ultra-high-speed land transport. In the strategic perspective, the implementation of this project and its advanced domestic development of «MagTransCiTi» [1–3] in combination with vacuum magnetic-levitation technology (VMLT) [6, 7] will allow, for example, the ultra-high-speed transport connection of the water areas of the Pacific and Atlantic Oceans through the Eurasian continent across Russia and will open new opportunities for creation of intercontinental transport highways, emergence of a number of new technological solutions in the field of energy, superconductivity, cryogenics, that can significantly change the ecological situation in the world. At the same time, Russia can realize a powerful export component in the form of a transit cargo flow, in particular, in the directions North–South, East–West between the countries of the Asia-Pacific region and Europe.

But even in the technology of «atmospheric» MLT, as the speed of motion increases, the aerodynamic resistance to the movement of TCP grows quadratically, and at the already achieved record speeds of more than 1000 km / h, the bulk of the power of the drive of TC is forced to overcome this resistance, determining the limits of applicability of this progressive technology.

We propose a fundamentally new approach to solving the problem of overcoming both the first and second limits of the increase in the speed of TCP on the basis of the obvious advantages of «vacuum pipeline transport technology» (BT3) [6–9].

The concept of VLMT for this technology is an example of the effective convergence of magnetic-levitation, superconducting and vacuum technologies for land transport, which allows it to reach a speed of about 6500 km / h and more, with a very high throughput capacity, an acceptable cost of moving passengers and cargo, as well as a record low energy costs. Thus, according to the data [8, 10], the transportation of 1800 passengers to a distance of 1 km requires an energy expenditure of between 1 kW•h and 0.004 kWh / ton•km for cargo delivery.

The basic principles of the symbiosis of two ideas – the concept of transport on a magnetic suspension and in an artificially created rarefied vacuum medium inside a sealed pipeline – were first formulated, developed and published by the Russian scientist–geophysicist B. P. Weinberg [11] and later developed and described in [6–10].

In this article, on the basis of the above-mentioned principle, a large-scale infrastructure project is being considered to create a new integrated transport system (TS) in the strategic perspective that will, in particular, solve the problem of transport accessibility in the countries of the Eurasian Union by combining the currently available traditional modes of transport and new zero-flight amphibious, screen planes, balloon and other innovative means of transport.

Let us compare the various transport systems for such an important quantitative indicator as the unit energy consumption per unit of cargo transportation per unit of distance (in kilojoules per ton km) in terms of the so-called «physical economy». The main energy criterion of transportation here is the criterion of specific energy costs for the transportation of a unit of cargo weight per unit of distance [12]. This criterion, designated Ure (specific energy expenditure), has the dimension kJ / ton. The value of Ure is given by the formula:

Таблица 1

Energy indicators of various transport systems

№	Transport system	Type of transport	Power, MW	Speed, m/sec	Weight of iseful cargo, t	Yr • e KJ /t • km
1	Boeing-747	Air	71	253	64	4 380
2	Screen plane «Lun'»	Air	137	138	120	8 333
3	Freight train	Rail	4,4	20,0	2000	110
4	HSR- main line TGV	Rail	8,8	83,3	50	2 173
5	Autotrailer	Automobile	0,338	22,2	20	761
6	STU	String	0,040	3,3	4	120
7	Autoferry	Sea	17,6	10,8	3345	487
8	HFV «Vikhr'»	Sea	3,5	19,4	26	7 009
9	VMLT	VMLT	0,5 (имп., 16 сек.)	180	0,4	14,05

Designations: HSR – high-speed main line; TGV – type of West European HSR; STU – string transport of Unitsky; HFW– hydrofoil vessel.

Table 2

Aggregate specific energy consumption and delivery time for various TS and modes of transportation of goods

N	Type of transit	U r e, (kJ/ t • km)	L, (km)	P, (kJ/t)	Cargo delivery time (days)
1	Railway (Russian transit) (China–Finland)	110	10 000	$1.1 \cdot 10^6$	12 (7)
2	Sea (China–Finland)	54,3	21 000	$1.14 \cdot 10^6$	28
3	Railway (Russian transit) (Korea–Western Europe)	110	11 000	$1.2 \cdot 10^6$	14
4	Sea (Korea–Western Europe)	54,3	22 000	$1.2 \cdot 10^6$	30
5	Railway (Russian transit) (China–Western Europe)	110	11 000	$1.21 \cdot 10^6$	15
6	Sea (China–Western Europe) (Shanghai–Amsterdam)	54,3	23 000	$1.25 \cdot 10^6$	27–46
7.	Russian transit (China–Western Europe) TS VMLT	14,05	11 000	$1,54 \cdot 10^5$	0,1

Ure = N/M x V,
where N is the useful power of the traction machine (traction motor) of the transport system, in kilowatts (1 kW = kJ / s);

M is the mass of the goods carried, in tonnes;

V is the speed at which the cargo is transported by the transport system, km/sec.

With the help of specific energy consumption indicator Ure, it is possible to solve the problem of determining the prospective directions for the development of various modes of transport, including VMLTS. Table 1, based on the data of [13], shows the results of the comparison for the Ure indicator of traditional and prospective modes of transport, including ground, sea (water) and air, and below there is the estimate for VMLT.

As can be seen from Table 1, without taking into account VMLT, the best parameters of energy efficiency (but not always with a comparable speed of transportation) have a classical type of railway transport according to the chosen criterion, but it is inferior to VMLT in efficiency by almost an order of magnitude.

The energy indicator used in the assessment of transport systems can also be used to determine the transit transport resource of Russia.

As a criterion, it is advisable in this case to use the total energy input for moving a ton of cargo from the point of departure to the point of arrival (in kilojoules per tonne), i.e. P = Ure x L, where L is the distance. The results of comparison of two modes of shipping (sea and rail) for the Europe–Asia transit are shown in Table 2, based on the data of [13]. Here, there is also assessment of a similar Russian transit of China–Western Europe by means of the VMLT transport system.

And in Table 2, the advantage of VLMT based on ET3 on all compared parameters is quite obvious, and for the main, target parameter, P – total energy costs, they are less by almost an order of magnitude, i.e. almost 10 times better.

Of course, the use of only one generalized energy indicator of Ure (and the associated modified one – P) is not enough to describe and manage such a complex system as a transport complex. A one-dimensional model for any transport is not able to adequately reflect the complex multi-dimensional and dynamic processes and interrelationships of the system. It is necessary to develop a whole set of interrelated and physically measurable indicators when developing the physical economy for transport (as for other life support systems) [12].

Although, of course, the use, even in the first approximation, of only one so-called indicator of «transport efficiency» (C) [14], equal to the ratio of the speed of TV in m / s to its specific energy consumption in [J / kg · m], assessing the advantages of TV also with account of differences in their speed, can serve as a good guide for comparing different transport systems and their efficiency.

Table 3

Comparative characteristics of various modes of transport

N	Type of transport	Average speed, km/h	Average speed, m/s	Specific energy costs, J/kg • m (MJ/t • km)*	Transport efficiency**
1	Railway	60	17	0,15	100
2	Sea transport	40	11	0,08	125
3	Car	100	28	2,0	15
4	Aircraft	700	194	2,2	90
5	Inertial pipeline transport	500	139	0,009	16000
6	Promising airship	150	42	0,021	1900
7	VMLT	6500	1800	0,014	128500

* – in terms of primary energy sources; ** – transport efficiency – ratio of speed to specific energy consumption.

Table 3 compares this criterion for some traditional modes of transport, as well as an assessment of the operating modes of one of the promising designs of airships of innovative type and ultra-high-speed, which simultaneously combines both the advantage of ultra-high speed of cargo movement and low energy costs, or the advantages of very high energy efficiency in combination with rapid transportation of goods.

From this comparison, it is obvious that the transport efficiency of the TS VMLT is several orders of magnitude higher than the transport efficiency of all other traditional modes of transport compared here, and several times higher than the most efficient of inertial pipeline transport compared in Table 3, but still hypothetical [14].

Thus, according to the level of energy and transport efficiency, VMLT has no equal among other modes of transport. It quite rightly claims the role of the main or central, backbone TS in a number of components of the integrated system and in a strategic perspective – among the innovative transport systems proposed for creation.

Vacuum-pipeline transport technology is ideally suited to the needs of XXI century. It is tolerant to the majority of existing transport, including any type of maglev-technology [1–4].

In general, its main conceptual principles are described in [6–11] and are formulated, for example, in the following way: in a permitted environment of a double vacuumed main magnetic-levitation viaduct, located as an overpass over a flat part of the ground, in a tunnel under ground or even under a water obstacle, lightweight, compact and airtight capsules with dimensions optimized for the transport of both people and goods move at speeds up to 6500 km / h or more based on the principles of non-contact magnetic levitation.

Compared with trains of the high-speed rail system, the material capacity of VMLT in terms of one passenger is less than 1/20 of the material capacity of the HSR, and according to the specific energy consumption, VMLT has no equal. The cost of creating and maintaining a vacuum is also not so great and already with the efficiency of vacuum pumps in the region of 0,5 the costs for the initial pumping will be not more than 500 rub./km for an optimum overpass with a diameter of 1500 mm.

The throughput (carrying capacity) of VMLT depends on the speed of the capsule. So, for one pipe of an evacuated overpass at a speed of 650 km / h, it can reach 260 000 passengers or 17 000 tons of cargo per hour, if there are about 300 gateways, which is attractive enough for the main long-distance communication of megacities.

At the same time, Hyperloop technology widely advertised now and just similar to it is much more limited than the competing VLMT technology, for the maximum possible distance to the first necessary «technical» stop (about 600 km), is substantially limited in terms of marginal, economically justified (no more than 1500 km) range of travel, since the Hyperloop capsule «levitates» on the «air cushion» in the vacuum environment of the pipeline with a pressure of about 100 Pa, which is much less efficient than magnetic levitation [9].

It is becoming increasingly clear that today, in fact, the only economically and technically acceptable solution to the problem of energy-efficient speeding up of environmentally friendly land transport is to replace the wheel-rail system with a magnetic suspension system and replace the conventional environment with an artificially created one, in which the aerodynamic resistance will be relatively small. And here VMLT has practically no competitors.

At the same time, the VMLT system can provide 50 times more traffic per 1 kWh of electric power than the most efficient electric cars or trains, and the VMLT overpass can be built for money equivalent to 1/10 of the cost of a high-speed railroad or 1/4 of the cost of a comparable high-speed motorway, with the capacity of only one pair of evacuated overpasses, as in the 32 lanes of the main high-speed motorway [6, 10].

And as already noted in [7–9], domestic developers have long proposed new cost-effective and energy-saving principles for designing the elements of engineering structures [15], various types of power superconducting cables for power supply of VLMT network equipment complexes, and also experimentally tested effective methods of noise-immune control and monitoring of the state of equipment networks based on long-distance fiber optic diagnostics and cryogenic fiber sensors [16, 17], which are stable and reliable operating in the rigid conditions of the combined impact of vacuum, low (cryogenic) temperatures, strong influence of permanent and alternating electric and magnetic fields of the equipment of VLMT along the entire length of the overpass route.

Conclusions.

1. The technologies and the options for further development of high-speed and ultra-high-speed vehicles, considered in the article, are technically feasible, economically viable for Russia and possess high-tech solutions in the field of magnetic-levitation, vacuum-cryogenic, fiber-optic and superconducting technology.

2. The main constraint for the widespread introduction of such a transport system remains the lack of a realized representative and commercially

attractive pilot project, the development and implementation of which has now become the most urgent task.

3. It is necessary that the government of the Russian Federation recognize the importance of the project at the state level and include work on the creation and development of MLT and VMLT in the Transport Development Strategy for the period until 2030.

REFERENCES

1. Magnetic levitation transport technology [*Magnitolevitacionnaja transportnaja tehnologija*]. Ed. by V. A. Gapanovich. Moscow, Fizmatlit publ., 2014, 476 p.

2. Magnetic-levitation transport: scientific problems and technical solutions [*Magnitolevitacionnyj transport: nauchnye problemy i tehnicheskie reshenija*]. Ed. by Yu. F. Antonov, A. A. Zaitsev. Moscow, Fizmatlit publ., 2015, 612 p.

3. Magnetic-levitation transport in the united transport system of the country: Monograph [*Magnitolevitacionnyj transport v edinoj transportnoj sisteme strany: Monografija*]. A. A. Zaitsev, E. I. Morozova, G. N. Talashkin, Ya. V. Sokolova. St.Petersburg, NP-Print publ., 2015,140 p.

4. Zaitsev, A. A. National transport system based on magnetic levitation [*Otechestvennaja transportnaja sistema na osnove magnitnoj levitacii*]. *Bjulleten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO «RZhD»,* 2015, Iss. 6, pp. 22–27.

5. Technical-economical comparison of Maglev and High Speed Systems // The website of the Transportation and Infrastructure Committee. [Electronic resource]: http://archives.republicans.transportation.house.gov/Media/File/110th/Rail/3–20–07– roundtable-Brady-dornier.pdf. Last accessed 15.09.2016.

6. The website of the Evacuated Tube Transport Technology. [Electronic resource]: http://et3.com/. Last accessed 25.10.2016.

7. Terentiev, Yu. A. The main advantages and features of high-speed vacuum transport ET3 [*Osnovnye preimushhestva i osobennosti vysokoskorostnogo vakuumnogo transporta «ET3»*]. *Bjulleten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO «RZhD»*, 2015, Iss. 6, pp. 10–21.

8. Terentiev, Yu. A., Fomin, V. M., Nalivaychenko, D. G. On the choice of the range of operating parameters of vacuum magnetic levitation transport [*K voprosu vybora diapazona rabochih parametrov vakuumnogo magnito-levitacionogo transporta*]. XI International Scientific and Technical Conference «Vacuum Machinery, Materials and Technology». Moscow, 2016. [Electronic resource]: https://istina.msu.ru/collections/19819075/. Last accessed 25.10.2016.

9. Terentiev, Yu. A. «Evacuated tube transport technologies» (ET3) – a new transport paradigm of the XXI century [«Evacuated tube transport technologies» (ET3) – *novaja transportnaja paradigma XXI veka*]. *Ethics, transport and sustainable development: the social role of transport science and the responsibility of scientists: UNESCO International Conference*. Ed. by I. V. Karapetyants, G. G. Malinetskiy. Moscow, AISnT publ., 2016, pp. 99–106.

10. ET3 online education // The website of the Evacuated Tube Transport Technology. [Electronic resource]: http://et3.eu/et3-online-education.html. Last accessed 15.09.2016.

11. Ostrovskaya, G. V. Magnetic roads of professor Weinberg (To the 100th anniversary of the lecture «Movement without friction») [*Magnitnye dorogi professora Vejnberga (K 100-letiju lekcii «Dvizhenie bez trenija»*)]. *Vestnik nauki Sibiri*, 2014, Iss. 2, pp. 6–14.

12. Drozdov, B. V. Directions of development of physical economy (with reference to the transport complex) [*Napravlenija razrabotki fizicheskoj ekonomiki (primenitel'no k transportnomu kompleksu)*]. Sustainable innovative development: design and management. Electronic scientific publication, Vol. 10, Iss. 2 (23), 2014. Proceedings of the conference for the 90th anniversary of P. G. Kuznetsov. [Electronic resource]: http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2014/08/05-Drozdov.pdf. Last accessed 15.09.2016.

13. Drozdov, B. V. Geostrategic projects of the Far East development of Russia [*Geostrategicheskie proekty dal'nevostochnogo razvitija Rossii*]. *Kul'tura. Narod. Eekosfera:, trudy sociokul'turnogo seminara imeni Bugrovskogo*, Iss. 4. Moscow, Sputnik+ publ., 2009. [Electronic resource]: https://refdb.ru/look/1972048-pall.html. Last accessed 15.09.2016.

14. Kryukov, P. V. Russia in the XXI century – the center of the world's transport communication [*Rossija v XXI veke – centr mirovogo transportnogo soobshhenija*]. *Nauchno-tehnicheskij otchet po teme Minpromnauki*. Moscow, 2002.

15. Composite bearing block and assembly connection of bearing blocks of a prefabricated building structure: Patent 2519021 RF: IPC E04C1/00, E04B2/08 / authors and applicants Fridkin, V. M., Tokarev, P. M., Zenin, A. V., Zamukhovsky, A. V., Savkin, D. A., Grudsky, V. A., Ponomarev, I. V., Tsomaeva, K.A.; Patent holder Moscow State University of Railway Enginnering, No. 2012128146/03, appl. 06.07.2012 [*Kompozitnyj nesushhij blok i montazhnoe soedinenie nesushhih blokov sbornoj stroitel'noj konstrukcii: Patent 2519021 RF: MPK E04C1/00, E04B2/08 / avtory i zajaviteli Fridkin, V. M., Tokarev, P. M., Zenin, A. V., Zamuhovskij, A. V., Savkin, D. A, Grudskij, V. A., Ponomarev, I. V., Tsomaeva K. A.; patentoobladatel' Moskovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija, № 2012128146/03, zajavl. 06.07.2012*].

16. Terentiev, Yu. A. Examples of increasing the energy efficiency of superconductor cryoenergetics projects using the MODEN program and fiber-optic cryodiagnostics [*Primery povyshenija energeticheskoj effektivnosti proektov sverhprovodnikovoj kriojenergetiki pri ispol'zovanii programmy MODEN i optovolokonnoj kriodiagnostiki*]. *Proceedings of I and II National Conference on Applied Superconductivity of NKPS-2011 and NKPS-2013*. Moscow, SRC Kurchatov Institute, 2014, pp. 390–397.

17. Terentiev, Yu. A., Fedoseev, V. N., Shelemba, I. S. *et al*. Tests of the first domestic system of fiber-optic cryodiagnostics on the Raman effect for recording the profile of the temperature distribution along a segment of high-voltage superconducting cable line [*Ispytanija pervoj otechestvennoj sistemy optovolokonnoj kriodiagnostiki na effekte Ramana dlja registracii profilja raspredelenija temperatury vdol' otrezka VTSP kabel'noj linii*]. *Proceedings of I and II National Conference on Applied Superconductivity of NKPS-2011 and NKPS-2013*. Moscow, SRC Kurchatov Institute, 2014, pp. 398–405.

Information about the authors:

Drozdov, Boris V. – D.Sc. (Eng.), general director of Research Institute of Information and Analytical Technologies (NII IAT), Moscow, Russia, drozdovbv@mail.ru.

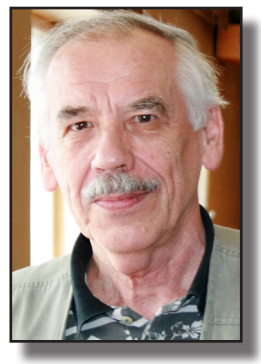
Terentiev, Yuri A. – independent expert, official representative of ET3 in the Russian Federation, Moscow, Russia, teren_y@mail.ru.

Article received 23.12.2016, accepted 28.02.2017.

УДК 656.212.61.9.001.5

Об эффективности использования автономных локомотивов на железных дорогах Монголии

Бурэн-Итгэл ГАНТУМУР
Buren-Itgel GANTUMUR



Владимир ПРЕЧИССКИЙ
Vladimir A. PRECHISSKY

Михаил СЛЕПЦОВ
Mikhail A. SLEPTSOV

Артем БАРАТ
Artem A. BARAT

On the Efficiency of Using Autonomous Locomotives on the Railways of Mongolia
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 106)

Требования быстроты, надежности, безопасности и экономической эффективности грузоперевозок ставят перед Уланбаторской железной дорогой (УБЖД) ряд сложных логистических задач, включая выбор оптимальной массы поезда, серии и числа секций локомотива для ведения грузового поезда заданного веса. Выбранная в ходе исследования масса поезда проверялась по условию трогания с места на расчётном подъёме. На основе анализа продольного профиля пути составлена расчётная схема профиля. Вычислением минимальной силы тяги локомотива задавалась масса поезда, серия и число секций. При помощи диаграмм удельной замедляющей и ускоряющей сил была построена кривая скорости движения поезда методом А. И. Липеца, после чего методом Г. В. Лебедева найдено полное время движения поезда и время работы ТЭД в различных режимах, что позволяет найти удельный расход топлива. После рассмотрения трех возможных вариантов установлено, что комбинация локомотивов 2ТЭ116УМ-2ЗАГАЛ позволяет организовать более быстрые и экономичные грузоперевозки. Учитывая оснащённость УБЖД этими локомотивами, предлагаемая в статье идея может быть реализована на наиболее грузонапряжённых участках.

Ключевые слова: железная дорога, локомотив, Монголия, оптимизация грузоперевозок, расчеты, эффективность.

Гантумур Бурэн-Итгэл *– аспирант Национального исследовательского университета «МЭИ», Москва, Россия / Улан-Батор, Монголия.*
Пречисский Владимир Антонович *– доктор технических наук, профессор НИУ «МЭИ», Москва, Россия.*
Слепцов Михаил Александрович *– кандидат технических наук, профессор НИУ «МЭИ», Москва, Россия.*
Барат Артем Александрович *– старший преподаватель НИУ «МЭИ», Москва, Россия.*

В связи с прогнозируемым ростом монгольской экономики возникает необходимость решения сложных логистических задач в масштабах страны. Актуальным, в частности, становится выбор локомотива, соответствующего комплексу требований, в том числе таких, как минимизация времени перевозки, соблюдение скоростей движения, обеспечивающих безопасность во внештатных ситуациях, определение оптимального удельного расхода топлива. В данном исследовании на основе анализа продольного профиля пути на наиболее грузонапряжённом участке движения Толгойт–Чойр выбраны оптимальные параметры массы поезда, серии и числа секций локомотива для ведения грузового поезда заданного веса. Для каж-

Таблица 1

Задаваемые исходные параметры сравниваемых серий локомотивов

№ п/п	Основные параметры локомотивов	Серии локомотивов	
		1-й вариант	2-й вариант
		4ТЭ116УМ	2ТЭ116УМ – 2ZAGAL
1.	Эффективная мощность (мощность длительного режима), кВт	5300	5287
2.	Число секций	4	4
3.	Расчётная сила тяги, Н	1460	1430
4.	Расчётная скорость, км/ч	24,4	24,4
5.	Конструкционная скорость, км/ч	100	100
6.	Расчётный вес, кН	5520	5364

дого из предложенных вариантов найдены показатели относительной эффективности и выработаны рекомендации по эксплуатации.

1. МЕТОДИКА РАСЧЁТА

Вычисление показателей эффективности эксплуатации различных локомотивов основано на следующей стандартной методике. На начальном этапе следует изучить продольный профиль исследуемого участка пути (в рассматриваемом примере Толгойт–Чойр, данные предоставлены Уланбаторской железной дорогой – УБЖД). Расчётная схема профиля получается благодаря группировке сходных элементов и замене кривых участков пути фиктивными подъёмами. Затем, задаваясь массой поезда, надо выбрать серию и число секций локомотива на основе вычисления минимальной силы тяги локомотива для ведения грузового поезда установленного веса по расчётному подъёму с расчётной постоянной скоростью [6]:

$$F_{K\min} = Q \cdot (\omega_0 + i_P) \cdot \left(\frac{q+1}{q} \right), \qquad (1)$$

где Q – вес грузового состава поезда, кН; i_P – крутизна расчётного подъёма; q – отношение веса состава поезда к весу локомотив. Основное удельное сопротивление движению поезда ω_0 определяется из (2):

$$\omega_0 = \frac{\omega_0' + q\omega_0''}{1+q}. \qquad (2)$$

Величины ω_0', ω_0'', характеризующие основное удельное сопротивление движению локомотива и грузового состава, соответственно берутся из [1, 7] для расчётной скорости $v_р$ = 24 км/ч. Минимально необходимая для ведения поезда мощность находится по формуле [6]:

$$N_{K\min} = \frac{F_{K\min} \cdot v_P}{3600}. \qquad (3)$$

По величинам $F_{K\min}$ или $N_{K\min}$ можно выбрать серии локомотивов с соответствующим числом секций и расчётными параметрами не ниже минимально необходимых. Расчётные параметры таких серий представлены в таблице 1.

После того, как выбран тип и количество секций локомотива, следует провести тяговый расчёт равнодействующих сил при основных режимах движения: тяге, полном служебном торможении и холостом ходе. Эмпирические формулы, по которым проводились вычисления сил в зависимости от скорости движения, заимствованы из [2].

Удельная ускоряющая сила (в режиме тяги) [1] является функцией скорости и может быть найдена согласно выражению:

$$f(v) = f_K - \omega_0, \qquad (4)$$

где $f_K = \frac{F_K}{P+Q}$ – удельная сила тяги (P – вес локомотива, Q – вес поезда). Удельная замедляющая сила (тормозной режим) [1] находится как

$$f(v) = 0{,}5b_T + \omega_{0X}. \qquad (5)$$

Здесь $b_T = 270\frac{v+100}{5v+100} \cdot \upsilon_P$ – удельная тормозная сила;

$\omega_{0X} = \frac{\omega_X' \cdot P + \omega_0'' \cdot Q}{P+Q}$ – удельная замедляющая сила в режиме холостого хода.

Основное удельное сопротивление движению подвижного состава в режиме холостого хода: $w'_x = 2{,}4 + 0{,}011\,v + 0{,}00035\,v^2$. В режиме экстренного торможения удельная замедляющая сила [6] вычисляется согласно выражению

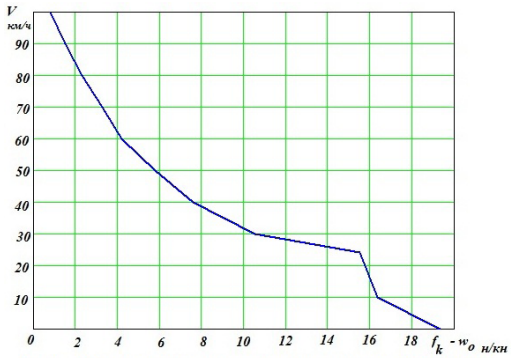


Рис. 1а. Удельная ускоряющая сила (в режиме тяги) 4ТЭ116УМ.

Рис. 2а. Удельная ускоряющая сила (в режиме тяги) 2ТЭ116УМ-23АГАЛ.

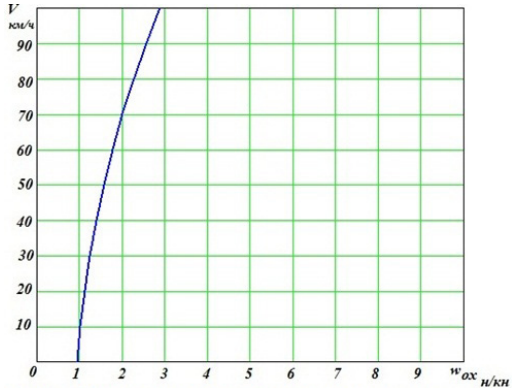


Рис. 1б. Удельная замедляющая сила (в режиме холостого хода) 4ТЭ116УМ.

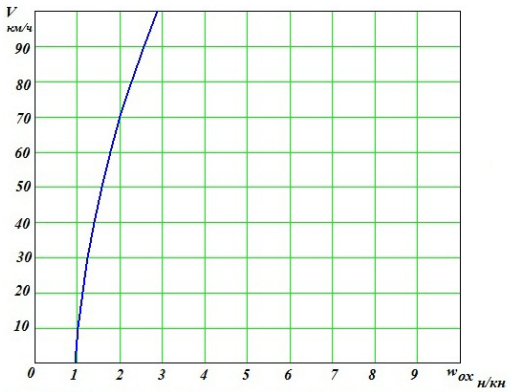


Рис. 2б. Удельная замедляющая сила (в режиме холостого хода) 2ТЭ116УМ-23АГАЛ.

Рис. 1в. Удельная замедляющая сила (тормозной режим) 4ТЭ116УМ.

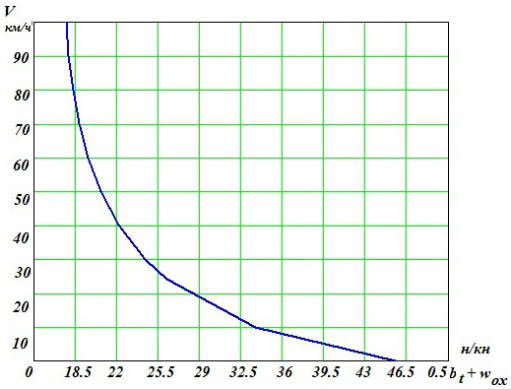


Рис. 2в. Удельная замедляющая сила (тормозной режим) 2ТЭ116УМ-23АГАЛ.

$$f(v) = b_T + \omega_{0X}. \quad (6)$$

Расчёт зависимости удельной ускоряющей и замедляющей сил от скорости проводился на массиве дискретных значений скорости, взятых в интервале от «0» до конструкционной скорости локомотива v_K с шагом Δv =10 км/ч. Кроме этого, расчёты производились для расчётной скорости и скорости, соответствующей точке перелома тяговой характеристики локомотива.

Результаты вычислений представлены на рис. 1(а-в) и рис. 2(а-в), где они присутствуют в виде графиков зависимости равнодействующей силы (при трех режимах движения) от скорости.

На основе полученных данных построена диаграмма удельных равнодействующих сил для различных локомотивов, после чего с ее помощью на графике продольного профиля проведён расчёт скорости

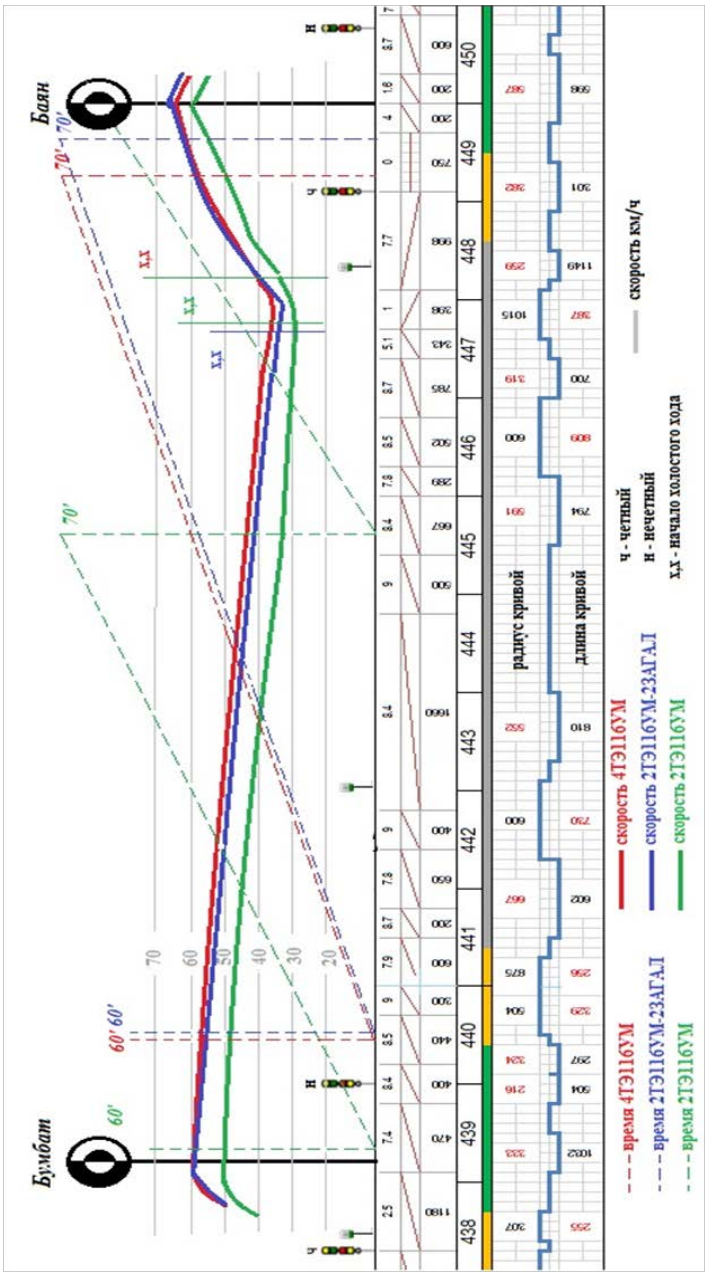


Рис. 3. Результаты расчёта кривой скорости и времени движения на участке Бумбат–Баян.

движения поезда. При расчётах использовался метод А. И. Липеца [3], наиболее удобный для применения в условиях железных дорог. Суть метода заключается в графическом интегрировании уравнения движения поезда. При построении кривой скорости по методу Липеца необходимо разрешить противоречие: с одной стороны, стремиться к развитию максимальных скоростей с тем, чтобы повысить пропускную способность железной дороги, с другой стороны, следует обеспечить экономию энергоресурсов.

Поставленная задача решается за счёт рационального использования накопленной кинетической и потенциальной энергии поезда. Результаты расчёта кривой скорости показаны на рис. 3, где фигурирует наиболее сложный перегон Бумбат–Баян.

На основе кривой скорости и при помощи графического метода Г. В. Лебедева

[3] получено полное время движения и время работы ТЭД в различных режимах на участке Толгойт–Чойр. Этот метод позволяет получить наиболее точные результаты, является наглядным и не требует значительных затрат машинного времени. Он допускает достаточно простую программную реализацию, поскольку основан на дифференциальной связи скорости и координаты: тангенс угла, образованного касательной к графику зависимости t = f(S) и осью времени, пропорционален средней скорости движения на данном интервале пути. Результаты вычисления движения показаны на рис. 3.

Определив время хода поезда t по участку методом Лебедева, следует рассчитать среднюю техническую v_T и участковую $v_{уч}$ скорости движения для каждого варианта сравнения, км/ч:

$$V_T = \frac{60 \bullet \sum S}{t} ; \quad (7)$$

$$V_{уч} = \beta_y \bullet V_T . \quad (8)$$

Здесь $\sum S$ – общая длина участка профиля (в километрах), t – общее время хода поезда (в минутах), β_y – коэффициент участковой скорости, который можно принять в интервале $\beta_y = 0{,}8–0{,}9$.

Анализ режимов работы ТЭД позволяет найти расход топлива на основе известных соотношений, после чего оказывается возможным сделать выводы относительно целесообразности эксплуатации локомотива. Расход дизельного топлива (в килограммах) тепловозом при движении по заданному участку определяют по формуле:

$$E = \sum_{i=1}^{n_к} G_i \bullet t_i + g_x \bullet t_x , \quad (9)$$

где G_i – расход топлива за i-ую минуту при движении тепловоза в режиме тяги при i-ом положении рукоятки контроллера машиниста (кг/мин). Данные значения приводятся в [4] в виде расходных характеристик $G = f(v, n_k)$; $n_к$ – число используемых для ведения поезда позиций рукоятки контроллера машиниста, g_x – расход топлива за i-ую минуту при движении тепловоза в режимах холостого хода дизеля и торможения (кг/мин). Те же значения приводятся в [5], там t_i – суммарное время движения тепловоза в режиме тяги при i-ом положении рукоятки контроллера машиниста (в минутах), оно определяется по кривой t = f(S); t_x – суммарное время движения тепловоза в режимах холостого хода и торможения (в минутах), определяется по t = f(S).

Более удобной величиной является удельный расход натурального дизельного топлива на единицу перевозочной работы 10^4т • км брутто, измеренный в единицах кг/10^4 т • км брутто:

$$e = \frac{Eg}{Q \sum S} \bullet 10^4 . \quad (10)$$

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Выбранная масса поезда 8 000 т проверялась, исходя из максимально возможного веса поезда, который вычислялся согласно формуле (11) [6]:

$$Q_m = \frac{F_{kp} - (\omega_0^{'} + i_p) \bullet P}{(\omega_0^{''} + i_p)} , \quad (11)$$

с учетом F_{kp} – расчётной силы тяги локомотива и расчётной скорости v_p. Для локомотива 4ТЭ116УМ получено значение Q_m = 9675 т, для комбинации локомотивов 2ТЭ-116УМ-2ЗАГАЛ – Q_m = 10245 т. Как видно, масса поезда 8000 т выбрана с большим запасом. Он необходим еще и потому, что следует обеспечить надёжную работу компрессора, призванного сохранить расчётное значение ускорения при торможении, а также не допустить перегрева ТЭД локомотива. Расчёт надёжности проводился по известным формулам [6].

Выбранная масса поезда также проверялась по условию трогания с места на расчётном подъёме:

$$Q_{kmp} = \frac{F_{kmp}}{(\omega_{mp} + i_{мах}) \bullet g} - P \bullet g . \quad (12)$$

Здесь F_{kmp} – сила тяги локомотива при трогании с места, измеренная в H; w_{mp} – удельное сопротивление состава при трогании с места, в кгс/т. Расчёт показал, что для обоих вариантов рассчитанная масса превышает выбранную: для локомотива 4ТЭ116УМ $Q_{ктр}$ = 10015 т, для комбинации локомотивов 2ТЭ116УМ-2ЗАГАЛ $Q_{ктр}$ = 10132 т.

Одним из основных критериев правильности выбора массы поезда служит также условие надёжного торможения. Расчётный коэффициент надёжности должен находиться в пределах [0,28–0,33]:

Таблица 2

Локомотив (вес поезда)	t, мин	v, км/ч	E, кг	e, кг/10^4 т • км бр.
2ТЭ116УМ (4500 т, два поезда следуют друг за другом)	265,1 + 30	58,4	3623,5	156,5
4ТЭ116УМ (8000 т)	260,2	59,5	3421,1	162,6
2ТЭ116УМ-2ЗАГАЛ (8000 т)	256,5	60,3	3264,7	155,1

$$\vartheta = \frac{\sum_{1}^{n} K \bullet \phi_{ш}}{(P+Q) \bullet g} \quad . \qquad (13)$$

Здесь K – сила нормального давления тормозных колодок, ϕ – эмпирический коэффициент, зависящий от типа вагона и количества осей. Расчётные значения оказались ϑ = 0,321 (для локомотива 4ТЭ-116УМ) и ϑ = 0,320 (для комбинации локомотивов 2ТЭ116УМ-2ЗАГАЛ).

Параметры эффективности, найденные для двух предложенных вариантов локомотивов, сопоставлялись с данными, полученными для локомотива, который эксплуатируется на УБЖД (на участке Толгойт–Чойр): 2ТЭ116УМ-4500 т (два поезда следуют друг за другом с интервалом 30 минут).

Расчётные значения времени движения (получено графическим способом из анализа кривой скорости, в мин), технической скорости (формулы (7, 8), в км/ч), удельного расхода топлива (формулы (9, 10), в кг) представлены в таблице 2.

Как видно из представленных результатов, комбинация локомотивов 2ТЭ-116УМ-2ЗАГАЛ позволяет организовать более быстрые и экономичные грузоперевозки. При этом вариант оказывается наиболее выигрышным по всем параметрам: удельному расходу топлива, средней скорости движения, времени движения и экономит трудозатраты персонала. Еще раз подчеркнём, что для сравнения предложенных в работе вариантов эксплуатации с традиционным вариантом необходимо выполнять расчёты для двух поездов 2ТЭ-116УМ с грузом по 4500 т, следующих друг за другом с интервалом 20–30 минут. Такой интервал обусловлен тем, что на УБЖД используется полуавтоматическая блокировка, которая подразумевает наличие на перегоне одного поезда, в то время как в условиях РЖД применяется автоматическая блокировка [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными приоритетами УБЖД является быстрота, надёжность, безопасность и экономическая эффективность грузоперевозок. Используемый в настоящее время локомотив 2ТЭ116УМ вполне соответствует всем предъявляемым требованиям. Тем не менее при более детальном рассмотрении возможностей железной дороги появляются варианты с поездами большей массы, которые позволяют добиться лучших, чем ранее показателей эффективности.

Использование предложенной комбинации локомотивов 2ТЭ116УМ-2ЗАГАЛ более эффективно прежде всего с точки зрения трёх показателей: времени движения, расчётной скорости и расхода топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмич В. Д., Руднев В. С., Френкель С. Я. Теория локомотивной тяги: Учебник для вузов.– М.: Маршрут, 2005.– 448 с.
2. Гребенюк П. Т., Долганов А. Н, Скворцова А. И. Тяговые расчёты: Справочник / Под ред. П. Т. Гребенюка.– М.: Транспорт, 1987.– 272 с.
3. Правила тяговых расчётов для поездной работы.– М.: Транспорт, 1985.– 287 с.
4. Осипов С. И., Осипов С. С., Феоктистов В. П. Теория электрической тяги: Учебник для вузов.– М.: Маршрут, 2006.– 436 с.
5. Теория и конструкция локомотивов: Учебник для вузов / Под ред. Г. С. Михальченко.– М.: Маршрут, 2004.– 424 с.
6. Руднев В. С. Тяговые расчёты для магистральных железных дорог: Методические указания.– М.: МИИТ, 2002.– 44 с.
7. Основы электрической тепловозной тяги / Под ред. С. И. Осипова.– М.: Транспорт, 2000.– 408 с.
8. Кравцов Ю. А., Нестеров В. Л., Лекута Г. Ф. и др. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики / Под ред. Ю. А. Кравцова.– М.: Транспорт, 1996.– 400 с. ●

Координаты авторов: **Гантумур Бурэн-Итгэл** – itgel_007@mail.ru, **Пречисский В. А.** – pretchis@gmail.com, **Слепцов М. А.** – sleptsovma@mpei.ru, **Барат А. А.** – Artemsputt@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 09.10.2016, принята к публикации 18.11.2016.

ON THE EFFICIENCY OF USING AUTONOMOUS LOCOMOTIVES ON THE RAILWAYS OF MONGOLIA

Gantumur, Buren-Itgel, *Scientific Research University MEI, Moscow, Russia / Ulan Bator, Mongolia.*
Prechissky, Vladimir A., *Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia.*
Sleptsov, Mikhail A., *Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia.*
Barat, Artem A., *Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The requirements of speed, reliability, safety and cost-effectiveness of cargo transportation pose a number of complex logistics tasks for Ulaanbaatar Railroad (UBZhD), including the choice of optimal train mass, series and number of locomotive sections for driving a freight train of a given weight. The mass of the train selected in the course of the study was checked by the condition of starting from the place on the calculated ascent. Based on the analysis of the longitudinal track profile, a computational profile scheme was compiled. Calculation of the minimum traction force of the locomotive was given by the mass of the train, the series and the number of sections. Using the diagrams of the specific slowing and accelerating forces, the train speed curve was constructed by the method of A. I. Lipets, after which by the method of G. V. Lebedev the total train travel time and the operating time of TED in various modes was found, which allows finding the specific fuel consumption. After considering three possible variants, it is established that the combination of locomotives 2TE116UM-23AGAL allows for faster and more economical cargo transportation. Given the equipment of the UBZhD with these locomotives, the idea proposed in the article can be realized on the most heavily stressed sections.

Keywords: railway, locomotive, Mongolia, cargo transportation optimization, calculations, efficiency.

Background. *In connection with the forecasted growth of the Mongolian economy, it becomes necessary to solve complex logistics tasks on a countrywide scale. Actually, in particular, the choice of a locomotive that meets a set of requirements, including such as minimizing the time of transportation, observing traffic speeds ensuring safety in emergency situations, determining the optimal specific fuel consumption becomes a topical one. In this study, on the basis of the analysis of the longitudinal track profile, optimal parameters of the mass of the train, the series and the number of sections of the locomotive for conducting a freight train of a given weight were chosen on the most heavily stressed section Tolgoit–Choir. For each of the proposed options indicators of relative effectiveness were found and recommendations for operation were developed.*

Objective. *The objective of the authors is to consider efficiency of using autonomous locomotives on the railways of Mongolia.*

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

Results.

1. Method of calculation

The calculation of performance indicators for the operation of different locomotives is based on the following standard procedure. At the initial stage it is necessary to study the longitudinal profile of the investigated track section (in this example, Tolgoit–Choir, data provided by the Ulaanbaatar Railroad – UBZhD). The calculated profile scheme is obtained due to the grouping of similar elements and the replacement of the curves of the track sections with fictitious ascents. Then, specifying the mass of the train, it is necessary to choose the series and number of sections of the locomotive on the basis of calculating the minimum traction force of the locomotive for conducting a freight train of the established weight according to the calculated ascent with a calculated constant speed [6]:

$$F_{K\min} = Q \cdot (\omega_0 + i_P) \cdot \left(\frac{q+1}{q} \right), \qquad (1)$$

where Q is the weight of the freight train composition, kN; i_P is steepness of the calculated ascent; q is the ratio of the weight of the train to the weight of the locomotive. The main resistivity of train movement ω_0 is determined from:

$$\omega_0 = \frac{\omega_0' + q\omega_0''}{1+q}. \qquad (2)$$

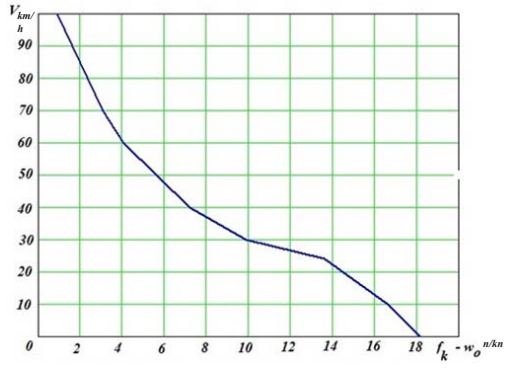
The values ω_0', ω_0'', characterizing the main resistivity of movement of train and freight train are

Table 1

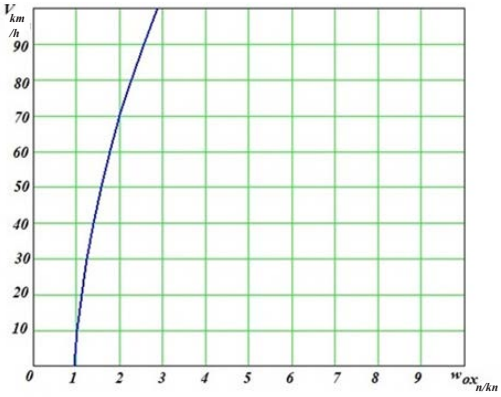
The initial parameters of the compared series of locomotives

№	Basic parameters of locomotives	Series of locomotives	
		1st variant	2nd variant
		4TE116UM	2TE116UM-23AGAL
1.	Effective capacity (continuous power), kW	5300	5287
2.	Number of sections	4	4
3.	Calculated traction force, N	1460	1430
4.	Calculated speed, km / h	24,4	24,4
5.	Constructional speed, km / h	100	100
6.	Calculated weight, kN	5520	5364

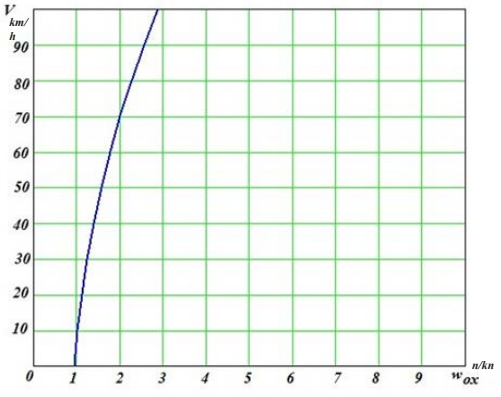
Pic. 1a. Specific accelerating force (in traction mode) 4TE116UM.



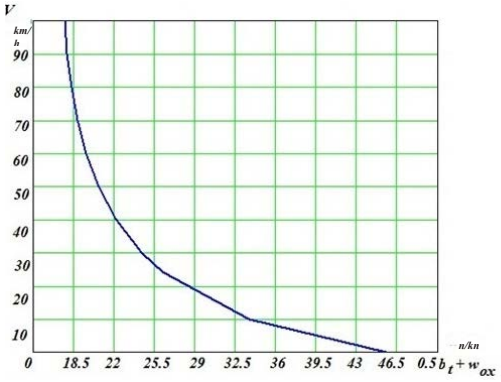
Pic. 2a. Specific accelerating force (in traction mode) 2TE116UM-23AGAL.



Pic. 1b. Specific deceleration force (in idling mode) 4TE116UM.



Pic. 2b. Specific deceleration force (in idling mode) 2TE116UM-23AGAL.



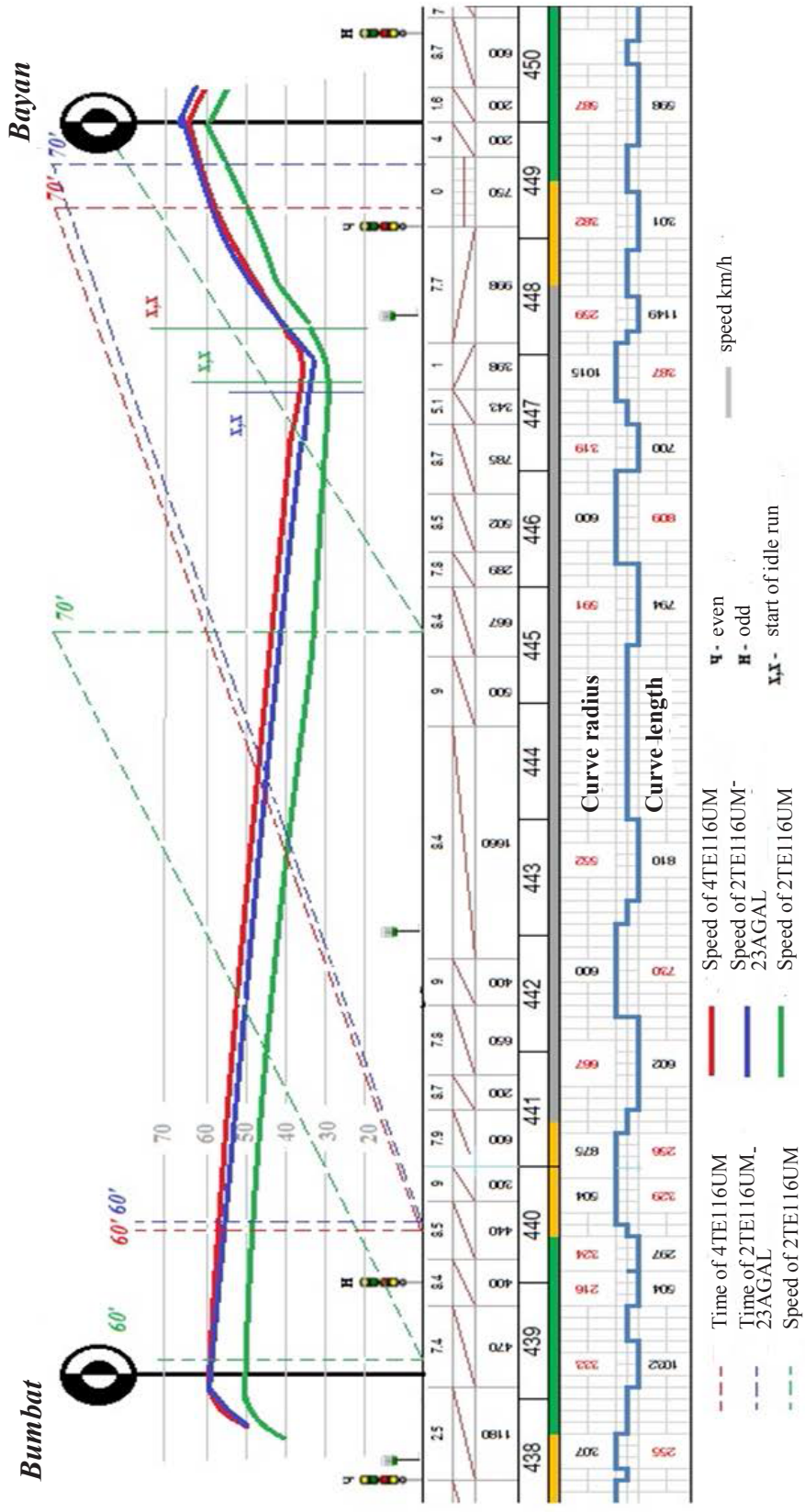
Pic. 1c. Specific deceleration force (braking mode) 4TE116UM.

Pic. 2c. Specific deceleration force (braking mode) 2TE116UM-23AGAL.

taken from [1, 7] for the calculated speed v_p = 24 km/h. The minimum power required to drive a train is found according to the formula [6]:

$$N_{K\min} = \frac{F_{K\min} \cdot v_P}{3600}. \qquad (3)$$

By the values of F_{Kmin} or N_{Kmin}, it is possible to choose a series of locomotives with a corresponding number of sections and calculation parameters that are not lower than the minimum required. The calculated parameters of such series are shown in Table 1.



Pic. 3. Results of calculation of speed and time curve on Bumbat–Bayan section.

Table 2

Locomotive (weight of the train)	t, min	v, km/h	E, kg	e, kg/10^4 t·km gr.
2TE116UM (4500 t, two trains follow each other)	265,1 + 30	58,4	3623,5	156,5
4TE116UM (8000 t)	260,2	59,5	3421,1	162,6
2TE116UM-23AGAL (8000 t)	256,5	60,3	3264,7	155,1

After the type and number of sections of the locomotive has been selected, it is necessary to draw traction calculation of the resultant forces under the main driving regimes: traction, full service braking and idling. The empirical formulas used to calculate the forces as a function of the speed of motion are taken from [2].

The specific accelerating force (in the traction mode) [1] is a function of speed and can be found according to the expression:

$$f(v) = f_K - \omega_0, \quad (4)$$

where $f_K = \frac{F_K}{P+Q}$ *is specific traction force (P is locomotive weight, Q is train weight). The specific decelerating force (braking mode) [1] is found as*

$$f(v) = 0{,}5b_T + \omega_{0X}. \quad (5)$$

Here $b_T = 270\frac{v+100}{5v+100}\cdot\upsilon_P$ *is specific braking force:*

$\omega_{0X} = \frac{\omega_X^{'}\cdot P + \omega_0^{''}\cdot Q}{P+Q}$ *is specific decelerating force when idling.*

The main specific resistance to movement of a rolling stock in idling mode: $w'_x = 2{,}4+0{,}011\ v + 0{,}00035\ v^2$. *In the emergency braking mode the specific decelerating force [6] is calculated according to the expression*

$$f(v) = b_T + \omega_{0X}. \quad (6)$$

Calculation of the dependence of the specific accelerating and decelerating forces on the speed was carried out on an array of discrete values of the speed taken in the interval from «0» to the design speed of the locomotive v_K *with a step* $\Delta v = 10$ *km / h. In addition, calculations were made for the calculated speed and speed corresponding to the point of fracture of the locomotive tractive characteristic.*

The results of the calculations are shown in Pic. 1 (a-c) and Pic. 2 (a-c), where they are present in the form of graphs of the dependence of the resultant force (with three modes of motion) on the speed.

On the basis of the obtained data, a diagram of the specific resultant forces for different locomotives was constructed, after which a calculation of the speed of the train was carried out using the longitudinal profile graph. The method of A. I. Lipets [3] was used in the calculations, which is the most convenient for use in the conditions of railways. The essence of the method is the graphic integration of the equation of train motion. When constructing a speed curve using the Lipets method, it is necessary to resolve the contradiction: on the one hand, to strive for the development of maximum speeds in order to increase the capacity of the railway, on the other hand, energy saving should be ensured.

The task is solved due to the rational use of the accumulated kinetic and potential energy of the train. The results of calculating the speed curve are shown in Pic. 3, which shows the most difficult haul Bumbat–Bayan.

On the basis of the speed curve and using the graphical method of G. V. Lebedev [3] was obtained the total travel time and operating time of TED in various regimes in the section Tolgoit–Choir section. This method allows to get the most accurate results, is visual and does not require significant computer time. It allows a fairly simple software implementation, because it is based on the differential coupling of speed and coordinate: the tangent of the angle formed by the tangent to the graph of the dependence t = f(S) and the time axis, is proportional to the average speed of motion on a given track interval. The results of the calculation of motion are shown in Pic. 3.

Having determined the travel time t of the train by the Lebedev method, it is necessary to calculate the average technical v_T *and the sectional speed* v_{sec} *for each variant of comparison, km / h:*

$$V_T = \frac{60\cdot\sum S}{t}; \quad (7)$$

$$V_{sec} = \beta_{sec}\cdot V_T. \quad (8)$$

Here $\sum S$ *is the total length of the section of the profile (in kilometers), t is the total train travel time (in minutes),* β_{sec} *is the sector speed coefficient, which can be taken in the range* $\beta_{sec} = 0{,}8–0{,}9$.

The analysis of TED operation modes allows finding fuel consumption based on known ratios, after which it becomes possible to draw conclusions regarding the expediency of operating a locomotive. The diesel fuel consumption (in kilograms) by diesel locomotive when driving on a given section is determined by the formula:

$$E = \sum_{i=1}^{n_k} G_i\cdot t_i + g_x\cdot t_x, \quad (9)$$

where G_i *is fuel consumption for the i-th minute when the locomotive moves in the traction mode at the i-th position of the handle of the driver's controller (kg/min). These values are given in[4] in the form of flow characteristics* $G = f(v, n_k)$; n_k *is the number of the driver's handle positions used for driving the train,* g_x *is the fuel consumption for the i-th minute when the locomotive moves in idle and braking modes (kg / min). The same values are given in [5], where* t_i *is the total travel time of the locomotive in traction mode at the i-th position of the operator's controller handle (in minutes), it is determined by the curve* $t = f(S)$; t_x *is total time of locomotive motion in idle and deceleration modes (in minutes), is determined by* $t = f(S)$.

A more convenient value is the specific consumption of natural diesel fuel per unit of transportation work of 10^4 *t / km gross, measured in units of kg /* 10^4 *t / km gross:*

$$e = \frac{Eg}{Q\sum S}\cdot 10^4. \quad (10)$$

2. Results and analysis

The selected train mass of 8,000 tons was checked based on the maximum possible weight of the train, which was calculated according to formula (11) [6]:

$$Q_m = \frac{F_{kp} - (\omega_0^{'} + i_p)\cdot P}{(\omega_0^{''} + i_p)}. \quad (11)$$

Taking into account F_{kp} is design traction force of locomotive and calculated speed v_p. For the locomotive 4TE116UM the value Q_m = 9675 tons was obtained, for the combination of locomotives 2TE116UM-23AGAL – Q_m = 10245 tons. As can be seen, the train mass of 8000 tons was chosen with a large margin. It is also necessary because it is necessary to ensure reliable operation of the compressor, designed to maintain the calculated value of acceleration during braking, and also to prevent overheating of TED of the locomotive. Reliability calculation was carried out according to known formulas [6].

The selected mass of the train was also checked by the condition of starting from the place on the calculated ascent:

$$Q_{kmp} = \frac{F_{kmp}}{(\omega_{mp} + i_{max}) \cdot g} - P \cdot g \ . \qquad (12)$$

Here F_{kmp} is traction force of the locomotive when starting motion, measured in N; w_{mp} is specific resistance of the train when starting motion, in kgf/t. The calculation showed that for both variants the calculated mass exceeds the selected mass: for the locomotive 4TE116UM Q_{kmp} = 10015 tons, for the combination of locomotives 2TE116UM-23AGAL Q_{kmp} = 10132 tons.

One of the main criteria for the correctness of the choice of the mass of the train is also the condition for reliable braking. The calculated reliability factor should be in the range [0,28–0,33]:

$$\vartheta = \frac{\sum_{1}^{n} K \cdot \phi_{sh}}{(P+Q) \cdot g} \ . \qquad (13)$$

Here K is the force of the normal pressure of the brake pads, and ϕ is the empirical coefficient depending on the type of car and the number of axles. The calculated values turned out to be ϑ = 0.321 (for the locomotive 4TE116UM) and ϑ = 0.320 (for the combination of locomotives 2TE116UM-23AGAL).

The efficiency parameters found for the two proposed variants of locomotives were compared with the data obtained for the locomotive, which is operated on the UBZHD (on Tolgoit–Choir section): 2TE116UM-4500 tons (two trains follow each other at an interval of 30 minutes).

The calculated values of the time of motion (obtained graphically from the analysis of the speed curve, in min.), technical speed (formulas (7, 8), in km / h), the specific fuel consumption (formulas (9, 10), kg) are presented in Table 2.

As can be seen from the presented results, the combination of 2TE116UM-23AGAL locomotives allows for faster and more economical cargo transportation. At the same time, the variant proves to be the most advantageous in all parameters: specific fuel consumption, average speed of movement, time of movement and saves labor costs of personnel. Once again, we emphasize that in order to compare the variants of operation proposed in the work with the traditional variant, it is necessary to perform calculations for two trains 2TE116UM with a cargo of 4500 tons, following one another at intervals of 20–30 minutes. This interval is due to the fact that a semi-automatic blocking is used on the UBZ, which implies the presence of one train on the haul, while automatic blocking is used in the conditions of Russian Railways [8].

Conclusion. *The main priorities of the UBZHD are speed, reliability, safety and cost-effectiveness of cargo transportation. Currently used locomotive 2TE116UM fully meets all the requirements. Nevertheless, with a more detailed consideration of the possibilities of the railway, there are variants with trains of larger mass, which allow achieving better performance indicators than previously.*

The use of the proposed combination of locomotives 2TE116UM-23AGAL is more effective primarily from the point of view of three factors: driving time, design speed and fuel consumption.

REFERENCES

1. Kuzmich, V. D., Rudnev, V. S., Frenkel, S. Ya. Theory of locomotive traction: A textbook for universities [*Teorija lokomotivnoj tjagi: Uchebnik dlja vuzov*]. Moscow, Marshrut publ., 2005, 448 p.

2. Grebenyuk, P. T., Dolganov, A. N, Skvortsova, A. I. Traction calculations: Handbook [*Tjagovye raschjoty: Spravochnik*]. Ed. by P. T. Grebenyuk. Moscow, Transport publ., 1987, 272 p.

3. Rules of traction calculation for train work [*Pravila tjagovyh raschjotov dlja poezdnoj raboty*]. Moscow, Transport publ., 1985, 287 p.

4. Osipov, S. I., Osipov, S. S., Feoktistov, V. P. Theory of electric traction: A textbook for universities [*Teorija elektricheskoj tjagi: Uchebnik dlja vuzov*]. Moscow, Marshrut publ., 436 p.

5. Theory and construction of locomotives: Textbook for universities [*Teorija i konstrukcija lokomotivov: Uchebnik dlja vuzov*]. Ed. by G. S. Mikhalchenko. Moscow, Marshrut publ., 2004, 424 p.

6. Rudnev, V. S. Traction calculations for the main railways: Methodological guidelines [*Tjagovye raschjoty dlja magistral'nyh zheleznyh dorog: Metodicheskie ukazanija*]. Moscow, MIIT publ., 2002, 44 p.

7. Fundamentals of electric diesel traction [*Osnovy elektricheskoj teplovoznoj tjagi*]. Ed. by S. I. Osipov. Moscow, Transport publ., 2000, 408 p.

8. Kravtsov, Yu. A., Nesterov, V. L., Lekuta, G. F. *et al.* Systems of railway automation and telemechanics [*Sistemy zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki*]. Ed. by A. A. Kravtsov. Moscow, Transport publ., 1996, 400 p.

Information about the authors:

Gantumur, Buren-Itgel – Ph.D. student of Scientific Research University MEI, Moscow, Russia / Ulan Bator, Mongolia, itgel_007@mail.ru.

Prechissky, Vladimir A. – D.Sc. (Eng.), professor of Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia, pretchis@gmail.com.

Sleptsov, Mikhail A. – Ph.D. (Eng.), professor of Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia, sleptsovma@mpei.ru.

Barat, Artem A. – senior lecturer of Scientific Research Institute MEI, Moscow, Russia, Artemsputt@gmail.com.

Article received 09.10.2016, accepted 18.11.2016.

ЭКОНОМИКА • ECONOMICS

КООПЕРАЦИЯ 112

Синергия транслогистической платформы.

СТРАТЕГИЯ 128

Транспортное обеспечение Севера: приоритет наземных сообщений.

МАКРОФАКТОРЫ 140

Пассажирооборот и ВВП.

СУДОХОДСТВО 150

Японские нормативы для торгового мореплавания.

COOPERATION 112

Synergy of transport-logistics platform.

STRATEGY 128

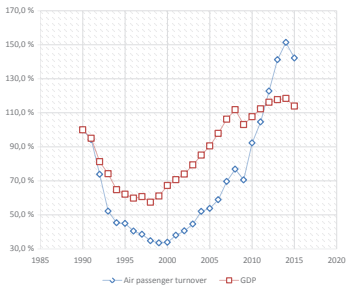
Transport supplies to the Northern regions: priority of land routes.

MACROFACTORS 140

Passenger turnover and GDP.

NAVIGATION 150

Japanese standards for merchant navigation.



УДК 656:33

Транслогистическая платформа: сетевая кооперация

Олег ДУНАЕВ

Дунаев Олег Николаевич *– доктор экономических наук, профессор, член Совета ТПП РФ по промышленному развитию и конкурентоспособности экономики России, заместитель председателя Комитета РСПП по международному сотрудничеству, председатель подкомитета по транспорту и логистике, Москва, Россия.*

Oleg N. DUNAEV

Translogistic Platform: Network Cooperation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 121)

В статье логистика предстает технологией управления сетевой кооперацией в новой модели экономического роста, отвечающей требованиям мобильности людей и товаров в XXI веке. Дается анализ логистики как фактора современного этапа экономического роста. Рассматриваются основные тенденции формирования и развития транслогистической платформы как сетевой кооперации в цепи создания продукта; единого/общего бизнес-процесса; сетевого взаимодействия бизнес-процессов на территориальном уровне. Сделан вывод о необходимости развития логистики как технологии управления, обеспечивающей синергетический эффект на базе торгово-промышленной сетевой кооперации

Ключевые слова: экономика, логистика, транслогистическая платформа, стратегическое партнерство, экономический рост, технологии управления сетевой кооперацией, бизнес-процессы.

Решение насущных задач российской экономики упирается в нетривиальный процесс «собирания» российских бизнесов в производственные цепочки, кластеры, агломерации, «сшивания» крупных региональных центров производства и потребления в мезо- и макрорегионы с выходами на международные экономические коридоры. Интенсификация кооперационных отношений требует усиления горизонтальных связей – межотраслевых и межрегиональных – и может быть продуктивно осуществлена на базе логистики.

Сегодня многие государства встали на путь модернизации/трансформации экономики через развитие транспортно-логистической и торговой инфраструктуры. При этом цель не ограничивается выполнением роли «естественного транзитного моста», «естественных ворот», «глобального транзитного хаба», но предусматривает развитие экономики страны как глобального бизнес-центра с новыми конкурентными преимуществами для участия в глобальных цепочках создания стоимости, с новыми компетенциями по осуществлению крупных инфраструктурных проектов, с возможностями получения выгод от пространственного разме-

Рис. 1. Логистика как фактор нового этапа экономического роста.

щения, международной торговли и инвестиций.

К сожалению, в России потенциал логистики как быстро растущего сектора национальной экономики явно недооценивается. Барьером для реализации потенциала логистики как современной технологии управления цепями поставок, организации сетевого бизнес-взаимодействия, обеспечивающего сокращение совокупных издержек, рост производительности труда и повышение конкурентоспособности, выступают:

– несбалансированное состояние компонентов логистической инфраструктуры (существенные территориальные и структурные диспропорции в размещении и развитии по регионам России);

– нехватка (особенно новых) компетенций и недостаточный масштаб бизнеса логистических компаний;

– отсутствие стандартов и общепринятых подходов к созданию объектов логистической инфраструктуры; опора на девелоперскую классификацию складских объектов (A, B, C, D), несостоятельную при принятии решений о формировании технико-технологических и объемно-планировочных характеристик объектов;

– отставание с внедрением электронного документооборота, высокие издержки администрирования логистических операций, неэффективные таможенные процедуры;

– недостаточная организационная поддержка производственной кооперации и сетевого взаимодействия, территориальной логистической инфраструктуры как ресурсной основы встраивания экономики региона в цепи поставок/добавленной стоимости, экспортные потоки.

Преодоление существующих барьеров возможно на путях формирования *национальной транслогистической платформы* как инструмента организации распределенного производства на базе развитой системы региональных транспортно-логистических платформ/кластеров со специализированным пакетом услуг (для нефтегазовой, машиностроительной, агропромышленной и других отраслей), связанных между собой через маршрутную сеть, транспортные узлы, транспортные коридоры.

1. ЛОГИСТИКА КАК ФАКТОР НОВОГО ЭТАПА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Новый этап экономического роста использует «новый портфель ресурсов», главной характеристикой которых является их гибкость, способность к взаимодополнению и взаимозамещению, мобильность. Он опирается на сервисную экономику (ничего общего не имеющую с деиндустриализацией экономики), предлагающую сложный комплекс услуг по обслуживанию отраслей и секторов экономики с целью минимизации издержек/повышения производительности труда, оптимизации бизнес-процессов и систем управления. Одновременно сервисная экономика сама может и продуцирует новые продукты, технологии, бизнесы и, следовательно, новые рынки.

Логистика в современных условиях определяет направления общемировых потоков товаров и услуг, эффективная логистика создает конкурентные преимущества на уровне деловых организаций, регионов, национальных экономик, расширяет

Таблица 1

Сравнительный анализ индексов развития логистики по странам

Позиционирование отдельных стран в рейтинге LPI2014, World Bank			Позиционирование России и Китая по групповым индексам LPI2014 (LPI 2012/LPI2010/LPI2007)		
Место	Страна	Значение LPI-2014	Категория	Место	Страна
1	Германия	4,12	Таможня	1 (21 /6/ 12)	Норвегия
2	Нидерланды	4,05		38 (30/32/35)	Китай
				133 (138/115/137)	Россия
3	Бельгия	4,04	Инфраструктура	1 (1 /1/ 3)	Германия
4	Великобритания	4,01		23 (26/27/30)	Китай
				77 (97/83/93)	Россия
5	Сингапур	4,00	Отгрузки	1 (9/7/45)	Люксембург
7	Норвегия	3,96		22 (23/27/28)	Китай
				102 (106/96/94)	Россия
8	Люксембург	3,95	Качество и компетентность	1 (23/13/17)	Норвегия
9	США	3,92		35 (28/29/27)	Китай
				80 (92/88/83)	Россия
28	Китай	3,53	Контроль	1 (7/4/5)	Германия
88	Казахстан	2,70		29 (31/30/31)	Китай
				79 (79/97/119)	Россия
90	Россия	2,69	Своевременность	1 (11/1/25)	Люксембург
99	Белоруссия	2,64		36 (30/36/36)	Китай
				84 (94/88/86)	Россия

Источник: «Connecting to compete 2014. Trade Logistics in the Global Economy. Logistics Performance Index and its Indicators», World Bank, 2014.

и объединяет существующие рынки и способствует входу на новые рынки. Логистика удлиняет и диверсифицирует цепочку создания добавленной стоимости, может формировать структуру национальной экономики, определяя ее «профиль». Наконец, логистика стимулирует приток инвестиций, придает им устойчивый характер, позволяет рассматривать свой потенциал как ключевой стратегический ресурс (см. рис. 1).

В свою очередь, на развитие рынка логистических услуг оказывают влияние инновации за пределами сектора логистики. Новые производства, новые технологии и новые продуктовые потоки требуют нового дизайна, глобальных цепочек поставок (GSC) и глобальных цепочек создания ценности (GVC), которые могут не вписываться в уже существующие системы транспортирования и размещения транспортно-логистической инфраструктуры. В этом случае прежняя инфраструктура не позволяет реализовать потенциал новых инновационных решений в области поставок, что подрывает надежность предоставления услуг и ставит перед необходимостью дизайна новой конфигурации цепочек поставок. Потребность в новых логистических взаимодействиях обусловлена также ростом цен на энергоносители, удорожанием услуг транспортировки продукта, может вызываться геополитическими рисками. Поставщики и их клиенты неизбежно встают перед проблемой распределения/поставки продукта при более низких издержках.

Таким образом, изменения в экономике под давлением логистики заставляют правительственный и частный сектора задуматься, какого типа инвестиции требуются, в каких направлениях, какого уровня/качества они нужны, чтобы сохранить конкурентоспособность страны. Понимание мотивации для принятия решений в области логистики, а также их влияния на экономики различных стран является важным отправным пунктом в исследовании того, как многонациональные товарные потоки отражают характеристики рынков той или иной экономики и одновременно формируют их и обеспечивают экономический рост.

Проведенный нами анализ российского рынка логистических услуг показывает:

– основная доля услуг в сфере перевозок, хранения, управления запасами и цепочками поставок выполняется собственными силами предприятий товаропроизводителей (68 %);

– в структуре рынка преобладают услуги 2PL провайдеров (доля услуг 3PL провайдеров не превышает 8 %);

– высока доля услуг по транспортировке нефти и газа (80 % оборота рынка транспортно-логистических услуг), сырьевых товаров.

Сравнительный анализ индекса развития логистики, рассчитанный Всемирным банком, свидетельствует о существенном отставании логистических сервисов в России, в том числе и по сравнению с Китаем (см. таблицу 1).

Раздробленное состояние компонентов логистической системы, характерное для современной России (существенные территориальные и структурные диспропорции в размещении и развитии логистической инфраструктуры, неразвитость/несоответствие структуры рынка логистических услуг современным потребностям, недостаточное использование логистических принципов управления в реализации транзитного потенциала), служит мощным ограничением в реализации идеи создания общего экономического пространства и единого рынка логистических услуг.

Преодоление фрагментарности возможно на путях создания «единого регулятора/координатора» – института развития, что позволит собрать целостную стратегическую архитектуру для логистики и управлять ее изменениями на базе информационных технологий. Подобная архитектура впитает в себя мировые инновационные разработки. В результате появятся новые целостные унифицированные модели, внедрение которых во всех секторах российской экономики создаст предпосылки к гармонизации перехода на международные стандарты логистических взаимодействий.

Основные положительные эффекты внедрения интегрированной архитектуры логистики проявятся в комплексном развитии территорий и региональных союзов, связывании производственных кластеров и центров потребления, создании новых высокотехнологичных рабочих мест. Появятся новые конкурентоспособные маршруты, транспортные коридоры, транспортно-логистические кластеры, вписанные в международные геополитические консорциумы и кооперации.

Итак, сложная архитектура логистических взаимодействий означает, что долговременные выгоды в виде создания добавленной стоимости, прироста торговли и инвестиций возможны только на основе прочной интеграции бизнес-процессов компаний, что в комплексе обеспечит высокотехнологичный результат/продукт. Именно комплексный взгляд на современную архитектуру логистики позволяет избежать перекосов в развитии ее отдельных компонентов и обеспечить экономический рост компаниям, регионам, странам.

Исходя из этого, предлагается на основе сетевой кооперации компаний/организаций разработать и реализовать стратегию развития единого рынка логистических услуг как инструмента стратегического управления. Разработка стратегии позволит: (1) выявить «слабые места» и «недостающие звенья» логистики, чтобы, наращивая ее потенциал, добиваться устойчивого экономического роста; (2) подготовить подпрограммы комплексного (взаимоувязанного) развития всех компонентов логистической системы, включая ее кадровое обеспечение; (3) создать основы для интеграции бизнес-процессов в индустриально-логистических кластерах на базе информационных технологий и соответствующей технологической платформы (терминалы, складское хозяйство); (4) разработать модель стратегического взаимодействия участников интегрированных цепей поставок для повышения качества управления, сокращения общих (суммарных) издержек, оптимизации финансового результата; (5) предложить инструменты реализации стратегии и развития ключевых компетенций компаний на евроазиатском экономическом пространстве с использованием целевых программных проектов.

Для достижения указанных ориентиров предлагается создать транслогистическую платформу как пространство координации управления глобальными цепями поставок на региональном, национальном и международном уровне.

Сегодня достаточно широко используется термин «логистическая платформа», особенно когда требуется подчеркнуть: а) значимость сопряженности и взаимодополняемости объектов транспортно-логистической инфраструктуры, возможности их совместного использования; б) способность агентов-участников цепи поставок

к сетевому взаимодействию по созданию и доведению потребительской ценности до клиента; в) потребность в координации бизнес-процессов в границах сетевого взаимодействия в целях одновременного решения двух задач – улучшения качества сервиса и уменьшения издержек.

Логистическая платформа является тем инструментом, который позволяет в полной мере использовать потенциал логистики как технологии управления цепями поставок, сетевым взаимодействием.

Транслогистическая[1] платформа – это *экономическое пространство сетевого взаимодействия*/кооперации компаний, которое структурировано единым/общим процессом производства продукта, единой (выстроенной по общим стандартам) технологией управления бизнес-сетью, координирующей участников интегрированной цепи создания стоимости на региональном, национальном и глобальном рынках.

Этот подход включает в себя три составляющих: (1) транслогистическая платформа интегрированной цепи поставок, поддерживающая производственную, производственно-сбытовую и торговую кооперацию в цепи создания продукта и доведения его до потребителя (рынки продукта); (2) транслогистическая платформа единого/общего бизнес-процесса, функционирующего на основе комплементарных ресурсов и компетенций, объединенных в сетевую кооперацию для достижения общих результатов; (3) транслогистическая платформа сетевого взаимодействия бизнес-процессов на территориальном уровне: центры/парки, города, агломерации, регионы/мезорегионы, национальные, транснациональные формирования. Ключевой характеристикой во всех случаях является сетевое взаимодействие на базе логистики, которое, как известно, отличается добровольностью участия, согласованностью действий, открытостью, доверием между участниками и наличием координатора сетевой кооперации.

Результаты исследования, проведенного консалтинговой компанией KPMG, показали, что одной из приоритетных задач для цепочки поставок является «снижение уровня затрат и оборотного капитала» (46 % ответивших). Решение этой задачи связывается с обеспечением прозрачности и информированности производителей о цепочке поставок: 40 % респондентов признают, что недостаточно информированы о своей цепочке поставок, и только 14 % указали, что обладают полной информацией от своих поставщиков первого, второго и третьего уровней; каждый третий участник опроса считает, что проблема недостаточной информированности связана с несовершенством работы IT систем или отсутствием требуемых навыков, однако прозрачность организаций поставщиков находится на удивительно низком уровне [1].

Проблема, высвеченная в приведенном примере, говорит о невыстроенной (за редким исключением) интегрированной цепи поставок, а в более широком плане – об отсутствии общей логистической платформы вдоль цепи создания продукта/стоимости, скрепляющей производителя и поставщика общим бизнес-процессом с интегрированными моделями бизнес-планирования, с совместно разделяемыми ценностями и стандартами сотрудничества.

2. ТРАНСЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕТЕВОЙ КООПЕРАЦИИ

Производство разных продуктов имеет не одинаковое количество стадий изготовления, и следовательно, потребность в сетевом взаимодействии также будет разная. Наиболее длинные цепочки создания стоимости выстраиваются в пищевой индустрии, автомобилестроении, производстве одежды, электронике.

То есть, говоря иначе, потребность в интегрированной логистике будет зависеть от сложности и продолжительности цепи создания продукта (см. рис. 2).

Компания может дифференцировать производимые ею продукты по степени их сложности и тем самым сегментировать рынки требуемых ей логистических услуг: перевозка, аутсорсинг, управленческая логистика в интересах клиента. В таблице 2 представлены типы взаимодействия «покупатель–поставщик» в зависимости от разных критериев.

Чем более сложные продукты производит экономика, тем больше она нуждается в вы-

[1] Термин «транслогистичсекая» указывает на преодоление границ между компаниями-участниками сети, также на внутрирегиональное, межрегиональное, межнациональное взаимодействие.

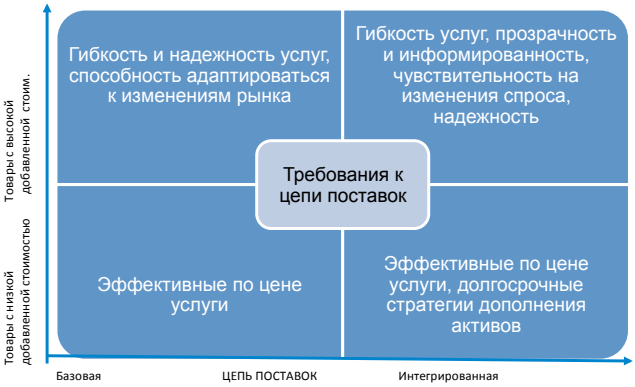


Рис. 2. Требования к цепи поставок в зависимости от уровней добавленной стоимости.

страивании интегрированных цепей поставок, требует развитой инфраструктурной сети и наличия взаимодополняемых, интегрируемых услуг, то есть применения логистики как технологии сетевого взаимодействия. Если нет хорошо выстроенных логистических платформ, обеспечивающих мультимодальные и интермодальные перевозки, информационные коммуникации в режиме онлайн, финансовые и другие бизнес-услуги, чтобы перемещать товары и координировать процесс производства добавленной стоимости, производственные цепочки будут стремиться к упрощению и замкнутости.

Зависимость российской экономики от импорта хорошо известна. Речь идет не только о высокой его доле в продовольствии. Высок удельный вес импорта и в расходах предприятий на сырье, материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие для производства товаров и услуг. Производственная зависимость от импорта ввозимых продуктов – это не столько результат вовлеченности в глобальные цепочки создания стоимости, сколько результат технологической отсталости российских производственных цепочек, которые были принудительно оборваны производителем продукта и замещены на поставки из-за рубежа. При этом от участия в производственной цепи отсекается разветвленная система последовательных производств, которая оказывается невостребованной.

В России сейчас процессу импортозамещения отводится ведущая роль в обеспечении роста в реальном секторе экономики. Правительством РФ принята Программа импортозамещения, прежде всего в тех отраслях, где зависимость от импорта составляет от 60 до 90 %. Согласно планам министерства промышленности и торговли, к 2020 году предстоит обеспечить радикальное снижение рыночной доли импорта более чем по 2 тысячам видов продукции.

Выстраивание полной производственной цепочки – это (1) замещение импорта готовой продукции импортом комплектующих для ее производства; (2) производство комплектующих и переход к импорту деталей для комплектующих; (3) производство деталей и завершение полного производственного цикла.

Импортозамещение сопровождается изменением отраслевой и пространственной структуры производства, выходом на новые для отечественного производителя рынки сбыта. Локализация предполагает производственную кооперацию и сетевое взаимодействие, предъявляет спрос на интегрированные цепи поставок, услуги/продукты логистики.

Таким образом, встает вопрос об оценке того, в какой мере транспортно-логистическая инфраструктура готова соединить производственные/технологические цепочки, в которых работает бизнес; как они соотносятся с существующей транспортной и логистической инфраструктурой; что необходимо предпринять, чтобы собрать новые логистические цепочки, включающие транспортные маршруты и экономических агентов; какие компоненты должна включать транслогистическая платформа, чтобы обеспечить локализацию собственного производства; как быстро смогут быть построены недостающие звенья.

3. ТРАНСЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ЕДИНОГО/ОБЩЕГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

Платформа бизнес-процесса, построенного на использовании комплементарных

Таблица 2

«Покупатель–поставщик» в цепи поставок: сила взаимодействия

СЛАБОЕ ◄——————————► СИЛЬНОЕ

	«Свободные», не зависимые друг от друга отношения	«Тесные» отношения (Sticky Relationships)	Вертикальная интеграция
Отношения собственности	Покупатель не является собственником какого-либо поставщика	Покупатель поддерживает определенный уровень отношений с поставщиком	Компания – изготовитель является собственником фирмы-поставщика
Характеристики отрасли	Низкий уровень технологии, трудоемкий процесс производства, низкая разработка технических заданий к параметрам. Экономия на масштабе	Низкий уровень технологии, трудоемкий процесс производства, высокие требования к техническим заданиям/параметрам. Экономия на разнообразии	Высокие требования к технологии и уровню технических параметров продукта, трудоёмкий или капиталоемкий процесс производства. Экономия, и на разнообразии, и на масштабе
Сектор продукта	Не долговечный для потребителя	Не долговечный для потребителя	Долговечный для потребителя
Характеристики продукта	Стандартный, не дифференцированный (стандартная одежда, электроника, игрушки), длинный или короткий жизненный цикл	Дизайнерский, разработанный продукт (дизайнерская одежда, обувь), короткий жизненный цикл продукта	Чувствительный к качеству продукт с длинным жизненным циклом
Характеристики покупателя	Крупный ритейлер в низком ценовом сегменте. Международный ритейлер (продуктовая сеть в треугольнике)	Собственник бренда. Международный ритейлер (продуктовая сеть в треугольнике)	Производитель. Собственник бренда
Местонахождение поставщика	Развивающиеся страны из низкодоходной группы стран	Развивающиеся страны из низко- или среднедоходной группы стран	Развивающиеся страны из средне- или высокодоходной группы стран
Передача технологий покупатель–поставщик	Отсутствует	Возможна	Обязательна

Источник: Backer K. D. Miroudot S. Mapping Global Value Chains/OECD Trade Policy Papers. No. 159//dx.doi.org/10/1787/.

ресурсов и компетенций, позволяет реализовать «бесшовную» логистику для развития взаимосвязанных и взаимодополняющих производств, сопутствующих видов деятельности в направлении получения общего результата/цели. Согласование интересов предполагает наличие координирующего центра, функции которого может выполнить компания-интегратор. В такой сетевой кооперации самостоятельное значение приобретает наличие общих технологических стандартов и регламентов, формирование общей операционной платформы, которая дает консолидировать активы, получать эффект масштаба, обеспечивать качество сервисов при конкурентных издержках.

Примером интеграции бизнес-процессов с комплементарными ресурсами и компетенциями на базе логистики служит Dubai World Central (DWC) – глобально интегрированная транспортно-логистическая платформа, охватывающая страны/рынки Европы, Африки, Юго-Восточной Азии, Дальнего Востока.

Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) используют свое естественное конкурентное преимущество – географическое положение, историческую роль торговли и современный туризм. Территориально Дубай занимает позицию «ворот» для стран Ближнего Востока, Азии и Северной Африки и специализируется на обслуживании международных грузопотоков между Индией, Юго-Восточной Азией, Африкой, Дальним Востоком и Европой. Последние годы Дубай стремительно трансформируется в один из мировых хабов по реэкспорту. Объекты инфраструктуры – аэропорт Аль-Мактум и морской порт Джебель Али (крупнейший контейнерный порт между Сингапуром и Роттердамом), индустриальный центр по подготовке к транспортировке и доставке скоропортящихся продуктов, в том числе обработанных холодом (обладает новейшими технологиями и занимает ключевые позиции на этом рынке) – соединены между собой общей логистической зоной и функционируют на общей операционной платформе с прямым доступом к дорожной сети ОАЭ, воздушным и морским коридорам, что позволяет сокращать время потока груза море-воздух/воздух-море. Операционная платформа функционирует в свободной экономической зоне, в результате предоставляются транспортно-логистические услуги беспрецедентного уровня доступности, скорости и эффективности.

Развитие транспортно-логистической и торговой инфраструктуры в регионе рассматривается как ведущий рычаг для осуществления глубоких преобразований в направлении участия в глобальных цепочках создания стоимости, диверсификации структуры экономики, получения выгод от пространственного размещения, международной торговли и инвестиций. При этом цель не ограничивается выполнением роли глобального транзитного узла для международной торговли и туризма, но предусматривает превращение региона в глобальный бизнес-центр мирового уровня, в котором оказывается профессиональная поддержка по ведению бизнеса – бухгалтерская, юридическая, банковская. Компетенции, развитые в ОАЭ по созданию и функционированию глобальных транспортно-логистических хабов, ныне стали предметом экспорта: компания Dubai Port World является консультантом международного морского торгового порта Актау (западный транспортный узел, Казахстан) по диверсификации направлений деятельности; в начале 2016 года подписано соглашение с РФПИ (Российский фонд прямых инвестиций) о создании совместного предприятия (DP World Russia), которое инвестирует в различные российские порты и предприятия транспортной и логистической инфраструктуры до 2 млрд долларов.

4. ТРАНСЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА НА ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ УРОВНЕ

Как правило, транслогистическая платформа «привязывается» к какой-либо территории. В этом случае говорят о логистических центрах, логистических парках, транспортно-логистических комплексах. Могут быть выбраны и более крупные территориальные единицы: городская логистическая платформа, транспортно-логистическая платформа региона, страны.

В Португалии выделены 12 логистических платформ по таким критериям, как стратегически определенные зоны со специализированной инфраструктурой, позволяющей предоставлять услуги высокого качества; доступность нескольких видов транспорта с возможностью их комбинации; конкурентные издержки предоставляемых услуг. Вместе они образуют национальную логистическую платформу, которая усиливает роль страны как «естественных ворот» в Европу.

Составной частью планирования развития большого региона (мезорегиона) Мехико, в котором проживает 40 млн человек, является проектирование сети логистических платформ [2].

В мае 2015 года был запущен мультимодальный транспортно-логистический комплекс «Южно-Уральский» (Челябинск), сроки доставки грузов сократились с 50 до 7 дней. В дальнейшем планируется создать на территории комплекса свободную экономическую зону и ряд производств. Уже определены контуры проекта ВСМ Челябинск–Екатеринбург с перспективой выхода на ВСМ Москва–Пекин. Новый транспортный узел включит логистические центры двух областей, в том числе и ТЛК «Южно-Уральский». Реконструкция автомобильных дорог, в том числе до границы с республикой Казахстан, строительство и реконструкция Челябинского аэропорта (Баландино) с обустройством пункта пропуска через границу РФ в аэропорту позволят Южному Уралу стать новыми российскими «воротами в Азию», выходом на азиатские рынки и реализовать планы по развитию транспортного коридора в Казахстан и Китай.

Как видим, во всех приведенных примерах транслогистическая платформа – это географическое *пространство со специализированной инфраструктурой и услугами,* стратегически расположенное на территории таким образом, чтобы обеспечить логистику территориальных рынков, их взаимодействие с другими региональными, национальными/глобальными рынками, межорганизационную и межрегиональную сетевую кооперацию предприятий.

Формирование территориальной логистической платформы чаще всего связывается с наращиванием и модернизацией физических объектов инфраструктуры: строительство и реконструкция складов, терминалов и т.п. В последние годы в России развитие шло именно в этом направлении – строительство логистических и распределительных центров, рост парка приватных вагонов, инфраструктуры морских портов и сухопутных портов. Не случайно, что по такому индикатору, как *«инфраструктура»,* Россия переместилась с 97 места на 77-е в рейтинге стран по индексу развития

Рис. 3. Профили логистических платформ и эффекты от их формирования.

логистики (LPI), определяемому Всемирным банком (2014 г.).

Однако крупные инфраструктурные проекты должны быть стратегически увязаны с развитием центров промышленного производства, локализации потребительского спроса, индустриальными парками/комплексами, экономическими зонами, то есть должны быть поддержаны деловой активностью, товарными и людскими потоками, которые обеспечат загрузку и эффективное использование объектов транспортно-логистической инфраструктуры.

По совокупности признаков можно выделить определенные «профили» логистических платформ, механизмы их формирования и эффекты от функционирования (рис. 3).

ВЫВОДЫ

1. Транслогистическая платформа любого профиля имеет технологическую, организационную основу, которые обеспечивают сетевое взаимодействие и тем самым формируют общее экономическое пространство для интегрированных сервисов в логистике.

2. Технологическую основу транслогистической платформы образуют модели управления цепями поставок; IT-технологии, обеспечивающие функционирование бизнес-процессов и контроль в реальном режиме времени; развитая логистическая инфраструктура как основа для сопряжения всех видов транспорта и организации мультимодальных перевозок, складского и терминального хозяйства. Технологическая основа формирует общую операционную платформу, позволяющую реализовать общие технологические стандарты и регламенты.

3. Организационный каркас транслогистической платформы составляют механизмы координации и управления сетевым взаимодействием через создание проектных многофункциональных команд/офисов, функционирующих на общей информационной платформе; долгосрочное обслуживание (маршрутизация, нитки графиков, гибкая тарифная политика); электронный документооборот, «единое окно», «единый билет», «единый тариф» и т.д. Сетевое взаимодействие основано на выстраивании единого бизнес-процесса – управление запасами, транспортирование, распределение, разработка новых продуктов/сервисов – для обслуживания потребителей и предполагает оптимальное сочетание вертикальных и горизонтальных механизмов интеграции на базе логистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы мирового промышленного сектора. Боевая готовность номер один: промышленный сектор готовится к трансформации. 2015. [Электронный ресурс]: http://ru.investinrussia.com/data/files/S_GMO_2r.pdf. Доступ 28.06.2016.

2. Antun J. P., Lozano A. Prospective of a New Logistics Platform Network for Mexico's Planning Mesoregions/13th WCTR, July 15–18, 2013, Rio, Brazil. P. 1–18.

Координаты автора: **Дунаев О. Н.** – Oleg.dunaev@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.06.2016, принята к публикации 20.09.2016.

TRANSLOGISTIC PLATFORM: NETWORK COOPERATION

Dunaev, Oleg N., *Council of Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation for Industrial Development and Competitiveness of the Russian Economy, Committee of the Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs for International Cooperation, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

In the article, logistics is a technology for managing network cooperation in a new model of economic growth that meets the requirements of people and goods mobility in the 21st century. Analysis of logistics as a factor of the current stage of economic growth is given. The main trends of formation and development of the translogistic platform as network cooperation in the product creation chain are considered; single / common business process; network interaction of business processes at the territorial level are considered. The conclusion is made about the need for development of logistics as a management technology that provides a synergetic effect on the basis of commercial and industrial network cooperation

Keywords: economy, logistics, translogistic platform, strategic partnership, economic growth, network management technologies, business processes.

Background. *The solution of urgent tasks of the Russian economy rests on a non-trivial process of «gathering» Russian businesses into production chains, clusters, agglomerations, «stitching» large regional production and consumption centers into meso- and macroregions with access to international economic corridors. Intensification of cooperative relations requires strengthening of horizontal links – interbranch and interregional – and can be productively implemented on the basis of logistics.*

Today, many states have taken the road of modernization / transformation of the economy through development of transport, logistics and trade infrastructure. The goal is not limited to the role of a «natural transit bridge», «natural gateway», «global transit hub», but provides for development of the country's economy as a global business center with new competitive advantages for participation in global value chains, with new competencies for implementation of large infrastructure projects, with opportunities to benefit from spatial location, international trade and investment.

Unfortunately, in Russia the potential of logistics as a rapidly growing sector of the national economy is clearly underestimated. Barriers for realizing the potential of logistics as a modern technology for supply chain management, organization of network business interaction, which reduces total costs, increases labor productivity and competitiveness, are:

– unbalanced state of the components of the logistics infrastructure (significant territorial and structural disproportions in location and development of the regions of Russia);

– lack of (especially new) competencies and insufficient scale of business of logistics companies;

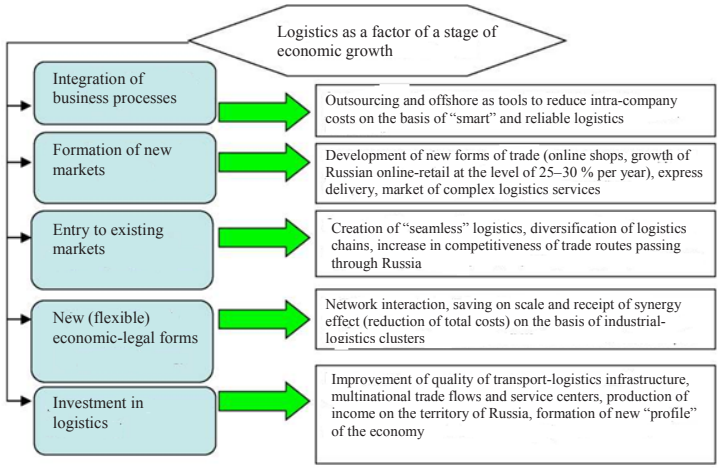
– lack of standards and generally accepted approaches to creation of logistics infrastructure facilities; reliance on developer classification of warehouse facilities (A, B, C, D), vicious when making decisions on formation of technical, technological and space-planning characteristics of facilities;

– backlog with introduction of electronic document management, high costs of administering logistics operations, inefficient customs procedures;

– insufficient organizational support for industrial cooperation and networking, territorial logistics infrastructure as a resource base for integrating the region's economy into the supply chain / value added, export flows.

Overcoming existing barriers is possible through formation of a national translogistic platform as a tool for organizing distributed production on the basis of a developed system of regional transport-logistics platforms / clusters with a specialized package of services (for oil and gas, machine-building, agro-industrial and other industries), interconnected via a route network, transport nodes, transport corridors.

Objective. *The objective of the author is to consider different aspects of a translogistic platform in modern conditions.*



Pic. 1. Logistics as a factor of a stage of economic growth.

Table 1

Comparative analysis of logistics development indices by countries

Positioning of individual countries in the rating LPI2014, World Bank			Positioning of Russia and China by group indices LPI2014 (LPI 2012 / LPI2010 / LPI2007)		
Place	Country	Value of LPI-2014	Category	Place	Country
1	Germany	4,12	Customs	1 (21 /6/ 12)	Norway
2	Netherlands	4,05		38 (30/32/35)	China
				133 (138/115/137)	Russia
3	Belgium	4,04	Infrastructure	1 (1 /1/ 3)	Germany
4	Great Britain	4,01		23 (26/27/30)	China
				77 (97/83/93)	Russia
5	Singapore	4,00	Shipment	1 (9/7/45)	Luxemburg
7	Norway	3,96		22 (23/27/28)	China
				102 (106/96/94)	Russia
8	Luxemburg	3,95	Quality and competence	1 (23/13/17)	Norway
9	USA	3,92		35 (28/29/27)	China
				80 (92/88/83)	Russia
28	China	3,53	Control	1 (7/4/5)	Germany
88	Kazakhstan	2,70		29 (31/30/31)	China
				79 (79/97/119)	Russia
90	Russia	2,69	Timeliness	1 (11/1/25)	Luxemburg
99	Belarus	2,64		36 (30/36/36)	China
				84 (94/88/86)	Russia

Source: «Connecting to compete 2014. Trade Logistics in the Global Economy. Logistics Performance Index and its Indicators», World Bank, 2014.

Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation, scientific description.*

Results.

1. Logistics as a factor of a new stage of economic growth

A new stage of economic growth uses a «new portfolio of resources», the main characteristic of which is their flexibility, ability to complement and replace each other, and mobility. It relies on service economy (which does not have anything in common with de-industrialization of the economy), offering a complex range of services to service industries and sectors of the economy in order to minimize costs / increase productivity, optimize business processes and management systems. At the same time, the service economy itself can and produces new products, technologies, businesses and, consequently, new markets.

Logistics in modern conditions determines the directions of global flows of goods and services, effective logistics creates competitive advantages at the level of business organizations, regions, national economies, expands and unifies existing markets and facilitates entry into new markets. Logistics extends and diversifies the value chain, it can form the structure of the national economy, defining its «profile». Finally, logistics stimulates the flow of investment, gives them a sustainable character, allows us to consider their potential as a key strategic resource (see Pic. 1).

In turn, development of the logistics services market is influenced by innovations outside the logistics sector. New industries, new technologies and new product streams require a new design, global supply chains (GSC) and global value chains (GVC) that may not fit into existing system of transportation and location of logistics infrastructure. In this case, the previous infrastructure does not allow to realize the potential of new innovative solutions in the field of supply, which undermines reliability of service provision and raises the need to design a new supply chain configuration. The need for new logistical interactions is also due to rising energy sources prices, increased transportation costs for the product, may be caused by geopolitical risks. Suppliers and their customers face inevitably the problem of product distribution / supply at lower costs.

Thus, changes in the economy under pressure of logistics make the government and private sectors think about what type of investment is required, in what directions, what level / quality is needed to maintain the country's competitiveness. Understanding the motivation for making decisions in the field of logistics, as well as their impact on the economies of different countries, is an important starting point in the study of how multinational commodity flows reflect the characteristics of the markets of any economy and simultaneously form and promote economic growth.

Our analysis of the Russian market of logistics services shows:

– the bulk of services in the sphere of transportation, storage, management of stocks and supply chains is carried out by own forces of enterprises of commodity producers (68 %);

– 2PL providers prevail in the market structure (the share of services of 3PL providers does not exceed 8 %);

– the share of oil and gas transportation services is high (80 % of the turnover of the transport and logistics services market), and of raw materials.

Comparative analysis of the logistics development index, calculated by the World Bank, indicates a

significant backlog of logistics services in Russia, including compared with China (see Table 1).

The fragmented state of the components of the logistics system, characteristic of modern Russia (significant territorial and structural disproportions in location and development of logistics infrastructure, underdevelopment / inconsistency of the structure of the logistics services market with modern needs, insufficient use of logistics management principles in implementation of transit potential), is a powerful constraint in implementing the idea about creating a common economic space and a single market for logistics services.

Overcoming of fragmentation is possible when creating a «single regulator / coordinator» – development institute, which will allow to collect an integral strategic architecture for logistics and manage its changes based on information technologies. Such architecture will absorb the world's innovative developments. As a result, new integrated unified models will appear, introduction of which in all sectors of the Russian economy will create prerequisites for harmonizing the transition to international standards of logistics interactions.

The main positive effects of implementing an integrated logistics architecture will be manifested in integrated development of territories and regional unions, linking production clusters and consumption centers, creating new high-tech jobs. There will be new competitive routes, transport corridors, transport and logistics clusters, inscribed in international geopolitical consortia and cooperation.

So, the complex architecture of logistic interactions means that long-term benefits in the form of adding value, increasing trade and investment are possible only on the basis of solid integration of business processes of companies, which in combination will provide a high-tech result / product. It is a comprehensive view of the modern logistics architecture that avoids distortions in development of its individual components and ensures economic growth for companies, regions and countries.

Proceeding from this, it is proposed to develop and implement a strategy for development of a single market for logistics services on the basis of network cooperation of companies / organizations as a tool for strategic management. The development of the strategy will allow: (1) to identify «weak places» and «missing links» of logistics, so as to increase its potential, to achieve sustainable economic growth; (2) to prepare subprograms for integrated (interrelated) development of all components of the logistics system, including its staffing; (3) to create the basis for integration of business processes in industrial and logistics clusters on the basis of information technologies and the corresponding technological platform (terminals, warehousing); (4) to develop a model of strategic interaction between participants in integrated supply chains to improve the quality of management, reduce total (total) costs, optimize the financial result; (5) to propose tools for implementing the strategy and developing key competencies of companies in the Euro-Asian economic space, using targeted program projects.

To achieve these guidelines, we propose to create a translogistic platform as a space for coordinating management of global supply chains at the regional, national and international levels.

Today the term «logistics platform» is widely used, especially when it needs to be emphasized: a) importance of conjugation and complementarity of objects of transport and logistics infrastructure, possibility of their joint use; b) ability of agents-participants in the supply chain to network interaction to create and bring consumer value to the client; c) need to coordinate business processes within the boundaries of network interaction in order to simultaneously solve two tasks – improving the quality of service and reducing costs.

The logistics platform is a tool that allows to fully use the potential of logistics as a technology for managing supply chains, network interaction.

Translogistic[1] **platform** *is an economic space of network interaction / cooperation of companies, which is structured by a single / common process of product manufacture, a single (built by common standards) business network management technology, coordinating participants in the integrated value chain in regional, national and global markets.*

This approach includes three components: (1) a translogistic platform of the integrated supply chain, supporting production, value-added and trade cooperation in the chain of product creation and bringing it to the consumer (product markets); (2) a translogistic platform of a single / common business process that operates on the basis of complementary resources and competencies, combined into networked cooperation to achieve common results; (3) translogistic platform of network interaction of business processes at the territorial level: centers / parks, cities, agglomerations, regions / meso-regions, national, transnational formations. The key characteristic in all cases is network interaction based on logistics, which, as is known, is characterized by voluntary participation, coherence of actions, openness, trust between participants and the presence of a network cooperation coordinator.

The results of a study conducted by the consulting company KPMG showed that one of the priorities for the supply chain is «lowering the level of costs and current capital» (46 % of respondents). The solution of this problem is connected with ensuring transparency and awareness of producers about the supply chain: 40 % of respondents admit that they are not sufficiently informed about their supply chain, and only 14 % indicated that they possess complete information from their suppliers of the first, second and third levels; every third respondent believes that the problem of lack of awareness is related to imperfection of IT systems or the lack of required skills, but transparency of supplier organizations is surprisingly low [1].

The problem highlighted in this example indicates the unsettled (with rare exceptions) integrated supply chain, and more broadly, the lack of a common logistics platform along the product / value creation chain that ties the manufacturer and supplier together with a common business process with integrated business planning models, with shared values and standards of cooperation.

2. Translogistic platform for production network cooperation

The manufacture of different products has not the same number of stages of manufacturing, and consequently, the need for network interaction will also be different. The longest chains of value creation

[1] The term «translogistic» indicates overcoming of boundaries between the companies participating in the network, as well as intra-regional, interregional, inter-ethnic interaction.

Table 2

«Buyer–supplier» in the supply chain: the strength of interaction

WEAK ⟷ STRONG

	«Free», independent of each other relations	Sticky relationships	Vertical integration
Ownership relations	The buyer is not the owner of any supplier	The buyer maintains a certain level of relations with the supplier	The manufacturer company is the owner of the supplier company
Industry's characteristics	Low level of technology, labor-intensive production process, low development of technical specifications to parameters. Savings on scale	Low level of technology, labor-intensive production process, high requirements to terms of reference / parameters. Savings on diversity	High requirements for technology and the level of technical parameters of the product, labor-intensive or capital-intensive production process. Savings both on diversity and scale
Product's sector	Not durable for the consumer	Not durable for the consumer	Durable for the consumer
Product's characteristics	Standard, not differentiated (standard clothing, electronics, toys), long or short life cycle	Designer's, developed product (designer clothes, shoes), short life cycle of the product	Sensitive to quality product with a long life cycle
Buyer's characteristics	Large retailer in the low price segment. International retailer (product network in the triangle)	Brand owner. International retailer (grocery chain in a triangle)	Producer. Brand owner
Supplier's location	Developing countries from a low-income group of countries	Developing countries from a low- or middle-income group of countries	Developing countries from a medium- or high-income group of countries
Transfer of technologies buyer–supplier	None	Possible	Mandatory

Source: Backer K. D. Miroudot S. Mapping Global Value Chains/OECD Trade Policy Papers. No. 159//dx.doi.org/10/1787/.

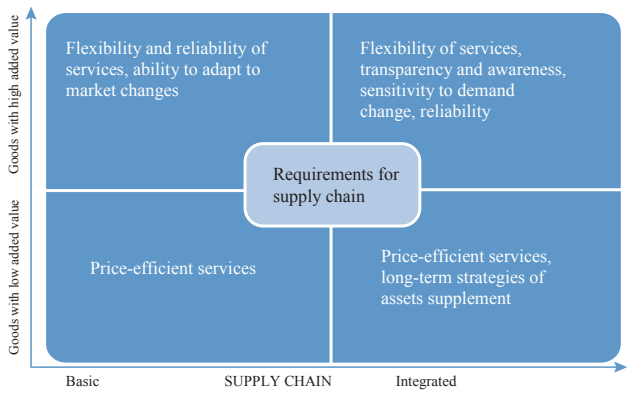
are built in the food industry, automotive, clothing, electronics production.

In other words, the need for integrated logistics will depend on the complexity and duration of the product creation chain (see Pic. 2).

The company can differentiate its products according to the degree of their complexity and thereby segment the markets of the logistics services required for it: transportation, outsourcing, management logistics in the interests of the client. Table 2 shows the types of buyer-supplier interaction, depending on different criteria.

The more complex products the economy produces, the more it needs to build integrated supply chains, requires a developed infrastructure network and availability of complementary, integrated services, that is, application of logistics as a technology for network interaction. If there are no well-built logistics platforms that provide multimodal and intermodal transportation, online information communications, financial and other business services, to move goods and coordinate the process of producing added value, production chains will tend to be simplistic and closed.

The dependence of the Russian economy on imports is well known. It's not just about his high share of food supplies. There is high specific weight of imports in the costs of enterprises for raw materials,



Pic. 2. Supply chain requirements, depending on the levels of added value.

materials, purchased semi-finished products and components for production of goods and services. The production dependence on imports of imported products is not so much the result of being involved in global value chains, but rather the result of technological backwardness of Russian production chains that were forcibly cut off by the producer of the product and replaced for deliveries from abroad. At the same time, a branched system of successive productions is cut off from participation in the production chain, which turns out to be unclaimed.

In Russia, the process of import substitution now has a leading role in ensuring growth in the real sector of the economy. The Government of the Russian Federation adopted the Import Substitution Program, primarily in those sectors where the dependence on imports ranges from 60 to 90 %. According to the plans of the Ministry of Industry and Trade, by 2020 it is necessary to ensure a radical decline in the market share of imports in more than 2 000 types of products.

The formation of a complete production chain is (1) substitution of imports of finished products by importing components for its production; (2) production of components and transition to the import of parts for components; (3) production of parts and completion of the full production cycle.

Import substitution is accompanied by a change in the sectoral and spatial structure of production, access to new markets for the domestic producer. Localization involves production cooperation and networking, demands for integrated supply chains, logistics services / products.

Thus, the question arises of assessing the extent to which the transport and logistics infrastructure is ready to connect production / technological chains in which the business operates; how they relate to the existing transport and logistics infrastructure; what needs to be done to collect new logistics chains, including transport routes and economic agents; which components should a translogistic platform include to ensure localization of own production; how quickly the missing links can be built.

3. Translogistic platform of a single / common business process

The platform of the business process, built on the use of complementary resources and competencies, allows implementation of «seamless» logistics for development of interrelated and complementary industries, related activities in the direction of obtaining a common result / goal. Coordination of interests implies existence of a focal point, functions of which can be performed by a company-integrator. In such network cooperation, availability of common technological standards and regulations, formation of a common operating platform, which gives an opportunity to consolidate assets, to gain economies of scale, to ensure the quality of services at competitive costs, acquires an independent value.

Dubai World Central (DWC) is a globally integrated transport and logistics platform covering countries / markets in Europe, Africa, Southeast Asia, the Far East, and integration of business processes with complementary resources and competences based on logistics.

United Arab Emirates (UAE) use their natural competitive advantages – geographical location, historical role of trade and modern tourism. Dubai is a gateway to the Middle East, Asia and North Africa and specializes in serving international cargo flows between India, Southeast Asia, Africa, the Far East and Europe. During recent years Dubai has rapidly transformed into a world hub for re-exports. The infrastructure facilities are Al Maktoum Airport and the Jebel Ali seaport (the largest container port between Singapore and Rotterdam), an industrial center for preparation for transportation and delivery of perishable products, including those treated with cold (possesses the latest technologies and occupies key positions in this market) – are interconnected by a common logistics zone and operate on a common operating platform with direct access to the UAE road network, air and sea corridors, thereby reducing the flow time of cargo sea-to-air / air-to-sea. The operating platform functions in a free economic zone, as a result of which transport and logistics services are provided with an unprecedented level of accessibility, speed and efficiency.

The development of transport, logistics and trade infrastructure in the region is seen as a leading lever for profound changes in the direction of participating in global value chains, diversifying the structure of the economy, benefiting from spatial distribution, international trade and investment. At the same time, the goal is not limited to the role of a global transit hub for international trade and tourism, but it provides for transformation of the region into a global business center at the world level, which provides professional support for business – accounting, legal and banking. Competences developed in the UAE for creation and operation of global transport and logistics hubs have now become the subject of export: Dubai Port World is a consultant for the international sea trading port of Aktau (western transport hub, Kazakhstan) to diversify its activities; in early 2016, an agreement was signed with RPIF (Russian Private Investment Fund) on establishment of a joint venture (DP World Russia), which invests up to $2 billion in various Russian ports and transport and logistics infrastructure enterprises.

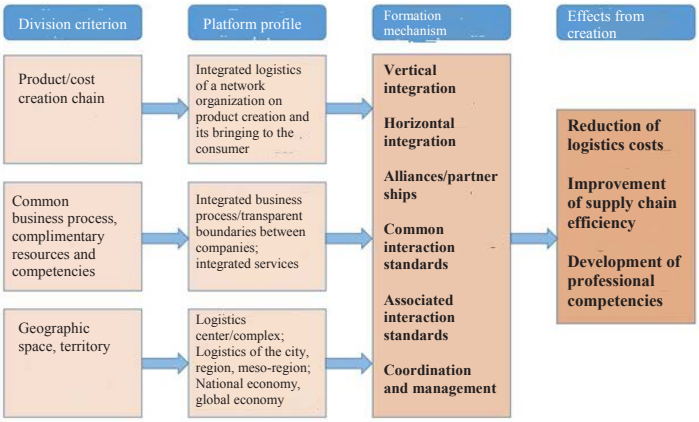
4. Translogistic platform at the territorial level

As a rule, the translogistic platform is «tied» to any territory. In this case, we talk about logistics centers, logistics parks, transport and logistics complexes. We can also choose larger territorial units: city logistics platform, transport and logistics platform of the region, the country.

In Portugal, 12 logistics platforms are identified according to criteria such as strategically defined zones with a specialized infrastructure that allows to provide high-quality services; accessibility of several modes of transport with the possibility of their combination; competitive costs of the services provided. Together they form a national logistics platform that strengthens the country's role as a «natural gateway» to Europe.

Part of the planning for development of a large region (meso-region) of Mexico City, home to 40 million people, is the design of a network of logistics platforms [2].

In May 2015, the multimodal transport and logistics complex South Urals (Chelyabinsk) was launched, the delivery time of cargoes decreased from 50 to 7 days. In the future, it is planned to create a free economic zone and a number of productions on the territory of the complex. The outlines of Chelyabinsk-Yekaterinburg HSR project have already been defined with the prospect of entering Moscow-Beijing HSR. The new transport hub will include logistic centers of two regions, including TLC South Urals. Reconstruction of highways, including to the border with the Republic of Kazakhstan, construction and



Pic. 3. Profiles of logistics platforms and effects from their formation.

reconstruction of Chelyabinsk airport (Balandino) with construction of a border crossing point at the airport will allow the South Urals to become the new Russian «gateway to Asia», access to Asian markets and implement plans for development of the transport corridor to Kazakhstan and China.

As we can see, in all the examples given, the translogistic platform is a geographical space with specialized infrastructure and services strategically located on the territory in such a way as to ensure the logistics of the territorial markets, their interaction with other regional, national / global markets, inter-organizational and interregional network cooperation of enterprises.

The formation of a territorial logistic platform is most often associated with the building up and modernization of physical infrastructure: construction and reconstruction of warehouses, terminals, etc. In recent years, Russia has been developing precisely in this direction: construction of logistics and distribution centers, growth of a private wagon fleet, infrastructure of seaports and land ports. It is no coincidence that Russia has moved from the 97th place to the 77th in the rating of countries on the index of logistics development (LPI), determined by the World Bank (2014), according to such an indicator as «infrastructure».

However, large infrastructure projects must be strategically linked with development of industrial production centers, localization of consumer demand, industrial parks / complexes, economic zones, that is, they should be supported by business activity, commodity and human flows, which will ensure the loading and efficient use of transport infrastructure facilities.

By the totality of the characteristics, it is possible to identify certain «profiles» of logistic platforms, mechanisms for their formation and effects from functioning (Pic.3).

Conclusions.

1. Translogistic platform of any profile has a technological, organizational basis that provides network interaction and thereby form a common economic space for integrated logistics services.

2. The technological basis of the translogistic platform is formed by supply chain management models; IT-technologies that support the functioning of business processes and control in real time mode; developed logistics infrastructure as a basis for interfacing all modes of transport and organization of multimodal transport, warehousing and terminal facilities. The technological basis forms a common operational platform, which allows implementing common technological standards and regulations.

3. The organizational framework of the translogistic platform is a mechanism for coordination and management of network interaction through creation of project multifunctional teams / offices operating on a common information platform; long-term service (routing, schedule threads, flexible tariff policy); electronic document management, «single window», «single ticket», «single tariff», etc. Networking is based on alignment of a single business process – inventory management, transportation, distribution, development of new products / services – for customer service and assumes the optimal combination of vertical and horizontal integration mechanisms based on logistics.

REFERENCES

1. Prospects of the world industrial sector. Combat readiness is number one: the industrial sector is preparing for transformation [*Perspektivy mirovogo promyshlennogo sektora. Boevaja gotovnost' nomer odin: promyshlennyj sektor gotovitsja k transformacii*]. 2015. [Electronic resource]: http://en.investinrussia.com/data/files/S_GMO_2r.pdf. Last accessed 28.06.2016.

2. Antun, J. P., Lozano, A. Prospective of a New Logistics Platform Network for Mexico's Planning Mesoregions / 13th WCTR, July 15–18, 2013, Rio, Brazil, pp. 1–18.

Information about the author:
Dunaev, Oleg N. – D.Sc. (Economics), professor, member of Council of Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation for Industrial Development and Competitiveness of the Russian Economy, Deputy Chairman of Committee of the Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs for International Cooperation, Chairman of the Subcommittee for Transport and Logistics, Moscow, Russia, Oleg.dunaev@mail.ru.

Article received 28.06.2016, accepted 20.09.2016.

ЭКСПОЗИЦИЯ ОАО «РЖД» НА IV ФЕСТИВАЛЕ «ПЕРВОЗДАННАЯ РОССИЯ»

На Общероссийском фестивале природы «Первозданная Россия», который начал свою работу 20 января в Центральном доме художника в Москве, представлена экспозиция фотографий железных дорог России.

Серия из 19 работ, созданных сотрудниками фотослужбы компании, посвящена неповторимым природным ландшафтам нашей страны, запечатленным в разных климатических зонах и в разное время года.

Выступая на церемонии открытия выставки, статс-секретарь – вице-президент ОАО «РЖД» Анатолий Мещеряков отметил, что основная идея экспозиции – показать, насколько гармонично и целостно вписывается железнодорожная инфраструктура в природный ландшафт заповедников и особо охраняемых природных территорий, становясь с ними единым целым благодаря бережному сохранению уникальной природы.

Центральное место в экспозиции занимает карта железных дорог, на которой отражены особо охраняемые природные территории, соприкасающиеся с железнодорожной инфраструктурой на протяжении более 1 тыс. км.

Напомним, что железнодорожный транспорт оказывает наименьшее негативное воздействие на экологию в сравнении с другими видами транспорта. ОАО «РЖД» уделяет повышенное внимание проведению природоохранных, рекреационных и просветительских мероприятий, постоянному снижению нагрузки от деятельности железнодорожного транспорта на окружающую среду.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

PHOTO EXHIBITION OF RUSSIAN RAILWAYS AT IV FESTIVAL «PRIMORDIAL RUSSIA»

An exhibition of photos of Russia's railways is being held at the All-Russian Festival of Nature «Primordial Russia», which opened on 20 January 2017 at the Central House of Artists in Moscow.

The series of 19 works created by employees at the Photo Service of Russian Railways is dedicated to Russia's unique natural landscapes, with depictions from different climatic zones at different times of the year.

Speaking at the exhibition's opening ceremony, Anatoly Meshcheryakov, Secretary of State and Vice-President of Russian Railways, said that the main idea behind the display was to show how harmoniously and holistically the railway infrastructure has become part of the natural landscape of Russia's parks and protected natural areas, merging with them to become a single entity through the careful preservation of the country's unique environment.

The centerpiece of the exhibition is a map of the railways which shows specially protected natural areas which come into contact with the rail infrastructure for a distance of over 1,000 km.

Rail transport has the least impact on the environment compared to other modes of transport.

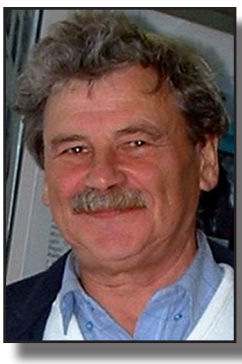
Russian Railways pays particular attention to implementing environmental, recreational and educational activities and to achieving a permanent reduction in the impact of rail transport on the environment.

Based on releases of press service of JSC Russian Railways ●

УДК 656.1/.5

Проблемы транспортного обеспечения северных регионов

Дмитрий МАЧЕРЕТ
Dmitry A. MACHERET



Юрий МАЧЕРЕТ
Yuri Ya. MACHERET

Мачерет Дмитрий Александрович *– доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика строительного бизнеса и управление собственностью» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Мачерет Юрий Яковлевич *– доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, Москва, Россия.*

Problems of Transport Accessibility and Connectivity in the Northern Regions
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 135)

В статье, публикуемой в двух номерах журнала, рассмотрены проблемы развития транспортной инфраструктуры в северных регионах России (часть I: приоритет дорог, наземных сообщений; часть II: как избежать синдрома «Большой земли»). Обоснован вывод о том, что для обеспечения их привлекательности, комфортности проживания, повышения плотности населения, создания условий для долговременного устойчивого социально-экономического развития территорий необходимо больше заниматься инфраструктурой сухопутного транспорта и прежде всего железнодорожной, которая носила бы опорный характер и способствовала укреплению позиций транспортного комплекса на Севере. Требуется стратегическое планирование развития каждого из видов транспорта с учетом перспектив промышленного освоения малообжитых арктических районов и долгосрочных потребностей людей в создании комфортной среды и благоприятных условий для активной и полноценной жизнедеятельности, в увязке с природно-климатическими особенностями края и их прогнозируемыми изменениями.

Ключевые слова: транспорт, северные регионы, социально-экономическое развитие, инфраструктура сухопутного транспорта, природно-климатические условия.

Россия – северная страна, почти 2/3 территории которой (более 11 млн км^2) относится к районам Крайнего Севера и приравненных к ним местностей. Экономическое значение этих регионов очень велико: на их долю приходится бо́льшая часть добычи нефти и газа, а также фосфорных удобрений, производства деловой древесины. В северных областях сосредоточены добыча алмазов и золота, цветных и редкоземельных металлов, значительные энергетические мощности.

Велики и запасы полезных ископаемых, которые могут быть использованы в перспективе. Так, по некоторым оценкам, в Арктике, немалая часть которой относится к российскому Северу, находится 20–25 % мировых запасов нефти и газа [1].

В то же время на Севере проживает меньше 10 % населения России, и в конце прошлого – начале нынешнего века возник массовый отток населения из северных регионов [2, с. 375], что, безусловно, ухудшает перспективы их развития. Ведь в современной экономике именно человеческий, а не вещественный капитал является главной составляющей национального богатства и основой экономического роста. По

данным исследования [3], объём человеческого капитала в России примерно в 13 раз превосходит ВВП страны и в 5,5 раза – объём физического капитала. При этом экономическое развитие обеспечивается благодаря синергии человеческого и физического капитала, природных ресурсов. Сокращение населения российского Севера, приводящее, естественно, к сокращению человеческого капитала этого макрорегиона, означает и снижение возможностей для такой синергии.

ЧАСТЬ I: ПРИОРИТЕТ ДОРОГ, НАЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Истоки проблем Севера и значение транспорта

Нынешние проблемы социально-экономического развития российского Севера во многом обусловлены политикой освоения северных регионов в период централизованно планируемой экономики.

С одной стороны, в этот период осуществлялось массовое переселение людей в северные регионы. Так, только с 1926 по 1939 год численность населения Крайнего Севера возросла почти втрое. Во второй половине 1930-х годов ежегодный прирост составлял до 15 % [4, с. 133]. Однако это не было результатом повышения привлекательности регионов для жизни людей. Как отмечает Р. Алиев: «Северу страны в планах советского руководства отводилась особая роль – поначалу он рассматривался как идеальное место изоляции неугодной части населения, позже – как неисчерпаемый источник природных ресурсов <...>. Но как бы ни менялось его основное предназначение, материальную основу освоения региона обеспечивал принудительный труд» [5, с. 245].

В результате с конца 1920-х до начала 1990-х средняя температура зимних месяцев, пересчитанная на распределение населения по территории России, снизилась на 1°С (с –11,6°С до –12,6°С). За тот же период времени в другой крупнейшей северной стране – Канаде – средняя температура проживания населения (для зимних месяцев), наоборот, повысилась на 1°С (с –9,9°С до –8,9°С) [2, с. 373–374]. Таким образом, если в Канаде население концентрировалось в зонах более мягкого климата, то в России – более сурового.

При этом главной задачей освоения Севера в нашей стране было извлечение природных ресурсов. Вопросы социального развития, создания привлекательных условий для переселяющихся людей, стимулирования их «укоренения» в этих регионах зачастую были второстепенными. Основным движущим фактором переселения на Север (в случае, если такое переселение было добровольным), как правило, являлась высокая заработная плата, а целью – накопление средств для того, чтобы затем благополучно обустроиться в более комфортном регионе страны. Развитию такой «старательской» психологии способствовала низкая транспортная обеспеченность и доступность северных мест, создающая чувство «оторванности» от «Большой земли» и психологический дискомфорт [6]. Не случайно когда перестали действовать государственные механизмы обеспечения привлекательной оплаты труда в северных регионах, многие их жители стали прилагать максимальные усилия к тому, чтобы перебраться на «Большую землю».

Следует заметить, что одним из первых документов, принятых правительством России в самом начале проведения рыночных реформ, стала «Концепция социально-экономического развития районов Севера» [7]. В ней были проанализированы социально-экономические проблемы северных территорий и намечены системные преобразования, направленные на «осуществление многосекторной диверсификации экономики российского Севера». При этом отмечалось, что «вопросы создания инфраструктуры <...>, необходимой для эффективного функционирования социально-рыночного механизма, постепенно будут занимать ведущее стратегическое значение в перестройке хозяйственных систем Севера», а транспортная система была названа первой в числе производственных, требующих централизованного управления, т.е. приоритетного внимания со стороны федерального уровня управления.

Такой приоритет транспортного аспекта в развитии Севера не случаен. В разработанной канадским ученым Л. Амленом методике установления «северных» надбавок к заработной плате на основе предложенной им шкалы «северности» из четырех экономических факторов (учитываемых наряду

Таблица 1

Уровень развития инфраструктуры сухопутного транспорта и общего социально-экономического развития северных регионов России

Регион	Плотность населения, чел/км²	ВРП на душу населения, тыс. руб.	Обеспеченность железными дорогами			Обеспеченность автодорогами		
			$d_S^{ж.д.}$	$d_H^{ж.д.}$	$d_Э^{ж.д.}$	$d_S^{а.д.}$	$d_H^{а.д.}$	$d_Э^{а.д.}$
Мурманская область	5,29	396,3	6,00	1,14	2,61	22,70	4,29	9,87
Республика Карелия	3,50	276,8	12,33	3,52	6,59	46,96	13,40	25,09
Архангельская область	2,01	428,1	3,00	1,49	2,11	20,83	10,38	14,70
Республика Коми	2,07	560,0	4,05	1,95	2,81	15,36	7,40	10,66
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	3,01	1753,8	2,03	0,67	1,17	10,32	3,42	5,94
Ямало–Ненецкий автономный округ	0,70	2540,5	0,63	0,89	0,75	2,83	4,03	3,37
Республика Тыва	1,86	134,2	–	–	–	20,30	10,91	14,88
Республика Саха (Якутия)	0,31	595,8	0,17	0,55	0,31	3,69	11,88	6,62
Магаданская область	0,32	584,7	–	–	–	5,26	16,42	9,29
Чукотский автономный округ	0,07	927,4	–	–	–	0,89	12,73	3,37
Камчатский край	0,68	410,9	–	–	–	4,10	6,00	4,96
Сахалинская область	5,6	1369,0	9,59	1,71	4,05	21,70	3,87	9,16

с шестью природно-климатическими) два напрямую относятся к транспорту. Это «наземная транспортная доступность» и «наличие и качество воздушной связи» [7]. Два других экономических фактора: «численность населения в населенном пункте» и «уровень хозяйственной деятельности», учитывающий характер социально-экономического развития того или иного места проживания, как показано в [8, 9], также в решающей степени зависят от транспортной обеспеченности. Поэтому развитие транспорта является ключевым аспектом для северных регионов, создания там более привлекательных условий и хотя бы частичного нивелирования (а не усугубления, как сейчас) тяжелых природно-климатических обстоятельств жизни.

В исследованиях и первоначальном освоении Крайнего Севера ведущую роль сыграли морские и речные, а позже – воздушные транспортные средства [4, 5]. Однако возможности использования водных видов транспорта ограничены географическим местоположением конкретного населенного пункта, а в северных регионах – еще и непродолжительным навигационным периодом. Воздушное сообщение отличается высокой стоимостью и низкой провозной способностью. Наличие в регионе только водного и воздушного сообщения в социально-экономическом плане превращает его в «остров», оторванный от «Большой земли», даже если этот регион является частью континента. Поэтому для социально-экономического развития северных регионов в России крайне важным является развитие именно сухопутных видов транспорта (что, конечно, не снижает роли водного и воздушного транспортного сообщения).

АНАЛИЗ СУХОПУТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Так как официальная статистическая информация о транспортной инфраструктуре и социально-экономическом развитии приводится по каждому региону – субъекту Российской Федерации, анализ проведен по тем регионам, вся территория которых относится к районам Крайнего Севера или приравненных к ним местностей. Соответственно, те субъекты федерации, в которых только отдельные районы относятся к Крайнему Северу или приравненным к ним местностям, в анализ не включены.

Исходя из этого подхода, уровни развития инфраструктуры сухопутного транспорта и общего социально-экономического развития проанализированы по 12 северным регионам (таблица 1).

Показатели социально-экономического развития – плотность населения и валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения – взяты непосредственно из официальной статистической информации [10],

Таблица 2

Рейтинг уровня развития инфраструктуры сухопутного транспорта и общего социально-экономического развития северных регионов России

Регион	Плотность населения, чел/км²	ВРП на душу населения, тыс. руб.	Обеспеченность железными дорогами			Обеспеченность автодорогами		
			$d_S^{ж.д.}$	$d_H^{ж.д.}$	$d_Э^{ж.д.}$	$d_S^{а.д.}$	$d_H^{а.д.}$	$d_Э^{а.д.}$
Мурманская область	2	10	3	5	4	2	9	5
Республика Карелия	3	11	1	1	1	1	2	1
Архангельская область	6	8	5	4	5	4	6	3
Республика Коми	5	7	4	2	3	6	7	4
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	4	2	6	7	6	7	12	9
Ямало-Ненецкий автономный округ	8	1	7	6	7	11	10	11
Республика Тыва	7	12	(9–12)	(9–12)	(9–12)	5	5	2
Республика Саха (Якутия)	11	5	8	8	8	10	4	8
Магаданская область	10	6	(9–12)	(9–12)	(9–12)	8	1	6
Чукотский автономный округ	12	4	(9–12)	(9–12)	(9–12)	12	3	12
Камчатский край	9	9	(9–12)	(9–12)	(9–12)	9	8	10
Сахалинская область	1	3	2	3	2	3	11	7

а показатели обеспеченности территории и населения инфраструктурой сухопутного транспорта – железными и автомобильными дорогами – рассчитаны на основе данных из того же источника.

Использование ВРП (стоимости всех конечных товаров и услуг, произведенных во всех отраслях экономики на территории региона), приходящегося на душу населения, в качестве ключевого показателя регионального экономического развития, наверное, комментариев не требует. Что касается плотности населения, то это не только ключевой социально-демографический, но и ключевой экономический показатель. Экономическая роль плотности населения определяется тем, что от ее уровня зависят возможности разделения труда, специализации и кооперирования в процессе хозяйственной деятельности, являющиеся основой экономического роста и повышения благосостояния людей, а также возможности развития культуры, образования и здравоохранения. (Трудно, например, представить себе в малонаселенной местности многопрофильные образовательные или лечебные учреждения). Наконец, просто для эффективного освоения территории плотность населения должна превышать некоторый минимально необходимый уровень.

Для характеристики уровня развития инфраструктуры сухопутного транспорта определены показатели, характеризующие транспортную обеспеченность территории и населения (для железнодорожного и автомобильного транспорта), а также комплексный показатель густоты железнодорожной и автодорожной сети – коэффициент Энгеля:

$$d_Э^{ж.д.} = \sqrt{d_S^{ж.д.} \bullet d_H^{ж.д.}};$$

$$d_Э^{а.д.} = \sqrt{d_S^{а.д.} \bullet d_H^{а.д.}}.$$

Сопоставление всех перечисленных показателей по северным регионам России (таблица 1) дает довольно «пёструю» картину, для упорядочивания которой в таблице 2 показаны рейтинги регионов по каждому показателю.

Примечания: $d_S^{ж.д.}$ – густота железнодорожной сети общего пользования, характеризующая транспортную обеспеченность территории, км/1000 км²; $d_H^{ж.д.}$ – густота железнодорожной сети общего пользования, характеризующая транспортную обеспеченность населения, км/1000 чел.; $d_Э^{ж.д.}$ – комплексный показатель густоты железнодорожной сети общего пользования (коэффициент Энгеля);

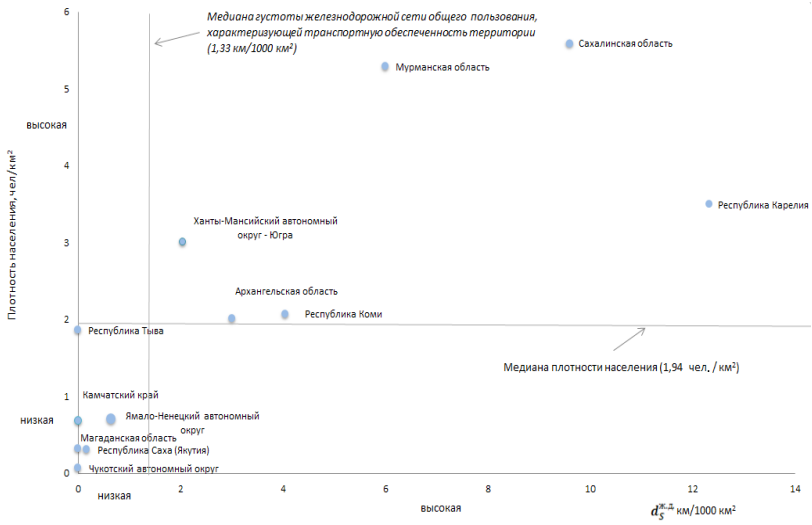


Рис. 1. Сегментирование северных регионов России по плотности населения и обеспеченности территории железнодорожной инфраструктурой.

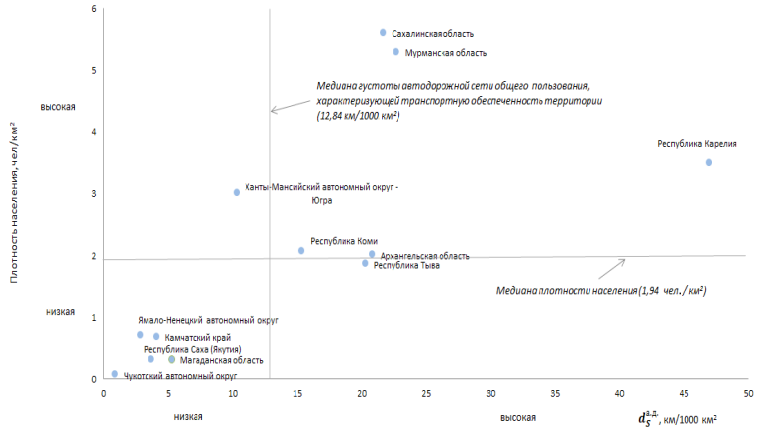


Рис. 2. Сегментирование северных регионов России по плотности населения и обеспеченности территории автодорожной инфраструктурой.

$d_S^{a.д.}$ – густота автодорожной сети общего пользования (с твердым покрытием), характеризующая транспортную обеспеченность территории, км/1000 км²; $d_H^{a.д.}$ – густота автодорожной сети общего пользования (с твердым покрытием), характеризующая транспортную обеспеченность населения, км/ 1000 чел.; $d_Э^{a.д.}$ – комплексный показатель густоты автодорожной сети общего пользования (коэффициент Энгеля).

Из анализа таблицы 2 можно сделать вывод, что в северных регионах России нет четкой связи между плотностью населения и ВРП на душу населения: рейтинги более чем половины регионов по этим показателям различаются весьма существенно. Такая ситуация является следствием сложившейся модели освоения Севера, нацеленной на извлечение природных ресурсов, при которой экономические показатели региона формируются благодаря наличию таких ресурсов и их эксплуатации. В результате, например, Ямало-Ненецкий автономный округ, где добываются значительные объёмы углеводородного сырья, находится на первом месте по величине ВРП на душу населения при очень низкой плотности населения, а «обделённые» углеводородами Мурманская область и Карелия при относительно высокой (для северных регионов) плотности населения имеют крайне низкие уровни подушевого ВРП.

Однако ресурсно-сырьевая модель экономического развития северных регионов, как и всей нашей страны, не является перспективной. Мир, начиная с наиболее развитых стран, вступает в период экономики знаний, когда относительное значение сырьевых ресурсов сокращается, а значение человеческого капитала становится ведущим и будет продолжать расти. А так как носителями человеческого капитала выступают индивиды, то плотность населения вместе с возможностями для развития личности, включающими наличие комфортной среды для жизни, в том числе

Таблица 3

Группировка северных регионов России по плотности населения и обеспеченности территории железными и автомобильными дорогами

Плотность населения	Обеспеченность территории железными дорогами			
	низкая		высокая	
	Обеспеченность территории автодорогами		Обеспеченность территории автодорогами	
	низкая	высокая	низкая	высокая
низкая	Камчатский край, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Чукотский автономный округ	Республика Тыва	–	–
высокая	–	–	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	Сахалинская область, Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область, Республика Коми

и транспортное обеспечение, является ключевым фактором с точки зрения перспективы развития северных регионов.

Из таблицы 2 видна взаимосвязь плотности населения и показателей обеспеченности территории железнодорожной и автодорожной инфраструктурой. Еще более наглядна эта взаимосвязь из рис. 1 и 2 и таблицы 3. И это именно взаимосвязь – ведь чтобы обеспечить даже относительно высокую плотность населения, необходимо устойчивое регулярное транспортное сообщение, а развитие такого сообщения, в свою очередь, требует роста плотности населения.

Другими словами, между плотностью населения и транспортной обеспеченностью территории существует положительная обратная связь. Примечательно, что на рис. 1 и 2 точки в зонах низкой плотности населения и низкой обеспеченности территории регионов железнодорожной и автодорожной инфраструктурой сконцентрированы, а в зонах высокой плотности населения и высокой обеспеченности территории транспортной инфраструктурой[1] – рассеяны. Это можно интерпретировать как существование своеобразной «ловушки неосвоенности территории», которая заключается в том, что низкая транспортная обеспеченность территории препятствует ее заселению и хозяйственному освоению (немногочисленное население в основном концентрируется в ограниченном числе неселенных пунктов, имеющих воздушное или водное транспортное сообщение), а это, в свою очередь, не создает предпосылок для развития транспорта, не позволяет экономически обосновать сооружение сухопутных транспортных магистралей. При улучшении транспортной обеспеченности территории и превышении критически необходимого уровня густоты железных и автомобильных дорог общего пользования (исходя из проведенного анализа, его можно оценить примерно в 1–2 км/1000 км^2 для железных дорог и в 10–15 км/1000 км^2 для автодорог) плотность населения меняется в широких пределах под влиянием сочетания большого количества природных и экономических факторов.

Получается, что задача превышения «критического» (минимально необходимого для успешного социально-экономического развития) уровня транспортной обеспеченности территории является ключевой для преодоления «ловушки неосвоенности территории» и формирования долгосрочных социально-экономических перспектив. Эта задача может решаться на основе строительства «пионерных» транспортных магистралей и последующего хозяйственного освоения и заселения территорий с опорой на эти магистрали. Один из показательных примеров – строительство Мурманской железной дороги и освоение на ее основе малолюдного Карело-Мурманского края – будет рассмотрен ниже.

[1] Конечно, применительно к северным регионам говорить о высокой плотности населения и высокой обеспеченности транспортной инфраструктурой можно только в относительном смысле.

Безусловно, приведенные уровни «критически необходимой» густоты железных и автомобильных дорог являются ориентировочными. Для каждого региона они должны оцениваться с учетом местных условий – природных, экономических, социальных. Тем не менее примечательно, что когда средняя обеспеченность территории России железными дорогами достигла уровня 1 км/1000 км^2 в 1883 году, а в последующие годы превысила его, это стало мощным импульсом для ускорения экономического развития страны, «большого рывка» промышленного производства в 1890-е годы [8, 11]. В то же время надлежащее развитие транспорта – необходимое, но недостаточное условие для социально-экономического прогресса. Оно должно идти «рука об руку» с институциональным развитием [12].

Рассмотрим теперь сравнение плотности населения с другими показателями транспортной обеспеченности.

Рейтинги плотности населения и обеспеченности населения железнодорожной инфраструктурой близки для более чем половины рассматриваемых регионов, рейтинги плотности населения и коэффициента Энгеля в части железнодорожной инфраструктуры – для большинства.

Что касается аналогичных рейтингов, относящихся к автодорожной инфраструктуре, взаимосвязь там слабее.

Таким образом, для обеспечения привлекательности северных регионов для постоянного проживания, повышения там плотности населения, развития человеческого капитала и создания условий для долговременного устойчивого социально-экономического роста необходимо повышение обеспеченности территорий этих регионов инфраструктурой сухопутного транспорта и прежде всего железнодорожной, которая носила бы опорный характер для комплексного развития транспорта на Севере.

В стратегическом плане целесообразно выработать перспективные целевые параметры транспортной обеспеченности территории северных регионов России. Эти параметры, с одной стороны, должны снизить существующие диспропорции (которые наглядно видны из таблицы 1), а с другой – должны быть увязаны с проектами новых железнодорожных и автомобильных линий, объектов инфраструктуры морского, речного и воздушного транспорта. Безусловно, нельзя «просто» повышать показатели транспортной обеспеченности территории. Необходим проектный подход, причем каждый проект должен быть подкреплен всесторонней оценкой экономической и социальной эффективности на отраслевом, региональном и макроэкономическом уровнях, чтобы новые дороги не превратились в ведущие «в никуда», как это уже бывало в истории освоения Севера [5, с. 269–272].

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенихин Я. Н., Новосельцев Е. М. Особенности транспортного развития в Арктической зоне. [Электронный ресурс]: www.dniimf.ru/rus/files/transport.development_in_the_ArcticArea.pdf. Доступ 21.06.2016.
2. Гайдар Е. Т. Долгое время. Россия в мире: очерки экономической истории.– 2-е изд.– М.: Дело, 2005.– 656 с.
3. Капелюшников Р. И. Сколько стоит человеческий капитал России? Часть *II* // Вопросы экономики.– 2013.– № 2.– С. 24–46.
4. Визе В. Ю. Моря Российской Арктики: В 2-х томах. Том II.– М.: Паулсен, 2016.– 256 с.
5. Алиев Р. Изнанка белого. Арктика от викингов до папанинцев.– М.: Паулсен, 2016.– 408 с.
6. Мачерет Д. А. Влияние транспорта на предметную среду цивилизации // Мир транспорта.– 2012.– № 6.– С. 4–9.
7. Концепция социально-экономического развития районов Севера. Одобрена распоряжением правительства Российской Федерации от 18 января 1992 года № 107-Р. [Электронный ресурс]: docs.chtd.ru/document/901607038. Доступ 21.06.2016.
8. Мачерет Д. А. Экономические записки об отечественных железных дорогах // Отечественные записки.– 2013.– № 3.– С. 162–176.
9. Мачерет Д. А. Социально-экономическая оценка транспорта на основе исторических сравнений // Мир транспорта.– 2016.– № 1.– С. 256–271.
10. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2015: Стат. сб. / Росстат.– М., 2015.– 672 с.
11. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Макроэкономический аспект эволюции железнодорожного транспорта // Вопросы экономики.– 2011.– № 3.– С. 124–137.
12. Мачерет Д. А. Транспорт и институты // Вектор транспорта.– 2015.– № 3.– С. 5–8. ●

(Окончание в следующем номере)

Координаты авторов: **Мачерет Д. А.**– macheretda@rambler.ru, **Мачерет Ю. Я.**– macheret@igras.ru.

Статья поступила в редакцию 06.09.2016, принята к публикации 02.12.2016.

PROBLEMS OF TRANSPORT ACCESSIBILITY AND CONNECTIVITY IN THE NORTHERN REGIONS

Macheret, Dmitry A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Macheret, Yuri Ya., *Institute of Geography of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article, published in two issues of the journal, addresses the problems of development of transport infrastructure in the northern regions of Russia (Part I: priority of roads, land communications, Part II: how to avoid the «big earth» syndrome). The conclusion is substantiated that in order to ensure their attractiveness, comfort of living, increasing the population density, creating conditions for long-term sustainable social and economic development of the territories, it is necessary to deal more with the infrastructure of land transport and, above all, the railway, which would be of a supporting nature and would strengthen the position of the transport complex in the north. It requires strategic planning for development of each type of transport, taking into account the prospects for industrial development of low-income arctic regions and long-term needs of people in creating a comfortable environment and favorable conditions for active and full-fledged life, in conjunction with the natural and climatic features of the region and their projected changes.

Keywords: transport, northern regions, social and economic development, land transport infrastructure, natural and climatic conditions.

Background. *Russia is a northern country, almost 2/3 of which (more than 11 million km²) belongs to the regions of the Far North and regions equated to them. The economic importance of these regions is very high: they account for the bulk of oil and gas production, as well as phosphorus fertilizers, and timber production. In the northern regions, the extraction of diamonds and gold, non-ferrous and rare-earth metals, and considerable energy capacities are concentrated.*

Reserves of minerals that can be used in the future are great. So, according to some estimates, in the Arctic, a large part of which belongs to the Russian North, 20–25 % of the world's oil and gas reserves are located [1].

At the same time, less than 10 % of Russia's population lives in the North, and at the end of the last century and the beginning of this century a massive outflow of population from the northern regions arose [2, p. 375], which certainly worsens the prospects for their development. After all, in the modern economy it is human, and not material capital, that is the main component of national wealth and the basis of economic growth. According to the study [3], the volume of human capital in Russia is about 13 times higher than the country's GDP and 5.5 times – the volume of physical capital. At the same time, economic development is provided by the synergy of human and physical capital, natural resources. Reducing the population of the Russian North, which naturally leads to a reduction in the human capital of this macroregion, also means a reduction in the opportunities for such synergies.

Objective. *The objective of the authors is to consider transport problems, which arise in the northern regions of Russia.*

Methods. *The authors use general scientific methods, statistical method, retrospective method, scientific analysis.*

Results.

Part I: priority of roads, ground structures

The origins of the problems of the North and the importance of transport

The current problems of social and economic development of the Russian North are largely due to the policy of development of the northern regions during the centrally planned economy.

On the one hand, during this period there was a mass migration of people to the northern regions. So, only from 1926 to 1939 the population of the Far North increased almost threefold. In the second half of the 1930s, the annual increase was up to 15 % [4, p. 133]. However, this was not the result of increasing the attractiveness of the regions for people's lives. As R. Aliev points out, «The north of the country was assigned a special role in the plans of the Soviet leadership – at first it was regarded as an ideal place of isolation for the undesirable part of the population, and later as an inexhaustible source of natural resources <...>. But no matter how its main purpose was changed, the material basis for developing the region was provided by forced labor» [5, p. 245].

As a result, from the end of the 1920s to the early 1990s, the average temperature of the winter months, recalculated for the distribution of the population across Russia, decreased by 1°C (from –11.6°C to –12.6°C). Over the same period in the other largest northern country – Canada – the average population temperature (for winter months), on the contrary, increased by 1°C (from –9.9°C to –8.9°C) [2, pp. 373–374]. Thus, if in Canada the population was concentrated in the zones of a milder climate, then in Russia – of more severe.

At the same time, the main task of developing the North in our country was the extraction of natural resources. The issues of social development, creation of attractive conditions for resettled people, stimulation of their «rooting» in these regions were often of secondary importance. The main driving factor of resettlement to the North (if such resettlement was voluntary), as a rule, was high wages, and the goal – the accumulation of funds in order to then safely settle in a more comfortable region of the country. The development of such «diligent» psychology was facilitated by the low transport availability and availability of northern places, creating a sense of «isolation» from the «Big Land» and psychological discomfort [6]. It is not by chance that when the state mechanisms for ensuring attractive pay in the northern regions ceased to function, many of their residents began to make the utmost efforts to move to the «Big Land».

It should be noted that one of the first documents adopted by the Russian government at the very beginning of market reforms was the «Concept of Social and Economic Development of the North» [7]. It analyzed the socio-economic problems of the northern territories and outlined systemic reforms aimed at «implementing a multisectoral diversification of the Russian North's economy». At the same time, it was noted that «the issues of creating the infrastructure... necessary for the effective functioning of the social and market mechanism will gradually occupy the leading strategic importance in the

Table 1

Level of development of infrastructure of land transport and general socioeconomic development of the Northern regions of Russia

Region	Population density, people/km²	GRP per capita, thous. rub.	Availability of railways			Availability of roads		
			$d_S^{rail.}$	$d_{pop.}^{rail.}$	$d_e^{rail.}$	$d_S^{road.}$	$d_{pop.}^{road.}$	$d_e^{road.}$
Murmansk region	5,29	396,3	6,00	1,14	2,61	22,70	4,29	9,87
Karelia republic	3,50	276,8	12,33	3,52	6,59	46,96	13,40	25,09
Arkhangelsk region	2,01	428,1	3,00	1,49	2,11	20,83	10,38	14,70
Komi republic	2,07	560,0	4,05	1,95	2,81	15,36	7,40	10,66
Khanty-Mansiisky autonomous district-Yugra	3,01	1753,8	2,03	0,67	1,17	10,32	3,42	5,94
Yamalo-Nenetsky autonomous district	0,70	2540,5	0,63	0,89	0,75	2,83	4,03	3,37
Tyva republic	1,86	134,2	–	–	–	20,30	10,91	14,88
Sakha republic (Yakutia)	0,31	595,8	0,17	0,55	0,31	3,69	11,88	6,62
Magadan region	0,32	584,7	–	–	–	5,26	16,42	9,29
Chukotsky autonomous district	0,07	927,4	–	–	–	0,89	12,73	3,37
Kamchatka region	0,68	410,9	–	–	–	4,10	6,00	4,96
Sakhalin region	5,6	1369,0	9,59	1,71	4,05	21,70	3,87	9,16

Notes: $d_S^{rail.}$ – density of public railway network, which characterizes transport provision of the territory, km/1000 km²; $d_{pop.}^{rail.}$ – density of public railway network, which characterizes transport provision of population, km/1000 people; $d_e^{rail.}$ – complex indicator of density of public railway network (Engel coefficient); $d_S^{road.}$ – density of public road network (with hard surface), which characterizes transport provision of the territory, km/1000 km²; $d_{pop.}^{road.}$ – density of public road network (with hard surface), which characterizes transport provision of population, km/ 1000 people; $d_e^{road.}$ – complex indicator of density of public road network (Engel coefficient).

restructuring of the economic systems of the North», and the transport system was named the first among the production ones requiring centralized management, i.e. priority attention from the federal level of management.

This priority of the transport aspect in the development of the North is not accidental. In the methodology developed by the Canadian scientist L. Amlen to establish «northern» wage increments based on the proposed «northness» scale of four economic factors (taken into account along with six natural and climatic factors), two directly relate to transport. These are «ground transport accessibility» and «availability and quality of air communication» [7]. Two other economic factors: the «population in a populated area» and the «level of economic activity»,

Table 2

Rating of the level of development of land transport infrastructure and general social and economic development of the northern regions of Russia

Region	Population density, people/km²	GRP per capita, thous. rub.	Availability of railways			Availability of roads		
			$d_S^{rail.}$	$d_{pop.}^{rail.}$	$d_e^{rail.}$	$d_S^{road.}$	$d_{pop.}^{road.}$	$d_e^{road.}$
Murmansk region	2	10	3	5	4	2	9	5
Karelia republic	3	11	1	1	1	1	2	1
Arkhangelsk region	6	8	5	4	5	4	6	3
Komi republic	5	7	4	2	3	6	7	4
Khanty-Mansiisky autonomous district – Yugra	4	2	6	7	6	7	12	9
Yamalo-Nenetsky autonomous district	8	1	7	6	7	11	10	11
Tyva republic	7	12	(9–12)	(9–12)	(9–12)	5	5	2
Sakha republic (Yakutia)	11	5	8	8	8	10	4	8
Magadan region	10	6	(9–12)	(9–12)	(9–12)	8	1	6
Chukotsky autonomous district	12	4	(9–12)	(9–12)	(9–12)	12	3	12
Kamchatka region	9	9	(9–12)	(9–12)	(9–12)	9	8	10
Sakhalin region	1	3	2	3	2	3	11	7

Table 3

Grouping of the northern regions of Russia in terms of population density and the provision of the territory with railways and highways

Population density	Provision of the territory with railways			
	low		high	
	Обеспеченность территории автодорогами		Обеспеченность территории автодорогами	
	low	high	low	high
low	Kamchatka region, Yamalo-Nenetsky autonomous district, Sakha republic(Yakutia), Magadan region, Chukotsky autonomous district	Tyva republic	–	–
high	–	–	Khanty-Mansiisky autonomous district-Yugra	Sakhalin region, Murmansk region, Karelia republic, Arkhangelsk region

taking into account the nature of the socioeconomic development of a given place of residence, as shown in [8, 9], are also crucially dependent on transport security. Therefore, the development of transport is a key aspect for the northern regions, creating there more attractive conditions and at least partial leveling (rather than aggravating, as it is now) of the severe natural and climatic circumstances of life.

In the research and initial development of the Far North, the leading role was played by sea and river, and later – by air vehicles [4, 5]. However, the possibilities of using water transport are limited by the geographical location of a particular locality, and in the northern regions also by a short navigation period. Air communication is of high cost and low carrying capacity. The presence in the region of only water and air communication in socio-economic terms makes it an «island», separated from the «Big Land», even if this region is part of the continent. Therefore, for the socio-economic development of the northern regions in Russia, it is extremely important to develop land-based modes of transport (which, of course, does not reduce the role of water and air traffic).

Analysis of land infrastructure

Since official statistical information on the transport infrastructure and socio-economic development is given for each region – a subject of the Russian Federation, the analysis was carried out for those regions which entire territory belongs to the regions of the Far North or equivalent areas. Accordingly, those subjects of the federation, in which only certain areas belong to the Far North or equivalent areas, are not included in the analysis.

Based on this approach, levels of infrastructure development for land transport and general socio-economic development are analyzed for twelve northern regions (Table 1).

Indicators of socio-economic development – population density and gross regional product (GRP) per capita – are taken directly from official statistical information [10], and indicators of the availability of land transport infrastructure – railways and highways – for land and population are calculated on the basis of data from the same source.

The use of GRP (the cost of all final goods and services produced in all sectors of the economy in the region) per capita, as a key indicator of regional economic development, probably does not require comments. As for population density, this is not only a key socio-demographic, but also a key economic indicator. The economic role of population density is determined by the fact that the division of labor, specialization and co-operation in the process of economic activity, which are the basis of economic growth and the improvement of people's well-being, and the opportunities for the development of culture, education and health, depend on its level. (It is difficult, for example, to imagine multi-disciplinary educational or medical institutions in sparsely populated areas). Finally, just for effective development of the territory, the population density must exceed some minimum necessary level.

To characterize the level of development of the land transport infrastructure, the indicators characterizing the transport coverage of the territory and the population (for rail and road transport), as well as the complex indicator of the density of the railway and road network– Engel coefficient are used:

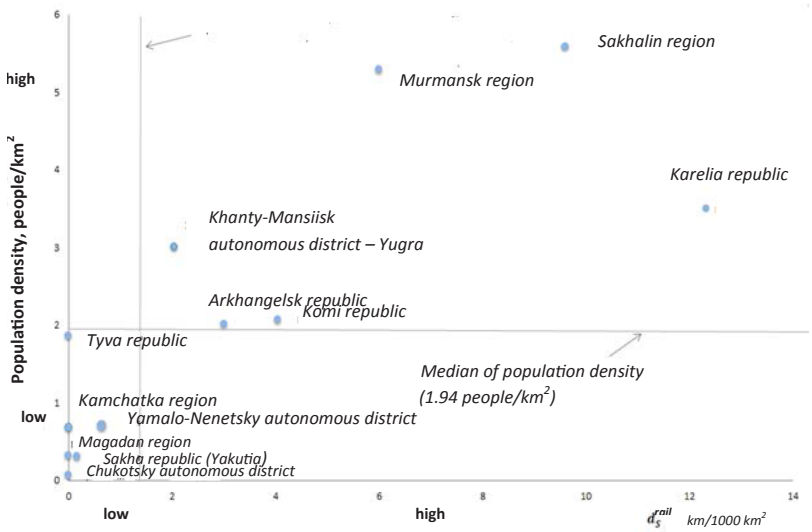
$$d_e^{rail.} = \sqrt{d_S^{rail.} * d_{pop.}^{rail.}};$$

$$d_e^{road.} = \sqrt{d_S^{road.} * d_{pop.}^{road.}}.$$

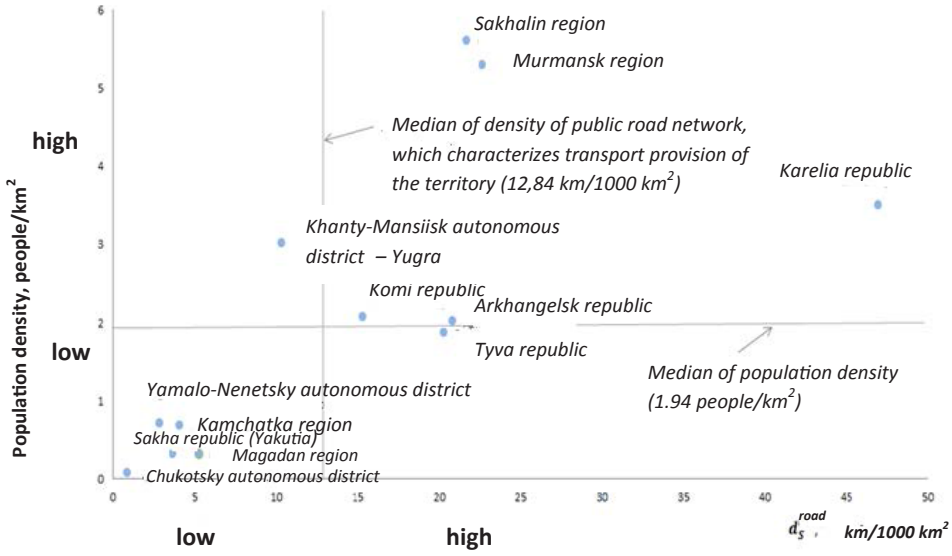
Comparison of all these indicators for the northern regions of Russia (Table 1) gives a rather «colorful» picture, for ordering which Table 2 shows the ratings of regions for each indicator.

From the analysis of Table 2, we can conclude that in the northern regions of Russia there is no clear connection between population density and GRP per capita: the ratings of more than half of the regions differ significantly in these indicators. This situation is a consequence of the existing model of the development of the North, aimed at extracting natural resources, in which the economic indicators of the region are formed due to the availability of such resources and their exploitation. As a result, for example, the Yamalo-Nenetsky Autonomous District, where significant volumes of hydrocarbon raw materials are produced, is in the first place in terms of GRP per capita at very low population density, and the «deprived» of hydrocarbons Murmansk region and Karelia with relatively high (for the northern regions) population density have extremely low levels of GRP per capita.

However, the resource and raw material model of the economic development of the northern regions, as well as the whole of our country, is not promising. The world, starting with the most developed countries, enters the knowledge economy period when the relative importance of raw materials is reduced, and the



Pic. 1. Segmentation of the northern regions of Russia in terms of population density and the provision of the territory with rail infrastructure.



Pic. 2. Segmentation of the northern regions of Russia in terms of population density and the provision of territory with road infrastructure.

importance of human capital becomes the leading and will continue to grow. And since individuals act as bearers of human capital, the density of the population, together with the opportunities for personal development, including the existence of a comfortable environment for life, including transport, is a key factor in terms of the prospects for the development of the northern regions.

Table 2 shows the relationship between population density and indicators of the provision of the territory with rail and road infrastructure. This relationship is even more evident from Pic. 1 and 2 and Table 3. And this is the relationship – in fact, to ensure even a relatively high population density, it is necessary to have a stable regular transport communication, and the development of such a communication, in turn, requires an increase in population density.

In other words, there is a positive reverse connection between the population density and the transport provision of the territory. It is noteworthy that in Pic. 1 and 2 points in the areas of low population density and low provision of the territory of the regions with rail and road infrastructure are concentrated, and in areas of high population density and high provision of the territory with transport infrastructure[1] – scattered. This can be interpreted as the existence of a kind of «trap of unexplored territory», which consists in the fact that low transport provision of the territory hinders its settlement and economic development (a small number of people is mainly concentrated in a limited number of uninhabited places with air or water transport communication), and this, in turn, does not create prerequisites for the development of transport, does not allow to economically justify the construction of land transport main lines.

[1] Of course, with reference to the northern regions, one can speak of high population density and high availability of transport infrastructure only in a relative sense.

If the transport provision of the territory is improved and the critical level of density of railways and public roads is exceeded, based on the analysis, it can be estimated at about 1–2 km / 1000 km² for railways and 10–15 km / 1000 km² for highways) the density of the population varies widely, under the influence of a combination of a large number of natural and economic factors.

It turns out that the task of exceeding the «critical» (the minimum necessary for successful socioeconomic development) level of transport provision of the territory is key to overcoming the «trap of undeveloped territory» and the formation of long-term socio-economic prospects. This task can be solved on the basis of the construction of «pioneer» transport main lines and subsequent economic development and settlement of the territories with the support of these main lines. One of the illustrative examples is construction of Murmansk railway and development on its basis of the poorly-populated Karelo-Murmansk region – will be considered below.

Of course, the given levels of the «critically needed» density of railways and highways are indicative. For each region, they should be evaluated taking into account local conditions – natural, economic, social. Nevertheless, it is noteworthy that when the average provision of Russian territory with railways reached the level of 1 km / 1000 km² in 1883, and in subsequent years exceeded it, it became a powerful impetus to accelerate the country's economic development, a «big breakthrough» in industrial production in the 1890s years [8, 11]. At the same time, proper development of transport is a necessary, but insufficient condition for socio-economic progress. It must go hand in hand with institutional development [12].

Let's now consider the comparison of population density with other indicators of transport provision.

The ratings of the population density and provision of population with rail infrastructure are close to more than half of the regions under consideration, the population density ratings and the Engel coefficient in the part of the railway infrastructure are for the majority.

As for similar ratings relating to the road infrastructure, the relationship is weaker there.

Thus, to ensure the attractiveness of the northern regions for permanent residence, to increase the density of population there, to develop human capital and to create conditions for long-term sustainable socio-economic growth, it is necessary to increase the provision of the territories of these regions with land transport infrastructure and, above all, the railway, which would be of supporting nature for the integrated development of transport in the North.

Conclusion. In the strategic plan, it is advisable to develop long-term target parameters of transport provision of the territory of the northern regions of Russia. These parameters, on the one hand, should reduce existing disproportions (which are clearly visible from Table 1), and on the other hand, they should be linked with the projects of new rail and road lines, infrastructure of sea, river and air transport. Undoubtedly, it is impossible to «simply» increase the indicators of the transport provision of the territory. A project approach is needed, and each project must be supported by a comprehensive assessment of economic and social efficiency at the sectoral, regional and macroeconomic levels, so that new roads do not turn into the leading ones «to nowhere», as has already happened in the history of the development of the North [5, p. 269–272].

REFERENCES

1. Semenikhin, Ya. N., Novoseltsev, E. M. Features of transport development in the Arctic zone [*Osobennosti transportnogo razvitija v Arkticheskoj zone*]. [Electronic resource]: www.dniimf.ru/rus/files/transport.development_in_the_ArcticArea.pdf. Last accessed 21.06.2016.
2. Gaydar, E. T. Long time. Russia in the world: essays of economic history [*Dolgoe vremja. Rossija v mire: ocherki ekonomicheskoj istorii*]. 2nd ed. Moscow, Delo publ., 2005, 656 p.
3. Kapelyushnikov, R. I. How much does the human capital of Russia cost? Part II [*Skol'ko stoit chelovecheskij kapital Rossii? Chast' II*]. Voprosy ekonomiki, 2013, Iss. 2, pp. 24–46.
4. Vize, V. Yu. The Sea of the Russian Arctic: In 2 volumes. Volume II [*Morja Rossijskoj Arktiki: V 2-h tomah. Tom II*]. Moscow, Paulsen publ., 2016, 256 p.
5. Aliev, R. The origin of the white. Arctic from Vikings to Papaninians [*Iznanka belogo. Arktika ot vikingov do papanincev*]. Moscow, Paulsen publ., 2016, 408 p.
6. Macheret, D. A. The Influence of Transportation on Object Environment of Civilization. *World of Transport and Transportation*, Vol. 10, 2012, Iss. 6, pp. 4–9.
7. The concept of socio-economic development of the North. Approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated January 18, 1992 No. 107-R [*Koncepcija social'no-ekonomicheskogo razvitija rajonov Severa. Odobrena rasporjazheniem pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 18 janvarja 1992 goda № 107-R].* [Electronic resource]: docs.chtd.ru/document/901607038. Last accessed 21.06.2016.
8. Macheret, D. A. Economic notes on domestic railways [*Ekonomicheskie zapiski ob otechestvennyh zheleznyh dorogah*]. Otechestvennye zapiski, 2013, Iss. 3, pp. 162–176.
9. Macheret, D. A. Socio-Economic Assessment of Transport on the Basis of Historical Comparisons. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 1, pp. 256–271.
10. Regions of Russia. The main characteristics of the subjects of the Russian Federation. 2015: Stat. col. [*Regiony Rossii. Osnovnye harakteristiki sub'ektov Rossijskoj Federacii. 2015: Stat. sb.*]. / Rosstat. Moscow, 2015, 672 p.
11. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Macroeconomic aspect of the evolution of rail transport [*Makroekonomicheskij aspekt evoljucii zheleznodorozhnogo transporta*]. Voprosy ekonomiki, 2011, Iss. 3, pp. 124–137.
12. Macheret, D. A. Transport and Institutes [*Transport i instituty*]. Vektor transporta, 2015, Iss. 3, pp. 5–8.

(To be continued) ●

Information about the authors:
Macheret, Dmitry A. – D.Sc. (Economics), professor, head of department of Economy of construction business and property management of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.
Macheret, Yuri Ya. – D.Sc. (Geography), leading researcher, Institute of Geography of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, macheret@igras.ru.

Article received 06.09.2016, accepted 02.12.2016.

УДК 656:338.1

Оценка зависимости пассажирооборота от макроэкономических факторов

Дмитрий КАГАН

Dmitry Z. KAGAN

Каган Дмитрий Зиновьевич *– кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Estimation of Passenger Transportation Indicators Dependence on Macroeconomic Factors

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 146)

Нестабильность отечественного рынка транспортных услуг, существенные колебания спроса со стороны населения заставляют с особым вниманием оценивать круг исследуемых проблем. Автором проводится анализ влияния макроэкономических факторов на показатели пассажирских перевозок. Показывается высокая зависимость суммарного пассажиропотока от экономического состояния страны, уровня платежеспособности населения. Рассматривается изменение силы связи между пассажирооборотом и ВВП за последние 24 года. Выдвигается предположение о некоторой «инерционности» показателей перевозок и вместе с тем аналитически доказывается преимущественное совпадение динамики валового внутреннего продукта и суммарного пассажиропотока.

Ключевые слова: транспорт, макроэкономические факторы, пассажирские перевозки, прогнозирование, ВВП, пассажирооборот, взаимозависимости показателей.

Естественно полагать, что основные показатели пассажирских перевозок существенно зависят от макроэкономических факторов. А раз это так, то для выработки стратегий транспортных компаний, непосредственных участников рынка пассажирских перевозок необходимы анализ зависимости этого рынка от общего уровня экономического развития страны, потенциала ее производительных сил, а вместе с тем и прогнозирование возможных изменений в отраслевой конкурентной среде [1–4].

Такой анализ может включать в себя изучение факторов, влияющих на пассажирские перевозки, выявление степени их влияния на характер занятости и социальной мобильности, методы прогнозирования спроса населения на перевозки [5, 6].

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СООТНОШЕНИЙ

Исследование зависимости количественных характеристик работы транспортной отрасли от экономических показателей проводилось, например, в работах [7–9]. Так, в [7] показана тесная связь между грузооборотом железнодорожного

Таблица 1

Динамика пассажирооборота и ВВП в процентах к предыдущему году

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Пасс.	-5,0 %	-9,4 %	-2,9 %	-9,8 %	-7,4 %	-4,4 %	-3,1 %	-5,9 %	-2,4 %	5,6 %	-0,4 %	-1,0 %
ВВП	-5,0 %	-14,5 %	-8,7 %	-12,7 %	-4,1 %	-3,6 %	1,4 %	-5,3 %	6,3 %	10,0 %	5,1 %	4,7 %
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Пасс.	0,4 %	3,7 %	-7,1 %	0,6 %	4,4 %	3,0 %	-9,4 %	4,3 %	3,9 %	5,9 %	2,7 %	1,4 %
ВВП	7,3 %	7,2 %	6,4 %	8,2 %	8,5 %	5,2 %	-7,8 %	4,5 %	4,3 %	3,4 %	1,3 %	0,6 %

транспорта и ВВП, которая сохраняется в течение очень длительного времени. Для пассажирооборота имеет место более сложная и не столь очевидная связь. В [8] рассмотрены некоторые региональные особенности подобных зависимостей.

Можно выделить различные факторы, оказывающие влияние на объем пассажирских перевозок. Среди них, конечно, общие социально-экономические характеристики страны. Факторы, связанные с уровнем жизни: реальные доходы населения, средняя заработная плата, уровень безработицы, паритеты покупательной способности национальных валют в соответствии с базовым подходом международных макроэкономических сопоставлений [9]. Количество личного автотранспорта у населения – тоже фактор, во многом определяющий конкуренцию в транспортной отрасли.

Разумеется, немаловажным показателем для пассажирских перевозок является качество работы транспорта [10], степень удовлетворенности пассажиров. Понятию качества транспортного обслуживания посвящены, в частности [10–12]. Этот фактор особенно значим в конкурентной борьбе между видами транспорта.

С одной стороны, при подъеме экономики растет общий спрос на транспортные услуги, что может улучшить показатели любого из видов транспорта. С другой стороны, усиливается межвидовая конкуренция. Пассажиры с учетом таких факторов, как цена, уже упомянутое качество обслуживания, длительность пути, выбирают наиболее подходящий для себя способ перемещения и уровень комфорта.

Поскольку в данной работе рассматривается общий пассажирооборот всех видов транспорта, логично в первую очередь оценить его зависимость от ВВП (валового внутреннего продукта) – основной характеристики экономического развития страны.

В предыдущих исследованиях [13, 14] было выявлено, что уровень экономического развития страны оказывает значительное, определяющее влияние на общий пассажирооборот транспорта.

Заметим, что макроэкономические характеристики, оказывая существенное влияние на пассажирооборот и грузооборот всех видов транспорта, тем самым имеют определяющее значение для практически любых показателей транспортной отрасли [15, 16].

Для того чтобы можно было сравнивать значения ВВП за различные годы, в дальнейшем валовый внутренний продукт измеряется в миллиардах долларов в ценах 1990 года. Пассажирооборот измеряется в миллиардах пасс-км.

В таблице 1 приводятся сведения как о пассажирообороте, так и ВВП за период с 1991 по 2015 годы. Приведены изменения величин в процентах к предыдущему году.

Проанализировав таблицу, можно увидеть, что общий пассажирооборот, как правило, растет с ростом ВВП и снижается при падении ВВП. В рассматриваемом периоде на 20 лет из 25 приходится одинаковая направленность изменений ВВП и пассажиропотока. На отрезке с 1990 по 1998 год наблюдалось синхронное падение обеих величин, только в 1997 году имело место отличие: пассажирооборот упал, а ВВП немного вырос.

Синхронность в изменениях показателей наблюдалась и после 2007 года. Одновременные рост и падение. Интересно, что и цифры процентов роста и снижения похожи. Взаимное падение происходило

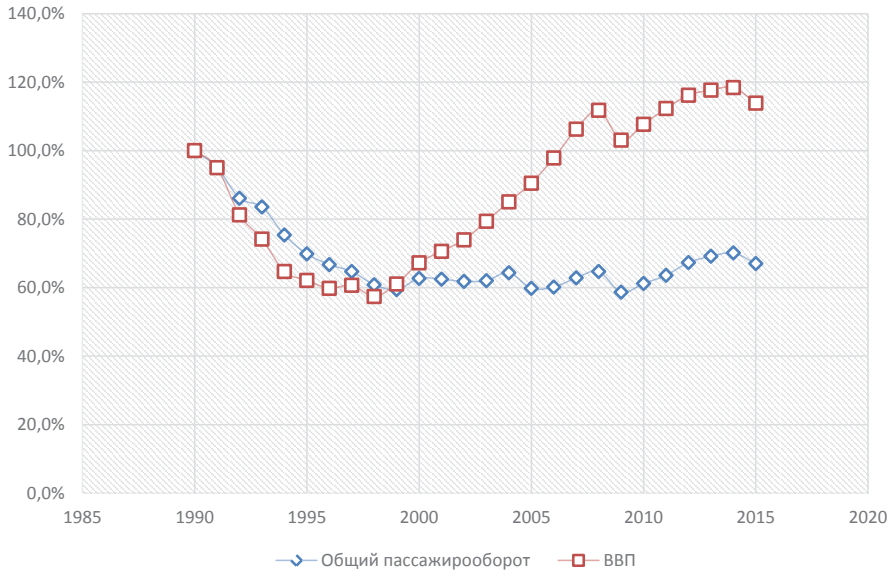


Рис. 1. Пассажирооборот на транспорте и ВВП в процентах по отношению к показателям 1990 года.

в 2009 и 2015 годах – следствие экономических кризисов.

Только период с 2000 по 2006 год отмечается некоторым нарушением синхронности. В эти годы ВВП показывал существенный рост, в то время как пассажирооборот или незначительно рос, или снижался. Именно в это время относительные показатели ВВП стали существенно выше показателей пассажирооборота. В 1999 году объем пассажирооборота составлял 59 % от показателя 90-го года, ВВП был равен 61 % от величины 90-го. А в 2007-м соответствующий показатель для пассажирооборота был равен 63 % (примерно такое же значение, как и в 99-м), для ВВП – 106 %.

Для удобства и наглядности значения ВВП и пассажирооборота представлены на графике 1. На этом графике представлены показатели ВВП и пассажирооборота по годам в процентах по отношению к 1990 году.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для анализа силы зависимости между различными характеристиками обычно используется коэффициент корреляции [17] – основная количественная оценка взаимосвязи числовых величин. Рассмотрим корреляционную связь между общим пассажирооборотом и ВВП России. Если посчитать коэффициент корреляции между ними с 1991 по 2015 год, то получим невероятный результат. Коэффициент равен 0,07 (!) – это фантастически маленькое значение. Казалось бы, отсюда можно сделать вывод об отсутствии связи между ВВП, а значит, и экономическим развитием страны, и пассажирооборотом.

Однако в данном случае не следует полностью доверять числам. Если посмотреть на рис. 1, можно заметить, что формы графиков ВВП и пассажирооборота почти совпадают, особенно на отрезках, включающих 90-е годы и годы с 2007 по 2015.

Как уже было отмечено, на наблюдаемом отрезке времени примерно в 80 % случаев (19 лет из 24) годы роста и падения ВВП совпадали с ростом и падением пассажирооборота.

Если рассматривать корреляцию между общим пассажирооборотом и ВВП за годы с 1990 по 1999, получим коэффициент 0,95. Это – очень высокий показатель. Также очень сильная связь между величинами проявляется, если посчитать коэффициент корреляции за период с 2007 по 2014 – 0,87.

Обе рассматриваемые величины сильно снижались после кризисов 1998 и 2008 годов. На графике особенно наглядно видно практически синхронное поведение ВВП и пассажирооборота после кризиса 2008 года: снижение, восстановление, потом в 2013–2014 годах замедление роста, в 2015

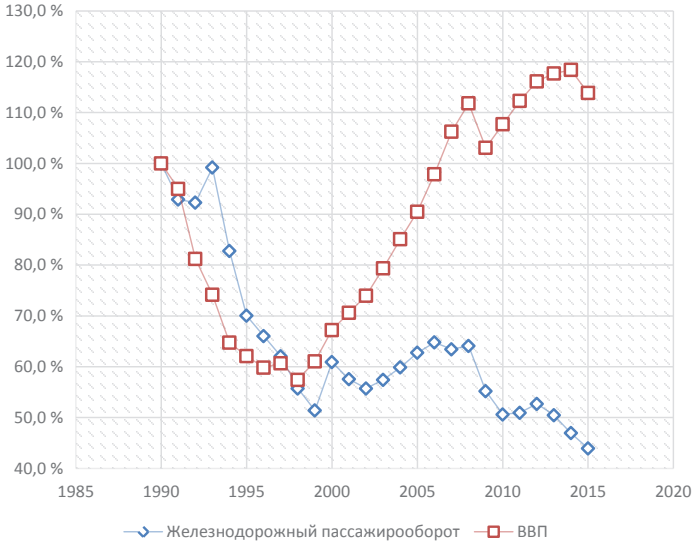


Рис. 2. Пассажирооборот транспорта и ВВП в процентах по отношению к показателям 1990 года.

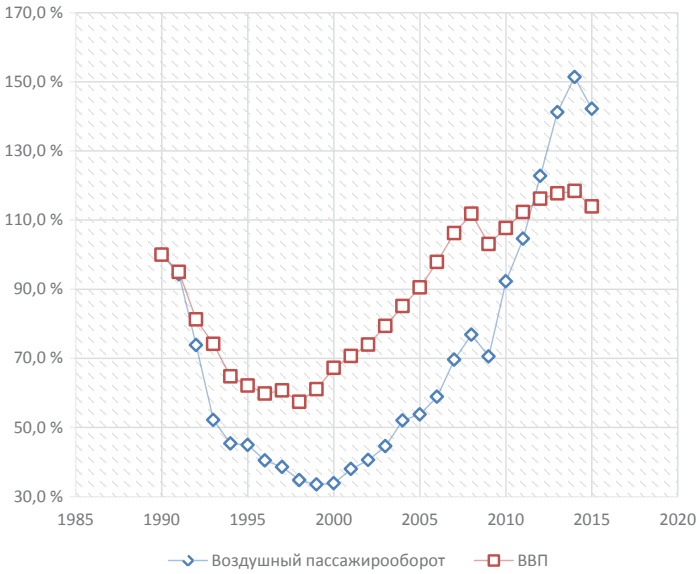


Рис. 3. Пассажирооборот транспорта и ВВП в процентах по отношению к показателям 1990 года.

году с началом нового кризиса взаимное снижение.

Заметим также, что в 2000-е годы даже при достаточно синхронном поведении двух величин, рост ВВП значительно опережал рост пассажирооборота. Так ВВП уже к 2007 достиг уровня 90 года, а в 2014 составлял 118 % от уровня 90-го. Пассажирооборот, несмотря на рост в период с 2007 по 2014, в отличии от ВВП так и не достиг уровня 90-го года. Максимальное значение – в 2014 году – составило 70,1 % по отношению к пассажирообороту 1990.

Для этого существует различные причины. Возможно, изменилось соотношение между ценами на перевозки и доходами населения. Изменилась и структура расходов, поэтому даже при росте ВВП, и, соответственно, средних доходов, транспортная активность населения растет отстающими темпами. Также можно предположить, что рост макроэкономических показателей неравномерно распределяется между различными группами населения. Поэтому возможности для поездок, особенно дальних, соответственно, и транспортная активность вырастает не у всего населения, а только у определенной доли. Это также приводит к тому, что рост ВВП хотя и сопровожда-

ется ростом пассажирооборота, но значительно меньшим по значению.

Для различных видов транспорта имеет место разные тенденции изменения пассажиропотоков и разные соотношения пассажирооборота с ВВП. На рис. 2, 3 в графическом виде представлены данные о ВВП и пассажирообороте железнодорожного и воздушного транспорта. Все они представлены в процентах по отношению к 1990 году для возможности сопоставления изменения величин.

Изучение влияния макроэкономических факторов на распределение спроса на перевозки по различным видам транспорта, изменение этого распределения с течением времени является темой для отдельного исследования.

Отметим различные тенденции для двух наиболее значимых по объемам перевозок видов транспорта. Железнодорожный транспорт в последние годы не показывал увеличения пассажирооборота даже при растущем ВВП. Воздушный транспорт, напротив, рос вместе с ВВП, причем существенно более высокими темпами. Из всех видов транспорта рост ВВП в 2000-е годы отразился позитивно прежде всего на воздушном транспорте. В 2015 году пассажирооборот воздушного транспорта составлял 142 % по отношению к показателю 1990, в то время как пассажирооборот железнодорожного транспорта лишь 44 % [18].

ВЫВОДЫ

1) Пассажирооборот имеет очень сильную зависимость от экономического состояния страны. Это видно и из графического анализа, и из значений коэффициентов корреляции за определенные временные отрезки, и из сравнения значений двух величин: ВВП и пассажиропотока. Более того, именно состояние экономики страны (и ВВП как его основной показатель) – главный фактор, влияющий на общий пассажирооборот транспорта. Крайне маленькое значение коэффициента корреляции за весь рассматриваемый период в данном случае не показательно.

2) Пассажирооборот обладает определенной инерционностью. При резком снижении ВВП он может сначала падать не столь сильными темпами, как и при подъёме ВВП рост пассажирооборота может быть более медленным. То есть не исключен некоторый временной лаг между экономическими изменениями и реакцией пассажирооборота. Так, в начале 1990-х при сломе прежней экономической системы происходило одновременное падение ВВП и пассажирооборота, но пассажирооборот падал несколько меньшими темпами. После кризиса 1998 года ВВП начал восстанавливаться уже в следующем 1999, а пассажиропоток еще продолжал падать, достигнув своего минимального значения – 470 млрд пассажиро-километров или 59,4 % от 1990 года. То, что показатели пассажирских перевозок после кризисов еще некоторое время продолжают снижаться, несложно объяснить, как экономическими, так и психологическими причинами. Люди, испытавшие определенные финансовые трудности во время кризиса, могут и дальше сталкиваться с его последствиями. Большая часть населения на следующий после кризиса год предпочтет сначала накопить какие-то сбережения, потратить деньги на товары первой необходимости, а только потом совершать дальние поездки.

3) Особенно ярко выраженной зависимость между пассажирооборотом и ВВП становится для временных промежутков длиной 7–10 лет. Действительно, для периодов с 1990–1999 и 2007–2015 годов определяется очень сильная корреляционная связь, наблюдается почти совпадающие по форме графики. На более длинных отрезках количественные показатели связи теряют свои значения. Различные политические и структурные изменения меняют цифры в соотношениях между ВВП и пассажирооборотом. Возможно, меняется доля в ВВП и доходах населения, которая расходуется на транспорт, но реальная сильная зависимость все равно остается.

4) Пассажирооборот зависит и от других политико-экономических факторов. Многие из них не всегда можно выразить количественно. Например, в 2005 году произошло одно из самых сильных падений пассажирооборота – на 7,1 %, но при этом ВВП вырос на 6,4 %. Сыграло свою роль скорее всего вступление в силу закона о монетизации льгот. Подтверждением

этому является то, что наиболее значимое снижение пассажирооборота пришлось на такие виды транспорта, как автобусный, троллейбусный и трамвайный, метрополитен. Заметим и то, что большая часть пассажирских перевозок (в том числе пригородных) остается дотационной. Изменение или сокращение дотаций на перевозки со стороны государства или отдельных субъектов РФ может оказывать влияние на показатели перевозок, при этом не изменяя ВВП или усиливая эффект снижения для пассажирооборота.

5) При рассмотрении динамики изменения пассажирооборота и его связи с ВВП в новейшей российской истории имеет смысл разбить этот период на 3 временных отрезка: первый с 1990 по 1999; второй – с 2000 по 2006; и третий – с 2007. Каждый из этих временных отрезков характеризуется различными тенденциями с точки зрения зависимости между объемом пассажирооборота и макроэкономическими характеристиками. В частности, внутри этих периодов определяется стабильный коэффициент корреляции между рассматриваемыми величинами, существенно различный между периодами. Первый и третий периоды характеризуются очень высокой корреляцией между ВВП и общим пассажирооборотом, почти полным совпадением направленности изменений этих величин. Второй временной отрезок, напротив, характеризуется отсутствием положительной корреляции и нарушением связи (или изменением ее структуры) между величинами. В эти временные отрезки также имеет место и различная динамика изменения распределения пассажирооборота по видам транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терёшина Н. П., Галабурда В. Г., Токарев В. А. и др. Экономика железнодорожного транспорта: Учебник / Под ред. Н. П. Терёшиной, Б. М. Лапидуса. – М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. –676 с.
2. Соколов Ю. И., Сорокина А. В. Ключевые факторы успеха в управлении стратегией транспортной компании // Транспортное дело России. – 2016. – № 2. – С. 166–169.
3. Сорокина А. В. Стратегическое планирование в компаниях: Курс лекций. – М.: МИИТ, 2011. – 142 с.
4. Терёшина Н. П., Сорокина А. В. Повышение эффективности управления развитием корпорации на основе формализации стратегических инициатив // Транспортное дело России. – 2014. – № 1. – С. 78–80.
5. Соколов Ю. И., Иванова Е. А., Шлеин В. А. Управление спросом на железнодорожные перевозки и проблемы рыночного равновесия: Монография / Под ред. Ю. И. Соколова. – М.: ФГБОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 320 с.
6. Бубнова Г. В., Подсорин В. А., Никитина М. А. Экономическое обоснование механизма взаимодействия транспортных компаний и потребителей их услуг // Транспортное дело России. – 2014. – № 1. – С. 74–77.
7. Терёшина Н. П., Галабурда В. Г., Киреев В. Л. Стратегическое планирование на железнодорожном транспорте: Метод. указания. – М.: МИИТ, 1999. – 95 с.
8. Муктепавел С. В. Анализ макроэкономических факторов, влияющих на объем пассажирских перевозок в местном сообщении // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – № 1. – С. 53–59.
9. Балашов В. В., Смирнов А. В. Оценка спроса на пассажирские авиаперевозки // Мир транспорта. – 2013. – № 4. – С. 78–87.
10. Соколов Ю. И. Управление качеством продукции на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2008. – 168 с.
11. Соколов Ю. И., Лавров И. М. Повышение качества транспортного обслуживания на основе учета эластичности спроса // Экономика железных дорог. – 2014. – № 9. – С. 80–86.
12. Лавров И. М. Методика и результаты расчетов эластичности спроса относительно качества транспортного обслуживания // Мир транспорта. – 2014. – № 1. – С. 86–95.
13. Каган Д. З. Влияние макроэкономических факторов на показатели пассажирских перевозок // Экономика железных дорог. – 2016. – № 11. – С. 21–27.
14. Каган Д. З. Анализ влияния экономического развития страны на общий пассажирооборот транспорта // Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний. Сборник научных трудов. – 2016. – С. 53–57.
15. Епишкин И. А., Тихомиров А. Н., Фроловичев А. И. Применение экономико-математических методов при анализе показателей по труду и заработной плате на железнодорожном транспорте // Современные проблемы управления экономикой транспортного комплекса России: конкурентоспособность, инновации и экономический суверенитет. – М.: МИИТ. – 2015. – С. 40–44.
16. Макарова Е. А., Муктепавел С. В. Аналитические исследования пассажирских транспортных потоков в местном железнодорожном сообщении // Вестник Университета. – 2015. – № 1. – С. 33–40.
17. Кочнева Л. Ф., Липкина З. С., Новосельцева В. И. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2012. – 49 с.
18. Официальный портал Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]: http://docplayer.ru/34347951-Transport-i-svyaz-v-rossii-2016.html. Доступ 27.12.2016.

Координаты автора: **Каган Д. З.** – dmikagan@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 01.08.2016, актуализирована 26.12.2016, принята к публикации 27.12.2016.

ESTIMATION OF DEPENDENCE OF PASSENGER TURNOVER OF TRANSPORT ON MACROECONOMIC FACTORS

Kagan, Dmitry Z., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The instability of the domestic transport services market, significant fluctuations in demand on the part of the population, make it necessary to evaluate the range of problems under study with particular attention. The author analyzes the impact of macroeconomic factors on passenger traffic. The article reveals the high dependence of the total passenger flow on the economic condition of the country, the population's solvency margin. The change in the strength of the connection between passenger turnover and GDP over the last 24 years is considered. It is suggested that there is some «inertia» of transportation indicators and, at the same time, the predominant coincidence of the dynamics of the gross domestic product and the total passenger flow is analytically proved.

Keywords: transport, macroeconomic factors, passenger transportation, forecasting, GDP, passenger turnover, interdependence of indicators.

Background. *It is natural to believe that the main indicators of passenger transportation depend significantly on macroeconomic factors. And if this is the case, then analysis of the dependence of this market on the general level of the country's economic development, the potential of its productive forces, and at the same time forecasting possible changes in the industrial competitive environment, is needed to develop the strategies of transport companies, direct participants in the passenger transportation market [1–4].*

Such an analysis may include the study of factors affecting passenger transportation, identification of the degree of their impact on the nature of employment and social mobility, methods for forecasting the demand of the population for transportation [5].

Objective. *The objective of the author is to consider the dependence of passenger transportation indicators on macroeconomic factors.*

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

Results.

Regularities of relations

The study of the dependence of the quantitative characteristics of the transport industry on economic indicators was carried out, for example, in [2, 6, 7]. So, in [2] the close connection between freight turnover of a railway transport and GDP which is kept during very long time is shown. For passenger turnover, there is a more complex and less obvious connection. In [7], some regional features of such dependences are considered.

It is possible to single out various factors that affect the volume of passenger transportation. Among them, of course, there are general socio-economic characteristics of the country. Factors related to the standard of living: real income of the population, average wages, unemployment rate, purchasing power parities of national currencies in accordance with the basic approach of international macroeconomic comparisons [8]. The number of personal vehicles owned by the population is also a factor that largely determines competition in the transport sector.

Of course, an important indicator for passenger transportation is the quality of transport work [9], the degree of satisfaction of passengers. The concept of quality of transport services is discussed, in particular in [9–11]. This factor is particularly significant in the competitive struggle between modes of transport.

On the one hand, when the economy is growing, the total demand for transport services is growing, which can improve the performance of any mode of transport. On the other hand, interspecific competition is increasing. Passengers taking into account factors such as price, the above-mentioned quality of service, the duration of the journey, choose the most suitable way of travel and comfort level.

Since in this paper the overall passenger turnover of all modes of transport is considered, it is logical, first of all, to assess its dependence on GDP (gross domestic product) – the main characteristic of the country's economic development.

In previous studies [13, 14] it was revealed that the level of economic development of the country has a significant, determining influence on the overall passenger turnover of transport.

We note that macroeconomic characteristics, having a significant impact on passenger turnover and freight turnover of all types of transport, are thus of decisive importance for virtually all indicators of the transport sector [15, 16].

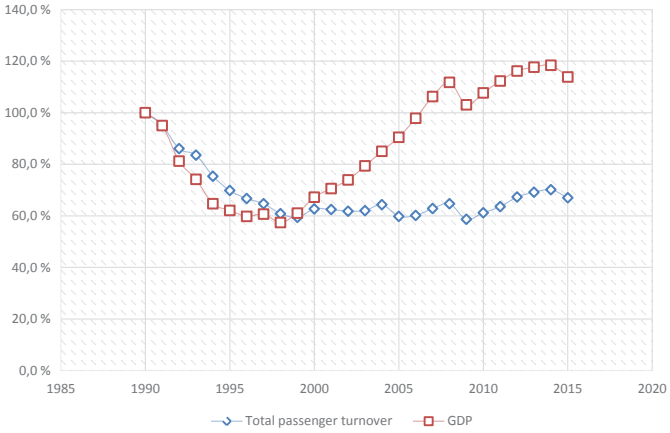
In order to be able to compare the GDP values for different years, in the future gross domestic product is measured in billions of dollars in 1990 prices. The passenger turnover is measured in billions of passengers-km.

Table 1 provides information on both passenger turnover and GDP for the period from 1991 to 2015. The changes in values in percent to the previous year are given.

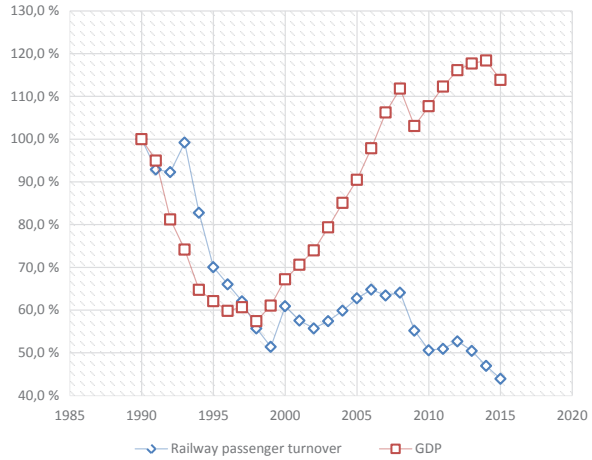
Table 1

Dynamics of passenger turnover and GDP in percent to the previous year

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Pass.	-5,0 %	-9,4 %	-2,9 %	-9,8 %	-7,4 %	-4,4 %	-3,1 %	-5,9 %	-2,4 %	5,6 %	-0,4 %	-1,0 %
GDP	-5,0 %	-14,5 %	-8,7 %	-12,7 %	-4,1 %	-3,6 %	1,4 %	-5,3 %	6,3 %	10,0 %	5,1 %	4,7 %
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pass.	0,4 %	3,7 %	-7,1 %	0,6 %	4,4 %	3,0 %	-9,4 %	4,3 %	3,9 %	5,9 %	2,7 %	1,4 %
GDP	7,3 %	7,2 %	6,4 %	8,2 %	8,5 %	5,2 %	-7,8 %	4,5 %	4,3 %	3,4 %	1,3 %	0,6 %



Pic. 1. Passenger turnover in transport and GDP in per cents to the indicators of 1990.



Pic. 2. Passenger turnover of transport and GDP in per cents relative to the indicators of 1990.

Analyzing the table, it is possible to see that the overall passenger turnover, as a rule, increases with GDP growth and decreases with its fall. In the period under consideration, for 20 years out of 25 there is the same direction of changes in GDP and passenger flow. In the period from 1990 to 1998, there was a synchronous decline in both values, only in 1997 there was a difference: passenger turnover fell, and GDP slightly increased.

Synchronicity in changes in indicators was observed after 2007. Growth and decline took place simultaneously. Interestingly, both the percentages of growth and decline are similar. Mutual decline occurred in 2009 and 2015 – a consequence of economic crises.

Only the period from 2000 to 2006 is marked by some violation of synchronicity. During these years, GDP showed significant growth, while passenger turnover either grew insignificantly or declined. It was at this time that the relative indicators of GDP were significantly higher than the figures for passenger turnover. In 1999, the volume of passenger turnover was 59 % of the figure of the year 1990; the GDP was 61 % of the value of the year 1990. And in 2007, the corresponding indicator for passenger turnover was 63 % (about the same value as in 1999), for GDP – 106 %.

For convenience and visibility, the values of GDP and passenger turnover are presented in the form of a graph in Pic. 1. This graph shows the GDP and passenger turnover figures for years as a percentage relative to 1990.

Correlation and graphical analysis

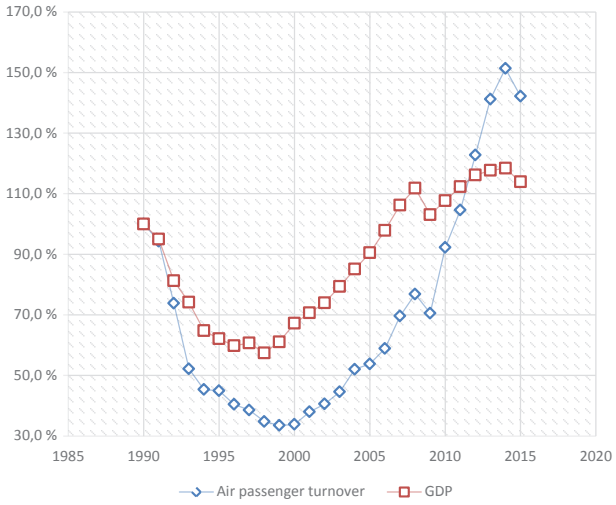
To analyze the strength of the relationship between different characteristics, the correlation coefficient is usually used [12] – the main quantitative evaluation of the relationship of numerical values. Let's consider the correlation between total passenger turnover and Russia's GDP. If we calculate the correlation coefficient between them from 1991 to 2015, we get an incredible result. The coefficient is 0,07 (!) – this is a fantastically small value. It would seem that from here we can conclude that there is no connection between GDP, and hence the economic development of the country, and passenger turnover.

However, in this case, we should not completely trust the numbers. If we look at Pic. 1, we can see that the forms of GDP and passenger turnover graphs almost coincide, especially on segments that include the 90s and years from 2007 to 2015.

As already noted, in the observed period of time in about 80 % of the cases (19 years out of 24) the years of GDP growth and decline coincided with the growth and fall in passenger turnover.

If we consider the correlation between total passenger turnover and GDP for the years from 1990 to 1999, we obtain a coefficient of 0,95. This is a very high indicator. Also a very strong relationship between the values is evident if the correlation coefficient for the period from 2007 to 2014 is calculated to be 0,87.

Both of these values were greatly reduced after the crises of 1998 and 2008. On the graph, the practically synchronous conduct of GDP and passenger turnover after the crisis of 2008 is



Pic. 3. Passenger turnover of transport and GDP in per cents relative to the indicators of 1990.

especially vividly visible: decrease, recovery, then in 2013–2014 the growth slowdown, in 2015 with the beginning of a new crisis mutual decline.

We also note that in the 2000s, even with sufficiently synchronous behavior of two values, GDP growth was much faster than the growth of passenger turnover. So GDP had already reached the level of the year 1990 by 2007, and in 2014 it was 118 % of the level of 1990. Passenger turnover, despite the growth in the period from 2007 to 2014, in contrast to GDP has not reached the level of the year 1990. The maximum value – in 2014 – was 70,1 % in relation to the passenger turnover of 1990.

There are various reasons for this. Perhaps the ratio between the prices for transportation and the income of the population has changed. The structure of expenditures has also changed, so even with the growth of GDP and, accordingly, the average income, the transport activity of the population is growing at a slow pace. It can also be assumed that the growth of macroeconomic indicators is unevenly distributed among different population groups. Therefore, the opportunities for travel, especially long-distance, respectively, and transport activity grows not for the entire population, but only for a certain proportion. This also leads to the fact that GDP growth, although accompanied by an increase in passenger turnover, but significantly less in value.

For different modes of transport, there are different trends in the change in passenger flows and a different ratio of passenger turnover to GDP. Figures 2 and 3 show graphically the GDP and passenger turnover of rail and air transport. All data are presented in percentages relative to 1990 for the possibility of comparing the change in values.

The study of the influence of macroeconomic factors on distribution of demand for transportation by different modes of transport, a change in this distribution over time is a topic for a separate study.

We note various trends for two most important types of transport in terms of transportation volumes. Railway transport in recent years has not shown an increase in passenger turnover, even with growing GDP. Air transport, on the contrary, grew with GDP, at a much higher rate. Of all modes of transport, GDP growth in the 2000 was reflected positively primarily on air transport. In 2015, passenger turnover of air transport was 142 % compared to 1990, while passenger turnover of railway transport was only 44 % [18].

Conclusions.

1) **Passenger turnover has a very strong dependence on the economic state of the country.** *This can be seen both from graphical analysis, and from the values of correlation coefficients over certain time intervals, and from a comparison of the values of two values: GDP and passenger flow. Moreover, the state of the country's economy (and GDP as its main indicator) is the main factor affecting the overall passenger turnover of transport. The extremely small value of the correlation coefficient for the entire period under consideration in this case is not indicative.*

2) **Passenger turnover has certain inertia.** *With a sharp decline in GDP, it may first fall at not so strong rates, as with the rise in GDP, the growth in passenger turnover may be slower. That is, some time lag between economic changes and the reaction of passenger turnover is not excluded. Thus, in the early 1990s, when the previous economic system was broken, the GDP and passenger turnover fell simultaneously, but passenger turnover fell at a somewhat slower pace. After the 1998 crisis, GDP began to recover in the next 1999, and passenger traffic still continued to fall, reaching its minimum value of 470 billion passenger-kilometers or 59,4 % of 1990 [13]. The fact that the indicators of passenger transportation after crises continue to decline for some time, it is easy to explain, both with economic and psychological reasons. People who have experienced some financial difficulties during the crisis may continue to face its consequences. Most of the population for the next year after the crisis will prefer to make some savings, spend money on essential goods, and only then make long trips.*

3) **The particularly pronounced dependence between passenger turnover and GDP becomes for time intervals of 7–10 years**. *Indeed, for the periods from 1990–1999 and 2007–2015, a very strong correlation relationship is determined, graphs, which are almost coincidental in shape, are observed. On longer segments, the quantitative indicators of communication lose their significance. Various political and structural changes change the figures in the ratio between GDP and passenger turnover. Perhaps the share in GDP and the income of the population that is spent on transport varies, but the real strong dependence still remains.*

4) **Passenger turnover also depends on other political and economic factors.** *Many of them*

cannot always be quantified. For example, in 2005, one of the strongest falls in passenger turnover occurred – by 7,1 %, but GDP grew by 6,4 %. The most likely its role was played by the entry into force of the law on the monetization of benefits. This is confirmed by the fact that the most significant decrease in passenger turnover occurred in such types of transport as bus, trolley and tram, metro. Let's also note that most of passenger transportation (including suburban) remains subsidized. The change or reduction of subsidies for transportation by the state or individual subjects of the Russian Federation can affect the transportation performance, while not changing the GDP or increasing the effect of decline for passenger turnover.

5) When considering the dynamics of changes in passenger turnover and its connection with GDP in recent Russian history, it makes sense to break this period into 3 time periods: the first from 1990 to 1999; the second – from 2000 to 2006; and the third – from 2007. Each of these time segments is characterized by different trends in terms of the relationship between the volume of passenger turnover and macroeconomic characteristics. In particular, within these periods, a stable correlation coefficient between the quantities under consideration is determined, which is substantially different between the periods. The first and third periods are characterized by a very high correlation between GDP and total passenger turnover, an almost complete coincidence of the direction of changes in these quantities. The second time interval, on the other hand, is characterized by the absence of a positive correlation and a violation of the connection (or a change in its structure) between the quantities. In these time segments there is also a different dynamics of changes in the distribution of passenger turnover by mode of transport.

REFERENCES

1. Tereshina, N. P., Galaburda, V. G., Tokarev, V. A. *et al*. The economics of railway transport: textbook [*Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta: uchebnik*]; ed. by N. P. Tereshina, B. M. Lapidus. Moscow, TMC on education in railway transport, 2011, 676 p.

2. Sokolov, Yu. I., Sorokina, A. V. Key factors of success in management of transport company strategy [*Kljuchevye factory uspeha v upravlenii strategiei transportnoi kompanii*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2016, Iss. 2, pp. 166–169.

3. Sorokina, A. V. Strategic planning in companies: a course of lectures [*Strategicheskoe planirovanie v kompanijah: kurs lekcij*]. Moscow, MIIT publ., 2011, 142 p.

4. Tereshina, N. P., Sorokina, A. V. Increase in efficiency of corporation development management on the basis of formalization of strategic initiatives [*Povyshenie effektivnosti upravlenija razvitiem korporacii na osnove formalizacii strategicheskih iniciativ*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2014, Iss. 1, pp. 78–80.

5. Sokolov, Yu.I., Ivanova, E. A., Shlein, V. A. The management of demand for rail transportation and the problems of market equilibrium: monograph [*Upravlenie sprosom na zheleznodorozhnye perevozki i problemy rynochnogo ravnovesija: monografija*]. Ed. by Yu. I. Sokolov. Moscow, FSBEI «TMC on education on a railway transport», 2015, 320 p.

6. Bubnova, G. V., Podsorin, V. A., Nikitina, M. A. Economic substantiation of the mechanism of interaction of transport companies and consumers of their services [*Ekonomicheskoe obosnovanie mehanizma vzaimodejstvija transportnyh kompanij i potrebitelej ih uslug*]. *Transportnoe delo Rossii*, 2014, Iss. 1, pp. 74–77.

7. Tereshina, N.P., Galaburda V. G., Kireev, V. L. Strategic planning on railway transport: methodological guidelines [*Strategicheskoe planirovanie na zheleznodorozhnom transporte: metod. ukazanija*]. Moscow, MIIT publ., 1999, 95 p.

8. Muktepavel, S. V. Analysis of macroeconomic factors affecting the volume of passenger traffic in the local traffic [*Analiz makroekonomicheskih faktorov, vlijajushhih na ob'em passazhirskih perevozok v mestnom soobshhenii*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2016, Iss. 1, pp. 53–59.

9. Balashov, V. V., Smirnov, A. V. Assessment of Demand for Passenger Carriage. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 4, pp. 78–87.

10. Sokolov, Yu. I. Product quality management in rail transport: educational guide [*Upravlenie kachestvom produkcii na zheleznodorozhnom transporte: ucheb. posobie*]. Moscow, MIIT publ., 2008, 168 p.

11. Sokolov, Yu. I., Lavrov, I. M. Improving the quality of transport services based on the elasticity of demand [*Povyshenie kachestva transportnogo obsluzhivanija na osnove ucheta elastichnosti sprosa*]. *Ekonomika zheleznyh dorog,* 2014, Iss. 9, pp. 80–86.

12. Lavrov, I. M. Applied Methods and Results of Computation of Elasticity of Demand Relative to Transportation Quality. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 1, pp. 86–95.

13. Kagan, D. Z. Influence of macroeconomic factors on passenger traffic indicators [*Vlijanie makroekonomicheskih faktorov na pokazateli passazhirskih perevozok*]. Ekonomika zheleznyh dorog, 2016, Iss. 11, pp. 21–27.

14. Kagan, D. Z. Analysis of the impact of the country's economic development on the overall passenger turnover of transport [*Analiz vlijanija ekonomicheskogo razvitija strany na obshhij passazhirooborot transporta*]. *Aktual'nye problemy upravlenija ekonomikoj i finansami transportnyh kompanij. Sbornik nauchnyh trudov*, 2016, pp. 53–57.

15. Epishkin, I. A., Tikhomirov, A. N., Frolovichev, A. I. Application of economic-mathematical methods in the analysis of indicators on labor and wages in railway transport [*Primenenie ekonomiko-matematicheskih metodov pri analize pokazatelej po trudu i zarabotnoj plate na zheleznodorozhnom transporte*]. *Sovremennye problemy upravlenija ekonomikoj transportnogo kompleksa Rossii: konkurentosposobnost', innovacii i ekonomicheskij suverenitet*. Moscow, MIIT publ., 2015, pp. 40–44.

16. Makarova, E. A., Muktepavel, S. V. Analytical studies of passenger traffic flows in local railway traffic [*Analiticheskie issledovanija passazhirskih transportnyh potokov v mestnom zheleznodorozhnom soobshhenii*]. *Vestnik Universiteta*, 2015, Iss. 1, pp. 33–40.

17. Kochneva, L. F., Lipkina, Z. S., Novoseltseva, V. I. Theory of probability and mathematical statistics: educational guide [*Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika: ucheb. posobie*]. Moscow, MIIT publ., 2012, 49 p.

18. Official portal of the Federal State Statistics Service. [Electronic resource]: http://www.gks.ru. Last accessed 27.12.2016.

Information about the author:
Kagan, Dmitry Z. – Ph.D. (Physics and Mathematics), associate professor at the department of Mathematics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, dmikagan@gmail.com.

Article received 01.08.2016, revised 26.12.2016, accepted 27.12.2016.

УДК 656.6(520)

Опыт Японии в области регулирования линейного судоходства

Игорь РУСИНОВ
Igor A. RUSINOV

Ирина ГАВРИЛОВА
Irina A. GAVRILOVA

Андрей НЕЛОГОВ
Andrey G. NELOGOV

Русинов Игорь Александрович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*
Гаврилова Ирина Александровна *– кандидат экономических наук, доцент ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*
Нелогов Андрей Георгиевич *– доцент ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*

Japan's Experience in Governing Liner Shipping
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 157)

Статья продолжает серию публикаций [1–3], посвящённых нормативной базе линейного судоходства основных морских стран мира. Отечественные исследователи [4, 5] периодически обращались к теме функционирования морского транспорта Японии, регулирования его деятельности и значения для внешней торговли. Тем не менее авторы считают необходимым снова к ней вернуться, поскольку за прошедшее время в мировом судоходстве произошли серьёзные изменения. В новой аналитической работе представлена информация о крупнейших японских судоходных компаниях, их участии в объединениях перевозчиков. Рассматривается деятельность регулятора, принципы его деятельности и отдельные случаи из практики. Дополнительную актуальность статье придает дискуссия, развернувшаяся в связи с обсуждением законопроекта о внесении изменений в Кодекс торгового мореплавания РФ.

Ключевые слова: морской транспорт, линейные конференции, линейное судоходство, морские перевозки в Японии, экономика, торговля, внешние рынки, линейные и трамповые перевозки, торговый флот.

Несмотря на весьма специфический уклад японского национального судоходства, нельзя говорить о его самоизоляции. Японские перевозчики ориентированы на обслуживание внешней торговли, глубоко интегрированы в структуры мощных финансово-промышленных групп и стали важной составной частью глобального рынка морских перевозок вообще и линейных перевозок в частности. Будучи зависимыми от внешних рынков, они находятся под влиянием нормативных актов, принимаемых в США и ЕС. Ориентация на национальную грузовую базу снижает, но не может полностью исключить влияния процессов, которые происходят в мировом судоходстве. Японские компании, как и любые другие сталкиваются с негативными явлениями, в том числе влиянием кризиса на грузовую базу, давлением со стороны конкурентов.

Авторы надеются, что статья станет полезным дополнением к выходившим ранее работам и послужит, возможно, определённым сигналом к более глубоким ис-

Таблица 1

Состав флота после объединения 1964 года [6]

Группа	Линейный флот	Трамповый универсальный	Трамповый специализированный		Итого
			сухогрузный	танкерный	
Mitsui O.S.K.	1121	507	213	477	2318
NYK	835	335	314	795	2279
K Line	607	133	146	645	1531
Yamashita-Shinnihon	308	312	148	346	1114
Japan Line	234	219	179	446	1078
Showa	49	175	445	348	1017
Итого	3154	1681	1445	3057	9337

следованиям в этой непростой для политэкономического анализа бизнес-сфере.

ПРЕДЫСТОРИЯ ЛИДЕРСТВА

История японского морского транспорта, в современном его представлении, берет начало в середине XIX века. Вскоре после того, как Япония отказалась от политики самоизоляции, благополучие государства во многом стало зависеть от дееспособности военного и гражданского морского флота. Внешняя политика государства была направлена на активную региональную экспансию. При этом ещё во время военной экспедиции 1874 года на Тайвань правительство пришло к выводу о необходимости иметь торговой флот, обладающий высокой мобилизационной способностью.

К началу Второй мировой войны в стране насчитывалось свыше 200 судоходных компаний. Процессы концентрации, характерные для финансового капитала и промышленности, в полной мере относились и к морскому транспорту. На долю 16 компаний приходилось 60 % тоннажа (по валовой вместимости). После полного уничтожения транспортного флота во время Второй мировой войны судоходство в Японии было воссоздано за счёт национальных ресурсов и при непосредственном участии американского капитала. В 1964 году государство сконцентрировало практически все активы морского торгового флота в шести ключевых компаниях, объединивших 97 судоходных компаний и владевших 81 % линейного тоннажа страны.

Шесть мега-компаний – это Mitsiu O.S.K. (MOL O.S.K.), контролируемая группами Мицуи и Сумитомо; Nippon Yusen (NYK), контролируемая Мицубиси; Kawasaki (K Line), контролируемая Кавасаки; Japan Line, контролируемая японским промышленным банком; Yamashita-Shinnihon, контролируемая Санва, и Showa, контролируемая Фудзи.

Данные по составу флота после объединения 1964 года приведены в таблице 1 (в тысячах тонн DWT).

В 1989 году две из шести компаний, Yamashita-Shinnihon Steamship Co. Ltd и Japan Line Ltd, объединились, создав Navix Line. В 1998 году компания NYK объединилась с Showa Line Ltd. В том же году Mitsui O.S.K. Lines Ltd (MOL O.S.K.) объединилась с Navix Line. В результате этих слияний число компаний снизилось до трёх: NYK, MOL O.S.K. и K Line.

Возвращаясь к событиям 1964 года, нужно отметить, что они представляли собой государственно-монополистическое вмешательство в функционирование и развитие морского транспорта. На то были, однако, весомые причины.

Во-первых, флот имел исключительное значение для экономики страны в целом. Во-вторых, потери, понесённые во время Второй мировой войны, оказались настолько серьёзными, что японские компании не имели возможности преодолеть проблемы без существенной поддержки со стороны государства. В-третьих, финансовая олигархия Японии стремилась повысить конкурентоспособность национального флота в ситуации жёсткой конкуренции между перевозчиками и давления со стороны иностранных государств. О ситуации в мировом судоходстве, сложившейся в то время, мы подробно рассказывали в предыдущих статьях [1–3]. И наконец, в-четвертых, несмотря на демилитаризацию страны, её торговый флот имел боль-

шое значение как с точки зрения военно-стратегических целей собственно Японии, так и для её новых союзников, прежде всего США.

Основные формы государственно-монополистического регулирования в области морского транспорта, отмеченные Г. А. Левиковым в 1969 году [4], были следующими:

– государственная собственность;

– государственное кредитование и субсидирование частных компаний;

– регулирование частных капиталовложений с помощью налоговой политики;

– экономическое программирование.

Значение термина «экономическое планирование» требует уточнения. По словам тогдашнего заместителя директора бюро морского транспорта Японии Юдзи Савы, «плановая экономика в Японии не практикуется. Поэтому в строгом смысле это лишь «оценка», имеющая более или менее высокую вероятность реализации... Однако в соответствии с этой «оценкой» японское правительство разрабатывает бюджетные предположения для осуществления программ повышения доли государственных инвестиций в общественном капитале. Проекты государственных бюджетов в части помощи частным предприятиям также составляются согласно «оценке»... Правительство ежегодно выделяет ассигнования для помощи при строительстве новых судов определённого (суммарного) тоннажа. На усмотрение частных предприятий остаётся решение о строительстве судов в размере указанного тоннажа и об их типах» [7]. Поэтому Г. А. Левиков, зная о трактовках министерских чиновников, делает вывод о том, что при всём ориентировочно-желательном характере экономического планирования оно приблизилось к императивному планированию [4].

Среди инструментов государственного регулирования центральное место принадлежало финансово-кредитной системе. Государство финансировало реконструкцию портов и строительство флота через общий счёт, созданный для целей проведения «общественных работ». Этот счёт формировался через центральный государственный бюджет, а также с помощью взносов физических и юридических лиц – клиентуры морского транспорта. Суммарная доля последних не превышала 10 %.

Японский банк развития (The Development Bank of Japan) был ответственным за проведение интеграции судоходных компаний, хотя, как мы можем видеть, это была масштабная модернизация отрасли, а не простое сложение судоходных активов отдельных компаний. В результате за относительно короткий период позиции японских компаний на мировом фрахтовом рынке значительно усилились как в сегменте линейных, так и в сегменте трамповых перевозок. Интегрированные структуры заняли место среди крупнейших предприятий в мировом масштабе и сохраняют свои позиции до настоящего времени.

СОВРЕМЕННЫЙ РАКУРС

Для оценки современной политики Японии в области линейного судоходства обратимся к докладу национальной делегации Японии на форуме Организации экономического сотрудничества и развития (Organization for Economic Co-operation and Development), посвящённом вопросам конкуренции в сфере морских линейных перевозок и проходившем в июне 2015 года в Париже [8].

Делегация отметила, что экономическое развитие Японии как островного государства во многом зависит от внешней торговли. Логистическое обеспечение внешнеэкономической деятельности опирается на участие национальных компаний в международных перевозках грузов, 99,7 % которых выполняется морским транспортом. Все три основные японские судоходные компании – NYK, MOL O.S.K. и K Line – обеспечивают как линейные, так и трамповые перевозки.

Регулирование отрасли морских перевозок осуществляется национальным регулятором – Japan Fair Trade Commission (JFTC). Он определяет линейные перевозки как услуги морских перевозчиков на определённых маршрутах с заявленным количеством судов, между определёнными портами, с фиксированными датами заходов и без ограничения количества принимаемого к перевозке груза. JFTC утверждает, что специфика организации морских линейных контейнерных перевозок,

заключающаяся в управлении значительным количеством собственных контор (офисов) и представительств судоходных компаний, судов, контейнеров и терминалов, приводит к большой капиталоёмкости индустрии и, как следствие, образованию олигополии на рынке с участием незначительного числа компаний.

Несмотря на то, что японские национальные компании входят в число крупнейших судоходных компаний мира, доля услуг, оказываемых ими в сегменте контейнерных перевозок, сравнительно невелика. Так, в общем объёме продаж NYK контейнеры имеют 21 %, MOL – 40 %, K Line – 41 %. В результате доля японских компаний в мировом контейнерном флоте суммарно составляет около 8 %.

По состоянию на середину 2016 года японские компании участвуют в нескольких объединениях перевозчиков – конференциях и альянсах. Наиболее существенные конференции судовладельцев, в которых присутствуют все или некоторые из японских перевозчиков, это:

– Australia New Zealand / Eastern Shipping Conference (ANZESC);

– Far East / South Asia – Middle East Conference (FESAMEC);

– Japan / Gulf of Aden & Red Sea Ports Conference (JGARSPSC).

С участием японских перевозчиков действуют альянсы:

– G6 = Grand Alliance (NYK) + New World Alliance (MOL);

– CHYKE (K Line).

Однако названные альянсы находятся в стадии серьёзной трансформации в связи с очередными значительными слияниями и поглощениями, произошедшими в отрасли в 2015–2016 годах.

Антимонопольное регулирование деятельности морских линейных перевозчиков осуществляется на основании Закона о судоходстве (Maritime Transport Act) 1949 года [9], основной задачей которого является содействие развитию морского флота и, как следствие, росту общественного благосостояния через доступ к адекватному и справедливому транспортному обслуживанию внешней торговли.

Согласно закону, судоходные компании имеют освобождение из-под действия антимонопольного законодательства при условии подачи предварительной информации о ставках фрахта в министерство транспорта (в настоящее время в министерство землепользования, инфраструктуры, транспорта и туризма). Освобождение действует как в отношении конференций, так и альянсов. Тем не менее, в отдельных случаях, когда интересы потребителей ущемляются в результате каких-либо нарушений или злоупотреблений со стороны перевозчиков, что исключает или незаконно ограничивает конкуренцию на отдельных направлениях, антимонопольное законодательство может быть применено. В таких случаях министерство самостоятельно или по требованию JFTC имеет право ограничить или запретить действие любых международных объединений морских перевозчиков. Принятие решения в отношении деятельности объединений основывается на предварительном изучении содержания их договорённостей.

В результате изменения антимонопольного законодательства Японии в 1999 году Закон о судоходстве 1949 года был исправлен и дополнен. Освобождение из-под действия антимонопольного законодательства для морских перевозчиков сохранилось, но министерство получило возможность оценивать соглашения перевозчиков и их тарифы на основании чётко определённых критериев:

1. Соглашение не должно ущемлять права потребителей.

2. Соглашение не должно носить дискриминационный характер.

3. Соглашение не должно ограничивать право на присоединение или выход.

4. Эти условия являются минимально необходимыми.

В исследовании, проведённом JFTC в 2005 году, отмечается, что общие тарифы, устанавливаемые конференциями, более не имеют практического значения. Хотя некоторые действия перевозчиков, в том числе увеличение базового тарифа (General Rate Increase GRI или General Rate Restoration GRR), до сих пор остаются действенным инструментом для влияния на уровень ставок. При этом такое увеличение ставок принимается перевозчиками в одностороннем порядке и не имеет понятного метода определения величины GRI.

JFTC внимательно изучает международную практику, то есть порядок решения подобных вопросов в иных важных, с точки зрения организации морских линейных контейнерных перевозок, юрисдикциях. Среди ключевых моментов, имеющих влияние на развитие отрасли морских контейнерных перевозок, JFTC выделяет введение в действие Закона о судоходстве США – OCPA (1998) [10] и прекращение действия исключения для морских перевозчиков в ЕС (2008, 2013) [11].

В последние годы наиболее значительный случай нарушения антимонопольного законодательства, к которому имеют отношение японские судоходные компании (NYK, K Line), касается морских линейных перевозок в сегменте автомобилей и другой самоходной техники. В результате расследования, проведённого антимонопольными ведомствами нескольких государств, было установлено, что в целях предотвращения снижения ставок фрахта в 2008 году ряд перевозчиков согласовал между собой минимально допустимый уровень ставок для определённых потребителей на четырёх океанских маршрутах. Кроме того была достигнута договоренность, что потребители, имевшие отношения с одним из перевозчиков, при обращении к другим перевозчикам не могли получить более низкие цены, чем они имели от первого перевозчика. JFTC установил, что, достигнув такого соглашения, перевозчики существенно ограничили конкуренцию по морской доставке автомобилей вопреки общественному интересу. Тем самым компании нарушили статью 3 (запрет на необоснованное ограничение свободы торговли) антимонопольного закона. Расследование указанного случая было завершено в 2014 году.

В целом политика Японии в области линейного судоходства учитывает особенности государственно-монополистического капитализма, прежде всего наличие мощных финансово-промышленных групп и широкую диверсификацию осуществляемой ими деятельности. Она направлена на создание и сохранение наиболее благоприятных условий для всестороннего обслуживания национальной внешней торговли своими перевозчиками, укрепляя и наращивая при этом позиции Японии среди ведущих судоходных держав мира.

ПРИМЕРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

Можно подумать, что развитие линейного судоходства в Японии –череда сплошных достижений и успехов, являющихся результатом мудрого решения, принятого в середине 1960-х годов, а затем аккуратно и последовательно исполняемого. Однако это не совсем так. Японское судоходство достигло успехов и представляет собой в настоящее время мощный инструмент для обеспечения интересов национальной внешней торговли. Но за прошедшие пятьдесят лет капиталистическое линейное судоходство постоянно сталкивалось с серьёзными кризисами, становилось субъектом в борьбе за влияние на систему, обеспечивающую движение товаров на глобальных рынках. Эти явления не обошли стороной и Японию. Остановимся на случаях, которые указывают на очевидные проблемы, связанные с большой зависимостью японских компаний от доступа на американский рынок.

17 октября 1997 года президент США Уильям Дж. Клинтон выступил с сообщением об японско-американском соглашении, касающемся использования японских портов. Он сказал: «Я рад, что наши переговорщики достигли принципиального соглашения, которое делает возможным работу американских компаний в японских портах. В течение продолжительного времени мы оказывали давление на Японию для того, чтобы она взяла на себя твёрдые обязательства провести либерализацию условий работы в своих портах. Сейчас мы можем сказать – они сделали это. Япония согласилась обеспечить подготовку и скорейшее развитие разрешительных процедур, которые позволят американским судам посещать японские порты и пользоваться альтернативным портовым сервисом, в котором не будет участвовать Japan Harbour Transportation Authorities (японские портовые власти). Это соглашение, после завершения детального обсуждения, позволит американским компаниям участвовать и побеждать в борьбе на глобальных рынках...» [12].

Обращаясь к истории этого вопроса, мы находим, что отправной точкой является желание некоторых американских компаний обеспечить наилучшие условия для работы в японских портах, что, по их мнению, было возможно получить через либерализацию рынка портовых услуг и создание коммерческих компаний, альтернативных японским портовым властям. Однако японские власти отказались от идеи либерализации рынка портовых услуг. В результате американские компании обратились в Федеральную морскую комиссию США (далее – ФМК). Комиссия признала действия японских властей в японских портах (!) противоречащими духу свободной конкуренции, и обвинила их в дискриминационных действиях в отношении американских компаний.

С целью давления на Японию ФМК США приняла решение о введении «ответных» штрафных санкций в отношении трёх крупнейших японских компаний – NYK, MOL O.S.K. и K Line. В соответствии с этим те были вынуждены оплачивать штрафы в 100000 долларов за каждый заход линейного судна в американские порты. Общая сумма штрафа за год могла достигнуть 40 миллионов долларов. Какая связь существовала между деятельностью японских судоходных компаний и либерализацией рынка портовых услуг в Японии?

В американской прессе получило распространение мнение, что торговля США может в принципе отказаться от услуг японских линейных компаний и это не окажет на неё какого-либо серьёзного влияния. В свою очередь японские компании не могут отказаться от работы на американском рынке, который является крупнейшим и наиболее важным для них. В результате стороны достигли упомянутого выше соглашения.

В следующем году ФМК США оштрафовала японскую компанию NYK на сумму 425 тысяч долларов[1] за нарушение пунктов 1,3 и 4 параграфа 10 Закона о судоходстве 1984 года [13], проявившееся в дискриминационных действиях в отношении некоторых грузоотправителей [14].

23 декабря 2013 года ФМК США сообщила о том, что достигла соглашения об урегулировании претензии к двум японским судовладельцам, которая возникла в связи с деятельностью этих компаний на рынке Ро-Ро перевозок, продолжавшейся несколько лет (с 2008 года). При этом расследование были инициировано в Чили, но в скором времени центр тяжести переместился в США. Компания NYK обязалась выплатить штраф в 1225000 долларов, а K Line – 1100000 долларов.

Суть инкриминированного им правонарушения заключалась в согласованных действиях, противоречащих антимонопольному законодательству, о чём было сказано ранее. Интересно то, что суммы первоначальных претензий к указанным перевозчикам составляли 59,4 миллиона и 67,7 миллиона долларов соответственно. Кроме того, американские власти обвинили в нарушении законодательства США гражданина Японии Хирошиге Таниока (Mr. Hiroshige Tanioka), который был руководителем офиса K Line в США. Максимальное наказание за преступление, которое вменялось г-ну Таниока, составляет 10 лет тюрьмы и 1 миллион долларов штрафа. Однако в случае обоснованного требования со стороны пострадавших наказание может быть удвоено. В результате соглашения, достигнутого между г-ном Таниока и американскими властями, ему было определено наказание в виде заключения на 18 месяцев и штрафа в 20 тысяч долларов. При этом суд учёл желание обвиняемого оказывать максимальную помощь в расследовании правонарушения. Одновременно с решением ФМК США названные компании JFTC признала виновными в нарушении японского законодательства и оштрафовала их на 22 миллиарда йен.

Таким образом, несмотря на выдающиеся успехи японского морского транспорта, его повседневная работа далека от идиллии и представляет собой жёсткую борьбу за сохранение завоёванных позиций в весьма специфических условиях глобального рынка.

[1] Прим. авт.: данные в настоящей статье взяты из цитаты с пресс-релиза ФМК: «...the carrier violated sections 10(b)(1), 10(b)(3) and 10(b)(4) of the 1984 Act by failing to charge those rates publicly held out to shippers, and by permitting others to obtain transportation at less than applicable rates through false or unfair devices or means, including commodity misdescription, improper equipment substitution practices, and by other service contract abuses».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение регулирования торгового судоходства в Японии представляет значительный интерес прежде всего из-за своих особенностей. Как всякая позитивная нормативная база, японский закон о судоходстве создаёт удобные условия для работы морского транспорта и транспортной инфраструктуры. Он отличается системностью и глубоким пониманием основных задач, стоящих перед отраслью. Своевременные изменения и дополнения, включённые в закон, делают его современным и чётко определяют место торгового флота в экономике страны и на глобальном рынке. Японская система регулирования торгового судоходства опирается на традиционный островной уклад экономической жизни и в полной мере учитывает национальную специфику.

Опыт послевоенного развития Японии уникален. Результаты, достигнутые после консолидации судоходных предприятий, происходившей под контролем и при непосредственном участии государства, впечатляют. За короткое время японским судовладельцам удалось вернуться в число мировых лидеров и сохранить лидирующие позиции до настоящего времени.

Несмотря на абсолютную ориентацию морского транспорта Японии на обслуживание национальной торговли, он находится в серьёзной зависимости от доступа на внешние рынки и прежде всего рынок США. Не секрет, что Япония является одним из наиболее близких союзников США. Тем не менее японские компании неоднократно сталкивались с давлением со стороны властей Соединённых Штатов по каждому из вопросов, который так или иначе затрагивал интересы американских компаний.

На своевременность изучения иностранного опыта, в том числе опыта Японии в отношении регулирования рынка морских линейных перевозок, указывает ход дискуссии, которая развернулась в нашей стране в связи с обсуждением проекта Федерального закона [15] об изменениях в Кодекс торгового мореплавания РФ [16]. В проекте, помимо темы линейного судоходства затрагивается деятельность стивидорных компаний и их тарифное регулирование со стороны государства. Предложенная вниманию читателей статья как раз и указывает на то, в какой тесной взаимосвязи находятся все обсуждаемые вопросы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русинов И. А., Гаврилова И. А., Нелогов А. Г. Деятельность линейных конференций накануне принятия конвенции ООН о кодексе поведения линейных конференций // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова.– 2016.– № 2.– С. 56–66.
2. Русинов И. А., Гаврилова И. А., Нелогов А. Г. Вопрос регулирования линейного судоходства на основе анализа положений конвенции ООН о кодексе поведения линейных конференций // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова.– 2016.– № 3.– С. 53–64.
3. Русинов И. А., Гаврилова И. А., Нелогов А. Г. Коротко о линейных конференциях // Морской вестник.– 2016.– № 2.– С. 113–116.
4. Левиков Г. А. Морской транспорт послевоенной Японии. Москва: Наука, 1969.– 263 с.
5. Латышева Н. Н. Морской транспорт современной Японии.– М.: Наука, 1985.– 112 с.
6. Japan Shipping and Shipbuilding, 1964, vol. 8, № 11.
7. Japan Shipping and Shipbuilding», 1965, vol. 10, № 2.
8. Organisation for Economic Co-operation and Development. Competition Issues in Liner Shipping. Japan. Document DAF/COMP/WP2/WD (2015) dated 19.06.2015.
9. Japan Law 187 of 1949 (Maritime Transport Act).
10. The Ocean Shipping Regulation Act of 1998 The United States of America. 14.10.1998.
11. Federal Maritime Commission, Bureau of Trade Analysis. Study of the 2008 Repeal of the Liner Conference Exemption from European Union Competition Law, 2012.
12. Public papers of the Presidents of the United States, William J. Clinton. Statement on the Japan-United States Trade Agreement on Access to Japanese Ports. October 17, 1997.
13. The Shipping Act Of 1984 The United States of America. 10.03.1984.
14. Federal Maritime Commission. Compromise Agreement with NYK Line. Press Release NR98-01, January 8, 1998.
15. Проект Федерального закона № 929151-6 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части линейного судоходства»: принят Госдумой в первом чтении.
16. Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации от 30.04.1999 года № 81-ФЗ // Российская газета.– 1999.– 1–5 мая. ●

Координаты авторов: **Русинов И. А.** – RusinovIA@gumrf.ru,
Гаврилова И. А. – gavrilova.irina.a@gmail.com, **Нелогов А. Г.** – andrey.nelogov@united-transport.ru.

Статья поступила в редакцию 26.10.2016, принята к публикации 27.12.2016

JAPAN'S EXPERIENCE IN GOVERNING LINER SHIPPING

Rusinov, Igor A., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

Gavrilova, Irina A., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

Nelogov, Andrey G., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

ABSTRACT

The article continues a series of publications [1–3] on regulatory framework for linear navigation of the world's major maritime countries. Domestic researchers [4, 5] periodically turned to the topic of functioning of Japan's maritime transport, regulation of its activities and significance for foreign trade. Nevertheless, the authors consider it necessary to return to it again, since there have been serious changes in the world shipping in the past. The new analytical work provides information on the largest Japanese shipping companies, their participation in carrier associations. The activities of the regulator, the principles of its activities and individual cases from practice are considered. An additional relevance of the article is given by the discussion that has unfolded in connection with the discussion of the draft law on introducing amendments to the Merchant Shipping Code of the Russian Federation.

Keywords: sea transport, linear conferences, linear navigation, sea transportation in Japan, economy, trade, foreign markets.

Background. *Despite the very specific way of Japanese national shipping, one cannot speak of its self-isolation. Japanese carriers are focused on servicing foreign trade, deeply integrated into the structures of powerful financial and industrial groups and have become an important part of the global maritime shipping market in general and liner transportation in particular. Being dependent on foreign markets, they are influenced by regulations enacted in the US and the EU. Orientation to the national cargo base reduces, but cannot completely exclude, the effects of processes that occur in world shipping. Japanese companies, like any others, face negative phenomena, including the impact of the crisis on the cargo base, pressure from competitors.*

The authors hope that the article will be a useful addition to the previously published works and will serve, perhaps, as a signal to deeper research in this business area, which is difficult for political economy analysis.

Objective. *The objective of the authors is to consider Japan's experience in regulating linear navigation.*

Methods. *The authors use general scientific methods, scientific description, comparative analysis, economic assessment method, evaluation approach.*

Results.

Background to leadership

The history of the Japanese sea transport, in its modern view, originates from the middle of XIX century. Soon after Japan abandoned the policy of self-isolation, the well-being of the state largely depended on the viability of the military and civilian navy. The foreign policy of the state was aimed at active regional expansion. Moreover, during the 1874 military expedition to Taiwan, the government came to the conclusion that it was necessary to have a merchant fleet with a high mobilization capacity.

By the beginning of the Second World War, there were over 200 shipping companies in the country. The concentration processes characteristic of finance capital and industry were fully applicable to maritime transport. The share of 16 companies accounted for 60 % of tonnage (by gross tonnage). After the complete destruction of the transport fleet during the Second World War, navigation in Japan was recreated at the expense of national resources and with the direct participation of American capital. In 1964, the state concentrated almost all the assets of the merchant marine fleet in six key companies that united 97 shipping companies and owned 81 % of the country's linear tonnage.

Six mega-companies are Mitsiu O. S.K. (MOL O.S.K.), controlled by the Mitsui and Sumitomo groups; Nippon Yusen (NYK), controlled by Mitsubishi; Kawasaki (K Line), controlled by Kawasaki; Japan Line, controlled by the Japanese industrial bank; Yamashita-Shinnihon, controlled by Sanva, and Showa, controlled by Fuji.

Data on the composition of the fleet after the unification of 1964 are shown in Table 1 (in thousands of tons of DWT).

In 1989, two of six companies, Yamashita-Shinnihon Steamship Co. Ltd and Japan Line Ltd, have teamed up to create the Navix Line. In 1998, NYK merged with Showa Line Ltd. In the same year, Mitsui O. S.K. Lines Ltd (MOL O.S.K.) has teamed up with Navix Line. As a result of these mergers, the number of companies decreased to three: NYK, MOL O.S.K. and K Line.

Returning to the events of 1964, it should be noted that they represented a state-monopoly intervention in the functioning and development of maritime transport. There were, however, good reasons for this.

Firstly, the fleet was of exceptional importance for the country's economy as a whole. Secondly, the losses incurred during the Second World War were so serious

Table 1

Composition of the fleet after the unification of 1964 [6]

Группа	Linear fleet	Tramp universal	Tramp specialized		Total
			dry cargo	tanker	
Mitsui O.S.K.	1121	507	213	477	2318
NYK	835	335	314	795	2279
K Line	607	133	146	645	1531
Yamashita-Shinnihon	308	312	148	346	1114
Japan Line	234	219	179	446	1078
Showa	49	175	445	348	1017
Total	3154	1681	1445	3057	9337

that Japanese companies did not have the opportunity to overcome problems without significant support from the state. Thirdly, the financial oligarchy of Japan sought to increase the competitiveness of the national fleet in a situation of tough competition between carriers and pressure from foreign countries. The situation in the world shipping, which developed at that time, was described in detail in previous articles [1–3]. And finally, fourthly, despite the demilitarization of the country, its merchant fleet was of great importance both from the point of view of Japan's military-strategic goals and to its new allies, primarily the United States.

The main forms of state-monopoly regulation in the field of maritime transport, marked by G. A. Levikov in 1969 [4], were as follows:

– state property;

– state crediting and subsidizing of private companies;

– regulation of private investments through tax policy;

– economic programming.

The meaning of the term «economic planning» needs to be clarified. According to Yuji Sava, then deputy director of Japan's maritime transport bureau, «planned economy in Japan is not practiced. Therefore, in the strict sense, this is only an «assessment» with a more or less high probability of implementation ... However, according to this «assessment», the Japanese government is developing budgetary assumptions for implementing programs to increase the share of public investment in public capital. Projects of state budgets in terms of assistance to private enterprises are also drawn up according to the «assessment» ... The government annually allocates for assistance in construction of new vessels of a certain (total) tonnage. At the discretion of private enterprises, the decision remains to build ships in the amount of the specified tonnage and about their types» [7]. Therefore G. A. Levikov, aware of the interpretations of ministerial officials, concludes that with the tentative-desirable nature of economic planning, it has come close to imperative planning [4].

Among the instruments of state regulation, the central place was held by the financial and credit system. The state financed the reconstruction of the ports and the construction of the fleet through a common account created for the purpose of carrying out «public works». This account was formed through the central state budget, as well as through contributions from individuals and legal entities – the clientele of maritime transport. The total share of the latter did not exceed 10 %.

The Japanese Development Bank was responsible for integration of shipping companies, although, as we can see, this was a large-scale modernization of the industry, rather than simply adding the shipping assets of individual companies. As a result, for a relatively short period of time, Japanese companies' positions on the global freight market increased significantly both in the linear segment and in the tramp transportation segment. Integrated structures have taken their place among the largest enterprises on a global scale and retain their positions to the present day.

A modern perspective

To assess the current policy of Japan in the field of linear navigation, let us turn to the report of the Japanese national delegation at the Organization for Economic Cooperation and Development forum on competition in the field of sea liner transportation and held in June 2015 in Paris [8].

The delegation noted that the economic development of Japan as an island state largely depends on foreign trade. Logistic support of foreign economic activity is based on participation of national companies in the international transportation of goods, 99.7 % of which are carried by sea transport. All three major Japanese shipping companies – NYK, MOL O.S.K. and K Line – provide both linear and tramp transportation.

Regulation of the shipping industry is carried out by the national regulator – Japan Fair Trade Commission (JFTC). It defines linear transportation as services of sea carriers on certain routes with the declared number of vessels, between certain ports, with fixed dates of calls and without limiting the amount of cargo accepted for transportation. JFTC claims that the specificity of organization of sea liner container transportation, consisting in the management of a significant number of its own offices and representative offices of shipping companies, ships, containers and terminals, leads to a large capital intensity of the industry and, as a result, the formation of an oligopoly in the market involving a small number of companies.

Despite the fact that Japanese national companies are among the largest shipping companies in the world, the share of services rendered by them in the container transportation segment is relatively small. So, in the total sales of NYK containers have 21 %, MOL – 40 %, K Line – 41 %. As a result, the share of Japanese companies in the world container fleet totals about 8 %.

As of mid-2016, Japanese companies are involved in several carrier associations – conferences and alliances. The most significant conferences of shipowners, in which there are all or some of the Japanese carriers, are:

– Australia New Zealand / Eastern Shipping Conference (ANZESC);

– Far East / South Asia – Middle East Conference (FESAMEC);

– Japan / Gulf of Aden & Red Sea Ports Conference (JGARSPSC).

With the participation of Japanese carriers there are following alliances:

– G6 = Grand Alliance (NYK) + New World Alliance (MOL);

– CHYKE (K Line).

However, these alliances are in the stage of serious transformation due to the next significant mergers and acquisitions that took place in the industry in 2015–2016.

Antitrust regulation of the activities of sea linear carriers is carried out on the basis of the Maritime Transport Act of 1949 [9], which main task is to promote the development of the navy and, as a result, to increase public welfare through access to adequate and fair transport services for foreign trade.

According to the law, shipping companies are exempted from the antimonopoly law provided that preliminary information on freight rates is submitted to the Ministry of Transport (currently the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism). The exemption applies to both conferences and alliances. Nevertheless, in some cases, when the interests of consumers are violated as a result of any violations or abuses on the part of carriers, which excludes or illegally restricts competition in certain areas, antitrust laws can be applied. In such cases, the Ministry alone or at the request of JFTC has the right to restrict or prohibit the operation of any international association of maritime carriers. The decision on the activities of associations is based on a preliminary study of the content of their agreements.

As a result of changes in Japan's antitrust laws, in 1999 the Shipping Act of 1949 was amended and supplemented. Exemption from the antimonopoly legislation for maritime carriers has been preserved, but the Ministry has been able to evaluate the agreements of carriers and their tariffs on the basis of clearly defined criteria:

1. The agreement should not infringe the rights of consumers.

2. The agreement should not be discriminatory.

3. The agreement should not restrict the right to join or exit.

4. These conditions are minimally necessary.

In a study conducted by JFTC in 2005, it is noted that the general tariffs established by the conferences are no longer of practical importance. Although some carrier actions, including an increase in the base rate (General Rate Increase GRI or General Rate Restoration GRR), still remain an effective tool for influencing the rate level. At the same time, such increase in rates is accepted by carriers unilaterally and does not have a clear method for determining the GRI value.

JFTC carefully studies international practice, that is, the procedure for resolving such issues in other important jurisdictions, from the point of view of the organization of sea liner container transportation. Among the key factors having an impact on the development of the container shipping industry, JFTC has singled out the implementation of the US Shipping Act – OSRA (1998) [10] and the termination of the exemption for maritime carriers in the EU (2008, 2013) [11].

In recent years, the most significant case of violation of the antimonopoly legislation, to which Japanese shipping companies (NYK, K Line) are related, concerns sea liner transportation in the segment of cars and other self-propelled vehicles. As a result of the investigation conducted by the antimonopoly authorities of several states, it was established that in order to prevent a reduction in freight rates in 2008, a number of carriers agreed among themselves on the minimum acceptable level of rates for certain consumers on four ocean routes. In addition, it was agreed that consumers who had a relationship with one of the carriers, when they contacted other carriers, could not receive lower prices than they had from the first carrier. JFTC has established that, having reached such an agreement, carriers significantly limited competition for the sea delivery of cars in defiance of public interest. Thus, the companies violated Article 3 (prohibition on unreasonable restriction of free trade) of the antimonopoly law. The investigation of this case was completed in 2014.

In general, Japan's policy in the field of linear navigation takes into account the features of state-monopoly capitalism, primarily the availability of powerful financial-industrial groups and wide diversification of their activities. It is aimed at creating and maintaining the most favorable conditions for comprehensive servicing of national foreign trade by its carriers, while strengthening and increasing Japan's position among the world's leading naval powers.

Examples of the impact of regulators

One might think that the development of linear navigation in Japan is a series of continuous achievements and successes that are the result of a wise decision taken in the mid-1960s, and then carefully and consistently executed. However, this is not quite true. Japanese shipping has achieved success and is currently a powerful tool for ensuring the interests of national foreign trade. But over the past fifty years, capitalist linear shipping has been constantly facing serious crises, becoming a subject in the struggle for influence on a system that ensures the movement of goods in global markets. These phenomena have not bypassed and Japan. Let us dwell on the cases that point to obvious problems related to the great dependence of Japanese companies on access to the American market.

On October 17, 1997, US President William J. Clinton made a presentation on the Japanese-American agreement on the use of Japanese ports. He said: «I am glad that our negotiators have reached a principled agreement that makes possible the work of American companies in Japanese ports. For a long time, we exerted pressure on Japan to make it a firm commitment to liberalize the working conditions in its ports. Now we can say – they did it. Japan agreed to ensure the preparation and speedy development of licensing procedures that allow US vessels to visit Japanese ports and use an alternative port service that Japan Harbor Transportation Authorities will not participate in. This agreement, after the completion of a detailed discussion, will allow US companies to participate and win in the fight in global markets …» [12].

Turning to the history of this issue, we find that the starting point is the desire of some American companies to provide the best conditions for working in Japanese ports, which, in their opinion, could be obtained through the liberalization of the market of port services and the creation of commercial companies alternative to the Japanese port authorities. However, the Japanese authorities abandoned the idea of liberalizing the market of port services. As a result, US companies applied to the US Federal Maritime Commission (hereinafter – the FMC). The Commission recognized the actions of the Japanese authorities in Japanese ports (!) contrary to the spirit of free competition, and accused them of discriminatory actions against American companies.

In order to put pressure on Japan, the US FMC decided to impose «retaliatory» penalties on the three largest Japanese companies – NYK, MOL O.S.K. and K Line. In accordance with this, they were forced to pay fines of 100,000 dollars for each call of a liner to American ports. The total amount of the penalty for the year could reach $40 million. What connection existed between the activities of Japanese shipping companies and the liberalization of the market of port services in Japan?

In the American press, the opinion was widely spread that US trade can in principle abandon the services of Japanese line companies and this will not have any serious impact on it. In turn, Japanese companies cannot refuse to work in the US market, which is the largest and most important for them. As a result, the parties reached the agreement mentioned above.

The following year, the US FMC fined the Japanese company NYK for $425,000[1] for violation of paragraphs 1,3 and 4 of paragraph 10 of the Shipping Act 1984 [13], which manifested itself in discriminatory actions against certain shippers [14].

On December 23, 2013, the US FMS reported that it had reached an agreement on the settlement of the claim against two Japanese shipowners, which arose in connection with the activities of these companies in the Ro-Ro transportation market, which lasted several years (since 2008). In this case, the investigation was initiated in Chile, but soon the center of gravity moved to the United States. Company NYK has committed to pay a fine of 1225000 dollars and, K Line – 1100000 dollars.

The essence of the offense charged consisted of concerted actions, contrary to the antimonopoly legislation, as was mentioned earlier. Interestingly,

[1] Author's note: data in this article are taken from the citation from press-release of FMC: «…the carrier violated sections 10(b)(1), 10(b)(3) and 10(b)(4) of the 1984 Act by failing to charge those rates publicly held out to shippers, and by permitting others to obtain transportation at less than applicable rates through false or unfair devices or means, including commodity misdescription, improper equipment substitution practices, and by other service contract abuses».

the amount of initial claims to these carriers was 59.4 million and 67.7 million dollars, respectively. In addition, the US authorities accused US citizen Hiroshige Tanioka, who was the head of the K Line office in the United States, of violating US law. The maximum penalty for the crime that was charged to Mr. Tanjoka is 10 years in prison and 1 million dollars in fine. However, in the case of a justified claim on the part of the victims, the punishment may be doubled. As a result of the agreement reached between Mr. Tanioka and the US authorities, he was given a sentence of imprisonment of 18 months and a fine of 20 thousand dollars. In this case, the court took into account the desire of the accused to provide maximum assistance in the investigation of the offense. Simultaneously with the decision of the US FMC, the companies named JFTC found guilty of violating Japanese law and fined them with 22 billion yen.

Thus, despite the outstanding success of the Japanese maritime transport, its daily work is far from idyllic and represents a tough struggle to maintain its positions in the very specific conditions of the global market.

Conclusion. *The study of the regulation of merchant shipping in Japan is of considerable interest primarily because of its features. Like any positive regulatory framework, the Japanese law on shipping creates convenient conditions for the operation of maritime transport and transport infrastructure. It is characterized by systematic and deep understanding of the main tasks facing the industry. Timely changes and additions included in the law make it modern and clearly define the place of the merchant fleet in the country's economy and on the global market. The Japanese system of regulating merchant shipping is based on the traditional island system of economic life and fully takes into account the national specifics.*

The experience of Japan's post-war development is unique. The results achieved after the consolidation of shipping enterprises, which took place under the control and with the direct participation of the state, are impressive. In a short time, Japanese ship owners managed to return to the number of world leaders and maintain their leading positions to date.

Despite the absolute orientation of Japan's maritime transport to the maintenance of national trade, it is seriously dependent on access to foreign markets and, above all, the US market. It's no secret that Japan is one of the closest allies of the United States. Nevertheless, Japanese companies repeatedly faced pressure from the authorities of the United States on each of the issues that somehow affected the interests of American companies.

The timeliness of the study of foreign experience, including the experience of Japan in regulating the market of sea liner transportation, indicates the course of the discussion that has unfolded in our country in connection with the discussion of the draft Federal Law [15] on amendments to the Merchant Shipping Code of the Russian Federation [16]. In the project, in addition to the topic of linear shipping, the activities of stevedoring companies and their tariff regulation by the state are affected. The article offered to the attention of readers just points out the fact that all the issues under discussion are closely interrelated.

REFERENCES

1. Rusinov, I. A., Gavrilova, I. A., Nelogov, A. G. The activity of linear conferences on the eve of adoption of the UN convention on the code of conduct of linear conferences [*Dejatel'nost' linejnyh konferencij nakanune prinjatija konvencii OON o kodekse povedenija linejnyh konferencij*]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, Iss. 2, pp. 56–66.

2. Rusinov, I. A., Gavrilova, I. A., Nelogov, A. G. The issue of regulation of linear navigation based on the analysis of the provisions of the UN Convention on the Code of Conduct for Linear Conferences [*Vopros regulirovanija linejnogo sudohodstva na osnove analiza polozhenij konvencii OON o kodekse povedenija linejnyh konferencij*]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2016, Iss. 3, pp. 53–64.

3. Rusinov, I. A., Gavrilova, I. A., Nelogov, A. G. Briefly about linear conferences [*Korotko o linejnyh konferencijah*]. *Morskoj vestnik*, 2016, Iss. 2, pp. 113–116.

4. Levikov, G. A. Sea transport of post-war Japan [*Morskoj transport poslevoennoj Japonii*]. Moscow, Nauka publ., 1969, 263 p.

5. Latysheva, N. N. Maritime transport of modern Japan [*Morskoj transport sovremennoj Japonii*]. Moscow, Nauka publ., 1985, 112 p.

6. Japan Shipping and Shipbuilding, 1964, volume 8, № 11.

7. Japan Shipping and Shipbuilding», 1965, volume 10, № 2.

8. Organisation for Economic Co-operation and Development. Competition Issues in Liner Shipping. Japan. Document DAF/COMP/WP2/WD (2015) dated 19.06.2015.

9. Japan Law 187 of 1949 (Maritime Transport Act).

10. The Ocean Shipping Regulation Act of 1998 The United States of America. 14.10.1998.

11. Federal Maritime Commission, Bureau of Trade Analysis. Study of the 2008 Repeal of the Liner Conference Exemption from European Union Competition Law, 2012.

12. Public papers of the Presidents of the United States, William J. Clinton. Statement on the Japan-United States Trade Agreement on Access to Japanese Ports. October 17, 1997.

13. The Shipping Act Of 1984 The United States of America. 10.03.1984.

14. Federal Maritime Commission. Compromise Agreement with NYK Line. Press Release NR98–01, January 8, 1998.

15. Draft Federal Law No. 929151–6 «On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation with respect to Liner Shipping»: adopted by the State Duma on first reading [*Proekt Federal'nogo zakona № 929151–6 «O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v chasti linejnogo sudohodstva*»: *prinjat Gosdumoj v pervom chtenii*].

16. Code of Merchant Shipping of the Russian Federation dated 30.04.1999 No. 81-FZ [*Kodeks torgovogo moreplavanija Rossijskoj Federacii ot 30.04.1999 goda № 81-FZ*]. *Rossiyskaya Gazeta*, 1999, May 1–5.

Information about the authors:

Rusinov, Igor A. – D.Sc. (Eng.), professor, head of the department of Commercial operation of water transport of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, RusinovIA@gumrf.ru.

Gavrilova, Irina A. – Ph.D. (Economics), associate professor of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, gavrilova.irina.a@gmail.com.

Nelogov, Andrey G. – associate professor of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, andrey.nelogov@united-transport.ru.

Article received 26.10.2016, accepted 27.12.2016

ТТ

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ • ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

РЕГИОНЫ 162

Транспортный комплекс и центры логистики.

ПЕРСПЕКТИВА 168

Вьетнамские предпочтения на железных дорогах.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОРИДОРЫ 174

Дальний Восток: морские и наземные варианты.

АЭРОПОРТ 184

Инновационные решения в Шереметьево.

АВТОДОРОГИ 190

Согласованное воздействие в рамках Содружества.

REGIONS 162

Transport integrative facilities and logistics centers.

OUTLOOK 168

Preferential prospects for the Vietnam Railways.

INTERNATIONAL CORRIDORS 174

Far Eastern Region: sea and land variants.

AIRPORT 184

Innovative solutions in Sheremetievo airport.

MOTOR ROADS 190

Coordinated impact in the framework of the CIS.

УДК 656.13.078.12 (1–17)

Основы организации транспортной системы северных регионов

Владимир БЕЛЯЕВ
Vladimir M. BELYAEV

Надежда ФИЛИППОВА
Nadezhda A. FILIPPOVA

Беляев Владимир Михайлович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Менеджмент» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.*
Филиппова Надежда Анатольевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные перевозки» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.*

Fundamentals of Transport System Organization in Northern Regions
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 166)

Транспорт рассматривается как единый объект управления (отрасль), входящий в общий транспортный комплекс Северного региона. Согласованное развитие и организация взаимодействия сектора грузовых перевозок автомобильным транспортом с другими видами транспорта делают транспортный комплекс региона не просто суммой отдельных отраслей, а единым комплексом, предусматривающим взаимодействие водного, железнодорожного, автомобильного и воздушного транспорта (море, железные дороги, автодороги и авиация) и обеспечивающим пользователям транспортных услуг дополнительный системный эффект. Управление таким комплексом может быть обеспечено через центры логистики, которые представляют собой крупных операторов, организующих работу перевозчиков грузов автомобильным транспортом в рамках общей транспортно-логистической системы.

Ключевые слова: северный морской путь, железнодорожный, речной и автомобильный транспорт, управление, логистика, терминал, северные регионы, груз, услуги перевозки.

Трудоёмкость выполнения планов доставки грузов в Северные регионы обусловлена значительными расстояниями перевозок, сложной технологией транспортировки, широкой номенклатурой перевозимых грузов и ограниченными сроками.

Для обустройства неосвоенных территорий нужны в значительных количествах строительные материалы, топливо, машины, оборудование, продовольственные и другие товары. В этих условиях транспорт (включая все его виды) становится одним из решающих факторов успешного развития производительных сил, разведки, добычи и вывоза полезных ископаемых. Транспортная сеть на территории в основном остается сезонной (водные пути, автозимники). Доля речного и морского транспорта в грузообороте, например, Республики Саха (Якутия) достигает 80 %, Иркутской области – 60 %. Продолжительность навигации на реках составляет 110–160 суток. Значительный объем перевозок выполняется по автозимникам, продолжительность эксплуатации которых колеблется в зависимости от природно-климатических условий в пределах 120–210 суток. При этом сроки дей-

ствия речных и морских навигаций не совпадают, наблюдаются большие перерывы между закрытием навигации и началом работы автозимников [1].

1.

Структура транспортной сети представляет собой магистральные и местные сети, транспортные узлы и конечные пункты потребления. В транспортном узле стыкуются магистральные транспортные пути различных видов транспорта, а транспортные перегрузочные пункты примыкают к транспортным путям.

Развитие логистических технологий доставки грузов значительно расширило функции, выполняемые транспортными перегрузочными пунктами. В связи с активным использованием терминальных технологий перевозок грузов встала необходимость создавать транспортные терминально-логистические комплексы, в которых происходят концентрация и распределение мелкопартионных отправок [2].

Традиционно в составе транспортных систем выделяются четыре основных компонента: транспортная сеть, подвижные транспортные средства, трудовые ресурсы и система управления. Однако такая модель структуры не отражает особенности взаимодействия структурных компонентов в многоуровневых транспортных системах и образование сопутствующих этому взаимодействию системных эффектов.

Для реализации межрайонных транспортных связей X_s между корреспондирующими транспортными районами A^m и A^n организуются межрайонные сообщения A^m и A^n, которые осуществляются межрайонной транспортной системой N^y с использованием межрайонной транспортной сети R^y, включающей в себя пути сообщения r^y и сетевые узлы. Сетевые узлы являются местом соединения межрайонной и местной транспортных сетей. Выделяется два типа сетевых узлов: дорожный узел b^y – место соединения межрайонных и местных транспортных путей сообщения (перекресток дорог); транспортный узел (терминал) B^y – место, где происходит смена вида транспорта или подвижного состава. Узлы B^y могут выполнять функции дорожных узлов b^y.

Межрайонные транспортные сообщения g^{min} ($g^{min} \in G^{min}$) могут быть представлены в виде цепочки $g^{\min} = \left\{ g_y^m, g_{mn}^y, g_y^n \right\}$. Сообщения $g_y^m = \left\{ g_y^m \in G_y^m \right\}$ и $g_y^n = \left\{ g_y^n \in G_y^n \right\}$ выполняются соответственно по местным сетям R^m и R^n, а сообщения G_y^{mn} – по межрайонной сети R^y. Сообщения G_y^m и G_y^n концентрируются в так называемых предельных точках $\varphi_i^y (i = 1,...z; z \geq s)$ транспортных районов, в которых соединяются местные, R^m, R^n и межрайонная R^y сети. Предельные точки φ_i^y размещаются в сетевых узлах b^y и B^y.

В отличие от узла b^y, при прохождении которого параметры транспортных сообщений не изменяются, в узле B^y параметры преобразуются: $g_y^m \times B^y \to g_{mn}^y$ и т.д. При преобразовании транспортных сообщений в узлах B^y выполняются, как правило, следующие условия: $g_y^m \succ g_{mn}^y; g_{mn}^y \prec g_y^n$. Функциональное назначение межрайонной сети R^y состоит в интеграции транспортных сообщений G^{mn} между районами A^m и A^n множества t. Интеграционную функцию межрайонной транспортной сети $J(R^y)$ в теоретико-множественной трактовке можно определить как отображение $J(R^y): \left\{ G_y^m, G_y^n \right\} \times R^y \to G_{mn}^y$.

Структурирование транспортных связей, формирование транспортных районов и организация межрайонных сетей приводят к образованию новых функциональных уровней в транспортной системе (транспортных подсистем), функциональное назначение которых состоит в интеграции межрайонных транспортных сообщений. Основными средствами интеграции становятся элементы транспортной сети (пути сообщений и сетевые узлы) [3].

2.

В результате непродуманной рыночной позиции районы Крайнего Севера не получают необходимой финансовой поддержки, вследствие чего они оказались в тяжелом социально-экономическом положении, и следовательно, встал вопрос о выживании людей в суровых климатических условиях [4].

При анализе существующего маршрута доставки грузов в Северный регион выявлено, что характерной особенностью ситуации является сезонность.

В состав материально-технической базы транспорта при поставке грузов входят перевозочные и перегрузочные средства, оборудование пунктов отправления и назначения грузов и перевалочные базы [5].

Существенным неизменно остается тот факт, что развитие смежных видов транспорта в северных районах сталкивается с многочисленными проблемами как в области строительства транспортных магистралей, так и их эксплуатации. Вместе с тем в последние годы наблюдается снижение темпов прироста провозной способности речного транспорта. При всём многообразии причин, вызвавших такое положение, можно выделить неподготовленность речных портов к возрастанию объёмов перевозок [6].

Решение этих проблем связано в основном со следующими задачами:

1. Совершенствование организации перевозочного процесса в крупных водно-транспортных узлах.

2. Улучшение координации работы всех видов транспорта в речных (морских) перевалочных портах.

3. Внедрение прогрессивных технологий перевозки грузов в смешанном сообщении.

На основе анализа выявлено, что навигация на трассе Северного морского пути благоприятна в сфере действия Ленского каботажа и объясняется это воздействием теплового стока рек Лены и Яны, объём которого превышает 50 % теплового стока всех рек от Хатанги до Чукотки, а также наличием на участке сравнительно легко преодолеваемых морскими судами Янского и Новосибирского массивов льда, тогда как на западном направлении расположены труднопроходимый Таймырский, а на восточном – Айонский массивы [7].

Сеть автомобильных дорог Северо-Востока состоит из постоянно действующих (30 %) и сезонных (70 %) дорог. В результате этого перевозки осуществляются нерегулярно. Топливо, необходимое для отопительного сезона, поступает только в период возможного движения по рекам и дорогам.

Автомобильные дороги на Северо-Востоке строятся, как правило, поэтапно: сначала создается сезонная, а впоследствии – дорога постоянного действия соответствующей категории (Таксимо–Бодайбо). Густота перевозок по дорогам региона колеблется и зависит от мощности промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также от численности населения.

Исходя из совокупной аналитической картины, создание развитой транспортной инфраструктуры путем строительства и реконструкции автодорог, обеспечивающих межрегиональные транспортные коридоры, межрайонные и внутрирайонные связи, представляется тем реальным вариантом, который обещает искомые благоприятные условия для прогресса добывающей и лесной отраслей северных территорий края. Столь же необходимы и усилия для налаживания судоходства в Енисейском водном бассейне и функционирования Северного морского пути.

В самом общем виде, если от абстракций приближаться к организующим действиям, комплекс программных мероприятий, направленных на развитие транспортного комплекса, должен включать:

- создание эффективной региональной системы управления доставкой грузов;
- обеспечение устойчивого и сообразного растущим потребностям функционирования местных воздушных линий;
- создание и развитие мультимодальных транспортных узлов;
- обеспечение необходимых условий для судоходства, в частности – стандартов безопасности содержания водных путей;
- обеспечение условий для функционирования Северного морского пути;
- создание конкурентной среды на железнодорожном транспорте;
- строительство и реконструкцию автодорог, обслуживающих межрегиональные транспортные коридоры;
- строительство и реконструкцию дорог, обеспечивающих межрайонные и внутрирайонные связи;
- строительство мостовых переходов через северные реки.

Таким образом, развитие сети автомобильных дорог круглогодичного действия, расширение возможностей железнодорож-

ного сообщения, привлечение к более активной деятельности других видов транспорта является сегодня одним из важнейших факторов повышения эффективности системы снабжения грузами и жизнеобеспечения населения северных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В. М. Терминальные системы перевозок грузов автомобильным транспортом.– М.: Транспорт, 1987.– 288 с.
2. Дегтяренко В. Н., Зимин В. В., Костенко А. И. Организация перевозок грузов.– М: ПРИОР, 1997.– 448 с.
3. Коноплянко В. И., Филиппова Н. А. Влияние динамики сезонных колебаний на доставку грузов // Всероссийская научная конференция молодых учёных.– Новосибирск, 2004.– 239 с.
4. Ларин О. Н. Методология организации и функционирования транспортных систем регионов.– Челябинск: ЮУрГУ.– 2007.– 206 с.
5. Ларин О. Н. Методологические аспекты интеграции различных видов транспорта в единую систему // Вестник транспорта.– 2007.– № 7.– С. 10–13.
6. Ларин О. Н. Математическая модель согласования интересов участников доставки сырья в логистической системе // Сервис, техническая эксплуатация транспортных и технологических машин: межвуз. сб. науч. трудов.– Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.– С. 148–156.
7. Правдин Н. В., Негрей В. Я., Подкопаев В. А. Взаимодействие различных видов транспорта.– М.: Транспорт, 1989.– 208 с.
8. Филиппова Н. А., Беляев В. М. Адаптивная математическая модель для оптимизации завоза грузов в условиях Севера // Грузовое и пассажирское автохозяйство.– 2013.– № 11.– С. 17–20.
9. Филиппова Н. А., Беляев В. М. Комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности перевозки грузов для районов Севера // Грузовое и пассажирское автохозяйство.– 2010.– № 9.– С. 38–41.
10. Филиппова Н. А., Беляев В. М. Теоретическое исследование факторов, влияющих на процесс доставки в условиях Севера // Грузовое и пассажирское автохозяйство.– 2010.– № 10.– С. 82–84.
11. Филиппова Н. А. Методы оценки эффективности транспортного обслуживания Восточно-Сибирского региона // Экологическая безопасность Восточно-Сибирского региона: Материалы докладов Всероссийской научно-практ. конференции.– Иркутск, 2003.– С. 221–227.
12. Филиппова Н. А. Совершенствование транспортного обслуживания Северного региона // Логистика: Взгляд в будущее.– М., 2004.– С. 167–171.
13. Филиппова Н. А. Методология организации и функционирования систем доставки грузов в северные регионы: Монография.– М.: Техполиграфцентр, 2015.– 208 с.
14. Шилимов М. В., Троицкая Н. А., Чубуков А. Б. Мультимодальные системы транспортировки и интермодальные технологии: Учеб. пособие.– М.: Академия, 2009.– 330 с. ●

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

Статья поступила в редакцию 06.07.2016, принята к публикации 19.09.2016.

FUNDAMENTALS OF TRANSPORT SYSTEM ORGANIZATION IN NORTHERN REGIONS

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

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

ABSTRACT

Transport is considered as a single object of management (industry), which is part of the general transport complex of the Northern region. The coordinated development and organization of interaction of the sector of freight transportation by road transport with other modes of transport make the transport complex of the region not just the sum of individual industries but a single complex providing for interaction of water, rail, road and air transport (sea, railways, roads and aviation) and providing users of transport services with an additional systemic effect. Management of such a complex can be ensured through logistics centers, which are large operators that organize the work of carriers of goods by road in the context of a common transport-logistics system.

Keywords: transport, management, logistics, terminal, northern regions, cargo, transportation services.

Background. *The complexity of implementation of plans for delivery of goods to the northern regions is substantiated by considerable transportation distances, complex transportation technology, a wide range of goods transported and limited time.*

To equip the undeveloped territories, building materials, fuel, machinery, equipment, food and other goods are needed in considerable quantities. In these conditions, transport (including all its types) becomes one of the decisive factors for successful development of productive forces, exploration, extraction and export of minerals. The transport network in the territory basically remains seasonal (waterways, ice roads). The share of river and sea transport in the turnover of goods, for example, the Republic of Sakha (Yakutia) reaches 80 %, Irkutsk region – 60 %. The duration of navigation on the rivers is 110–160 days. A significant volume of traffic is carried out along ice roads, the operating time of which varies depending on natural and climatic conditions within 120–210 days. At the same time the terms of the river and sea navigation do not coincide, there are large breaks between the closure of navigation and the beginning of the work of ice roads [1].

Objective. *The objective of the authors is to consider fundamentals of transport system organization in Northern regions of Russia.*

Methods. *The authors use general scientific methods, statistical method, mathematical apparatus, scientific description, comparative method, analytical method.*

Results.

1.

The structure of the transport network includes main and local networks, transport nodes and end points of consumption. The transport hub connects the main transport routes of various modes of transport, and transport transshipment points are adjacent to the transport routes.

The development of logistics technologies for delivery of goods significantly expanded the functions performed by transport reloading points. In connection with the active use of terminal technologies for cargo transportation, it became necessary to create transport terminal-logistics complexes in which concentration and distribution of small-batch shipments take place [2].

Traditionally, transport systems are divided into four main components: transport network, mobile vehicles, labor resources and management systems. However, such a model of the structure does not reflect the features of interaction of structural components in multilevel transport systems and formation of systemic effects accompanying this interaction.

To implement inter-regional transport links X_s between the correspondent transport regions A^m and A^n, inter-district communications A^m and A^n are organized, which are carried out by the inter-district transport system N^y using the inter-regional transport network R^y, which includes the communication routes r^y and network nodes. Network nodes are the place of connection between inter-district and local transport networks. Two types of network nodes are distinguished: a road junction b^y – a junction of inter-district and local transport communications (crossroads); transport node (terminal) B^y – the place where there is a change in the mode of transport or rolling stock. The B^y nodes can perform the functions of road nodes b^y.

Inter-district transport communications g^{min} ($g^{min} \in G^{min}$) can be represented as a chain $g^{\min} = \{g_y^m, g_{mn}^y, g_y^n\}$. The communications $g_y^m = \{g_y^m \in G_y^m\}$ and $g_y^n = \{g_y^n \in G_y^n\}$ are carried out respectively on local networks R^m and R^n, and the communications G_y^{mn} – on the inter-district network R^y. The communications G_y^m and G_y^n are concentrated in the so-called terminal points $\varphi_i^y (i = 1,...z; z \geq s)$ of the transport areas, in which local, R^m, R^n and inter-regional R^y networks connect. Limit points φ_i^y are located in network nodes b^y and B^y.

Unlike the node b^y, passing through which parameters of transport communications do not change, in the node B^y parameters are converted: $g_y^m \times B^y \rightarrow g_{mn}^y$ etc. When converting transport communications in the nodes B^y the following conditions are generally fulfilled: $g_y^m \succ g_{mn}^y; g_{mn}^y \prec g_y^n$. The functional purpose of the inter-district network R^y is to integrate transport communications G^{mn} between districts A^m and A^n of the set t. The integration function in the inter-district transport network $J(R^y)$ in the set-theoretical interpretation can be defined as a mapping $J(R^y): \{G_y^m, G_y^n\} \times R^y \rightarrow G_{mn}^y$.

Structuring of transport links, formation of transport areas and organization of inter-district networks lead to formation of new functional levels in the transport system (transport subsystems), the functional purpose of which is to integrate inter-district transport communications. The main means of integration are the elements of the transport network (communication routes paths and network nodes) [3].

2.

As a result of an ill-conceived market position, the regions of the Far North do not receive the necessary financial support, as a result of which they found themselves in a difficult social and economic situation, and consequently the question of survival of people in harsh climatic conditions arose [4].

When analyzing the existing route of cargo delivery to the Northern region, it was revealed that seasonality is a characteristic feature of the situation.

The material and technical basis of transport for the supply of goods includes transportation and handling facilities, equipment for departure and destination points of goods and transshipment bases [5].

Significantly, the fact remains that the development of related modes of transport in the northern regions faces

many problems both in the construction of transport main lines and in their operation. At the same time, in recent years there has been a slowdown in the rate of growth in the carrying capacity of river transport. For all the variety of reasons that caused this situation, one can distinguish the unpreparedness of river ports to increase the volumes of traffic [6].

The solution of these problems is mainly connected with the following tasks:

1. Improving the organization of transportation process in large water-transport nodes.

2. Improving the coordination of operation of all modes of transport in river (sea) transshipment ports.

3. Introduction of advanced technologies for transportation of goods in a mixed traffic.

On the basis of the analysis, it was revealed that navigation along the Northern Sea Route is favorable in the sphere of Lena cabotage and is explained by the influence of the heat flow of the Lena and Yana rivers, which volume exceeds 50 % of the heat flow of all rivers from Khatanga to Chukotka, and also Yansk and Novosibirsk ice massifs, which are relatively easy to overcome by sea vessels, while in the west direction there are the impassable Taymyrsky, and on the east – the Ionian massifs [7].

The network of roads of the Northeast consists of constantly operating (30 %) and seasonal (70 %) roads. As a result of this transportation is carried out irregularly. The fuel required for the heating season comes only during the period of possible traffic along rivers and roads.

Automobile roads in the North-East are built, as a rule, in stages: first, a seasonal, and subsequently – a road of constant operation of the corresponding category (Taksimo–Bodaibo) is created. The density of traffic along the roads of the region varies and depends on the capacity of industrial and agricultural enterprises, as well as on the population number.

Based on the overall analytical picture, the creation of a developed transport infrastructure through the construction and reconstruction of highways that provide interregional transport corridors, intra-district and inter-district communications, seems to be the real option that promises the desired favorable conditions for the progress of the mining and forestry sectors of the northern territories of the region. The efforts to establish navigation in the Yenisei water basin and the operation of the Northern Sea Route are equally necessary.

In its most general form, if we approach from abstractions to organizing actions, a set of program activities aimed at developing the transport complex should include:

- *creation of an effective regional delivery management system;*
- *provision of sustainable operation of local air lines, which is consistent with the growing needs;*
- *creation and development of multimodal transport nodes;*
- *provision of necessary conditions for navigation, in particular – safety standards for waterway maintenance;*
- *provision of conditions for the operation of the Northern Sea Route;*
- *creation of a competitive environment for rail transport;*
- *construction and reconstruction of highways serving interregional transport corridors;*
- *construction and reconstruction of roads providing inter-district and intra-district communications;*
- *construction of bridge crossings across the northern rivers.*

Conclusion. *Thus, the development of a year-round network of highways, the expansion of railway communication opportunities, and the attraction of other modes of transport to more active activities are today one of the most important factors for increasing the efficiency of the system of supplying goods and providing life support to the population of the northern regions.*

REFERENCES

1. Belyaev, V. M. Terminal systems of cargo transportation by road transport [*Terminal'nye sistemy perevozok gruzov avtomobil'nym transportom*]. Moscow, Transport publ., 1987, 288 p.

2. Degtyarenko, V. N., Zimin, V. V., Kostenko, A. I. Organization of cargo transportation [*Organizacija perevozok gruzov*]. Moscow, PRIOR publ., 1997, 448 p.

3. Konoplyanko, V. I., Filippova, N. A. Influence of dynamics of seasonal fluctuations on cargo delivery [*Vlijanie dinamiki sezonnyh kolebanij na dostavku gruzov*]. *All-Russian scientific conference of young scientists*, Novosibirsk, 2004, 239 p.

4. Larin, O. N. Methodology of organization and functioning of transport systems of regions [*Metodologija organizacii i funkcionirovanija transportnyh sistem regionov*]. Cheljabinsk, JuUrGU publ., 2007, 206 p.

5. Larin, O. N. Methodological aspects of integration of various modes of transport in a single system [*Metodologicheskie aspekty integracii razlichnyh vidov transporta v edinuju sistemu*]. *Vestnik transporta*, 2007, Iss. 7, pp. 10–13.

6. Larin, O. N. A mathematical model of coordinating the interests of participants in delivery of raw materials in the logistics system [*Matematicheskaja model' soglasovanija interesov uchastnikov dostavki syr'ja v logisticheskoj sisteme*]. *Servis, tehnicheskaja ekspluatacija transportnyh i tehnologicheskih mashin: mezhvuz. sb. nauch. trudov*. Tyumen, TyumGNGU publ., 2001, pp. 148–156.

7. Pravdin, N. V., Negrei, V. Ya., Podkopaev, V. A. Interaction of various modes of transport [*Vzaimodejstvie razlichnyh vidov transporta*]. Moscow, Transport publ., 1989, 208 p.

8. Filippova, N. A., Belyaev, V. M. Adaptive mathematical model for cargo delivery optimization in the North conditions [*Adaptivnaja matematicheskaja model' dlja optimizacii zavoza gruzov v uslovijah Severa*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozjajstvo*, 2013, Iss. 11, pp. 17–20.

9. Filippova, N. A., Belyaev, V. M. A set of measures aimed at increasing the efficiency of cargo transportation for the Northern regions [*Kompleks meroprijatij, napravlennyh na povyshenie effektivnosti perevozki gruzov dlja rajonov Severa*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozjajstvo*, 2010, Iss. 9, pp. 38–41.

10. Filippova, N. A., Belyaev, V. M. Theoretical study of factors influencing the delivery process in the conditions of the North [*Teoreticheskoe issledovanie faktorov, vlijajushhih na process dostavki v uslovijah Severa*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozjajstvo*, 2010, Iss. 10, pp. 82–84.

11. Filippova, N. A. Methods of assessing the efficiency of transport services in the East Siberian region [*Metody ocenki effektivnosti transportnogo obsluzhivanija Vostochno-Sibirskogo regiona*]. *Ecological safety of the East Siberian region: Reports of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Irkutsk, 2003, pp. 221–227.

12. Filippova, N. A. Improvement of transport services in the Northern region [*Sovershenstvovanie transportnogo obsluzhivanija Severnogo regiona*]. *Logistika: Vzgljad v budushhee*. Moscow, 2004, pp. 167–171.

13. Filippova, N. A. Methodology of organization and functioning of cargo delivery systems in the northern regions: monograph [*Metodologija organizacii i funkcionirovanija sistem dostavki gruzov v severnye regiony: monografija*]. Moscow, Tehpoligrafcentr publ., 2015, 208 p.

14. Shilimov, M. V., Troitskaya, N. A., Chubukov, A. B. Multimodal transportation systems and intermodal technologies: educational guide [*Mul'timodal'nye sistemy transportirovki i intermodal'nye tehnologii: ucheb. posobie*]. Moscow, Academia publ., 2009, 330 p.

Information about the authors:

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

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

Article received 06.07.2016, accepted 19.09.2016.

УДК 625.1.001.76(597)

Стратегия развития железных дорог Вьетнама: видение до 2050 года

ЛЕ Хай Ха

LE Hai Ha

Ле Хай Ха *– доктор, профессор, декан факультета гражданского строительства Университета транспорта и коммуникаций, Ханой, Социалистическая Республика Вьетнам.*

Development Strategy of Vietnam Railways: Vision to 2050 Year

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 172)

В статье представлены некоторые основные цели транспортной политики и меры по реализации стратегии развития железнодорожного транспорта Вьетнама до 2020 года и видение отраслевых перспектив до 2050 года. В числе прочего называются предпочтения, касающиеся инвестиций в модернизацию действующих сетей, строительство скоростных и высокоскоростных линий, реконструкцию вокзалов, железнодорожных переездов, внедрение ресурсосберегающих и передовых производственных технологий, а также определяются динамика, приоритетность и пропорции планируемых изменений в отдельных сферах отраслевой индустрии и перевозочной деятельности железных дорог. Затрагиваются вопросы государственной бюджетной и финансовой политики, планирования, международных хозяйственных связей, функционирования международных транспортных коридоров, обучения и подготовки специалистов с учетом растущих требований к управлению и новой информационной среде.

Ключевые слова: Вьетнам, железные дороги, стратегия развития, модернизация, инвестиционная политика, система управления, периодизация.

Железнодорожный транспорт во Вьетнаме занимает значимое место в социально-экономической системе страны, является основным видом перевозки больших объемов грузов на средние и дальние расстояния, обслуживает междугородние пассажирские маршруты, а в крупных городах и местные потребности населения. По сути, ключевую роль железные дороги играют в грузо- и пассажироперевозках на направлениях Север–Юг и Восток–Запад. Причем их доля прежде всего велика в секторе пассажирского общественного транспорта, который как раз принято приоритетно инвестировать и развивать.

Развитие транспортной системы, железнодорожной инфраструктуры, системы организации услуг и управления на высоком уровне обеспечивают плавное, аккуратное, безопасное, точное, быстрое, удобное и эффективное функционирование железнодорожного транспорта, служат делу индустриализации и модернизации страны, помогают региональной и международной интеграции, а также интересам обороны от внешних угроз и защите окружающей среды.

ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА

Потребности на рынке транспортных услуг железные дороги удовлетворяют сегодня на 1–2 %, если говорить о доли в отношении пассажирских перевозок (соответственно примерно 4 % и 5 % в Ханое и Хошимине) и 1–3 %, если иметь в виду долю на рынке грузоперевозок. Внимание при этом сосредоточено на инвестировании в модернизацию существующих железнодорожных линий, среди которых приоритетными являются расположенные на оси Север–Юг. Цели обновления – достичь средней скорости движения 80–90 км/ч для пассажирских и 50–60 км/ч для грузовых поездов, повысить пропускную способность, качество эксплуатации и экономическую эффективность таких линий, как Иенвьен–Лаокай, Джалам–Хайфон, Ханой–Тхайнгуен, Ханой–Лангшон.

Характерны и сосредоточение на инвестировании, модернизации и реконструкции главных железнодорожных вокзалов, постепенное устранение мест непосредственных пересечений автомобильных и железнодорожных трасс, первоочередное строительство развязок на перекрестках с большими объемами трафика.

Продолжается исследование и идет подготовка строительства новых двухпутных высокоскоростных железных дорог 1435 мм, реализуются планы электрификации на оси Север–Юг, формируются условия для ускоренного возведения линий с большим транспортным спросом, особенно в зоне, соединяющей Ханой и Хошимин: как Ханой–Винь, Хошимин–Нячанг. На очереди ввод в эксплуатацию всей столь ожидаемой магистрали Иенвьен–Фалай–Халонг–Кайлан. В ближайших планах строительство новых линий Ханой–Лаокай, Ханой–Хайфон, Ханой–Донгданг, Бьен Хоа–Вунгтау, Сайгон–Кантхо, Хайфон–Лачхуен, а также железных дорог к крупным морским портам, промышленным, туристским районам, в сторону Лаоса и в направлении трансазиатской магистрали.

Многообещающей выглядит реализация железнодорожных городских проектов в Ханое и Хошимине. Усиливается участие в разработке железнодорожной техники, новых видов строительных вагонов – современных, удобных, разнообразных по видам для использования во Вьетнаме и за границей, производстве запасных частей, элементов, необходимых при сборке локомотивов.

ПЕРИОД С 2020 ПО 2030 ГОД

Доля железных дорог в сфере транспортных услуг: 3–4 % – на рынке пассажирских перевозок (соответственно примерно 15 % и 20 % в Ханое и Хошимине) и 4–5 % – на рынке грузоперевозок.

В качестве основных задач этого периода обозначим несколько – часть из них продолжают начатое ранее, а другая часть обозначает уже иное качество и иной уровень развития. Эффективная эксплуатация существующих железных дорог, устранение мест пересечений автомобильных и железнодорожных путей. Осуществление строительства новой двухпутной высокоскоростной линии 1435 мм (с увеличением скорости поезда с 160 до 200 км/ч), наращивание уровня электрификации дорог, создание инфраструктур, способных обеспечить скорость 350 км/ч в будущем; приоритетное строительство участков с большим транспортным спросом на оси Север–Юг.

Исследование подходов и строительство путей к крупным морским портам, промышленным, туристским районам, с учетом предшествующих программ и интересов главных железнодорожных узлов Ханоя и Хошимина, а также реальных возможностей привлечения капитала. Продолжение строительства и ввод в эксплуатацию объектов городских железнодорожных проектов в столичных мегаполисах. Инвестирование в прогрессивные технологии на предприятиях по производству локомотивов, вагонов, рельсов, компонентов и запасных частей на уровне высоких международных стандартов, предполагающих удовлетворение потребностей в эксплуатации и транспортной техники, и дорожной инфраструктуры, и в целом транспортных сетей.

ВИДЕНИЕ ДО 2050 ГОДА

Доля железных дорог в сфере транспортных услуг 5–8 % – на рынке пассажирских перевозок (больше 30 % в Ханое и Хошимине) и 5–6 % – на рынке грузоперевозок.

Завершение строительства двухпутной высокоскоростной железнодорожной линии 1435 мм на оси Север–Юг. После 2050 года ввод в эксплуатацию поезда со скоростью 350 км/ч; модернизация железнодорожной сети до уровня, полностью удовлетворяющего потребности пассажирских и грузовых перевозок; сдача в эксплуатацию железной дороги Тайнгуен – трансазиатской, связавшей крупные морские порты и основные промышленные районы страны. Окончание работ по созданию сети городских железных дорог в Ханое и Хошимине, инвестирование в развитие систем городских железных дорог в других крупных городах в соответствии с утверждёнными правительством планами. Соответствие уровня предприятий отрасли современным тенденциям. Сборка и производство локомотивов, вагонов удовлетворяют спрос в стране, а частично и экспортные заявки.

Политика и меры реализации: активное выделение капитала из государственного бюджета; приоритетными являются ОПР, льготные кредиты иностранных государств и международных доноров, выпуск государственных, корпоративных облигаций для инвестирования в строительство главных национальных и городских железнодорожных линий.

Разработан и действует специальный механизм для поддержки тех секторов экономики, которые готовы инвестировать в развитие инфраструктуры и железнодорожного, транспортного бизнеса в форме контрактов «строительство – эксплуатация – передача» (BOT), «строительство – передача» (BT), государственно-частного партнерства (ГЧП). Ту же стимулирующую роль предполагает использование земель, фигурирующих в проектах строительства городских железных дорог, вокзалов. Они становятся поводом, чтобы привлечь инвестиционный капитал на объекты железнодорожной инфраструктуры на экономически выгодных линиях в соответствии с государственным планом и стратегией социального развития. Продвижение социализационной политики бизнеса в железнодорожном транспорте, готовность мобилизовать ресурсы секторов экономики и иностранных инвесторов, чтобы вложить их в такие транспортные сооружения, как склад, или такую технику, как погрузочные машины, и т.д.

Существуют и механизмы поддержки предприятий железнодорожной отрасли, заинтересованных в импорте современных технологий из развитых стран, стремящихся быстрее заменить устаревшие и к тому же энергоёмкие и малой мощности транспортные средства.

Рациональная инвестиционная политика все более касается такой сферы, как обучение и подготовка человеческих ресурсов. Ситуация заставляет заниматься программами поддержки и привлечения квалифицированных специалистов, работающих в области транспорта, особенно связанной с высокоскоростными железными дорогами. Увеличиваются инвести-

ции в организацию учебного процесса и расширение форм обучения, придается большее, чем раньше, значение социализации в образовании, обеспечению качества человеческих ресурсов, их соответствия потребностям современных железных дорог. Меняется политика в отношении зарплат и вознаграждения сотрудникам, работающим в особых условиях, особенно в отдаленных и неблагополучных районах. Создаются научно-исследовательские учреждения, занимающиеся образовательными проблемами на транспорте, растут затраты на модернизацию железнодорожных профессионально-технических училищ, подготовку квалифицированных кадров. Приоритетным стало обучение за рубежом по специальности «Железная дорога».

Есть и всё ощутимее политика, направленная на практическое применение научно-технических знаний на производстве, в инженерной деятельности. Повышается внимание к использованию информационных технологий при планировании, организации перевозочного процесса, работе с клиентами, эксплуатации системы автоматических продаж и контроля билетов, процедур и методов управления качеством, стандартизации промышленной продукции в соответствии с государственными техническими нормами Вьетнама и международными стандартами.

Расширение международного сотрудничества со странами, где давно сложились железнодорожные традиции, есть богатый опыт транспортного бизнеса, дает вьетнамским специалистам свои ориентиры. Они касаются построения системы цен, стоимостных критериев, являющихся средствами макрорегулирования, своеобразного векторного рационального развития железнодорожного транспорта, включающего аспекты качества, надежности, безопасности, удобства, экономичности. Здесь же задачи мультимодальных перевозок, логистики в области грузовых перевозок, защиты интересов пассажиров.

В то же время в разряд актуальных встает задача не просто конкретизировать политику в целях поощрения межведомственного сотрудничества и создания благоприятных условий предприятиям, готовым расширять совместное с транспортниками производство, ассоциативно участвовать в общецелевых программах, но и принять во внимание стратегически важную для всех ответственность за сохранение транспортной безопасности страны.

В первую очередь речь идет о выполнении планов по восстановлению режима безопасности в зонах железнодорожных коридоров, утверждённых правительством. Ускоренная реконструкция и модернизация систем инфраструктуры в этих коридорах позволит добиться сокращения числа аварий, а с ними и числа пострадавших от них каждый последующий год. Сопутствовать этому должны повышение эффективности пропаганды, распространения юридического просвещения, непосредственная борьба с нарушениями правил на железной дороге, усилия службы спасения по минимизации потерь при авариях.

Естественно, одной из обязанностей остается необходимость контролировать, предотвращать и ограничивать загрязнение окружающей среды из-за экологической специфики железнодорожного транспорта, потребности заботиться о переработке отходов, искать возможности для использования экологически чистого топлива, возобновляемых источников энергии, наращивания потенциала системы железнодорожной инфраструктуры для адаптации к изменению климата и повышения уровня моря.

Правительство Вьетнама поощряет все отраслевые секторы экономики и мобилизует все ресурсы, чтобы инвестировать в развитие инфраструктуры, локомотивного и вагонного хозяйства, обеспечивает единое управление и стратегическую направленность в деятельности железнодорожного транспорта. С этой точки зрения важна преемственность действий в каждом из предусмотренных периодов, и именно ее сохранение становится гарантом достижения поставленных целей.

Координаты автора: **Ле Хай Ха** – haiha_le@yahoo.com.

Статья поступила в редакцию 20.09.2016, принята к публикации 17.01.2017.

DEVELOPMENT STRATEGY OF VIETNAM RAILWAYS: VISION TO 2050 YEAR

Le Hai Ha, *University of transport and communications, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam.*

ABSTRACT

The article presents some of the main objectives of transport policy and measures to implement the strategy for development of Vietnam's railway transport until 2020 and a vision of sectoral prospects until 2050. Among other things, there are preferences concerning investments in modernization of existing networks, construction of speed and high-speed lines, reconstruction of railway stations, railway crossings, introduction of resource-saving and advanced production technologies, and also the dynamics, priority and proportions of planned changes in certain sectors of the industry and transportation activities of railways are determined. The issues of state budgetary and financial policy, planning, international economic relations, functioning of international transport corridors, education and training of specialists are being considered, taking into account the growing requirements for management and the new information environment.

Keywords: Vietnam, railways, development strategy, modernization, investment policy, management system, periodization.

Background. *In Vietnam railway transport is an important component of the social-economic system of the country, is a main type of transportation of large volume of cargo for average and long distances, serves interurban passenger routes, and in major cities also local needs of population. In fact, railways play a key role in transportation of cargo and passengers on the North–South and on the East–West directions. Their share is primarily large in the sector of passenger public transport, which is invested and developed with priority.*

Development of railway system, railway infrastructure, system of organization of services and management at a high level ensure smoothly, orderly, safe, accurate, fast, convenient and efficient functioning of railway transport, serve the cause of industrialization and modernization of the country, help regional and international integration, as well as interests of external defense and environmental protection.

Objective. *The objective of the author is to consider development strategy of Vietnam railways until 2050 year.*

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

Results.

Period to 2020

Railways satisfy today 1–2 % of needs in the market of transport services, if we talk about the share in relation to passenger transportation (respectively, approximately 4 % and 5 % in Hanoi and Ho Chi Minh City) and 1–3 %, if we talk about the share in freight transportation market. Focus is put on investment in modernization of existing railway lines with priority to upgrade and modernize the railway lines on the axis North–South. The objectives of upgrading are to reach average speeds of 80–90 km/h for passenger trains and 50–60 km/h for freight trains, to improve the capacity, quality of operation and economic efficiency of such lines as Yen Vien–Lao Cai, Gia Lam–Hai Phong, Ha Noi–Thai Nguyen, Ha Noi–Lang Son.

The focus on investment, modernization and reconstruction of the main railway stations, gradual elimination of the places of direct intersections of motor and railway routes, priority construction of interchanges at intersections with large traffic volumes are also characteristic.

The research continues and preparations are being made for construction of new double-track high-speed railways of 1435 mm, electrification plans are being implemented on the North–South axis, conditions are being created for accelerated construction of lines with a large transport demand, especially in the zone connecting Hanoi and Ho Chi Minh City: Hanoi–Vinh, Ho Chi Minh City–Nha Trang. Next in line is the commissioning of the whole much-anticipated Yen Vien–Pha Lai–Ha Long–Cai Lan line. In the near future, there are plans for construction of new lines Hanoi–Lao Cai, Ha Noi–Hai Phong, Hanoi–Dong Dang, Bien Hoa–Vung Tau, Saigon–Can Tho, Hai Phong–Lach Huyen, as well as railways to major seaports, industrial and tourist areas, towards Laos and direction of the trans-Asian main line.

The realization of railway urban projects in Hanoi and Ho Chi Minh City looks promising. Participation in the development of railway equipment, new types of construction cars-modern, convenient, diverse by type for use in Vietnam and abroad, production of spare parts, elements necessary for the assembly of locomotives is increasing.

Period from 2020 until 2030

The share of railways in the transport service sector: 3–4 % in the passenger transportation market (approximately 15 % and 20 % in Hanoi and Ho Chi Minh City, respectively) and 4–5 % in the freight transportation market.

As the main tasks of this period, we will designate a few – some of them continue those started earlier, while the other part means a different quality and a different level of development. Effective operation of existing railways, elimination of intersections of roads and railways. The construction of a new double-track high-speed line 1435 mm (with the increase in the speed of the train from 160 to 200 km / h), increase in the level of electrification of roads, creation of infrastructures capable of providing a speed of 350 km / h in the future; priority construction of sites with large transport demand on the North–South axis.

Study of approaches and construction of roads to major seaports, industrial and tourist areas, taking into account the previous programs and interests of the main railway hubs of Hanoi and Ho Chi Minh City, as well as real possibilities of attracting capital. Continuation of construction and commissioning of urban railway projects in metropolitan. Investment in advanced technologies at enterprises producing locomotives, cars, rails, components and spare parts at the level of high international standards, which meet the needs for operation and transport equipment, and road infrastructure, and in general transport networks.

Vision to 2050

The share of railways in the transport service sector is 5–8 % – in the passenger transportation market (more than 30 % in Hanoi and Ho Chi Minh City) and 5–6 % – in the freight transportation market.

Completion of construction of a double-track high-speed railway line 1435 mm on the North–South axis. After 2050 the commissioning of the train with a speed of 350 km / h; modernization of the railway network to a level fully satisfying the needs for passenger and freight transportation; commissioning of the Tay Nguyen railway, a Trans-Asian railway linking the major seaports and major industrial areas of the country. The completion of works on creation of a network of urban railways in Hanoi and Ho Chi Minh City, investment in development of urban rail systems in other major cities in accordance with the plans approved by the government. Correspondence of the level of enterprises in the industry with modern trends. The assembly and production of locomotives and cars satisfy the demand in the country, and in part also export orders.

Policies and implementation measures: active allocation of capital from the state budget; priorities are ODA, concessional loans from foreign countries and international donors, issuance of state, corporate bonds for investing in construction of the main national and urban railway lines.

A special mechanism has been developed and is in place to support those sectors of the economy that are ready to invest in development of infrastructure and railway transport business in the form of contracts «building–operation–transfer» (BOT), «building–transfer» (BT), public-private partnerships PPP). The same stimulating role assumes use of lands appearing in projects of building of city railways, stations. They become an excuse to attract investment capital to railway infrastructure facilities on economically advantageous lines in accordance with the state plan and the social development strategy. Promotion of the socialization policy of business in railway transport, readiness to mobilize the resources of economic sectors and foreign investors, to invest them in transport facilities such as a warehouse, or equipment such as loading machines, etc.

There are also mechanisms to support enterprises of the railway industry interested in importing modern technologies from developed countries that are trying to replace obsolete and energy-intensive and low-powered vehicles more quickly.

Rational investment policy is increasingly related to the sphere of education and training of human resources. The situation makes it necessary to engage in programs to support and attract qualified professionals working in the field of transport, especially related to high-speed railways. Investments in organization of the educational process and expansion of the forms of education are increasing, the importance of socialization in education, ensuring the quality of human resources, and their correspondence to the needs of modern railways is given more importance than before. The policy on salaries and compensation for employees working in special conditions, especially in remote and disadvantaged areas, is changing. Scientific and research institutions dealing with educational problems in transport are being established, the costs of modernizing railway vocational schools, training of qualified personnel are increasing. Training abroad on specialty «railway» becomes a priority.

There is also a much more tangible policy aimed at practical application of scientific and technical knowledge in industry, in engineering activities. The attention to the use of information technologies in planning, organizing the transportation process, working with customers, operating the system of automatic sales and ticket control, procedures and methods of quality management, standardization of industrial products in accordance with Vietnam's national technical standards and international standards increases.

Expansion of international cooperation with countries where railway traditions have long been established, there is a rich experience of transport business, gives Vietnamese specialists their own guidelines. They concern the construction of a price system, cost criteria that are means of macro regulation, a kind of vector-wise rational development of rail transport, which includes aspects of quality, reliability, safety, convenience, economy. Here, too, there are tasks of multimodal transportation, logistics in the field of freight transportation, protection of the interests of passengers.

At the same time, the task is not only to specify the policy in order to encourage interdepartmental cooperation and create favorable conditions for enterprises ready to expand joint production with transport companies, to participate in general-purpose programs, but also to take into account a strategically important responsibility for all to maintain the transport security of the country.

First of all, we talk about implementation of plans to restore the security regime in the zones of railway corridors approved by the government. Accelerated reconstruction and modernization of infrastructure systems in these corridors will allow to reduce the number of accidents, and with them the number of victims each subsequent year. This process should be accompanied by increase in effectiveness of propaganda, dissemination of legal education, direct struggle against violations of rules on the railway, efforts of the rescue service to minimize losses during accidents.

Naturally, one of the duties remains the need to control, prevent and limit pollution of the environment due to the ecological specificity of the railway transport, the need to take care of waste processing, to seek opportunities for using clean fuel, renewable energy sources, to build the capacity of the railway infrastructure system to adapt to climate change and sea level rise.

Conclusion. *The Vietnamese government encourages all sectoral sectors of the economy and mobilizes all resources to invest in development of infrastructure, locomotive and railcar facilities, provides unified management and strategic direction in the activities of rail transport. From this point of view, the continuity of actions in each of the envisaged periods is important, and it is precisely its preservation that becomes the guarantor of achieving the set goals.* ●

Information about the author:
Le Hai Ha –Dr., professor, dean of civil engineering faculty of University of transport and communications, Hanoi, Socialist Republic of Vietnam, haiha_le@yahoo.com.

Article received 20.09.2016, accepted 17.01.2017.

УДК 656.222.6

Факторы пропускной способности транспортных коридоров Дальнего Востока

Татьяна КАЛИКИНА
Tatyana N. KALIKINA

Дарья СЕРОВА
Daria S. SEROVA

Виктория БАЛЕНКО
Victoria V. BALENKO

Каликина Татьяна Николаевна *– кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация перевозок и безопасность на транспорте» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия.*
Серова Дарья Сергеевна *– кандидат технических наук, доцент ДВГУПС, Хабаровск, Россия.*
Баленко Виктория Витальевна *– преподаватель ДВГУПС, Хабаровск, Россия.*

Factors of Capacity of Transport Corridors of the Far East
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 180)

Авторы анализируют возможности Дальневосточного региона по дальнейшему развитию международных транспортных коридоров, выделяя несоответствие провозных способностей морского и железнодорожного транспорта. Определены факторы, сдерживающие рост объемов перевозки экспортных грузов по железной дороге и значительно затрудняющие работу транспортных коридоров. Предложены методика определения эффективности использования параллельных норм массы грузовых поездов и мероприятия, обеспечивающие снижение потребной пропускной способности транспортной инфраструктуры за счет поэтапного поступательного роста массы грузовых поездов при наличии оснований избежать дополнительных затрат.

Ключевые слова: международный транспортный коридор, транспортная инфраструктура, морской транспорт, морской порт, железная дорога, грузовые поезда, перелом массы, инновационные вагоны, локомотив-толкач, провозная способность, потребная пропускная способность, масса поезда, тяжеловесное движение.

В силу особенностей своего геостратегического положения и ресурсообеспеченности Дальневосточный регион располагает определенным потенциалом для привлечения капитала и крупных товарных потоков. Одним из ключевых проектов в этом отношении считается создание инфраструктурных условий для эффективного использования природных ресурсов и развития международных транспортных коридоров (МТК) [1].

Железная дорога в Дальневосточном федеральном округе (ДВФО) является главным звеном евроазиатского направления перевозок, так как имеет выход к незамерзающим морским портам: Ванино, Советская Гавань, Восточный, Находка, Крабовая, Посьет и другим, а также к пограничным переходам на пути в КНР (Гродеково–Суйфэньхэ, Нижнеленинское–Тунцзян, Махалино–Хуньчунь) и КНДР (Хасан–Туманган). Основную долю грузопотоков (около 62 %) на Дальневосточной железной дороге составляют экспортные перевозки грузов (уголь – 67 %, нефть – 12 %, лес – 10 %, прочие – 11 %).

В ближайшей перспективе планируется значительное увеличение объёмов экспортных перевозок по портам и пограничным переходам ДВФО. Кроме этого, намечено строительство современного морского угольного терминала «Порт Вера» (заявленный объем перевалки 20 млн тонн), порта Зарубино (заявленный объем 80 млн тонн), сухого порта в г. Хуньчунь (КНР) [2].

Однако среди факторов, затрудняющих освоение природно-ресурсного потенциала и увеличение объема экспортных грузов, существует столь серьезный, как наличие инфраструктурных ограничений в транспортной сфере. Уровень технического развития транспортных коридоров в зоне железных дорог не соответствует провозным возможностям морского транспорта и потенциалу добывающих предприятий региона. А значит, усиление пропускных способностей железнодорожных подходов к морским портам и пограничным переходам Дальнего Востока, повышение перерабатывающих способностей станций и перегрузочных комплексов становятся первоочередной отраслевой задачей.

Между тем, уже сейчас загрузка транспортной инфраструктуры составляет порядка 83–92 % пропускной способности МТК. При этом за последние восемь лет наблюдается системный прирост грузопотока, следующего в страны Азиатско-Тихоокеанского региона по территории ДВФО. То есть загрузка близка к предельной, а возникновение отказов инфраструктуры приводит к отставлению поездов от движения, введению конвенционных ограничений на погрузку, многим другим затруднениям в работе МТК [3]. В этих обстоятельствах на первый план, не исключая, понятно, и глобальных целей, выходит локальная повседневная задача – добиться лучшей управляемости текущим перевозочным процессом, снизить дефицит провозной способности на железных дорогах региона.

Анализ работы Дальневосточной железной дороги (ДВЖД) за 2014–2016 годы показал значительное количество неполновесных и (или) неполносоставных поездов, следующих в направлении дальневосточных морских портов. В 2014 году процент таких поездов от общего числа составил 13,8 %, в 2015 году – 15 %, в 1-м полугодии 2016–22,1 %. На рис. 1 видно,

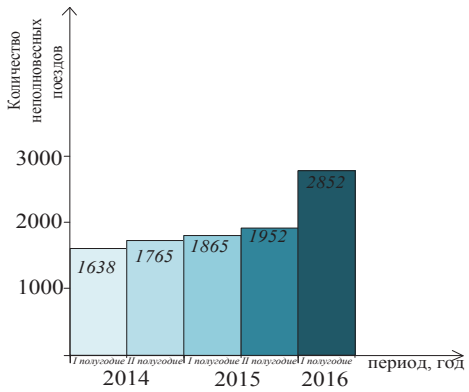


Рис. 1. Количество неполновесных (неполносоставных) поездов на ДВЖД.

что в 2016 году произошло значительное увеличение числа неполновесных и (или) неполносоставных поездов по сравнению с двумя предыдущими годами.

При этом по данным за 2015 год на подходах к портам и пограничным переходам количество неполновесных и неполносоставных поездов достигало 60 % от пропускной способности инфраструктуры – рис. 2.

При анализе были выявлены основные причины неполновесности и неполносоставности поездов на Дальневосточной железной дороге:

1. Непополнение составов на одной из попутных технических станций. Данная причина связана с тем, что 60 % грузопотоков в направлении Дальнего Востока зарождаются на станциях Западно-Сибирской и Красноярской железных дорог, где весовая норма поездов составляет 6000 тонн, что меньше весовой нормы, установленной на Дальневосточной железной дороге. Кроме того, поскольку грузопоток следует отправительскими маршрутами с унифицированной весовой нормой 6000 тонн, пополнение поездов на попутных технических станциях невозможно, ибо отправительские маршруты пополнять запрещено.

2. Сложный профиль пути, характеризующийся крутыми и затяжными подъёмами. Наиболее трудными участками на направлении Восточная Сибирь–порты Дальнего Востока являются: Тайшет–Нижнеудинск (8,5 ‰) и Большой Луг–Андриановская Восточно-Сибирской железной дороги (17,4 ‰), Архара–Облучье–Лагар (8,5 ‰) и Уссурийск–Смоляниново–На-

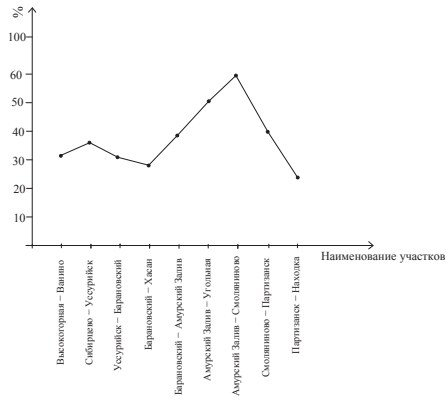


Рис. 2. Процент неполновесных и неполносоставных поездов от потребной пропускной способности на некоторых участках ДВЖД.

ходка (27 ‰) Дальневосточной железной дороги. Самый сложный на всем полигоне из названных именно последний участок, пролегающий через Сихотэ–Алиньский перевал с тремя крутыми затяжными подъёмами до 27 ‰ и имеющий большое число кривых с малым радиусом (170–210 м).

Для преодоления крутых подъемов без остановки на участке Уссурийск–Смоляниново–Находка и повышения его наличной пропускной способности была введена новая технология пропуска поездов. Поезда назначением на станции Находкинского узла формируются на станции Хабаровск-II с меньшей весовой нормой – 5500 тонн. Сейчас число таких поездов составляет 40 % от общего их числа на данном направлении в сутки. Применение новой технологии, с одной стороны, повышает пропускную способность участка, а с другой стороны, является одной из основных причин неполновесности поездов на ДВЖД.

Проводимые ныне мероприятия по сокращению числа неполновесных и неполносоставных поездов на ДВЖД незначительно снизят потребную пропускную способность – на 199,2 поезда в год. Поэтому для решения проблемы дефицита пропускной способности предлагается иной вариант, обеспечивающий поэтапный поступательный рост массы поезда и провозной способности участков [4].

1. Использование параллельных норм массы грузовых поездов на основных направлениях. Этот способ, с одной стороны, позволяет ускорить продвижение грузопотоков, ликвидировать «узкие» места и снизить нагрузки на железнодорожные станции, связанные с переломом массы, а с другой стороны – ведет к увеличению загрузки станции формирования и загрузки участка от станции формирования до станции назначения за счет увеличения потребных размеров движения.

Предлагается методика определения эффективности использования параллельных норм массы грузовых поездов.

Выбор станции формирования поездов с массой, отличной от унифицированной, осуществляется на основании критерия эффективности ($Э_{пар}$), который зависит от снижения загрузки станций с переломом веса и увеличением загрузки станции формирования и участка от станции формирования до станции назначения:

$$Эпар = \begin{cases} (\psi^{v_j}_{сущ} - \psi^{v_j}_{пар}) - \\ -(\psi^{v_1}_{пар} - \psi^{v_1}_{сущ}) \geq 0 \\ (\psi^{v_j}_{сущ} - \psi^{v_j}_{пар}) - \\ -(\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{пар} - \\ -\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{сущ}) \geq 0 \end{cases} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\psi^{v_1}_{сущ}$ – существующая загрузка станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной (без работы по формированию поездов с параллельными нормами массы);

$\psi^{v_1}_{пар}$ – загрузка станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной (с учетом работы по формированию поездов с параллельными нормами массы);

$\psi^{v_j}_{сущ}$ – существующая загрузка станции с переломом массы;

$\psi^{v_j}_{пар}$ – загрузка станции с переломом массы после введения параллельных норм массы;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{сущ}$ – существующая загрузка участка от станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной, до станции назначения;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{пар}$ – загрузка участка от станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной, до станции назначения при пропуске поездов с параллельными нормами массы.

При этом должны выполняться следующие условия:

• состав поезда с массой, отличной от унифицированной, должен быть кратен вместимости погрузочно-выгрузочных фронтов на станции назначения, ваг.:

$$m_{пар} : l^{фр}_{пол}, \quad (2)$$

где $l^{фр}_{пол}$ – полезная длина погрузочно-выгрузочных фронтов на станции назначения, ваг., $m_{пар}$ – состав поезда с массой, отличной от унифицированной, ваг.;

• соответствие длин путей на станции формирования ($l^{v_1}_{пол}$), промежуточных раздельных пунктах ($l^{a_k}_{пол}$), попутных технических станциях ($l^{v_j}_{пол}$), станции назначения ($l^{v_{k+1}}_{пол}$) длине поезда ($l_п$), м:

$$l^{v_1}_{пол}, l^{a_k}_{пол}, l^{v_j}_{пол}, l^{v_{k+1}}_{пол} \geq l_п \text{ или}$$

$$l^{v_1}_{пол}, l^{a_k}_{пол}, l^{v_j}_{пол}, l^{v_{k+1}}_{пол} \geq m \cdot l_{ваг} + l_{лок} + 10, \quad (3)$$

где $l_{ваг}$ – средняя длина вагона, м, $l_{лок}$ – длина локомотива, м.

• наличие парка исправных поездных локомотивов на станции формирования ($M^n_э$) для их своевременной подачи под поезда:

$$M^n_э \geq \frac{\theta^n_p}{60 \cdot I_{ср}}, , \quad (4)$$

где θ^n_p – расчетный оборот поездных локомотивов, $I_{ср}$ – средний интервал, с которым следуют грузовые поезда.

На Дальневосточной железной дороге данная технология уже используется на участке Хабаровск-II–Находка. Пропуск 20 % поездов (10 в сутки) массой 5500 тонн (при унифицированной 6300 тонн) снижает загрузку лимитирующей на направлении станции Смоляниново с 0,95 до 0,70 за счет пропуска поездов «на ходу», при этом загрузка станции Хабаровск-II и участка Хабаровск-II–Находка повышается незначительно – на 0,02, что соответствует критерию эффективности.

2. Повышение массы грузовых поездов. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года предполагает вождение грузовых поездов с предельной массой 7100 тонн с месторождений Кузбасса в порты Дальнего Востока (Ванино, Советская Гавань). В настоящее время повышение массы грузовых поездов, следующих по Байкало-Амурской магистрали, сдерживает величина полезной длины приемо-отправочных путей станций – максимальная масса грузового поезда составляет 5600 тонн. Решением проблемы является использование инновационных вагонов (осевая нагрузка 23–27 т/ось), с помощью которых можно повысить массу грузовых поездов без повышения длины.

На данном этапе важной составляющей в решении поставленной задачи становится развитие тяжеловесного движения. Наиболее целесообразным сценарием для этого на Дальнем Востоке служит освоение технологии распределенной тяги, позволяющей значительно повысить массу поезда и открывающей перспективы для растущих грузопотоков в кратчайшие сроки [5]. В конечном итоге реализация планов поступательного роста массы грузовых поездов даст возможность обеспечить значительный резерв пропускной способности за счет увеличения провозной способности МТК.

Говоря о росте массы грузовых поездов, следует учитывать влияние этого фактора не только на участки железных дорог, но и на все транспортные объекты, входящие в транспортные коридоры: станции погрузки, попутные технические станции, станции выгрузки.

Для реализации мероприятий, обеспечивающих поступательный рост массы поезда и провозной способности, необходимо, однако, чтобы каждый транспортный объект международного транспортного коридора удовлетворял следующим критериям.

1. Станция погрузки:

• возможность ритмичной и кратной составу поезда отгрузки груза в адрес портов и пограничных станций, ваг:

Таблица 1

Значения коэффициента пакетности

Путевое развитие раздельных пунктов, ограничивающих перегон (включая главный путь)	Значения $\alpha_{пак.}$ для графика					
	парного	непарного в грузовом движении при коэффициенте непарности				
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 4$	1	1	1	1	1	1
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 3$, или $N_{non}^{a_{k-1}} = 3$, $N_{non}^{a_k} = 4$	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$N_{non}^{a_{k-1}} = 3$, $N_{non}^{a_k} = 2$	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 2$ при условии, что на смежных с ними пунктах по три пути: $N_{non}^{a_{k-2}} = N_{non}^{a_{k+1}} = 3$	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0.9
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 2$	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

$$P_{сут}^{v_1} : m, \quad (5)$$

где $P_{сут}^{v_1}$ – суточный объем погрузки в адрес портов и пограничных станций, ваг.; m – состав поезда, ваг.;

• соответствие длин путей ($l_{пол}^{v_1}$) длине поезда (l_n), м:

$$l_{пол}^{v_1} \geq l_n \text{ или } l_{пол}^{v_1} \geq m \cdot l_{ваг} + l_{лок} + 10, \quad (6)$$

где $l_{ваг}$ – средняя длина вагона, м; $l_{лок}$ – длина локомотива, м.

2. Участки (совокупность перегонов и промежуточных раздельных пунктов):

• соответствие длин приёмо-отправочных путей промежуточных раздельных пунктов ($l_{пол}^{a_k}$) длине поезда, м:

$$l_{пол}^{a_k} \geq l_n, \quad (7)$$

• наличие достаточного числа приёмо-отправочных путей для реализации запланированного типа графика (частично-пакетного):

$$\alpha_{пак}, K = f\left(N_{non}^{a_k}\right), \quad (8)$$

где $\alpha_{пак.}$ – коэффициент пакетности;

K – число поездов в 1 пакете.

Значения коэффициента пакетности для $K = 2$ представлены в таблице 1.

• на электрифицированных участках – наличие резерва мощности системы тягового электроснабжения ($S_{рез}$):

$$0 < S_{рез} \leq 0{,}2 \cdot S, \quad (9)$$

где S – мощность системы тягового электроснабжения; $0{,}2 \cdot S$ – величина резерва мощности системы тягового электроснабжения, соответствующего принятой норме надежности.

• на участках подталкивания – наличие исправного локомотивного парка толкачей ($M_э^m$):

$$M_э^m \geq \frac{\theta_p^m}{60 \cdot I_{ср}}, \quad (10)$$

где θ_p^m – расчётный оборот локомотивов-толкачей;

$I_{ср}$ – средний интервал, с которым следуют грузовые поезда.

3. Попутные технические станции:

• соответствие длин приемо-отправочных путей длине поезда, м:

$$l_{пол}^{v_j} \geq l_n. \quad (11)$$

• наличие исправного резерва поездных локомотивов ($M_э^n$) для их своевременной ротации:

$$M_э^n \geq \frac{\theta_p^n}{60 \cdot I_{ср}}, \quad (12)$$

где θ_p^n – расчётный оборот поездных локомотивов.

4. Станция назначения:

• соответствие длин приёмо-отправочных путей длине поезда, м:

$$l_{пол}^{v_{k+1}} \geq l_n. \quad (13)$$

Помимо этого, перед реализацией третьего этапа необходимо определить долю тяжеловесных поездов и поездов повышенного веса от общих размеров движения. Свое влияние здесь оказывают не только запланированные объемы перевозок, но и технические возможности транспортной инфраструктуры.

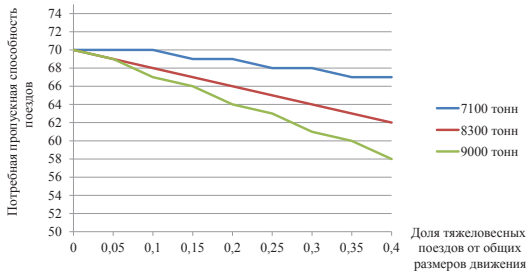


Рис. 3. Динамика снижения потребной пропускной способности при организации тяжеловесного движения.

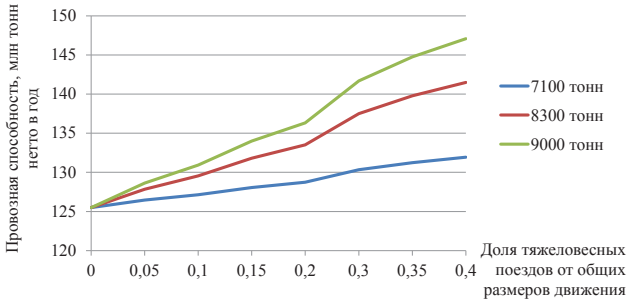


Рис. 4. Динамика увеличения провозной способности при организации тяжеловесного движения.

Очевидно, что увеличение числа таких поездов приведет к сокращению размеров движения. Так, например, на Транссибирской магистрали, среднесуточные размеры грузового движения составляют 70 пар поездов, а весовая норма 6300 тонн. Соответственно провозная способность направления равна 125,5 млн тонн нетто в год (для грузового четного направления). На рис. 3 представлена динамика снижения потребной пропускной способности для обеспечения перевозок в объёме 125,5 млн тонн нетто в год при организации тяжеловесного движения.

Снижение размеров движения грузовых поездов приведет к увеличению участковой скорости за счет снижения числа стоянок под обгонами пассажирскими поездами и следования на желтый сигнал светофора, что в свою очередь помогает к росту производительности локомотивов.

С другой стороны, организация тяжеловесного движения при неизменных размерах процесса в целом ведет к увеличению провозной способности направления. На рис. 4 представлена динамика ее роста в этом случае.

ВЫВОДЫ

Преимуществом предлагаемых методов снижения дефицита пропускной способности МТК является то, что они основаны на потребности освоения заданных объемов перевозок, что позволяет избежать дополнительных затрат, как это было бы в случае, когда улучшающие мероприятия планируются по годам. Кроме того, рассмотренные варианты являются фундаментом для развития инфраструктуры международных транспортных коридоров и не противоречат общепринятой стратегии развития железнодорожного транспорта. В представленной логике поступательный рост массы грузовых поездов позволяет обеспечить значительный резерв пропускной способности транспортной инфраструктуры за счет увеличения провозной способности железных дорог региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимова Л. В. Точки опоры для дальневосточных преобразований // Мир транспорта.– 2014.– № 6.– С. 100–106.

2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года / Утв. распоряжением правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877р.

3. Мачерет Д. А. Строительство железных дорог: восточный вектор // Мир транспорта.– 2013.– № 2.– С. 86–89.

4. Могила В. П. Масса, длина и скорость движения грузовых поездов: Учеб. пособие.– 2-е изд., перераб. и доп.– Хабаровск: ДВГУПС, 2013.– 208 с.

5. Прокофьева Т. А. Развитие транспортно-логистической инфраструктуры в азиатской части России – стратегическое направление реализации транзитного потенциала страны в системе евроазиатских МТК.– М.: ВШЭ, 2013.– 24 с.

Координаты авторов: **Каликина Т. Н.** – kalikina@mail.ru, **Серова Д. С.** – dsserova@yandex.ru, **Баленко В. В.** – victoria.balenko@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 01.08.2016, принята к публикации 21.10.2016.

FACTORS OF CAPACITY OF TRANSPORT CORRIDORS OF THE FAR EAST

Kalikina, Tatyana N., *Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia.*
Serova, Daria S., *Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia.*
Balenko, Victoria V., *Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia.*

ABSTRACT

The authors analyze the possibilities of the Far Eastern region for further development of international transport corridors, highlighting the discrepancy between the carrying capacity of sea and rail transport. The factors constraining growth of volumes of transportation of export cargoes by railroads and considerably complicating the work of transport corridors are determined. A methodology for determining the efficiency of using parallel norms for the mass of freight trains and measures ensuring reduction in the required capacity of the transport infrastructure due to the phased progressive growth of the mass of freight trains are provided, if there are grounds to avoid additional costs.

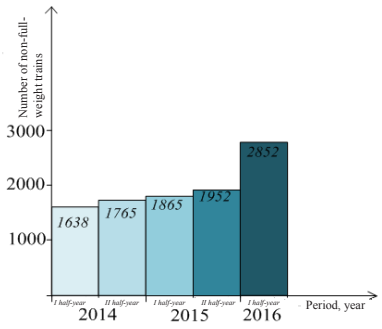
Keywords: international transport corridor, seaport, railway, carrying capacity, required throughput, train mass, heavy traffic.

Background. *Due to its geostrategic position and resource availability, the Far Eastern region has a certain potential for attracting capital and large commodity flows. One of the key projects in this regard is the creation of infrastructure conditions for the efficient use of natural resources and the development of international transport corridors (ITC) [1].*

The railway in the Far Eastern Federal District (FEFD) is the main link in the Euro-Asian transportation sector, as it has access to ice-free seaports: Vanino, Sovetskaya Gavan, Vostochny, Nakhodka, Krabovaya, Posiet and others, as well as border crossings on the way to China (Grodekovo–Suifenhe, Nizhneleninsk–Tongjiang, Makhalino–Hunchun) and North Korea (Hassan–Tumangan). The main share of freight flows (about 62 %) on the Far Eastern Railway is made up by the export of goods (coal – 67 %, oil – 12 %, timber – 10 %, others – 11 %).

In the near future, a significant increase in the volume of export traffic will be planned for the ports and border crossings of the Far Eastern Federal District. In addition, the construction of a modern sea coal terminal «Port Vera» (the declared volume of transshipment is 20 million tons), the port of Zarubino (the declared volume of transshipment is 80 million tons), the dry port in Hunchun (China) [1] is planned [2].

However, among the factors hampering development of the natural resource potential and the increase in the volume of export cargoes, there is such a serious one as the presence of infrastructure restrictions in the transport sector. The level of technical development of transport corridors in the railroad zone does not correspond to the carrying capacity of sea transport and the potential of the region's mining enterprises. This means that increasing the carrying capacity of railway approaches to seaports and border crossings in the Far East, increasing the processing capabilities of stations and reloading complexes become a priority sectoral task.



Pic. 1. The number of non-full-weight (incomplete) trains on the Far Eastern Railway.

Meanwhile, already now the load of transport infrastructure is about 83–92 % of the carrying capacity of ITC. At the same time over the past eight years there has been a systemic increase in the freight flow that follows to the countries of the Asia-Pacific region through the territory of the Far Eastern Federal District. That is, the load is close to the limit, and the emergence of infrastructure failures leads to the delays of trains from traffic, the introduction of conventional restrictions on loading, and many other difficulties in the work of the ITC [3]. In these circumstances, the local daily task, which is to achieve better controllability of the current transportation process, to reduce the deficit of carrying capacity on the railways of the region, comes to the fore, of course, in addition to global goals.

Objective. *The objective of the authors is to factors of carrying capacity of transport corridors of the Far East of Russia.*

Methods. *The authors use general scientific methods, mathematical calculations, evaluation approach, comparative analysis, graph construction.*

Results. *The analysis of the work of the Far Eastern Railway for 2014–2016 showed a significant number of non-full-weight and (or) incomplete trains following to the Far Eastern seaports. In 2014, the percentage of such trains from the total number was 13.8 %, in 2015 – 15 %, in the first half of 2016 – 22.1 %. In Pic. 1 it can be seen that in 2016 there was a significant increase in the number of non-full-weight and (or) incomplete trains in comparison with two previous years.*

At the same time, according to data for 2015, on the approaches to ports and border crossings, the number of non-full-weight and incomplete trains reached 60 % of the carrying capacity of the infrastructure – Pic. 2.

The analysis revealed the main reasons for the non-full-weight and incompleteness of trains on the Far Eastern Railway:

1. Failure to complete the trains at one of the passing technical stations. This reason is due to the fact that 60 % of the freight flows in the direction of the Far East originate at the stations of the West Siberian and Krasnoyarsk Railways, where the weight norm of the trains is 6000 tons, which is less than the weighting standard established on the Far Eastern Railway. In addition, since the freight flow followed in

the sending routes with a unified weighting norm of 6 000 tons, it was impossible to replenish the trains at passing technical stations, because it is forbidden to replenish the sending routes.

2. A complex track profile, characterized by steep and protracted climbs. The most difficult areas in the direction of Eastern Siberia–ports of the Far East are: Taishet–Nizhneudinsk (8.5 ‰) and Bolshoy Lug–Andrianovskaya of the East Siberian Railway (17.4 ‰), Arkhara–Obluchye–Lagar (8.5 ‰) and Ussuriisk–Smolyaninovo–Nakhodka (27 ‰) of the Far Eastern Railway. The most difficult part of the whole range is the latter section, running through the Sikhote–Alinsky pass with three steep, prolonged ascents up to 27 ‰ and having a large number of curves with a small radius (170–210 m).

To overcome steep ascents without stopping on the Ussuriysk–Smolyaninovo–Nakhodka site, and to increase its available carrying capacity, a new technology for train handling was introduced. Trains, assigned to the station of the Nakhodka junction, are formed at Khabarovsk-II station with a smaller weight norm of 5500 tons. Now the number of such trains is 40 % of their total number in this direction per day. The application of the new technology, on the one hand, increases the carrying capacity of the section, and on the other hand, is one of the main reasons for the non-full-weight of trains on the Far Eastern Railway.

The current measures to reduce the number of non-full-weight and incomplete trains on the Far Eastern Railway will slightly reduce the required carrying capacity – by 199,2 trains per year. Therefore, in order to solve the problem of capacity shortage, another option is suggested, which ensures a phased progressive growth of the train mass and the carrying capacity of the sections [4].

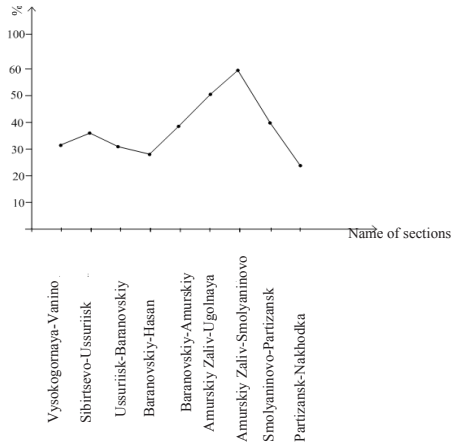
1. The use of parallel norms of the mass of freight trains *on the main directions. This method, on the one hand, allows accelerating the movement of cargo flows, eliminating bottlenecks and reducing the load on railway stations connected with fracture of mass, and on the other hand, it increases the loading of the station of formation and loading of the station from the station of formation to the station of destination through an increase in the amount of traffic required.*

A technique is proposed for determining the efficiency of using parallel norms for the mass of freight trains.

The choice of the station of formation of trains with a mass different from the unified one is carried out on the basis of the efficiency criterion (E_{par}), which depends on reducing the load of stations with a weight fracture and increasing the loading of the formation station and the station from the station of formation to the destination station:

$$Epar = \begin{cases} (\psi^{v_j}_{exs} - \psi^{v_j}_{par}) - (\psi^{v_1}_{par} - \psi^{v_1}_{exs}) \geq 0 \\ (\psi^{v_j}_{exs} - \psi^{v_j}_{par}) - (\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{par} - \\ -\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{exs}) \geq 0 \end{cases} \rightarrow \max, \quad (1)$$

where $\psi^{v_1}_{exs}$ is existing loading of the train formation station by a mass different from the unified (without the work on the formation of trains with parallel mass norms);



Pic. 2. The percentage of non-full-weight and incomplete trains from the required carrying capacity in some sections of the Far East Railway.

$\psi^{v_1}_{par}$ is loading of the train formation station by a mass different from the unified (taking into account the work on the formation of trains with parallel mass norms);

$\psi^{v_j}_{exs}$ is existing station load with a fracture of mass;

$\psi^{v_j}_{par}$ is loading of the station with a fracture of mass after introduction of parallel mass norms;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{exs}$ is the existing loading of the section from the train formation station with a mass different from the unified to the destination station;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}_{par}$ is loading of the section from the train formation station with a mass different from the unified one to the destination station when handling trains with parallel mass norms.

The following conditions must be fulfilled:

• train composition with a mass other than the unified one must be a multiple of the capacity of the loading and unloading fronts at the destination station, car:

$$m_{par} : l^{fr}_{use}, \quad (2)$$

where l^{fr}_{use} is useful length of loading and unloading fronts at the destination station, car, m_{par} is train composition with a mass different from the unified, car;

• correspondence of the lengths of the tracks at the station of formation $(l^{v_1}_{use})$, intermediate separate points $(l^{a_k}_{use})$, passing technical stations $(l^{v_j}_{use})$, station of destination $(l^{v_{k+1}}_{use})$ with the length of the train (l_t), m:

$$l^{v_1}_{use}, l^{a_k}_{use}, l^{v_j}_{use}, l^{v_{k+1}}_{use} \geq l_t \text{ or}$$

$$l^{v_1}_{use}, l^{a_k}_{use}, l^{v_j}_{use}, l^{v_{k+1}}_{use} \geq m \cdot l_{car} + l_{loc} + 10, \quad (3)$$

where l_{car} – average car length, m, l_{loc} – locomotive length, m.

Table 1

Packet coefficient values

Track development of separate points restricting haul (including the main track)	Values of $\alpha_{pack.}$ For a schedule of					
	paired	unpaired in freight traffic with the coefficient of non-pairiness				
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 4$	1	1	1	1	1	1
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 3$, or $N_{non}^{a_{k-1}} = 3, N_{non}^{a_k} = 4$	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$N_{non}^{a_{k-1}} = 3, N_{non}^{a_k} = 2$	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 2$ provided that there are three tracks on the adjacent points: $N_{non}^{a_{k-2}} = N_{non}^{a_{k+1}} = 3$	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0.9
$N_{non}^{a_{k-1}} = N_{non}^{a_k} = 2$	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

• *availability of a fleet of serviceable train locomotives at the formation station* (M_e^t) *for their timely delivery for the train:*

$$M_e^t \geq \frac{\theta_r^t}{60 \cdot I_{av}}, , \qquad (4)$$

where θ_c^t *is calculated turnover of train locomotives,* I_{av} *is average interval, with which freight train follow.*

On the Far Eastern Railway this technology is already used on Khabarovsk-II–Nakhodka section. The handling of 20 % of trains (10 per day) with a mass of 5500 tons (with a standardized 6300 tons) reduces the loading in the direction to Smolyaninovo station, which is limiting on the direction of the station, from 0.95 to 0.70 due to the handling of trains «on run», while loading of the station Khabarovsk-II and the section Khabarovsk-II–Nakhodka increases insignificantly – by 0.02, which corresponds to the efficiency criterion.

2. Increase in the mass of freight trains. *The strategy for development of rail transport until 2030 presupposes the driving of freight trains with a maximum mass of 7 100 tons from the Kuzbass fields to the ports of the Far East (Vanino, Sovetskaya Gavan). At present, the increase in the mass of freight trains following the Baikal-Amur Main Line is hindered by the useful length of the station's receiving-departure tracks – the maximum freight train mass is 5600 tons. The solution to the problem is the use of innovative cars (axle load 23–27 t / axle), with which it is possible to increase the weight of freight trains without increasing the length.*

At this stage, the development of heavy traffic is becoming an important component in the solution of this task. The most feasible scenario for this in the Far East is development of the technology of distributed traction, which makes it possible to significantly increase the mass of the train and open up prospects for growing cargo flows in the shortest possible time [5]. Ultimately, the implementation of plans for the progressive growth of the mass of freight trains will provide an opportunity to provide a significant reserve capacity by increasing the carrying capacity of ITC.

Speaking about the growth of the mass of freight trains, it is necessary to take into account the influence of this factor not only on railway sections, but also on all transport objects included in transport corridors: loading stations, passing technical stations, unloading stations.

To implement measures that ensure progressive growth of the train mass and the carrying capacity, it is necessary, however, that each transport facility of the international transport corridor meet the following criteria.

1. Loading station:

• *the possibility of a rhythmic and multiple of train of cargo shipment to the ports and border stations, car:*

$$P_{day}^{v_1} : t, \qquad (5)$$

where $P_{day}^{v_1}$ *is daily volume of loading to the ports and border stations, car; t is train;*

• *correspondence of lengths of tracks* $(l_{use}^{v_1})$ *to the length of train (*l_t*), m:*

$$l_{use}^{v_1} \geq l_t \text{ or } l_{use}^{v_1} \geq m \cdot l_{car} + l_{loc} + 10, \qquad (6)$$

where l_{car} *is average car length, m;* l_{loc} *is locomotive length, m.*

2. Sections (set of hauls and intermediate separate points):

• *Correspondence of the lengths of receiving-departure tracks of intermediate separate points* $(l_{use}^{a_k})$ *to the train length, m:*

$$l_{use}^{a_k} \geq l_t , \qquad (7)$$

• *availability of a sufficient number of receiving-departure tracks for implementation of the planned type of schedule (partially-batch):*

$$\alpha_{pack}, K = f\left(N^{a_k}\right), \qquad (8)$$

where $\alpha_{pack.}$ *is packet coefficient;*

K is a number of trains in 1 packet.

Values of packet coefficient for K = 2 are shown in Table 1.

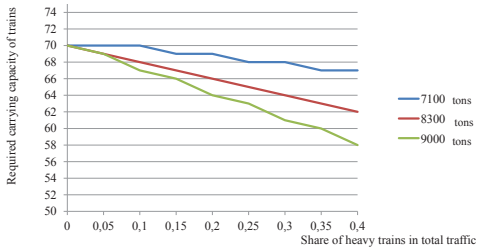
• *on electrified sections – availability of a power reserve of traction power supply system (*S_{res}*):*

$$0 < S_{res} \leq 0{,}2 \cdot S, \qquad (9)$$

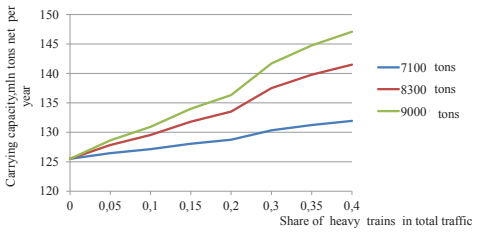
where S is power of traction power supply system; 0,2 · S is value of the power reserve of traction power supply system, corresponding to the accepted standard of reliability.

• *in the areas of pushing – the presence of a working locomotive fleet of pushers* (M_e^p) *:*

$$M_e^p \geq \frac{\theta_c^p}{60 \cdot I_{av}}, \qquad (10)$$



Pic. 3. Dynamics of reduction of the required capacity in the organization of heavy traffic.



Pic. 4. Dynamics of increase in carrying capacity when organizing heavy traffic.

where θ_c^p *– calculated turnover of locomotives-pushers;*

I_{av} *– average interval, with which freight trains follow.*

3. Passing technical stations:

• Correspondence of lengths of receiving-departure tracks to the train length, m:

$$l_{use}^{v_j} \geq l_t . \qquad (11)$$

• Presence of working reserve of train locomotives (M_e^t) *for their timely rotation:*

$$M_e^t \geq \frac{\theta_c^t}{60 \cdot I_{av}} , \qquad (12)$$

where θ_c^t *–calculated turnover of train locomotives.*

4. Destination station:

• Correspondence of lengths of receiving-departure tracks to train length, m:

$$l_{use}^{v_{k+1}} \geq l_t . \qquad (13)$$

In addition, before implementation of the third stage, it is necessary to determine the share of heavy trains and trains of increased weight from the general dimensions of traffic. Not only the planned traffic volumes, but also the technical capabilities of the transport infrastructure have own impact here.

It is obvious that an increase in the number of such trains will lead to a reduction in traffic. So, for example, on the Trans-Siberian Railway, the average daily freight traffic is 70 pairs of trains, and the weight norm is 6300 tons. Accordingly, the carrying capacity of the direction is 125.5 million tons net per year (for freight even direction). Pic. 3 shows the dynamics of decreasing the required carrying capacity to provide transportation in the amount of 125.5 million tons net per year in the organization of heavy traffic.

Reducing the freight trains traffic will increase the speed of the section speed by reducing the number of stops under overtaking by passenger trains and following the yellow traffic signal, which in turn helps to increase the productivity of locomotives.

On the other hand, the organization of heavy traffic with constant dimensions of the process as a whole leads to an increase in the carrying capacity of the direction. Pic. 4 shows the dynamics of its growth in this case.

Conclusions. *The advantage of the proposed methods for reducing the carrying capacity deficit of ITC is that they are based on the need to master the assigned volumes of traffic, which avoids additional costs, as would be the case when improving activities are planned for years. In addition, the options considered are the foundation for development of infrastructure of international transport corridors and do not contradict the generally accepted strategy for development of rail transport. In the presented logic, the progressive growth in the mass of freight trains makes it possible to provide a significant reserve for the carrying capacity of the transport infrastructure by increasing the carrying capacity of the region's railways.*

REFERENCES

1. Efimova, L. V. Support Points for the Far Eastern Transformations. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 6, pp. 100–106.

2. Strategy for development of rail transport in the Russian Federation until 2030 / Approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated June 17, 2008 No. 877r [*Strategija razvitija zheleznodorozhnogo transporta v Rossijskoj Federacii do 2030 goda / Utv. rasporjazheniem pravitel'stva RF ot 17 ijunja 2008 g. № 877r*].

3. Macheret, D. A. Construction of Railways: Eastern Vector. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 2, pp. 86–89.

4. Mogila, V. P. Mass, length and speed of freight trains: educational guide [*Massa, dlina i skorost' dvizhenija gruzovyh poezdov: Ucheb. posobie*]. 2nd ed., rev. and enl. Khabarovsk, FESTU publ., 2013, 208 p.

5. Prokofieva, T. A. Development of transport and logistics infrastructure in the Asian part of Russia is a strategic direction for implementation of the country's transit potential in the system of Euro-Asian ITC [*Razvitie transportno-logisticheskoj infrastruktury v aziatskoj chasti Rossii – strategicheskoe napravlenie realizacii tranzitnogo potenciala strany v sisteme evroaziatskih MTK*]. Moscow, Higher School of Economics publ., 2013, 24 p. ●

Information about the authors:
Kalikina, Tatyana N. – Ph.D. (Eng.), associate professor, head of the department of Organization of transportation and transport safety of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, kalikina@mail.ru.
Serova, Daria S. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, dsserova@yandex.ru.
Balenko, Victoria V. – lecturer of Far Eastern State Transport University (FESTU), Khabarovsk, Russia, victoria.balenko@yandex.ru.

Article received 01.08.2016, accepted 21.10.2016.

УДК 656.71:629.075

Новое в проектировании пересечения рулежной дорожки и подъездной автодороги в аэропорту

Борис ВИНОГРАДОВ

Виноградов Борис Алексеевич *– кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника технического отдела Государственного проектно-изыскательского и научно-исследовательского институт гражданской авиации Аэропроект, Москва, Россия.*

Boris A. VINOGRADOV

New in the Design of the Intersection of the Taxiway and the Access Road at the Airport

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 188)

Задача статьи – показать обоснование и суть инновационного решения, связанного с реконструкцией аэропорта Шереметьево в столичном авиационном узле. Вариант с включением в инфраструктуру третьей взлётно-посадочной полосы и проектированием ее оригинального размещения на участке приаэродромной территории, где она совмещается с пересечением рулёжной дорожки, патрульной аэродромной дороги, трассы подъездной автомобильной дороги и находящейся здесь же рекой Клязьмой. Двухуровневые конструкции участка пересечения, четырёхсекционный закрытый речной коллектор усиленного типа и другие устройства не нарушают целостности аэродрома и не мешают его дальнейшему развитию. Мешают пока лишь сбои в управлении строительством и процессом реконструкции.

Ключевые слова: аэропорт, взлётно-посадочная полоса, инфраструктура, реконструкция, изыскания, проектирование, инновационные решения.

Программа развития Московского авиационного узла наряду с другими позициями включает реконструкцию существующих аэропортов – Шереметьево, Внуково, Домодедово. Для Шереметьево и Домодедово она предусматривает в том числе и строительство третьей взлётно-посадочной полосы. Сложившаяся инфраструктура на приаэродромной территории – множество дачных поселков, индивидуальных жилых домов, производственно-складских сооружений – препятствует удобному размещению новых взлётно-посадочных полос и системы рулёжных дорожек. Поэтому найти подходящий участок в непосредственной близости к ним задача очень непростая.

Во-первых, решение такой задачи, как правило, сопряжено с частичным или полным сносом существующих сооружений на участке строительства, а это, в свою очередь, приводит к серьезному удорожанию и увеличению периода работ. Во-вторых, чаще всего необходимо искать новые решения, коренным образом отличающиеся от традиционных. При этом не мешает учитывать и зарубежный опыт реконструкции аэропортов, проводимой в аналогичных условиях.

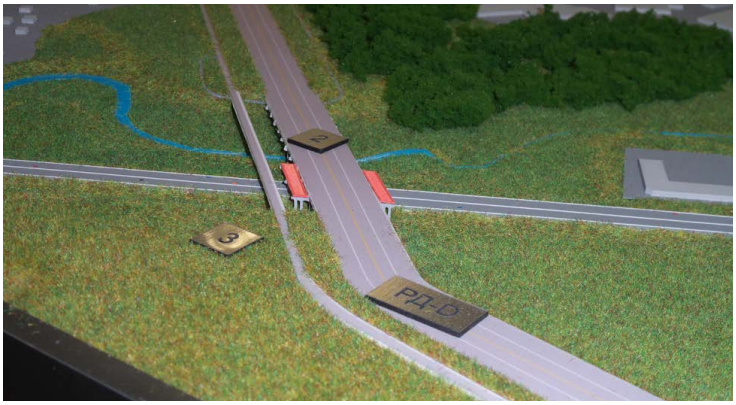


Рис. 1. Проектное решение по устройству пересечения рулежной дорожки, патрульной аэродромной автомобильной дороги, трассы подъездной автомобильной дороги и реки Клязьма: 2 – рулежная дорожка РД-D (22,5 м – искусственное покрытие и 18 м – покрытие обочин); 3 – патрульная аэродромная автомобильная дорога.

Принятое проектное решение о реконструкции аэропорта Шереметьево и строительстве третьей взлётно-посадочной полосы, несомненно, можно считать инновационным.

Всё намеченное предполагалось осуществить на участке территории, находящейся северо-западнее аэропорта. Здесь нет большого количества готовых сооружений, и появление новой взлётно-посадочной полосы не повлечет за собой большого объема подготовительных работ, связанных со сносом каких-либо объектов. Особенность же решения заключалась в том, что территория аэропорта и участок для размещения полосы расположены по разным сторонам трассы существующей подъездной автомобильной дороги к терминалам А, В и С Шереметьево.

Изменить трассу действующей автомобильной дороги не представлялось возможным. Было рассмотрено два варианта устройства пересечения – строительство тоннеля на трассе или специального моста для рулежной дорожки и патрульной аэродромной автомобильной дороги. Место возможного пересечения характеризуется наличием сложных инженерно-геологических условий. В непосредственной близости находится русло реки Клязьма. В случае варианта № 1 необходимо реализовать ряд инженерных мероприятий, призванных защитить объект от воздействия грунтовых вод и обеспечить стабилизацию основания искусственного покрытия и конструкции тоннеля. Кроме того, сезонное изменение уровня воды в реке вызывает изменение уровня грунтовых вод окружающего массива. В связи с тем, что грунты участка пересечения представлены главным образом тяжелыми суглинками и глинами, естественный отвод воды происходит очень медленно и приводит к образованию очаговых водонасыщенных участков. Сопутствующие таким условиям мероприятия резко увеличивают стоимость строительства.

По варианту № 2 – строительство специального моста – все работы выполняются в условиях действующей автомобильной дороги без прекращения ее эксплуатации. Сохраняется сложившееся природное гидрогеологическое состояние территории и не требуется реализовывать дорогостоящие мероприятия по обеспечению гидроизоляции и стабилизации грунтов. Это существенно снижает стоимость строительства и обеспечивает доступность сооружения при проведении текущих эксплуатационно-ремонтных работ.

При проектировании пересечения было также рассмотрено несколько модификаций конструкции, сделаны соответствующие расчеты их прочности и устойчивости и на основании результатов исследований выбраны окончательные варианты конструкционных элементов. В отечественной практике строительства аэродромов такое пересечение выполняется впервые. На рис. 1 представлено проектное решение по устройству пересечения рулёжной дорожки, патрульной аэродромной автомобильной дороги, трассы подъездной автомобильной дороги и реки Клязьма.

Пересечение рулежной дорожки и трассы подъездной автомобильной дороги в двух уровнях позволяет обеспечить целостность аэродрома Шереметьево и его дальнейшее развитие. В частности, дает в будущем возможность модернизации аэродромной инфраструктуры нового участка – например, строительства сети

Рис. 2. Проектное решение по расположению новой взлётно-посадочной полосы на выбранном участке (макет).

Рис. 3. Фрагмент строящегося коллектора реки Клязьма в месте пересечения с новой взлётно-посадочной полосой.

рулежных дорожек для повышения пропускной способности взлётно-посадочной полосы, устройства дополнительных мест на стоянке воздушных судов для текущего эксплуатационного обслуживания, строительство нового пассажирского терминала. Реализация подобных проектов в конечном счете поможет создать высокотехнологичный аэропорт, рассчитанный на обслуживание всех типов современных и перспективных воздушных судов.

На рис. 2 показано проектное решение по размещению новой взлётно-посадочной полосы на выбранном участке.

В конце 2014 года начато производство строительных работ. В том числе подготовка территории – уборка мусора, удаление древесной и кустарниковой растительности, устройство сооружений временного водоотвода поверхностных и грунтовых вод, устройство временных путей движения дорожно-строительной техники, мест для складирования материалов и изделий, снятие и вывоз на временное хранение растительного грунта. В этот период нагрузка в основном легла на подрядные организации ЗАО «Инжтрансстрой». Работы выполнялись в достаточно сложных инженерно-геологических условиях, причем проведенные изыскания изначально не позволили составить достоверную картину состояния территории строительства и приходилось вносить коррективы.

Одновременно были начаты работы по устройству пересечения рулежной дорожки с трассой существующей подъездной автомобильной дороги. Они выполнялись организацией «Спецтрансмонолит».

При строительстве новой взлётно-посадочной полосы возникла необходимость устройства пересечения с существующим руслом реки Клязьма и её притоками. Было принято решение изменить траекторию русла. Для этого предложен специальный четырёхсекционный закрытый коллектор усиленного типа, рассчитанный на воздействие нагрузок от воздушных судов, осуществляющих взлётно-посадочные операции. На рис. 3 изображен фрагмент строящегося коллектора.

Строительство двухуровнего пересечения рулёжной дорожки и трассы подъездной автомобильной дороги велось в условиях большого объёма работ, связанных с переносом русла реки Клязьма и укреплением береговых участков нового русла (см. рис. 4).

Рис. 4. Строительство береговых укреплений.

Рис. 5. Опоры моста и пролётное строение.

Рис. 6. Пролётное строение моста для патрульной автомобильной дороги.

Возведение специального моста для рулёжной дорожки началось с укрепления основания и возведения опор. Конструкция моста была рассчитана на воздействие нагрузок не только от современных воздушных судов, но и перспективных моделей. Верхняя часть моста имела двускатный поперечный профиль, полностью соответствующий поперечному профилю рулёжной дорожки. На рис. 5 показано строительство опор моста и частично верхнего строения.

Справа видно движение транспорта по основной подъездной автомобильной дороге к аэропорту Шереметьево.

Параллельно строился еще один мост – для аэродромной патрульной дороги (см. рис. 6). Работы выполнялись без прекращения эксплуатации основных подъездных путей к аэропорту, что обеспечивало ему нормальную жизнь и соблюдение расписания движения воздушных судов.

В 2015 году из-за смены генеральной подрядной организации процесс был приостановлен. Сейчас подрядной строительной организацией стала компания «Трансстроймеханизация» и работы продолжены. Хотя, наверное, стоит заметить, что при реализации столь масштабных проектов сбои в управлении вряд ли допустимы. И вопрос здесь отнюдь не только в судьбе инженерных решений. ●

Координаты авторов: **Виноградов Б. А.** – vinogradov@aeroproject.ru.

Статья поступила в редакцию 31.10.2016, принята к публикации 27.12.2016.

NEW IN THE DESIGN OF THE INTERSECTION OF THE TAXIWAY AND THE ACCESS ROAD AT THE AIRPORT

Vinogradov, Boris A., *State Design and Exploration and Research Institute of Civil Aviation Aeroproject, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The task of the article is to show the rationale and essence of an innovative solution connected with reconstruction of Sheremetyevo Airport in the capital aviation hub. Option with inclusion of the third runway into infrastructure and design of its original location in the area near the aerodrome territory, where it is combined with the intersection of the taxiway, the patrol airfield, the motorway road and the Klyazma river, which is located here. Two-level construction of the intersection, four-section closed river collector of reinforced type and other devices do not violate the integrity of the aerodrome and do not interfere with its further development. So far, there is only malfunctioning in the management of construction and the reconstruction process.

Keywords: airport, runway, infrastructure, reconstruction, research, design, innovative solutions.

Background. *The program of development of the Moscow aviation hub along with other positions includes the reconstruction of existing airports – Sheremetyevo, Vnukovo, Domodedovo. For Sheremetyevo and Domodedovo it includes, among other things, the construction of a third runway. The existing infrastructure on the near-aerodrome territory – a number of holiday villages, individual houses, production and storage facilities – hinders the convenient placement of new runways and taxiway systems. Therefore, finding a suitable site in close proximity to them is a very difficult task.*

First, the solution of such a task, as a rule, involves partial or complete demolition of existing structures in the construction site, and this, in turn, leads to a serious rise in price and an increase in the period of work. Secondly, it is often necessary to look for new solutions that are radically different from traditional ones. At the same time, foreign experience in airport reconstruction, conducted under similar conditions, should also be taken into account.

Objective. *The objective of the author is to consider new innovative solutions in the design of the intersection of the taxiway and the access road, which are being implemented at Sheremetyevo Airport.*

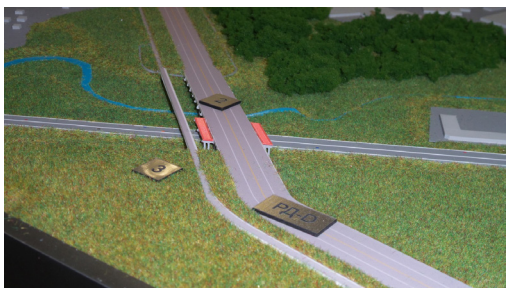
Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, economic assessment method, evaluation approach.*

Results. *The made design decision on the reconstruction of Sheremetyevo Airport and the construction of the third runway can undoubtedly be considered innovative.*

All planned was supposed to be carried out on the site of the territory, located north-west of the airport. There is not a large number of ready-made structures, and the appearance of a new runway will not entail a large amount of preparatory work related to the demolition of any objects. The peculiarity of the solution was that the airport territory and the site for a new runaway are located on different sides of the existing access road to terminals A, B and C of Sheremetyevo.

It was not possible to change the route of the existing highway. Two variants of the intersection were considered: the construction of a tunnel on the road or a special bridge for the taxiway and a patrol airfield road. The place of possible intersection is characterized by the presence of complex engineering-geological conditions. In the immediate vicinity is the bed of the river Klyazma. In the case of variant No. 1, it is necessary to implement a number of engineering measures designed to protect the site from groundwater and to stabilize the base of the artificial cover and tunnel construction. In addition, the seasonal change in the water level in the river causes a change in the groundwater table of the surrounding massif. Due to the fact that the soils of the intersection section are mainly represented by heavy loams and clays, the natural drainage of water occurs very slowly and leads to formation of focal water-saturated areas. The accompanying measures increase greatly the cost of construction.

Under option No. 2 – construction of a special bridge – all work is carried out in the conditions of the existing highway without stopping its operation. The existing natural hydrogeological state of the territory is preserved and it is not necessary to implement costly measures to ensure waterproofing and stabilization of soils. This significantly reduces the cost of construction and ensures the accessibility of the structure during ongoing maintenance and repair work.



Pic. 1. The design solution for the crossing of the taxiway, the patrol airfield road, the motorway road and the Klyazma river: 2 – taxiway РД-D (22.5 m – artificial cover and 18 m – roadside cover); 3 – patrol airfield road.

Pic. 2. A design solution for the location of a new runway on the selected section (layout).

Pic. 3. Fragment of the Klyazma River collector under construction at the intersection with the new runway.

When designing the intersection, several modifications of the structure were also considered, the corresponding calculations of their strength and stability were made and the final variants of the structural elements were chosen based on the results of the studies. In the domestic practice of building airfields, this crossing is performed for the first time. Pic. 1 presents the design solution for the crossing of the taxiway, the patrol airfield road, the motorway road and the Klyazma river.

Crossing the taxiway and the motorway road in two levels allows to ensure the integrity of the Sheremetyevo airfield and its further development. In particular, it provides in the future the possibility of modernizing the airfield infrastructure of a new site – for example, building a network of taxiways to increase the carrying capacity of the runway, installing additional parking spaces for current maintenance, and building a new passenger terminal. The implementation of such projects will ultimately help create a high-tech airport, designed to service all types of modern and prospective aircraft.

Pic. 2 shows a design solution for placing a new runway on the selected site.

At the end of 2014, construction work began. Including preparation of the territory – garbage collection, removal of wood and shrub vegetation, construction of temporary drainage structures for surface and ground waters, arrangement of temporary ways of traffic of road construction equipment, places for storage of materials and products, removal and removal for temporary storage of plant soil. During this period, the load was mainly borne by contractors of CJSC Inzhtransstroy. The works were carried out in rather complicated engineering and geological conditions, and the surveys made did not initially allow to make a reliable picture of the state of the construction site and it was necessary to make adjustments.

At the same time, work was begun on the construction of the intersection of the taxiway with the route of the existing driveway. They were carried out by the Spetstransmonolit organization.

When building a new runway, it became necessary to cross the existing riverbed of the Klyazma River and its tributaries. It was decided to change the trajectory of the channel. For this purpose, a special four-section closed collector of reinforced type is proposed, designed to withstand loads from aircraft carrying out landing operations. Pic. 3 shows a fragment of the reservoir under construction.

Pic. 4. Construction of coastal fortifications.

Pic. 5. Bridge supports and span structure.

Pic. 6. Span structure of the bridge for the patrol road.

The construction of a two-level crossing of the taxiway and the motorway route was conducted in the conditions of a large amount of work connected with the transfer of the Klyazma river bed and the strengthening of the coastal sections of the new riverbed (see Pic. 4).

The construction of a special bridge for the taxiway began with the reinforcement of the base and the erection of supports. The bridge was designed for the impact of loads not only from modern aircrafts, but also on advanced models. The upper part of the bridge had a gable cross-sectional profile, completely corresponding to the cross-section of the taxiway. Pic. 5 shows the construction of the bridge supports and partly the upper structure.

On the right, you can see traffic on the main access road to Sheremetyevo Airport.

In parallel, another bridge was built – for an airfield patrol road (see Pic. 6). The work was carried out without stopping the operation of the main access roads to the airport, which provided it with a normal life and compliance with the schedule for movement of aircrafts.

Conclusion. *In 2015, due to the change of the general contractor organization, the process was suspended. Now the contracting construction company is the company Transstroymekhanizatsiya and the work is continued. Although, probably, it is worth noting that when implementing such large-scale projects, management failures are hardly permissible. And the question here is not only in the fate of engineering solutions.*

Information about the author:
Vinogradov, Boris A. – Ph.D. (Eng.), associate professor, deputy head of technical department of the State Design and Exploration and Research Institute of Civil Aviation Aeroproject, Moscow, Russia, vinogradov@aeroproject.ru.

Article received 31.10.2016, accepted 27.12.2016.

УДК 625.7

Интеграция автомобильных дорог СНГ в мировую дорожную сеть

Бури КАРИМОВ

Buri B. KARIMOV

Каримов Бури Бачабекович *– доктор технических наук, профессор, руководитель Секретариата Межправительственного совета дорожников, Москва, Россия.*

Integration of the CIS Roads into the World Road Network

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p.194)

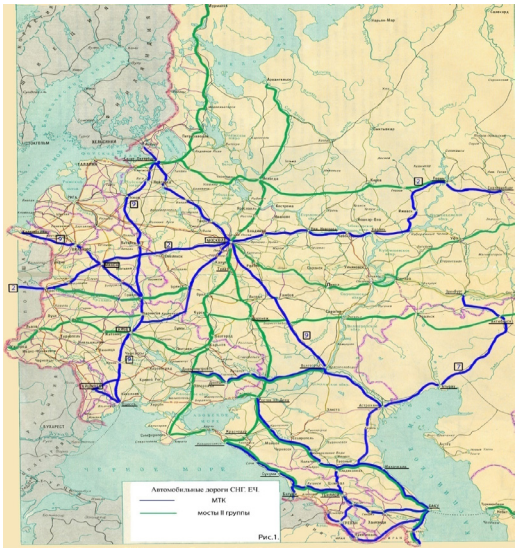
Межправительственный совет дорожников (МСД) стал одним из первых интеграторов на пространстве СНГ, который с 1992 года последовательно проводит линию на согласованное взаимодействие стран Содружества в сфере международных автомобильных дорог. Статья знакомит с нормативно-правовой и административно-управленческой сторонами деятельности совета дорожников, техническими характеристиками подконтрольных ему дорог. Одновременно с этим анализируются нуждающиеся во внимании партнеров по СНГ задачи и проблемы, решение которых позволит сформировать общие для автодорог Содружества стандарты с мировой дорожной сетью, стать естественной частью евроазиатской системой международных автомобильных дорог и транспортных коридоров.

Ключевые слова: СНГ, межправительственный совет дорожников, интеграция, автомобильные дороги, технические характеристики дорог, международные коридоры.

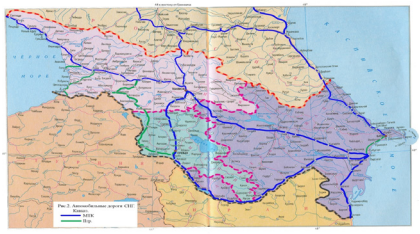
В 1998 году в Москве главами правительств СНГ был подписан протокол о международных автомобильных дорогах, в котором сформулированы основные принципы и подходы к формированию и развитию дорожной сети Содружества, определены меры, направленные на интеграцию автомобильных дорог СНГ в Европейскую и Азиатскую системы дорог и международные транспортные коридоры. Этот документ был подготовлен в Межправительственном совете дорожников (МСД), созданном в 1992 году.

Протокол о международных автомобильных дорогах СНГ имеет существенное значение для международных финансовых структур при выделении займов и кредитов на развитие дорог. Не менее важны с практической точки зрения соглашение о массах и габаритах транспортных средств, осуществляющих межгосударственные перевозки (1999 г.), и концепция повышения эксплуатационной надежности мостовых сооружений на автомобильных дорогах (подписанная главами правительств СНГ в 2008 году).

С целью упрощения процедуры пересечения границ грузовым автотранспортом и сокращения времени нахождения в пути



Европейская часть



Кавказ

Казахстан. Средняя Азия

Рис. 1. Автомобильные дороги СНГ.

в 2004 году Советом глав государств Содружества было принято «Соглашение о введении международного сертификата взвешивания грузовых транспортных средств на территориях стран СНГ».

Принятие этих и других документов позволило начать процесс интегрирования автомобильных дорог стран СНГ в Европейскую и Азиатскую системы автомобильных дорог с выходом на их наиболее крупные транспортные узлы, порты и терминалы.

Из-за своего уникального географического положения страны СНГ являются связующим звеном двух транспортных систем – европейской и азиатской. Дальнейшее укрепление транспортной инфраструктуры Содружества связано с созданием современной транспортной системы, основу которой составляют международные автомобильные дороги. МСД работает над улучшением их состояния и развитием со всеми своими структурными подразделениями и совместно с новыми и ассоциированными членами Межгосударственного совета на местах (рис. 1).

Данные мониторингов по изучению состояния и развития международных дорог (таблицы 1 и 2) показали, что министерствами транспорта и коммуникаций, дорожными администрациями стран СНГ проводится последовательная работа по улучшению дорожной сети. Только за последние годы выполнен ремонт и реконструировано свыше 3,5 тыс. км автодорог на общую сумму 6 млрд долл. США, до 2017 года планируется завершить проекты развития дорог (с учетом переходящих объектов) на 9 тыс. км на сумму 18 млрд долл. США.

МСД проводит и дополнительные мероприятия по изучению состояния и перспектив международных автомобильных дорог. В странах Таможенного союза Беларуси, России и Казахстане с 27 августа по 8 сентября 2013 года был организован автопробег по маршруту Западная Европа – Западный Китай, а затем прошел автопробег по южной ветви Великого шёлкового пути, и это уже касалось территории стран Центральной Азии. На основе мониторингов и автопробегов уточнены задачи по развитию транспортных коридоров, выявлены недостатки в эксплуатации и содержании дорожной сети, техническом ее состоянии, обеспечении условий безопасности дорожного движения.

Анализ показывает, что значительная часть международных автомобильных дорог СНГ не отвечает современным требованиям по многим показателям.

К примеру, дорожные нормы стран Содружества различаются, начиная от классификации дорог и расчетных нагрузок и заканчивая нормами на геометрические элементы, обеспечивающие безопасность движения. Наиболее негативно это сказывается на улучшении состояния автомобильных дорог, инфраструктурной их составляющей. Что касается норм по между-

Таблица 1

Сводная информация о состоянии международных автомобильных дорог СНГ и перспективах их развития по состоянию на 1 января 2015 года[1]

№ п/п	Государство	Количество маршрутов	Протяженность, км	Максимальная допустимая нагрузка на ось, тонн	Международный показатель ровности IRI, м/км	Выполнены реконструкция и капитальный ремонт за 1999–2014 годы		Выполнены реконструкция и капитальный ремонт за 2014 год		Планируемые проекты развития на период до 2017 года	
						Реконструкция, капитальный ремонт, км	Стоимость работ, млн долл. США	Реконструкция, капитальный ремонт, км	Стоимость работ, млн долл. США	Протяженность, км	Проектная стоимость работ, млн долл. США
1	Азербайджанская Республика	8	3582	15,0	2,0–7,0	1533,5	7875	65,1	677,5	1117,9	3015,64
2	Республика Армения	4	953,4	10	5,03–6,2	209,41	79,97	49	3,7	353,7	684,8
3	Республика Беларусь	11	3869,12	11,5	1,91–5,92	1661,9		132,3		252	
4	Республика Казахстан	17	9444	10		2615,2	487,5	205	56	199	96
5	Республика Кыргызстан	8	2052	10		1278,8	455,8	80,7	23,3	278,5	234,7
6	Республика Молдова	4	924,3	10	(0–4) – 443,3 км (4–6) – 345,1 км (6–8) – 101,3 (8–10) – 34,8 км	94,0	62,71	–	47,7–43,3	139,6	84,7
7	Российская Федерация	33	28724,02	11							
8	Республика Таджикистан	8	1457,3	10		857,3	924,1	18,75	22,02	399,7	282,3
ИТОГО:		93	51006,14	15,0	0–10	8250,11	9885,08	550,85	873,52	2740,4	4398,14

[1]По данным министерств транспорта и коммуникаций, дорожных администраций стран СНГ.

Таблица 2

Сводная информация о состоянии международных автомобильных дорог СНГ на подъездах к границам сопредельных государств по состоянию на 1 января 2015 года

№ п/п	Государство	Количество пунктов пропуска	Среднее время ожидания выезда/въезда, мин	Количество транспортных средств выезд/въезд, авто/сут.	Технические характеристики дороги и инфраструктуры на подъезде к пункту пропуска Всего по дороге / в т.ч. по пункту пропуска на границе							
					Категория дороги	Максимальная допустимая нагрузка на ось, т	Количество АЗС, шт.	СТО, шт./ мест	Терминалы, шт./мест	Отели, шт./мест	Стоянки, шт./мест	Пункты питания, шт./мест
1	Азербайджанская Республика	7	10–15	1200	I–III	10,0	192	228		49	25	389
2	Республика Армения	4	40		II–III	10	262	64	12	36	77	54
3	Республика Беларусь	13			I–IV	11,5	19	4		4	7	27
4	Республика Казахстан	19	30–360	34760	I–IV	10	511	74		62	2	464
5	Республика Кыргызстан*	13	10–60	212	II–V	10	41	27/107	2/10	17/560	20/333	68/2440
6	Республика Молдова	6	Легк.– 5–15 Автоб.– 20–30 Груз.– 30–60	н/д	II	10	16	6	1	12	13	10
7	Российская Федерация	25			I–IV	12						
8	Республика Таджикистан	2	1–2	38,3		10		555			64	
ИТОГО:		89	1–60	36210,3	I–V	12,0	1041	958/107	15/10	180/560	208/333	1012/2440

*- Данные за 2014 г.

народным автомобильным дорогам, то они должны быть более схожими по своему технически-эксплуатационному уровню и соответствовать существующим требованиям.

В странах СНГ геометрические параметры автомобильных дорог нормируются на основании национальных стандартов. Необходимо гармонизировать не только стандарты и нормы в рамках СНГ, но и сблизить их с нормами Европейского союза и Азиатского сообщества. Другими словами, привести в соответствие со статусом межгосударственных и международных автомобильных дорог, имеющих I и II высшие технические категории. Следует при этом прежде всего провести согласование национальных норм и стандартов по основным характеристикам и показателям, определяющим безопасность дорожного движения. Перевозчикам пассажиров и грузов надо создать более или менее одинаковые безопасные условия на всем протяжении маршрута, проходящего через разные страны и природно-климатические пояса.

Анализ индекса ровности покрытия (IRI) свидетельствует о том, что ещё предстоит большая работа по приведению международных автомобильных дорог в надлежащее состояние по этому показателю. Кроме того, нельзя забывать, что в дополнение к комфорту при движении сеть должна иметь и современную структуру дорожного сервиса и в целом хорошую инфраструктуру.

По ходу анализа основных характеристик международных автомобильных дорог выявились следующие проблемы:

– качественные и количественные показатели технического уровня и эксплуатационного состояния дорог и мостов существенно различаются и отстают на многих участках от современных требований, не соответствуя принятым стандартам международных перевозок;

– прочность дорожной одежды и несущей способности мостовых переходов не отвечают нормативным требованиям, нарастает недоремонт дорожных покрытий;

– дороги, проходящие через населенные пункты, не позволяют развивать расчётные скорости, предусмотренные для безопасных грузовых и пассажирских перевозок.

На фоне подобных текущих проблем и при наличии масштабных интеграционных задач ключевым фактором в работе министерств транспорта и дорожных администраций стран СНГ в рамках Содружества и МСД является совместное решение вопросов, связанных с совершенствованием всего комплекса международных автомобильных дорог, находящихся на территории сопредельных государств. В связи с этим помимо уже называвшейся гармонизации дорожных норм и стандартов следует иметь в виду и несколько других важных для практики позиций:

– для дальнейшего развития транспортных коридоров использовать преимущественно комплексный подход, механизмы государственно-частного партнерства и государственного регулирования;

– учитывая рост интенсивности движения и нагрузки на ось автомобильного транспорта, проектировать, рассчитывать конструкции дорожных одежд на нагрузку не ниже 13 т и строить дороги, отвечающие требованиям большой интенсивности и нарастающих нагрузок;

– при строительстве верхних слоев дорожной одежды использовать щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси и новые, более прочные покрытия из цементобетона;

– шире применять интеллектуальные транспортные системы, в том числе пункты взвешивания транспортных средств, особенно на пограничных участках дорог;

– обратить первостепенное внимание не просто на повышение безопасности дорожного движения, а сделать это направление сотрудничества равноценным наряду с экономическим результатом и геополитическими достижениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедов К. М., Каримов Б. Б. Международные автомобильные дороги. – М., Интрансдорнаука, 2013. – 398 с.

2. Каримов Б. Б., Мирзаянц Г. Ю., Уралов Б. Х. Управление дорожными отраслями. – М., Интрансдорнаука, 2010. – 319 с.

Координаты автора: **Каримов Б. Б.** – cmcd@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.07.2016, принята к публикации 14.11.2016.

INTEGRATION OF THE CIS ROADS INTO THE WORLD ROAD NETWORK

Karimov, Buri B., *Secretariat of the Intergovernmental Council of Road Workers, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The Intergovernmental Council of Road Workers (ICRW) has become one of the first integrators in the CIS area, which since 1992 has consistently pursued a line for coordinated interaction of the Commonwealth countries in the field of international highways. The article introduces the normative legal and administrative-management aspects of the activities of the road construction council, the technical characteristics of the roads under its control. At the same time, the tasks and problems needing attention of the CIS partners are analyzed, the solution of which will make it possible to form common standards for the CIS roads with the world road network, to become a natural part of the Euro-Asian system of international highways and transport corridors.

Keywords: CIS, intergovernmental council of road workers, integration, roads, international corridors.

Background. *In 1998, the CIS Heads of Government signed a protocol on international roads in Moscow, which outlined the main principles and approaches to formation and development of the Commonwealth's road network, defined measures aimed at the integration of the CIS roads into the European and Asian road systems and international transport corridors. This document was prepared in the Intergovernmental Council of Road Workers (MSD), established in 1992.*

The Protocol on the International Roads of the CIS is of significant importance for international financial institutions in the allocation of loans for development of roads. No less important from a practical point of view is the agreement on the masses and dimensions of vehicles engaged in interstate transportation (1999), and the concept of improving the operational reliability of bridge structures on highways (signed by the heads of government of the CIS in 2008).

In order to simplify the procedure for crossing the borders by trucks and reducing the time spent on the road in 2004, the Council of Heads of State of the Commonwealth adopted an «Agreement on the introduction of an international certificate of weighing of trucks in the territories of the CIS countries».

Adoption of these and other documents allowed to begin the process of integrating the roads of the CIS countries into the European and Asian road systems with access to their largest transport hubs, ports and terminals.

Objective. *The objective of the author is to give a brief review of integration of the CIS roads into the world road network.*

Methods. *The author uses general scientific methods, scientific description, economic evaluation, comparative analysis.*

Results. *Due to their unique geographic location, the CIS countries are the connecting links of two transport systems – European and Asian. Further strengthening of the transport infrastructure of the Commonwealth is associated with creation of a modern transport system, based on international highways. The ICRW is working to improve their condition and development with all its structural units and in conjunction with the new and associated members of the Interstate Council at the local level (Pic. 1).*

Monitoring data on the study of the state and development of international roads (Tables 1 and 2) showed that the Ministry of Transport and Communications, road administrations of the CIS countries are consistently working to improve the road network. Only in recent years more than 3500 km of roads have been repaired and reconstructed for a total of 6 billion USD, and until 2017 it is planned to complete road development projects (including transitory objects) for 9000 km to the amount of 18 billion USD.

The ICRW also conducts additional activities to study the state and prospects of international roads. In the countries of the Customs Union of Belarus, Russia and Kazakhstan, from August 27 to September 8, 2013, an auto rally was organized along the route Western Europe – Western China, and then a motor rally along the southern branch of the Great Silk Road took place, and this already concerned the territory of the Central Asian countries. On the basis of monitoring and auto rallies, the tasks for development of transport corridors have been clarified, shortcomings in the operation and maintenance of the road network, its technical condition, and the provision of road safety conditions have been identified.

The analysis shows that a significant part of the international roads of the CIS do not meet modern requirements in many aspects.

For example, the road norms of the Commonwealth countries differ, beginning from the classification of roads and design loads and ending with the standards for geometric elements ensuring traffic safety. This affects most negatively improvement of the state of roads, their infrastructure component. As for the norms on international roads, they should be more similar in their technical and operational level and meet the existing requirements.

In the CIS countries, the geometric parameters of motor roads are normalized on the basis of national standards. It is necessary to harmonize not only the standards and norms within the CIS, but also to bring them closer to the norms of the European Union and the Asian community. In other words, to bring them in line with the status of interstate and international roads having I and II higher technical categories. First of all, it is necessary to harmonize national norms and standards on the main characteristics and indicators that determine road safety. Carriers of passengers and cargoes need to create more or less the same safe conditions on the whole route, passing through different countries and natural and climatic zones.

The analysis of the smoothness index (IRI) indicates that much work remains to be done to bring the international roads in good condition by this indicator. In addition, we must not forget that in addition to the comfort of traffic, the network must have both a modern structure of road service and a generally good infrastructure.

During the analysis of the main characteristics of international roads the following problems have been identified:

Table 1

Summary about the state of international roads of the CIS and prospects of their development as of January 1, 2015[1]

№	State	Number of routes	Length, km	Maximum allowable axle load, tons	International smoothness index IRI, m/km	Reconstruction and major repairs for 1999–2014		Reconstruction and major repairs done in 2014		Planned development projects to 2017	
						Reconstruction and major repairs, km	Cost of works, mln USD	Reconstruction, major repairs, km	Cost of works, mln USD	Length, km	Projected cost of works, mln USD
1	Azerbaijan Republic	8	3582	15,0	2,0–7,0	1533,5	7875	65,1	677,5	1117,9	3015,64
2	Republic of Armenia	4	953,4	10	5,03–6,2	209,41	79,97	49	3,7	353,7	684,8
3	Republic of Belarus	11	3869,12	11,5	1,91–5,92	1661,9		132,3		252	
4	Republic of Kazakhstan	17	9444	10		2615,2	487,5	205	56	199	96
5	Republic of Kyrgyzstan	8	2052	10		1278,8	455,8	80,7	23,3	278,5	234,7
6	Republic of Moldova	4	924,3	10	(0–4) – 443,3 km (4–6) – 345,1 km (6–8) – 101,3 (8–10) – 34,8 km	94,0	62,71	–	47,7–43,3	139,6	84,7
7	Russian Federation	33	28724,02	11							
8	Republic of Tajikistan	8	1457,3	10		857,3	924,1	18,75	22,02	399,7	282,3
TOTAL:		93	51006,14	15,0	0–10	8250,11	9885,08	550,85	873,52	2740,4	4398,14

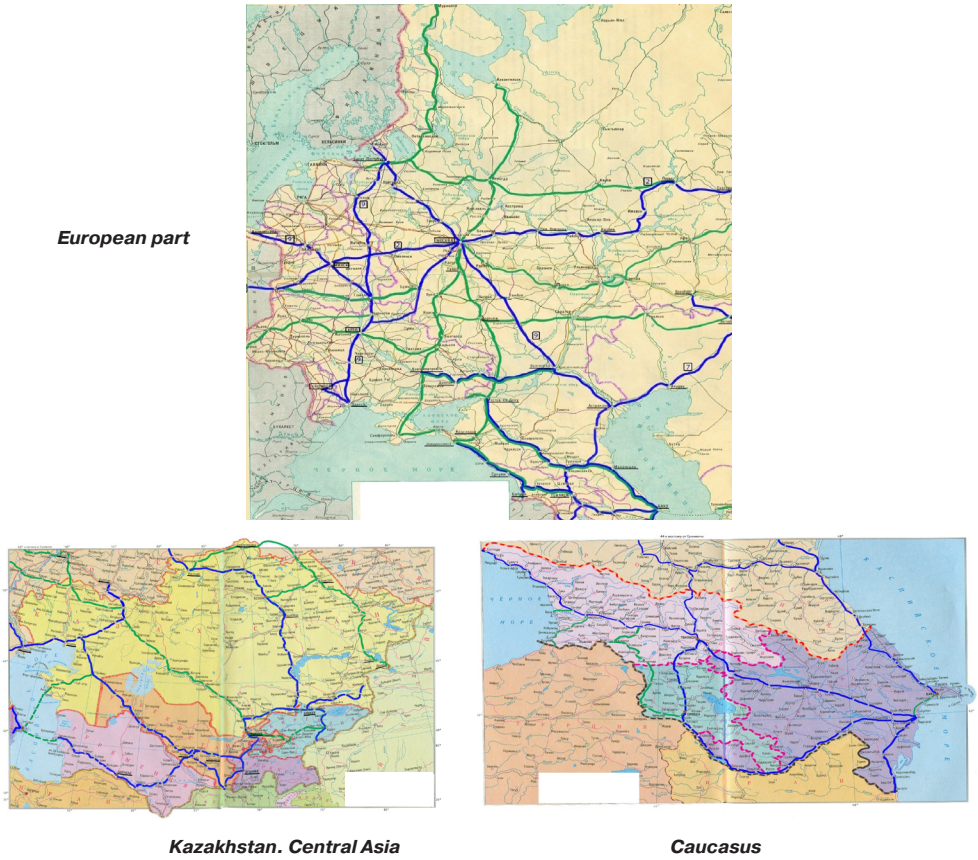
[1]According to the Ministry of Transport and Communications, the road administrations of the CIS countries.

Table 2

Summary about the state of the CIS international roads on the approaches to the borders of neighboring countries as of January 1, 2015

№	State	Number of border crossing points	Average waiting time for entry/ departure, min	Number of vehicles, entry/ departure, car/ day	Technical characteristics of the road and infrastructure at the entrance to the border crossing point Total for the road/incl. at the border crossing point							
					Road category	Maximum allowable axle road, tons	Number of filling stations, pcs	Service stations, pcs/ places	Terminals, pcs/places	Hotels, pcs/ places	Parking lots, pcs/places	Meal stations, pcs/places
1	Azerbaijan Republic	7	10–15	1200	I–III	10,0	192	228		49	25	389
2	Republic of Armenia	4	40		II–III	10	262	64	12	36	77	54
3	Republic of Belarus	13			I–IV	11,5	19	4		4	7	27
4	Republic of Kazakhstan	19	30–360	34760	I–IV	10	511	74		62	2	464
5	Republic of Kyrgyzstan*	13	10–60	212	II–V	10	41	27/107	2/10	17/560	20/333	68/2440
6	Republic of Moldova	6	Personal – 5–15 Buses – 20–30 Trucks – 30–60	n/a	II	10	16	6	1	12	13	10
7	Russian Federation	25			I–IV	12						
8	Republic of Tajikistan	2	1–2	38,3		10		555			64	
TOTAL:		89	1–60	36210,3	I–V	12,0	1041	958/107	15/10	180/560	208/333	1012/2440

* – Data for 2014.



Pic. 1. The CIS roads.

– qualitative and quantitative indicators of the technical level and operational condition of roads and bridges are significantly different and lag behind in many areas from modern requirements, not conforming to accepted international transportation standards;

– strength of pavement and load-carrying capacity of bridge crossings do not meet regulatory requirements, under-repair of road surfaces is growing;

– roads passing through settlements do not allow the development of design speeds for safe freight and passenger traffic.

Conclusion. *Against the backdrop of such current problems and in the presence of large-scale integration tasks, a key factor in the work of the ministries of transport and road administrations of the CIS countries within the framework of the Commonwealth and the ICRW is joint solution of issues related to improvement of the entire complex of international roads located on the territory of neighboring countries. In this regard, in addition to the already mentioned harmonization of road norms and standards, one should also bear in mind several other important positions for practice:*

– for further development of transport corridors, to use predominantly an integrated approach, mechanisms of public-private partnership and state regulation;

– to take into account the increase in traffic intensity and axle load of road transport, to design, to calculate the structure of pavements for a load of at least 13 tons and to build roads that meet the requirements of high intensity and increasing loads;

– in construction of the upper layers of pavement, to use crushed stone-mastic asphalt mixtures and new, more durable coatings of cement concrete;

– to wider use intelligent transport systems, including points of weighing of vehicles, especially on the border sections of roads;

– to pay priority attention not just to improving road safety, but to make this area of cooperation equivalent, along with the economic result and geopolitical achievements.

REFERENCES

1. Akhmedov, K. M., Karimov, B. B. International highways [*Mezhdunarodnye avtomobil'nye dorog*]. Moscow, Intransdornauka publ., 2013, 398 p.

2. Karimov, B. B., Mirzayants, G. Yu., Uralov, B. Kh. Management of road industries [*Upravlenie dorozhnymi otrasljami*]. Moscow, Intransdornauka publ., 2010, 319 p. ●

Information about the author:

Karimov, Buri B. – D.Sc. (Eng.), professor, head of the Secretariat of the Intergovernmental Council of Road Workers, Moscow, Russia, cmcd@mail.ru.

Article received 28.07.2016, accepted 14.11.2016.

БЕЗОПАСНОСТЬ • SAFETY AND SECURITY

КАЧЕСТВО РЕЛЬСОВ 198

Надёжность под договорные гарантии?

СЛЕДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА 210

«Место происшествия изменить нельзя».

QUALITY OF RAILS 198

Can reliability be ensured with contract guarantees?

INVESTIGATION PRACTICES 210

Scene of an accident should be inviolable.

УДК 625.143-192

Гарантия качества рельсов – в договоре поставки

Сергей ПАЛКИН
Sergey V. PALKIN

Валентин КОЗЫРЕВ
Valentine A. KOZYREV

Палкин Сергей Валентинович *– доктор экономических наук, кандидат технических наук, директор по техническому регулированию ТК «ЕвразХолдинг», вице-президент некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники» (НП «ОПЖТ»), Москва, Россия.*
Козырев Валентин Александрович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент и управление персоналом организации» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Rails' Quality is Guaranteed by Supply Contract

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 205)

На примере эксплуатации рельсовых путей авторы рассматривают факторы надежности технических средств применительно к условиям безопасности движения поездов. Оцениваются зависимости технических требований к эксплуатации и производству рельсов, показателей надежности и качества, стандартов и нормативов, призванных обеспечивать системный порядок на уровне взаимодействия производителя, поставщика и потребителя продукции. Особое внимание отведено возможности строить отношения на основе договора поставки, позволяющего вводить гарантии качества по показателю гамма-процентного срока службы, согласовывать особые требования к эксплуатационным свойствам рельсов и самим условиям эксплуатации.

Ключевые слова: безопасность поездов, рельсы, надежность, жизненный цикл, гарантии качества, гамма-процентный срок службы, профилактика дефектов.

Известно, что ежегодно на сети железных дорог происходят многие тысячи сбоев графика движения поездов по причинам отказов технических средств. Кроме экономических потерь уровень таких отказов – это еще и характеристика состояния профилактической работы по обеспечению безопасности движения. Зачастую, по законам диалектики, количество здесь переходит в качество, что приводит к более тяжёлым последствиям, чем простой отказ, случаям – крушениям поездов и людским потерям.

Реализация актуальной для подобных случаев задачи повышения надёжности технических средств должна присутствовать на всех этапах жизненного цикла продукции. Для этого во всех вновь разработанных стандартах на продукцию, в определяющем количестве потребляемую железнодорожным транспортом, введены специальные требования по показателям надёжности. К сожалению, аналогичных примеров в области стандартизации самих процессов железнодорожных перевозок пока крайне мало. Они до сих пор не подлежат оценке на соответствие требованиям безопасности движения, а сами эти требования так и не нашли своего отражения в соответствующем техническом регламенте.

1.

В период эксплуатации большое практическое значение имеют показатели безотказности, долговечности, ремонтопригодности и их производные. К примеру, стандартом на рельсы ГОСТ Р 51685–2013, в отличие от аналогичной версии 2000 года, предусмотрены требования по подтверждению показателя надёжности при сертификации, показателей гамма-процентного ресурса, введены критерии ремонтопригодности, свариваемости, контролепригодности и т.д.

В совокупности технические требования к рельсам в национальном стандарте 2013 года соответствуют требованиям международных стандартов EN и AREMA, а по показателям газонасыщенности стали, по классификации видов и величине неметаллических включений превышают уровень мировых стандартов.

Показатели надёжности относятся к комплексным, учитывающим совокупное влияние на качество всех технических требований. В уровне надёжности отражается степень полноценности исполнения технических требований к рельсам, а подтверждение соответствия рельсов показателям надёжности в процессе эксплуатации становится процессом своеобразной добровольной сертификации, принуждение к которой законодательством по техническому регулированию запрещается.

Определение фактического значения показателя надёжности в реальных условиях эксплуатации требует периода времени, сопоставимого с продолжительностью эксплуатационной пригодности продукции. По этим причинам показатели надёжности, как правило, не являются обязательными требованиями по безопасности продукции, которую оценивают по соответствию этим требованиям.

Такое соответствие регулярно подтверждается производителем результатами приёмо-сдаточных испытаний и удостоверяется паспортом качества, объективность данных которого заверяется представителем приёмки от ОАО «РЖД» в лице инспектора-приёмщика ЦТА.

На все установленные технические требования к рельсам производителями предоставляются гарантии качества. Совокупность подобных гарантий можно условно разделить на две основные группы. Первая – это гарантии качества, наступающие по положениям гражданского законодательства, а вторая – дополнительные гарантии за пределами обязательств по законодательству. Такие именуются как конкурентные, имеющие коммерческий характер, и наступают, как правило, за пределами гарантийного срока, установленного нормативно-правовыми и техническими документами.

В разделе 9 ГОСТ Р 51685–2013 гарантийный срок на рельсы исчисляется количеством пропущенных тонн груза (наработка), величина эта может определяться условиями договора поставки. В зависимости от категории рельсов и радиуса кривых участков пути гарантийная наработка по пункту 9.2 составляет от 320 до 500 млн т брутто.

По новым условиям от производителей, гарантийная ответственность действует за пределами установленной в ГОСТ наработки. На рельсы новых категорий ДТ гарантийная наработка дополнительно увеличена в 1,4 раза от нормативной – до 700 млн т брутто пропущенного тоннажа в прямых участках пути и до 350 млн т брутто в кривых участках.

Действующие условия гарантии на рельсы в Российской Федерации по показателям и содержанию не имеют аналогов в мировой практике и значительно их превышают. Причем, гарантируя соответствие своей продукции техническим требованиям по всем установленным показателям, отечественные производители имеют в виду реальное достижение рельсами показателей надёжности именно в эксплуатации.

Тем не менее, по данным ОАО «РЖД», по причине дефектности ежегодно из эксплуатации исключается около 100 тысяч рельсов в 25-метровом исчислении. На самом же деле их примерно в 1,5 раза больше. На изъятых рельсах дефекты достигали такого предельного состояния, что эксплуатация их недопустима как раз по условиям безопасности движения.

На замену дефектных рельсов, которые составляют около 0,5 % от всех уложенных на инфраструктуре ОАО «РЖД», ежегодно расходуется около 3,0 млрд рублей. По утверждению специалистов ЦТА, примерно половина изъятых рельсов имеет металлургические причины образования и развития дефектов. И хотя документы с объективными данными, подтверждающими такие утверждения, отсутствуют, на фоне подобных заявлений в ОАО «РЖД» регулярно возникают самые разные предложения по усилению гарантийной ответствен-

ности производителей, вплоть до создания условий, при которых замена всех дефектных и остро дефектных рельсов будет осуществляться в основном за счёт производителя или поставщика.

Впрочем, придавая большое значение гарантийной ответственности как эффективному инструменту мотивации к повышению качества, конкурентоспособности и коммерческой привлекательности продукции, нельзя игнорировать результаты фактической реализации уже имеющихся условий гарантии.

Так, в адрес производителя ежегодно со стороны эксплуатирующих подразделений ОАО «РЖД» оформляется около 100 рекламаций по качеству, что составляет 0,1 % от всех изъятых рельсов. Из предъявленных претензий только 20 % действительно подтверждаются металлургическими исследованиями, и в результате ежегодные рекламационные платежи производителей ОАО «РЖД» не превышают 2 млн рублей.

Приведённые данные свидетельствуют, что выбраковка рельсов весьма слабо связана с качеством изготовления, показателями надёжности рельсов и в значительной мере зависит от качества эксплуатации, внимания к рельсу как высокотехнологичному продукту, требующему строгого соблюдения технологических правил.

Несопоставимость данных по количеству изъятых рельсов и признанных гарантийных случаев, судя по всему, не вызывает стремления к улучшению условий эксплуатации рельсов. Опираясь только на величину расходов по досрочной замене рельсов, всё в большей мере формируется мнение о необходимости дальнейшего повышения требований по качеству и усиления гарантийной ответственности производителей рельсов. При этом не рассматривается зарубежный опыт, не принимаются во внимание обстоятельства, по которым уровень гарантий на рельсы и так беспрецедентен в мировой практике.

Наиболее эффективным, по мнению отдельных специалистов ОАО «РЖД», может стать введение гарантии качества на рельсы по показателю гамма-процентного срока службы. Считается, что, выявив такое несоответствие в эксплуатации, можно будет потребовать от производителя не только компенсации по отдельно изъятому рельсу, но и полной замены и компенсации расходов по всей партии некачественных рельсов. Важно доказать несоответствие каждой единицы продукции в забракованной партии.

Очевидно, что замена партии рельсов, находящихся в эксплуатации, стоит немалых денег. Но даже эти, огромные и неприемлемые для бизнеса расходы без системных решений по поводу условий эксплуатации рельсов не обеспечат ОАО «РЖД» нужной надёжности железнодорожного пути.

2.

Основные проблемы, требующие решения для введения гарантии качества по показателю гамма-процентного срока службы, вытекают из анализа имеющихся договорных условий, юридических и технических предпосылок в нормативно-правовых и технических документах на рельсы.

Содержание термина «гарантия качества» определяется статьями 469 и 470 ГК РФ, которыми установлена обязанность продавца в передаче покупателю товара, соответствующего по качеству обязательным требованиям и условиям договора поставки в течение гарантийного срока.

Под установленными обязательными требованиями понимаются положения законодательства по техническому регулированию. Применительно к рельсам это соответствие требованиям технических регламентов, что документально подтверждается сертификатом соответствия установленного образца, выданного аккредитованным органом по оценке соответствия.

По условиям действующего договора поставки рельсы должны быть изготовлены по ГОСТ Р 51685–2013 (или 2000 года) и по согласованным с заказчиком (ОАО «РЖД») техническим условиям, которые по положениям законодательства о стандартизации с июля 2015 года являются документами производителя со статусом СТО (стандарта организации).

В указанных технических документах содержатся все исчерпывающие технические требования, которым должны соответствовать рельсы по договору поставки. Показатель «гамма-процентный срок службы рельсов» в нормативно-правовых и технических документах на рельсы не установлен. По этой причине нет никаких оснований для введения новой гарантии качества по свойствам, к которым в технической документации отсутствуют необходимые требования.

Проблему отсутствия показателя надёжности и требований к нему можно реали-

зовать путём договорённости заинтересованных сторон о внесении существенных условий в договор поставки. На основании такой договорённости (производителя и потребителя), учитывающей обоюдные риски увеличения непроизводительных потерь, обуславливается величина показателя и соответствующая гарантийная ответственность. Предусматриваемый показатель не будет иметь никакого отношения к нормативной величине, так как устанавливается произвольно и является договорным, обоснованность его потребует определённого анализа.

Взаимное признание результатов оценки рисков целесообразно осуществить по результатам анализа массива многолетних данных о причинах фактического изъятия рельсов из пути по категориям, номерам плавок и годам поставок. Но такой детальный анализ провести не представляется возможным из-за отсутствия со стороны ОАО «РЖД» заказов в ОАО «ВНИИЖТ» на соответствующие наблюдения и научно-технические исследования, учитывающие условия эксплуатации, план и профиль пути, грузонапряжённость, климатические особенности железнодорожных линий и т.д.

Недостаточность данных по показателям надёжности рельсов в эксплуатации не позволяет установить реально обоснованную величину для внесения в техническую и нормативно-правовую документацию, а также договор поставки, что обеспечило бы технические и юридические основания для введения гарантийной ответственности по показателю гамма-процентного срока службы рельсов.

По этим причинам потребуется определить величину показателя надёжности вначале расчётами, а потом реальной эксплуатацией. После процедур валидации при положительных результатах показатель гамма-процентного срока службы необходимо внести установленным порядком в нормативно-правовые документы и технические условия на изготовление рельсов. Такую работу в течение одного года не осуществить, может потребоваться даже несколько лет.

Так, на экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» с ежегодной наработкой 240 млн т брутто, что значительно превышает максимальную грузонапряжённость на сети железных дорог и в 6 раз среднесетевую, рельсы категории ДТ 350 за два с половиной года достигли наработки чуть выше 600 млн т брутто. Этой величины явно недостаточно для оценки показателей надёжности, включая гамма-процентный срок службы.

Имеющиеся данные из отчётной статистики ПЧ по изъятым рельсам характеризуют показатель надёжности в основном рельсов категории ОТ. По новым категориям рельсов (ДТ) фактические данные из-за небольшого объёма поставок не отвечают требованиям репрезентативности. По этим причинам оценка показателя их надёжности будет весьма условной.

Для получения величины показателя надёжности, близкой к реальной, следует произвести оценку по данным эксплуатации рельсов новых категорий, которые на сети должны составлять не менее 20–25 % от всех используемых. При существующем объёме поставок на выполнение названных условий потребуется не менее 3–5 лет.

3.

Отсутствие данных о реальной эксплуатации рельсов новых категорий существенно осложняет достижение консенсуса по изменению условий договора с установлением гарантийной ответственности производителя рельсов по показателю гамма-процентного ресурса.

Применить известный опыт регрессионного анализа данных полигонных испытаний для установления величины показателя гамма-процентного срока службы также не представляется возможным из-за отсутствия начальной точки в виде первого отказа испытываемых рельсов ДТ 350.

Использование данных полигонных испытаний нецелесообразно по причине имеющихся различий в условиях эксплуатации рельсов в реальном действующем железнодорожном пути и на испытательном полигоне.

Пунктом 5.13 ГОСТ Р 51685–2013 (с изменением № 1) установлено, что гамма-процентную наработку рельсов до отказа определяют при полигонных испытаниях, и для сертификации её величина должна составлять 150 млн т брутто при гамма, равной 100 %, а далее она определяется величиной наработки при достижении 80 %.

В соответствии с пунктом 6.9 в ГОСТ 27.002–89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения» и пунктом 70 в ГОСТ 32 192–2013 «Надёжность железнодорожной техники. Основные понятия. Термины и определения»

гамма-процентной наработкой до отказа является наработка, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью γ, выраженной в процентах.

Приведённое определение из ГОСТ подтверждает, что в требованиях к железнодорожным рельсам по ГОСТ Р 51685–2013 установлен показатель гамма-процентной наработки на отказ, который используется при сертификации, а не показатель гамма-процентного срока службы.

Показатель гамма-процентного срока службы к рельсам применять не совсем корректно, так как для рельсов срок службы определяется не в календарном исчислении, а по величине наработки пропущенного тоннажа. Отсюда корректным показателем для рельсов является гамма-процентный ресурс [1].

В определении гамма-процентного ресурса иногда используют понятие отказ, что не совсем корректно, поскольку понятие отказа в большей мере подходит к понятию безотказной работы. В определениях показателя долговечности используется понятие недостижения предельного состояния с вероятностью гамма, выраженной в процентах. Отказ и предельное состояние абсолютно разные понятия и второе требует целую систему своих критериев. Вполне понятно, что развитие возникшего в рельсе дефекта по причине некачественной рельсошпальной решётки без принятия соответствующих мер по техническому обслуживанию и ремонту проблематично подводить под гарантийную ответственность после достижения рельсом предельного состояния.

Указанный показатель нельзя применить как показатель качества в эксплуатации, по которому в случае несоответствия может наступить гарантийная ответственность. Причиной тому – определение этого показателя в специальных условиях полигонных испытаний, которые существенно отличаются от условий эксплуатации. Для условий эксплуатации такой показатель пока неизвестен и в технической документации на рельсы его нет.

Отсутствие такого показателя в нормативно-правовых документах на рельсы неслучайно. Ведь он весьма сложен для практического определения его величины, представление о нем обеспечивается соответствием всех остальных показателей качества рельсов.

Под гамма-процентным сроком службы по ГОСТ 27.002–89 в пункте 6.17 и пункте 101 по ГОСТ 32 192–2013 понимается календарная продолжительность эксплуатации объекта, в течение которой он не достигнет предельного состояния с вероятностью, выраженной в процентах.

Но даже при высокой схожести с требованиями пункта 5.13 ГОСТ Р 51685–2013 по определению наработки до достижения гамма, равной 80 %, указанный показатель, полученный в особых условиях полигонных испытаний, не может применяться к условиям реальной эксплуатации для оценки гарантии качества.

Определение гамма-процентного срока службы предполагает достижение рельсами в эксплуатации некого предельного состояния. Пункт 2.5 ГОСТ 27.002–89 и пункт 18 ГОСТ 32 192–2013 устанавливают, что предельным состоянием является состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Из приведённых определений следует, что для рельсов должны быть установлены критерии предельного состояния. Пунктом 2.6 ГОСТ 27.002–89 и пунктом 19 в ГОСТ 32 192–2013 под критерием предельного состояния понимается признак или совокупность признаков, установленные технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. Действующей технической документацией на рельсы таких критериев и самих предельных состояний рельсов пока не установлено. Имеющиеся требования по изъятию рельса из пути определены нормативными правовыми документами потребителя и никакого отношения к технической документации на рельсы не имеют.

В ГОСТ Р 51685–2013 и в применяемой при изготовлении продукции технической документации полностью отсутствуют критерии и описания предельных состояний рельсов. Используемые критерии предельных состояний при определении величины наработки до достижения гамма, равной 80 % в условиях полигонных испытаний, не могут применяться для оценки в условиях реальной эксплуатации в силу существенных различий.

4.

Предельными состояниями рельсов при полигонных испытаниях методикой установлены факты возникновения дефектов, по которым рельс относится по классифи-

катору к дефектному или остро дефектному по определённому коду. Такой классификатор, будучи принятым в ОАО «РЖД», не согласовывался с производителем и составителями технической документации на рельсы.

При полигонных испытаниях появление дефекта с определённым кодом по классификатору считается предельным состоянием и рельс изымается из испытательного пути. В режиме эксплуатации выявление аналогичного дефекта не является его предельным состоянием, и рельс эксплуатируется со снижением скорости движения по установленной градации в зависимости от размеров дефекта. Это продолжается до предельного состояния, определяемого условиями безопасности движения.

Анализ показывает, что даже при отсутствии требований в технической документации на рельсы, временно, на период их разработки и установления, можно было бы использовать отдельные критерии предельного состояния, установленные для остро дефектных рельсов классификатором ОАО «РЖД». Но при этом остаётся нерешённой проблема установления величины гамма, выраженной в процентах, и величины наработки тоннажа пропущенного груза в реальных условиях эксплуатации.

Имеющаяся величина предельного количества изъятия рельсов для назначения капитального ремонта пути с полной сменой рельсов выражена в количестве изъятых рельсов на километр железнодорожного пути. Применение этого показателя как величины гамма, выраженную в процентах, противоречит определению гамма-процентного срока службы, которым предусматривается ещё и величина наработки.

За величину наработки временно, на период установления показателей эксплуатационной надёжности рельсов, можно принять для рельсов категории ОТ наработку тоннажа до капитального ремонта с полной сменой рельсов в 700 млн т брутто, а по рельсам ДТ – 1,5 млрд т брутто. Учитывая, что такие наработки значительно превышают установленные гарантийные наработки по ГОСТ Р 51685–2013, потребуется внесения изменений в условия договора поставки, в том числе о показателях эксплуатационной надёжности и гарантии качества.

При достижении сторонами (производитель, потребитель) таких договорённостей перед эксплуатирующими железнодорожный путь подразделениями возникает проблема строгого соблюдения укладки рельсов по категориям, по плавкам с учётом года поставки.

В случае наступления гарантийной ответственности потребитель вправе по статье 475 ГК РФ потребовать соразмерного уменьшения цены товара, безвозмездного устранения недостатков в разумный срок или возмещения расходов на устранение недостатков.

В условиях гарантии установлено, что за единицу продукции принимается рельс длиной 25 метров, а если рассматривается гарантийный случай по рельсу длиной 100 метров, то признаётся не соответствующей по качеству только его часть с дефектом длиной 12,5 метра. Отсюда вытекает следующая задача – определения гамма-процентного срока службы именно для рельсов в100 метров, что возможно только в реальной эксплуатации.

Переход рельса длиной 100 метров в предельное состояние приобретает несколько иное значение, чем то, которое описано в классификаторе дефектов для рельсов в 25 метров. Нецелесообразно изымать весь 100-метровый рельс, например, даже по излому. Поэтому критерии предельного состояния будут носить совершенно другой характер, нежели для рельсов длиной 25 метров. Разработка этих критериев имеет чрезвычайно важное значение для введения гарантии качества по показателю гамма-процентного срока службы.

Определяющим для обеспечения наступления гарантийной ответственности производителя по показателю гамма-процентного срока службы рельсов становится строгое соблюдение требований эксплуатационного документа. Таким документом является руководство по эксплуатации, подготовленное в «РЖД». Учитывая, что такой документ появился впервые, он существенно изменил прежнюю систему эксплуатации рельсов и содержит немалое количество компромиссных положений, которые призваны содействовать эксплуатационной надёжности рельсов.

По мнению производителей рельсов, абсолютно недопустима система эксплуатации, когда потребитель не заботится о предупреждении дефектов, возникающих вследствие естественного износа. Во многих случаях система противоречит требованиям технического обслуживания рельсов на начальных этапах возникновения микродефектов, особенно устранимых

местным шлифованием. К обнаруженным средствами оперативной диагностики первоначальным дефектам не принимаются профилактические меры. Такая практика способствует нарастанию дефектности и развитию износа до предельного состояния рельса, который для обеспечения безопасности требует немедленного изъятия из пути.

ВЫВОДЫ

1. Соответствие рельсов фактическим показателям надёжности подтверждается исполнением совокупности технических требований, оценка которых осуществляется приёмо-сдаточными испытаниями.

2. Технической документацией на рельсы не предусматриваются нормативно установленные показатели надёжности для эксплуатации.

3. Разработка таких показателей на основе требований стандартов (ГОСТ и ГОСТ Р) и с применением методов верификации и валидации станет гарантией их достижения в ходе эксплуатации рельсов.

4. Введение дополнительных показателей надёжности на основе договорённости производителя и потребителя обуславливает процесс согласования новой стоимости продукции и нового качества, особых требований к эксплуатационным свойствам рельсов.

5. Целесообразность введения гарантии качества по показателю гамма-процентного срока службы необходимо оценивать по наличию положительного экономического эффекта.

6. Гарантийные обязательства по гамма-процентному сроку службы могут быть реализованы только после внесения установленным порядком соответствующих изменений в договор поставки рельсов.

7. Договор поставки должен предусматривать порядок мониторинга, периодичность оценки, условия объективности результатов, правила распространения результатов на рельсы различной длины, свидетельства о соблюдении требований руководства по эксплуатации.

8. Реализация требований по показателю надёжности обуславливает усиление руководства по эксплуатации в отношении технического обслуживания и содержания рельсов в исправном состоянии.

9. Реализация гарантии качества по показателю гамма-процентного срока службы нуждается в принятии сторонами специального порядка взаимодействия при выявлении гарантийных случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв И. А., Лесун А. Ф., Иванов П. С., Благин Е. Г. Предельная деформация транспортных систем и оценка их эксплуатационного ресурса.– М.: Книги, Нижний Новгород, 2011.– 336 с.

2. Ботвина Л. Р., Тютин М. Р., Солдатенков А. П. и др. Деструкция рельсовых сталей в условиях тяжеловесного и высокоскоростного движения // Интеллектуальные системы на транспорте: Материалы Третьей международной научно-практ. конференции «ИнтеллектТранс-2013».– СПб., 2013.– С. 307–313.

3. Махутов Н. А., Демина Ю. А., Петрова И. М. и др. Усталостное разрушение рельсовой стали после эксплуатации // Сб. материалов V-й международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов».– М.: ИМЕТ РАН, 2013.– С. 87–88.

4. Ботвина Л. Р., Тютин М. Р., Солдатенков А. П. и др. Закономерности накопления повреждений в рельсовой стали в условиях контактной усталости // Сб. материалов V-й международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов».– М.: ИМЕТ РАН, 2013.– С. 11–12.

5. Козырев В. А., Палкин С. В., Шишмаков В. Т. и др. Корпоративный менеджмент на железнодорожном транспорте России: Учеб. пособие.– М.: ВИНИТИ РАН, 2014.– 384 с.

6. Козырев В. А., Лисенков А. Н., Палкин С. В. Развитие систем менеджмента качества: Учеб. пособие.– М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2014.– 268 с.

7. Rail grinding. [Электронный ресурс]: http://www.leonhard-weiss.de/bau/eng/html_docs/expertise/track/ref-rail- grinding.html. Доступ 12.01.2015.

8. Zarembski, A. Rail problems, rail maintenance and rail grinding. [Электронный ресурс]: http://www.engr.udel.edu/outreach/short-courses/Rail %20Engineering/RailProblemsMaintenance Grinding/index.html. Доступ 12.01.2015.

9. Tuzik, B. The what, where, why and how of rail grinding. [Электронный ресурс]: http://interfacejournal.com/archives/568. Доступ 12.01.2015.

10. The most comprehensive range of quality equipment for track and OHL laying, maintenance and control. [Электронный ресурс]: http://www.geismar.com/en/14-grinding. Доступ 12.01.2015.

11. ГОСТ 27.601–2011. Надёжность в технике. Техническое обслуживание и его обеспечение.– М.: Стандартинформ, 2013.

12. ГОСТ 32192–2013. Надёжность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения.– М.: Стандартинформ, 2014.

13. ГОСТ Р 51685–2013. Рельсы железнодорожные широкой колеи. Общие технические требования.– М.: Стандартинформ, 2014.

14. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования.– М.: Стандартинформ, 2015.

Координаты авторов: **Палкин С. В.** – palkin77@gmail.com, **Козырев В. А.** – miit_menagment@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 19.05.2016, принята к публикации 22.09.2016.

RAILS' QUALITY IS GUARANTEED BY SUPPLY CONTRACT

Palkin, Sergey V., *TC EvrazHolding, non-profit partnership Association of Railway Machinery Manufacturers (NP OPZhT), Moscow, Russia.*

Kozyrev, Valentine A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

Using the example of track circuits operation, the authors consider the reliability factors of technical means in relation to train traffic safety. The dependences of technical requirements for operation and production of rails, reliability and quality indicators, standards and rules, designed to ensure a systematic order at the level of interaction between the producer, supplier and consumer of the product, are assessed. Particular attention is drawn to the possibility of building relations on the basis of a supply contract, which allows to introduce quality guarantees in terms of gamma-percentage service life, to agree special requirements to the operational properties of rails and the operating conditions themselves.

Keywords: train safety, rails, reliability, life cycle, quality guarantees, gamma-percentage service life, prevention of defects.

Background. *It is known that annually on the network of railways there are many thousands of train schedule failures due to equipment failures. In addition to economic losses, the level of such failures is also a characteristic of the state of preventive work to ensure traffic safety. Often, according to the laws of dialectics, the quantity here goes into quality, which leads to more severe consequences than mere failure, to cases of train wrecks and human losses.*

The implementation of the task of increasing reliability of technical means, relevant for such cases, should be present at all stages of the product life cycle. To this end, in all newly developed product standards, in determining quantities consumed by rail, special requirements for reliability indicators have been introduced. Unfortunately, there are very few analogous examples in the field of standardization of the very processes of rail transportation. They are still not subject to assessment for compliance with traffic safety requirements, and these requirements themselves have not been reflected in the relevant technical regulations.

Objective. *The objective of the authors is to consider the issues of quality guarantee in terms of railway operation.*

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

Results.

1.

In the period of operation, the indicators of reliability, durability, maintainability and their derivatives are of great practical importance. For example, the standard for rails GOST R51685–2013, in contrast to the similar version of 2000, provides for requirements for verification of reliability indicator for certification, gamma-percentage resource, criteria for maintainability, weldability, controllability etc. are introduced.

Together, the technical requirements for rails in the national standard of 2013 comply with the requirements of international standards EN and AREMA, and in terms of gas saturation characteristics of steel, the classification of species and the magnitude of non-metallic inclusions exceed the level of world standards.

Reliability indicators are complex, taking into account the cumulative effect on the quality of all technical requirements. In the level of reliability, the degree of completeness of performance of technical requirements for rails is reflected, and confirmation of compliance of rails with reliability indicators in the process of operation becomes a process of a kind of voluntary certification, enforcement for which by legislation on technical regulation is prohibited.

The determination of the actual value of the reliability index in real operating conditions requires a period of time comparable to the duration of operational fitness of the product. For these reasons, reliability indicators, as a rule, are not mandatory product safety requirements, which are assessed for compliance with these requirements.

Such compliance is regularly confirmed by the manufacturer with the results of acceptance tests and certified by a quality passport which objectivity is certified by the reception representative from JSC Russian Railways, represented by the inspector-receiver of the CTA.

All established technical requirements provide quality assurance for rails' manufacturers. The totality of such guarantees can be conditionally divided into two main groups. The first is quality assurance, coming under the provisions of civil legislation, and the second – additional guarantees outside of obligations under law. They are called competitive, having commercial character, and come, as a rule, outside the warranty period established by normative-legal and technical documents.

In section 9 of GOST R51685–2013, the warranty period for rails is calculated by the number of tons of goods that have been processed (hours worked), this amount can be determined by the terms of the supply contract. Depending on the category of rails and the radius of the curves of the sections of the track, the warranty operating time under item 9.2 is from 320 to 500 million tons gross.

Under new conditions from manufacturers, the warranty liability is valid outside the established in GOST operating time. On the rails of new categories of DT, the warranty hours worked is additionally increased by 1.4 times from the normative – up to 700 million tons gross tonnage processed in the straight sections of the track and up to 350 million tons gross in the curved sections.

The current conditions of the guarantee for rails in the Russian Federation in terms of indicators and content have no analogues in world practice and far exceed them. And, guaranteeing the compliance of its products with technical requirements for all established indicators, domestic manufacturers have in mind the real achievement of reliability indicators in rails in operation.

Nevertheless, according to JSC RZD, due to defectiveness, about 100 thousand rails in 25-meter

calculation are excluded from operation annually. In fact, this number is about 1,5 times higher. On the seized rails defects reached such a limiting state that their operation is inadmissible precisely under the conditions of traffic safety.

To replace defective rails, which constitute about 0.5 % of all laid on the infrastructure of Russian Railways, about 3.0 billion rubles are spent each year. According to the experts of the CTA, about half of the seized rails have metallurgical reasons for formation and development of defects. And although there are no documents with objective data confirming such statements, against the backdrop of such statements, JSC RZD regularly offers a variety of proposals to strengthen the manufacturers' liability, up to creation of conditions under which replacement of all defective and severely defective rails will be carried out mainly at the expense of manufacturer or supplier.

However, giving great importance to guarantee liability as an effective tool for motivation to improve the quality, competitiveness and commercial attractiveness of products, one cannot ignore the results of the actual implementation of the already existing warranty terms.

Thus, about 100 complaints of quality are issued by the operating departments of JSC Russian Railways annually, which is 0.1 % of all seized rails. Of the claims submitted, only 20 % are actually confirmed by metallurgical research, and as a result, annual claims of the manufacturers of JSC Russian Railways do not exceed 2 million rubles.

The given data testify that detection of defective rails is very weakly related to quality of manufacture, reliability of rails and to a large extent depends on quality of operation, attention to the rail as a high-tech product, which requires strict adherence to technological rules.

The incompatibility of data on the number of seized rails and recognized warranty cases, apparently, does not cause aspiration to improve the operating conditions of rails. Relying only on the amount of expenses for the early replacement of rails, the opinion is increasingly being formed that it is necessary to further improve the quality requirements and strengthen the guarantee liability of rail manufacturers. At the same time, foreign experience is not considered, the circumstances under which the level of guarantees on the rails is so unprecedented in world practice are not taken into account.

The most effective, in the opinion of certain specialists of JSC Russian Railways, can be introduction of quality guarantee on the rails according to the gamma-percentage service life indicator. It is believed that by identifying this discrepancy in operation, it will be possible to demand from the manufacturer not only compensation for a separately seized rail, but also a complete replacement and compensation of expenses for the whole lot of substandard rails. It is important to prove the discrepancy of each unit of production in a defective lot.

Obviously, replacing a batch of rails in service costs a lot of money. But even these costs, huge and unacceptable for business, without system solutions for operating conditions of rails, will not provide Russian Railways with the required reliability of the railway track.

2.

The main problems that require a solution to introduce quality assurance in terms of gamma-percentage service life stem from an analysis of existing contractual conditions, legal and technical prerequisites in regulatory and technical documents on rails.

The content of the term «quality assurance» is defined by articles 469 and 470 of the Civil Code of the Russian Federation, which establish the duty of the seller in transferring to the buyer the goods meeting the quality requirements and terms of the supply contract during the warranty period.

The established mandatory requirements are provisions of the legislation on technical regulation. In the case of rails, this is compliance with the requirements of technical regulations, which is documented by a certificate of compliance with a standard form issued by an accredited conformity assessment body.

Under the terms of the current supply agreement, the rails must be manufactured in accordance with GOST R51685–2013 (or 2000) and in accordance with the technical conditions agreed with the customer (JSC RZD), which, according to the provisions of the legislation on standardization, since July 2015 are the documents of the manufacturers with STO status (Organization standard).

These technical documents contain all the exhaustive technical requirements to which the rails under the supply contract must comply. The indicator «gamma-percentage service life of rails» is not established in the regulatory legal and technical documents for rails. For this reason, there is no reason to introduce a new quality assurance on properties to which the technical documentation does not contain the necessary requirements.

The problem of lack of reliability indicator and requirements for it can be realized by means of an agreement of the parties concerned on entering essential conditions into the supply contract. Based on such an agreement (producer and consumer), taking into account the mutual risks of increasing non-productive losses, the magnitude of the indicator and the corresponding guarantee liability are determined. The envisaged indicator will not have any relation to the normative value, since it is established arbitrarily and is contractual, its validity will require a certain analysis.

Mutual recognition of the results of risk assessment is expedient to carry out based on the analysis of an array of long-term data on the reasons for actual removal of rails from the track by categories, melting numbers and years of supply. But such a detailed analysis cannot be carried out because of the lack of orders from JSC RZD to VNIIZhT for relevant observations and scientific and technical studies that take into account the operating conditions, the track plan and profile, freight traffic intensity, climatic features of the railway lines, etc.

Insufficiency of data on reliability indicators of rails in operation does not allow to establish a really justified value for entering into technical and regulatory documents, as well as a supply contract, which would provide technical and legal grounds for introducing a guarantee liability for the indicator of gamma-percentage service life of rails.

For these reasons, it will be necessary to determine the value of the reliability index at first by calculations, and then by real exploitation. After the validation procedures with positive results, the gamma-percentage service life indicator should be entered in the established order in the legal

documents and technical conditions for manufacture of rails. Such work is not made within one year, it may take even several years.

Thus, on the experimental ring of JSC VNIIZhT with an annual operating time of 240 million tons gross, which significantly exceeds the maximum freight traffic intensity on the railway network and 6 times the average network, the rails of category DT 350 for two and a half years have reached operating time just above 600 million tons gross. This value is clearly insufficient to estimate reliability indicators, including gamma-percentage service life.

The available data from the reporting statistics of PCh for the removed rails characterize the reliability index of mainly rails of the category OT. For new categories of rails (DT), actual data due to a small volume of supplies do not meet the requirements of representativeness. For these reasons, the evaluation of the indicator of their reliability will be very conditional.

To obtain the value of the reliability index close to the real one, it is necessary to estimate the operating data of new categories of rails that should be at least 20–25 % of all used ones on the network. With the existing volume of supplies, it will take at least 3–5 years to fulfill these conditions.

3.

The lack of data on the actual operation of rails of new categories makes it very difficult to reach a consensus on changing the terms of the contract with establishment of the rail manufacturer's liability for gamma-percentage resource.

It is also not possible to apply the known experience of regression analysis of the polygon test data to establish the value of the gamma-percentage service life indicator due to the lack of a starting point in the form of the first failure of the tested rail DT 350.

The use of these tests is inadvisable because of differences in operating conditions of rails in a real operating railway track and on a test site.

Point 5.13 of GOST R51685–2013 (with amendment No. 1) established that the gamma percentage of operating hours of rails before failure is determined in the field tests, and for certification it should be 150 million tons gross with a gamma of 100 %, and then it is determined by the amount of operating time at reaching 80 %.

In accordance with point 6.9 in GOST 27.002–89 «Reliability in technology. Basic concepts. Terms and definitions» and point 70 in GOST 32 192–2013 «Reliability of railway equipment. Basic concepts. Terms and definitions» gamma-percentage operating hours before failure is the operating time, during which the failure of the object does not arise with a probability expressed in percentage.

The above definition from GOST confirms that the requirements for railway tracks in accordance with GOST R51685–2013 set the gamma percentage time between failures, which is used for certification, and not the indicator of gamma-percentage service life.

It is not entirely correct to apply the indicator of gamma-percentage service life to rails, since for rails the service life is determined not in the calendar calculation, but in terms of the amount of running time of the processed tonnage. Hence the correct indicator for rails is the gamma-percentage resource [1].

In the definition of a gamma-percentage resource, the concept of failure is sometimes used, which is not entirely correct, since the concept of failure is more suited to the notion of failure-free operation. In the definition of the indicator of longevity, the concept of underestimating the limit state is used with gamma probability expressed in percentage. Failure and the limit state are absolutely different concepts and the second requires a whole system of own criteria. It is understandable that the development of a defect in the rail due to a poor-quality track panel without taking appropriate measures for maintenance and repair is problematic to incur under warranty liability after the rail reaches the limit state.

This indicator cannot be applied as an indicator of quality in operation, in which, in case of non-compliance, warranty liability may arise. The reason for this is definition of this indicator in special conditions of field tests, which differ significantly from the conditions of operation. For operating conditions, such an indicator is not yet known and there is no technical documentation for the rails.

The absence of such an indicator in normative legal documents on the rails is not accidental. After all, it is very difficult for the practical definition of its magnitude, the representation of it is ensured by the correspondence of all other indicators of the quality of the rails.

The gamma-percentage service life in accordance with GOST 27.002–89 in point 6.17 and point 101 according to GOST 32 192–2013 is the calendar duration of operation of the object, during which it will not reach the limit state with a probability expressed in percentage.

But even at a high similarity with the requirements of point 5.13 of GOST R51685–2013 to determine the operating time to reach a gamma of 80 %, this indicator obtained under the special conditions of the polygon tests cannot be applied to the conditions of actual operation to assess the quality assurance.

The definition of gamma-percentage service life implies the achievement of a certain limit state in the operation of rails. Point 2.5 GOST 27.002–89 and point 18 GOST 32 192–2013 establish that the limit state is the state of the object in which its further operation is unacceptable or impractical, or restoration of its operable state is impossible or impractical.

From the above definitions it follows that for rails the criteria of the limit state must be established. In point 2.6 GOST 27.002–89 and point 19 in GOST 32 192–2013 the criterion of the limit state is a feature or set of features established by technical and (or) design (project) documentation. The current technical documentation on the rails has not established such criteria and the very limit states of rails yet. The existing requirements for the removal of the rail from the track are determined by the regulatory legal documents of the consumer and have no relation to the technical documentation for the rails.

In GOST R51685–2013 and in the technical documentation used in manufacture of products, there are no criteria and descriptions of the limit states of the rails. The criteria used for limit states in determining the amount of operating time before reaching gamma of 80 % under the conditions of field tests cannot be used for evaluation in actual operation conditions due to significant differences.

4.

Limit states of rails in field tests using the method established the facts of the appearance of defects, according to which the rail is classified according to the classifier as defective or severely defective in

accordance with a certain code. Such a classifier, being accepted by JSC Russian Railways, was not coordinated with the manufacturer and compilers of technical documentation for rails.

In field tests, the appearance of a defect with a certain code according to the classifier is considered the limit state and the rail is taken out of the test track. In operation mode, the detection of a similar defect is not its limit state, and the rail is operated with a decrease in the speed of movement according to the established gradation, depending on the size of the defect. This continues to the limit state determined by the conditions of traffic safety.

The analysis shows that even if there were no requirements in the technical documentation for the rails, it would be possible, temporarily, for the period of their development and establishment to use the separate criteria for the limit state established for severely defective rails by the Russian Railways classifier. But at the same time the problem of establishing the value of gamma, expressed in percents, and the value of the tonnage of the processed cargo in real operating conditions remains unresolved.

The available value of the limit amount of rails' removal for the purpose of overhauling the track with a complete change of rails is expressed in the number of seized rails per kilometer of the railway track. The use of this indicator as gamma values, expressed as a percentage, contradicts the definition of gamma-percentage service life, which also provides for the amount of operating time.

For the value of the operating time, for the period of establishing the operational reliability indicators of rails, it is possible to take the tonnage to the capital repair with a total rail change of 700 million tons gross for rails of the category OT, and 1.5 billion tons gross for DT rails. Taking into account that such operating hours significantly exceed the established warranty under GOST R51685–2013, changes in the terms of the supply contract, including the indicators of operational reliability and quality assurance will be required.

When the parties (the producer, the consumer) reach such agreements before the railway units operating the railway tracks, the problem arises of strict compliance with the laying of rails by categories, by fusions, taking into account the year of delivery.

In the event of warranty liability, the consumer has the right, under Article 475 of the Civil Code of the Russian Federation, to demand a commensurate reduction in the price of the goods, the uncompensated elimination of deficiencies within a reasonable time, or reimbursement of expenses for the elimination of deficiencies.

Under the terms of the guarantee, it is established that a 25-meter-long rail is taken as a unit of production, and if a warranty case on a rail of 100 meters is considered, then only part of it with a defect of 12.5 meters in length is recognized as not corresponding in quality. From here the following task arises – determination of gamma-percentage service life for rails of 100 meters, which is only possible in real operation.

The transition of a 100-meter-long rail into the limit state takes on a slightly different meaning than that described in the defect classifier for rails of 25 meters. It is not advisable to remove the entire 100-meter rail, for example, even for fracture. Therefore, the criteria of the limit state will have a completely different character than for rails of 25 meters in length. The development of these criteria is extremely important for introduction of quality assurance in terms of gamma-percentage service life.

The determinant to ensure the onset of the manufacturer's warranty liability on the indicator of the gamma-percentage service life of rails becomes strict compliance with the requirements of the operational document. Such a document is the operating manual prepared by RZD. Given that this document appeared for the first time, it significantly changed the old system of rails maintenance and contains a considerable number of compromise provisions, which are designed to promote operational reliability of rails.

According to the manufacturers of rails, the system of operation is absolutely unacceptable, when the consumer does not care about preventing defects

arising from natural wear and tear. In many cases, the system contradicts the requirements for the maintenance of rails at the initial stages of the occurrence of microdefects, especially those eliminated by local grinding. Preventive measures are not taken to the detected initial diagnostic tools. This practice contributes to the growth of defects and the development of wear and tear to the ultimate condition of the rail, which, in order to ensure safety, requires immediate removal from the track.

Conclusions.

1. The conformity of rails to actual reliability indicators is confirmed by the performance of a set of technical requirements, the assessment of which is carried out by acceptance tests.

2. The technical documentation for rails does not provide for normatively established indicators of reliability for operation.

3. Development of such indicators based on the requirements of standards (GOST and GOST R) and with the use of methods of verification and validation will be a guarantee of their achievement during the operation of rails.

4. The introduction of additional indicators of reliability on the basis of an agreement between the manufacturer and the consumer stipulates the process of reconciling the new product cost and the new quality, special requirements for the operational properties of the rails.

5. The expediency of introducing a quality guarantee by the gamma-percentage service life indicator should be assessed by the presence of a positive economic effect.

6. Warranty obligations for gamma-percentage service life can be realized only after the corresponding changes in the contract for the supply of rails have been made in a prescribed manner.

7. The supply contract should provide for the monitoring procedure, the frequency of the evaluation, the conditions for the objectivity of the results, the rules for disseminating the results to rails of different lengths, and certificates of compliance with the requirements of the operating manual.

8. The implementation of the requirements for the reliability index causes the strengthening of the operating manual for maintenance and maintenance of the rails in good condition.

9. The implementation of the quality guarantee by the gamma-percentage service life indicator requires the parties to adopt a special interaction procedure in identifying warranty cases.

REFERENCES

1. Vorobyov, I. A., Lesun, A. F., Ivanov, P. S., Blagin, E. G. Limiting deformation of transport systems and estimation of their operational resource [*Predel'naja deformacija transportnyh sistem i ocenka ih ekspluatacionnogo resursa*]. Moscow, Knigi publ., Nizhnij Novgorod, 2011, 336 p.

2. Botvina, L. R., Tyutin, M. R., Soldatenkov, A. P., *et al*. Destruction of rail steels under conditions of heavy and high-speed motion [*Destrukcija rel'sovyh stalej v uslovijah tjazhelovesnogo i vysokoskorostnogo dvizhenija*]. *Intelligent systems in transport: Proceedings of III International Scientific and Practical Conference «IntellectTrans-2013»*.St. Petersburg, 2013, pp. 307–313.

3. Makhutov, N. A., Demina, Yu. A., Petrova, I. M. *et al*. Fatigue failure of rail steel after operation [*Ustalostnoe razrushenie rel'sovoj stali posle ekspluatacii*]. *Proceedings of V International Conference «Deformation and Destruction of Materials and Nanomaterials»*.Moscow, IMET RAS publ., 2013, pp. 87–88

4. Botvina, L. R., Tyutin, M. R., Soldatenkov, A.P. *et al*. The patterns of damage accumulation in rail steel under conditions of contact fatigue [*Zakonomernosti nakoplenija povrezhdenij v rel'sovoj stali v uslovijah kontaktnoj ustalosti*]. *Proceedings of V International Conference «Deformation and Destruction of Materials and Nanomaterials»*. Moscow, IMET RAS publ., 2013, pp. 11–12.

5. Kozyrev, V. A., Palkin, S. V., Shishmakov, V. T., *et al*. Corporate Management in Railway Transport in Russia: educational guide [*Korporativnyj menedzhment na zheleznodorozhnom transporte Rossii: ucheb. posobie*]. Moscow, VINITI RAN publ., 2014, 384 p.

6. Kozyrev, V. A., Lisenkov, A. N., Palkin, S. V. Development of quality management systems: educational guide [*Razvitie sistem menedzhmenta kachestva: ucheb. posobie*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2014, 268 p.

7. Rail grinding. [Electronic resource]: http://www.leonhard-weiss.de/bau/eng/html_docs/expertise/track/ref-rail- grinding.html. Last accessed 12.01.2015.

8. Zarembski, A. Rail problems, rail maintenance and rail grinding. [Electronic resource]: http://www.engr.udel.edu/outreach/short-courses/Rail %20Engineering/RailProblemsMaintenance Grinding/index.html. Last accessed 12.01.2015.

9. Tuzik, B. The what, where, why and how of rail grinding. [Electronic resource]: http://interfacejournal.com/archives/568. Last accessed 12.01.2015.

10. The most comprehensive range of quality equipment for track and OHL laying, maintenance and control. [Electronic resource]: http://www.geismar.com/en/14-grinding. Last accessed 12.01.2015.

11. GOST 27.601–2011. Reliability in technique. Maintenance and support [*GOST 27.601–2011. Nadjozhnost' v tehnike. Tehnicheskoe obsluzhivanie i ego obespechenie*]. Moscow, Standartinform publ., 2013.

12. GOST 32192–2013. Reliability in railway technique. Basic concepts. Terms and Definitions [*GOST 32192–2013. Nadjozhnost' v zheleznodorozhnoj tehnike. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija*]. Moscow, Standardinform publ., 2014.

13. GOST R51685–2013. Rails of wide gauge railway. General technical requirements [*GOST R51685–2013. Rel'sy zheleznodorozhnye shirokoj kolei. Obshhie tehnicheskie trebovanija*]. Moscow, Standardinform publ., 2014.

14. GOST R ISO 9001–2015. Quality management systems. Requirements [*GOST R ISO 9001–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovanija*]. Moscow, StandardInform publ., 2015.

Information about the authors:

Palkin, Sergey V. – D.Sc. (Economics), Ph.D. (Eng.), Director for Technical Regulation of TC EvrazHolding, Vice-President of the non-profit partnership Association of Railway Machinery Manufacturers (NP OPZhT), Moscow, Russia, palkin77@gmail.com.

Kozyrev, Valentine A. – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of the department of Personnel Management and Management of the Organization of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, miit_menagment@mail.ru.

Article received 19.05.2016, accepted 22.09.2016.

УДК 343.98

Тактика осмотра места железнодорожного происшествия

Владимир СУДЕНКО

Vladimir E. SUDENKO

Суденко Владимир Егорович *– кандидат юридических наук, доцент кафедры «Уголовное право, уголовный процесс и криминалистика» Юридического института Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия*

Tactics of Inspection of Railway Accident Scene

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 218)

Изложены основания и цели осмотра места происшествия в зоне ответственности железной дороги, действия по формированию следственно-оперативной группы и приглашению к осмотру специалистов железнодорожного транспорта и иных отраслей, которые могут оказать существенную помощь в установлении причин и оценке условий, способствовавших неординарной или криминальной ситуации. Автор рассуждает о необходимости возвращения понятых при осмотре места происшествия, ставит вопросы, которые касаются отраслевой специфики следственной практики. Обращено внимание на необходимость использования новейших технико-криминалистических средств в целях выявления и фиксации следов происшествия.

Ключевые слова: железная дорога, происшествие, следствие, тактика осмотра места события, понятые, экспертиза.

Определяя тактику следственного осмотра места происшествия на железнодорожном транспорте, уточним, какие именно действия предполагает установочный документ. В ст. 176 УПК РФ, именуемой «Основания производства осмотра», об основаниях как таковых нет и речи, а сказано о целях осмотра, к которым отнесены «обнаружение следов преступления и выяснение других обстоятельств, имеющих значение для уголовного дела» [1]. Основаниями, исходя из логики русского языка, могут быть такие обстоятельства, которые отвечают на вопрос «почему» совершается то или иное действие (в данном случае – осмотр), а зачем оно совершается – это уже цель или цели.

Иными словами, основания осмотра – это обоснованные предположения о возможности обнаружить в ходе осмотра следы преступления и другие обстоятельства, имеющие отношение к происшествию [2]. В данном случае цель осмотра – обнаружение следов преступления, изъятие предметов, образцов, документов, выявление любых иных обстоятельств, имеющих значение для расследования уголовного дела. Важнейшей целью осмотра места транспортного события является установление причины происшествия и его механизма. Осмотр места происшествия на

железнодорожном транспорте имеет особенности, не присущие другим видам осмотра. Во-первых, при осмотре места происшествия следует как можно быстрее провести следственное действие, для восстановления дальнейшего движения. Во-вторых, само место происшествия часто занимает значительную территорию (десятки, а то и сотни и тысячи метров в длину), что требует применения научно-технических средств для точной фиксации как и самого места происшествия, так и его деталей. В-третьих, при расследовании транспортных преступлений требуются специфические знания, которыми следователь может не обладать, поэтому существует необходимость привлечения к осмотру широкого круга специалистов, способных выявить как первичные причины происшествия, так и «вторичные» причины возникновения конкретных следов.

1.

Особенностью производства следственного осмотра места происшествия стало сегодня то, что Федеральным законом № 23 от 4 марта 2013 года отечественное уголовно-процессуальное законодательство исключило участие понятых при его производстве, и это вызвало недовольство сторонников данного института. Ведь в соответствии со ст. 60 УПК обязанность понятого заключается в том, чтобы удостоверить факт производства следственного действия, его содержание, ход и результаты. Считаем, что обязательное участие понятых в осмотре места происшествия необходимо, а исключение их из участников осмотра не продуманный и опасный шаг, затрудняющий осуществление правосудия. Даже Кодекс РФ об административных правонарушениях требует наличия понятых при осмотре места события [3].

Требование законодателя о применении вместо понятых технических средств фиксации процесса и результатов осмотра места происшествия (часть 1.1 ст. 170 УПК) не устраняет возникающие опасения, ибо не уточнено, что относится к таким техническим средствам? Дешёвый мобильный телефон, на котором ничего не разобрать, тоже техническое средство. А если под рукой нет надежных технических средств? Значит в протоколе следователь напишет, что технические средства отсутствовали и этого достаточно? Следовало бы указать, что ход и результаты следственного осмотра необходимо фиксировать на видеокамеру, имеющуюся во всех следственных подразделениях, а при её отсутствии или неисправности привлекать понятых для фиксации хода и результатов осмотра. Понятой, как живое лицо, может указать следователю на то, на что следователь и оператор видеозаписи не обратили внимание. А как зафиксировать запах алкоголя на видеокамеру? При этом понятой – незаинтересованное лицо, а оператор видеозаписи, как и следователь, представляют орган с определенными служебными установками.

Теперь о своевременности осмотра места происшествия, которая предопределяет саму возможность получить нужную для дела информацию об организации движения поездов, технических причинах и механизме происходившего, обнаружить следы, вещественные доказательства и прочие детали изучаемой картины. Своевременный осмотр предупредит вероятные изменения в обстановке как из-за вмешательства тех или иных лиц, так и по погодным условиям (снегопад, ливневый дождь, сильный ветер и т.п.).

УПК РФ разрешает производить осмотр места происшествия до возбуждения уголовного дела, чтобы исключить изменения обстановки и определить, было ли преступление или некое другое не преступное деяние.

Следы и вещественные доказательства, подлежащие осмотру при происшествии с подвижным составом, располагаются на железнодорожном полотне либо вблизи него, что требует применения фронтального осмотра, охватывающего полотно по его ширине и в зоне движения вдоль него. Особенность такого осмотра – значительная протяжённость осматриваемого участка, ибо средства сигнализации, пикеты и т.п. могут находиться на некотором расстоянии от самого места происшествия.

Подготовка к осмотру включает решение довольно широкого круга вопросов. Прежде всего, фиксируются объекты транспортной инфраструктуры, которые относятся к месту события. Очень важно определить состав следственной группы, в которую помимо работников следствия и дознания необходимо включить специалистов железнодорожного транспорта, как консультантов по данному происшествию. Если происшествие связано с локомотивом, привлекают инженерно-технических работников локомотивных депо, при осмотре вагонов – специалистов вагонного депо, при осмотре железнодорожного пути – путейцев и т.д.

Среди приглашаемых могут быть члены ведомственной или межведомственной комиссии, специально созданной для расследования происшествия. При необходимости привлекаются сотрудники научно-исследовательских, проектных, конструкторских организаций и профильных учебных заведений. Если погибли люди, то нужны судебно-медицинские эксперты, в крайнем случае врачи, чтобы выполнить положенную им часть общей работы.

Следственный осмотр должен производиться так, чтобы гарантированно выявить все дефекты и неисправности и подвижного состава, и железнодорожного пути в районе происшествия, поскольку искомые причины случившегося могли действовать либо сами по себе, либо в совокупности друг с другом. Для этого при подготовке к осмотру следует установить связь с органами транспортной полиции, ведомственной комиссией, руководителями восстановительного поезда и ремонтно-восстановительной бригады. Они помогут выяснить обстановку в районе происшествия, интенсивность движения поездов, характер проводимых здесь перед происшествием путевых и иных работ. Надо установить виды и количество научно-технических средств, необходимых для осмотра. При наличии предположения о дефектах пути или подвижного состава как причине происшествия готовятся соответствующие приборы, шаблоны, устройства.

2.

В первую очередь подлежат обязательному осмотру следующие объекты:

– для установления принимаемых машинистом мер по остановке поезда: приборы управления локомотивом, в том числе указывающие скорость движения, приборы сигнализации и фиксации действий машиниста;

– на локомотиве все тормозные колодки, на вагонах выборочно для определения их применения при торможении, проверки исправности тормозов;

– стоп-краны локомотива и вагонов, концевые краны состава для определения включения автотормоза, применения экстренного торможения;

– участки железнодорожного пути до места происшествия, на месте события и те, на которых уже ведутся ремонтно-восстановительные работы.

Последовательность производства осмотра определяется характером происшествия, а именно: произошло ли оно по причине схода поезда с рельсов или в результате столкновения поездов. В первом случае особо тщательному осмотру подлежат сам путь, путевые устройства и сооружения, стрелочные переводы, рельсовые крестовины, а на локомотивах и вагонах – бандажи и *о*боды колёсных пар, которые первыми сошли с рельсов, их конструктивные размеры, наличие на них «ползунов». При столкновении поездов подлежат первоначальному осмотру средства путевой сигнализации – светофоры, семафоры, средства блокировки, тормозная и автотормозная магистрали.

При осмотре подвижного состава обращается внимание на состояние органов управления локомотивом и имеющихся в кабине машиниста приборов, положение рукояток контроллера, рукоятки включения торможения. Всё это обязательно фиксируется посредством фото- или видеозаписи. Проверяются функции осветительных приборов (наличие в них ламп), включены ли они. С помощью специалистов устанавливается работоспособность аппаратуры автоматической сигнализации локомотива, автостопа, локомотивного повторителя светофорных сигналов, скоростемера.

Осматриваются вместе со специалистом путевые устройства сигнализации, централизации и блокировки, их исправность, наличие пломб на них, положение путевых сигналов, степень их видимости. При осмотре пути выявляют нахождение на рельсах посторонних предметов, состояние рельсов, имеется ли на них ржавчина, шлак, песок, иной грунт, которые могли вызвать сбои в работе средств сигнализации, централизации и блокировки.

При столкновении поездов на станционных путях устанавливаются маршрут их движения, положение и исправность стрелок на маршруте, стрелочных указателей, контрольных стрелочных замков, работа и показания светофоров или семафоров, уточняется система взаимосвязи сигналов и стрелок, какова она – в виде электрической или механической централизации, ключевой зависимости и не нарушена ли в зоне события. Проверяются записи в журнале СЦБ о неисправности приборов сигнализации, централизации, блокировки либо об их сбое ликвидации неисправностей, а также состояние выходных светофоров и семафоров, соответствие их показаний

программе. С участием специалистов оценивается работа блокировочных аппаратов полуавтоматической блокировки и включенных блок-механизмов, которые предназначены для запирания рычагов семафоров; определяется, в каком состоянии находятся централизаторы автоматической блокировки, управляющие выходными светофорами, исправны ли и правильно ли действуют устройства блокировочной системы, не нарушена ли целостность контрольных пломб.

Следственный осмотр подвижного состава, с которым произошло происшествие, начинается с отработки наиболее распространённой причины схода с рельсов, то есть с проверки исправностей ходовых частей, прежде всего колёсных пар, для чего производится тщательный осмотр осей, ступиц, бандажей и *о*бодов цельнокатаных колёс и их гребней. Обращается внимание на глубину проката бандажа или обода колеса, она не должна превышать 7 мм для пассажирских поездов дальнего следования, 8 мм – для пригородных и 9 мм – для грузовых поездов. Выявляются возможные «навары» на поверхности катания колеса, появившиеся вследствие перемещения частичек металла по причине изменяющихся эксплуатационных условий, роста скорости движения или в связи с использованием композиционных колодок; наличие ползуна, сдвига или ослабления ступиц колёс.

При сдвиге колеса к середине оси в месте её сопряжения со ступицей возможна кольцевая трещина краски с наличием содранного слоя, а на обращенной к буксе стороне колеса на оси рядом со ступицей образуется кольцевая полоска, резко отличающаяся от соседней с нею поверхности. Если колесо сдвинулось в сторону буксы, такая полоска возможна возле торца ступицы, обращённой к середине оси. В этом случае появление неокрашенной полоски, трещин слоя краски, смазки и ржавчины является признаком ослабления ступицы колеса на оси. Подтверждает сдвиг замер расстояния между внутренними гранями бандажей или *о*бодов колёс, оно должно быть не больше 1443 мм и не меньше 1437 мм у колёсных пар поездов с разрешённой скоростью до 120 км в час. Проверяется, не произошло ли ослабление бандажного крепительного кольца, которое допустимо суммарной длиной не более 600 мм, либо его ослабление, расположенное в пределах не больше 100 мм от замка, независимо от длины. Всё это необходимо для установления причины события: не указанные ли неисправности и изменения в колёсных парах повлекли происшествие, или же они появились в результате самого происшествия.

В ходе осмотра подлежат проверке автосцепные устройства, их исправность и состояние, для чего используются универсальные шаблоны и специальные ломики; крепления и состояние тормозного оборудования и других деталей и устройств, подвешиваемых к раме локомотива или вагона, к кузову, колёсной тележке и т.п., обрыв и падение которых могли стать причиной происшествия. Место и время изготовления, проверки и ремонта поломанных и неисправных устройств и деталей устанавливаются по их клеймам (или паспортам).

Для выявления технических причин и механизма происшествия используются результаты расшифровки скоростемерной ленты, фиксирующей скорость, давление воздуха в тормозной магистрали, время отправления с последней остановки и между отдельными точками движения, время и точки резкого изменения движения. Иногда по ленте можно определить, какой вагон или локомотив сошли с рельсов первыми.

3.

Остановимся на тактике осмотра железнодорожного пути и рельсов в месте происшествия. Осматривая железнодорожный путь, необходимо регистрировать изломанные и остродефектные рельсы, расширение либо сужение межрельсового расстояния, перекосы и резкие углы расположения рельсов, «угон» рельсового полотна относительно насыпи, выброску участка полотна, перекосы пути, наличие пучины или просадки полотна, наличие и величину зазоров в стыках между рельсами и иные дефекты, которые по отдельности или в совокупности могли стать причиной происшествия. Проверяется направление кривой в плане и по хордам и её состояние.

В ходе осмотра рельсов особое внимание уделяется их изогнутости по горизонтали и вертикали, наличию следов трения бандажей и *о*бодов цельнокатаных колёс на головке рельсов, ударов на головках, шейках и подошвах рельсов от сошедших с них колёс, наличию, достаточности и работоспособности противоугонов. При оценке изломанных рельсов фиксируются их

маркировка, тип, место изготовления, время укладки в путь, признаки остродефектности (трещины, отколы в головке, шейке, подошве, вокруг болтовых отверстий).

Обязательно подлежат осмотру повреждённые шпалы, определяется их состояние до происшествия, выявляются имеющиеся дефекты, которые могли стать его причиной. Кроме повреждённых шпал тщательно осматриваются и другие шпалы по обоим направлениям от данного места, замеряются расстояния между шпалами. Проверяются шпальные вкладыши на наличие в них дефектов, способных вызвать уширение рельсовой колеи, отбой рельсовых нитей и общее расстройство пути. Затем ведут осмотр скреплений, целостность подкладок и накладок, наличие парно лопнувших накладок, состояние и количество болтов, костылей, шурупов. Во время следственных действий могут быть выявлены сдвинутые и выкантованные шпалы, что возможно и стало причиной происшествия.

Приступая к осмотру стрелочных переводов, ставят целью выявить изломы остряков, рамных рельсов, крестовин и их сердечника, усовиков. Проверяется, нет ли разрывов контррельсовых болтов, не разъединены ли стрелочные остряки и какова плотность их прилегания к рамному рельсу, нет ли на них сколов, выкрашивания металла, понижения против рамного рельса. Измеряется расстояние между рабочей гранью головки контррельса и усовика и рабочим кантом сердечника крестовины; устанавливается возможный вертикальный износ рамных рельсов и сердечников крестовины выше допустимого. Выявляются уширения и грубые перекосы на стрелочном переводе и углы переходной кривой, отклонения от требуемого положения передвижных частей стрелочного перевода, которые могли привести к взрезу стрелки.

При осмотре стрелочного перевода применяются штангенциркуль путевой ПШВ «Путеец», предназначенный для измерения зазоров между остряками и рамными рельсами, между подошвами остряков и подушками, для промеров размеров рельсов, высоты рамного рельса на лафетном листе, вертикального износа остряков, их понижения против рамных рельсов. Кроме того, используются уровень, шаблоны, линейки, глубомеры.

Происшествие, связанное с саморасцепом поезда или «выжиманием» вагона, требует тщательного осмотра всех деталей автосцепки, анализа степени их изношенности, дефектов, а также состояния вагона, на котором находилась автосцепка. При этом проверяется ширина зева автосцепки, толщина замка, насколько изношены большой зуб, ударная поверхность зева и малый зуб. Следователь привлекает специалиста для оценки действия устройства, предохраняющего от саморасцепа.

Для более эффективного осмотра места происшествия следует применять научно-технические средства. Высокие результаты даёт использование лазерного сканера Trimble TX5, позволяющего создавать 3D-модель, по которой можно замерить с точностью до миллиметра любые расстояния, а затем реконструировать событие происшествия. Такой прибор применялся при осмотре аэродрома в Ростове-на-Дону, где в марте 2016 г. разбился самолёт рейса Дубай–Ростов.

При осмотре локомотивов и вагонов может возникнуть необходимость проверить внутренние полости вагонной или локомотивной буксы или других замкнутых полостей. Для этого применяется видеоэндоскоп VS70 (Flir Systems Inc. США), оснащённый ручным блоком управления с возможностью поворота зонда камеры диаметром 5,8 мм на 180 градусов в ограниченном пространстве. Это позволяет снять видеоизображение высокого разрешения. Незаменим такой видеоэндоскоп для решения экспертных задач, когда доступ к следам и объектам ограничен, но требуется значимая диагностическая, ситуационная и идентификационная информация.

Если осмотром места происшествия является железнодорожный переезд, на котором произошло столкновение поезда с автомобилем, трактором или иными транспортными средствами, то помимо всего прочего выясняются и фиксируются положение поезда после его остановки и положение транспортного средства относительно железнодорожного полотна; положение заградительных щитов, шлагбаумов, переездных светофоров и видимость их сигналов, состояние всех этих устройств, в том числе повреждения. Осматривается заградительный перед переездом светофор и наличие на путях перед переездом знака «С», требующего обязательной подачи звукового сигнала машинистом поезда, а также расстояние от переезда до заградительного светофора и знака «С». Исследуется положение кно-

пок и тумблеров на щитке управления дежурного по переезду, наличие на кнопках пломб.

Проверяется, в каком состоянии находится покрытие проезжей части не только в границах переезда, но и автомобильной дороги на подъезде к переезду, а также наличие или отсутствие гололёда, снега, влаги от дождя на проезжей части. Если на дороге перед переездом и на переезде имеются следы торможения транспортного средства, то замеряется расстояние от границы переезда до начала следа торможения и длина этого следа, определяется, с какого расстояния водитель транспортного средства мог увидеть приближающийся поезд, а машинист поезда – транспортное средство на переезде. Выясняется наличие и состояние предупреждающих дорожных знаков на подъезде, сколько их с каждой стороны и на каком расстоянии от границ переезда они расположены, попадают ли в зону визуальной видимости водителя транспортного средства. Оценивается работа радио- и телефонной связи на переезде.

При осмотре места происшествия, произошедшего в тёмное время суток, в обязательном порядке проверяется состояние освещения как проезжей части переезда, так и подъездов к нему, а также видимость поездных сигналов локомотива (прожектора, фонарей у буферного бруса) на подходах поезда к переезду. Необходимо получить профиль и план автомобильной дороги на подъезде к переезду с обеих сторон.

Фиксируются имеющиеся на транспортном средстве повреждения, работа тормозов, осветительных приборов, рулевого управления, звукового сигнала.

При наличии на переезде автоматической переездной сигнализации проверяется длина участков приближения и их соответствие техническим нормам; устанавливается временной момент начала подачи сигнального извещения о приближении поезда до включения запрещающих сигналов светофоров на переезде и начала перевода переездного бруса в закрытое положение, а также соответствие указанного времени нормативам.

4.

Важнейшей особенностью осмотра места происшествия является фиксация хода и результатов следственного действия, включая составление подробного протокола. Кроме текста протокола осмотра оформляются схемы, планы, применяются фотографирование и видеосъёмка. Наиболее эффективным видом фиксации становится видеосъёмка, позволяющая зафиксировать процесс в динамике.

Что касается фотографирования, то различают ориентирующую, обзорную, узловую, детальную фотосъёмку. В процессе ориентирующей запечатлевается не только непосредственное место происшествия, но и прилегающие к нему участки железнодорожного пути и полосы отвода. Обзорная фотосъёмка фиксирует расположение поезда, сошедших с рельсов вагонов (и локомотива, если его это тоже коснулось), локомотива и (или) вагонов, которые были разбиты, опрокинулись, а также оставшейся на путях части состава.

Узловая фотосъёмка направлена на фиксацию отдельных участков места происшествия и предметов, обнаруженных во время осмотра, в том числе кабины локомотива снаружи и внутри со всеми приборами и устройствами; оторвавшиеся от локомотива и вагонов колёсные тележки, другие детали и части; повреждённые рельсы, шпалы, опоры контактной сети, прочие конструкции, имеющиеся на полотне или вблизи него, разрушенное полотно и иные искусственные сооружения, значимые для расследования.

Посредством детальной фотосъёмки можно зафиксировать мелкие предметы и следы в более крупном масштабе, что повысит возможность выявлять их особенности и признаки для получения доказательств относительно причины (причин) происшествия.

В заключительной части протокола осмотра места происшествия указываются условия фотосъёмки и видеозаписи (время суток, вид освещения, погодные условия, используемые фотоаппараты, видеокамеры, вид и марка светофильтров при их применении, включалась ли фотовспышка). Видеозапись и распечатанные фотографии, их негативы прилагаются к протоколу осмотра или прилагаются флэш-карты цифровой фототехники или цифровых видеокамер. Указываются предметы, документы, изделия, обнаруженные во время осмотра места происшествия и изъятые для дальнейшего исследования. Протокол осмотра заверяется подписями следователя, присутствующих лиц (специалисты, эксперт-криминалист, понятые при их наличии и другие участники процесса).

Говоря об «изъятии» обнаруженных на месте происшествия предметов, документов, образцов, отметим, что такой термин не определён в УПК, а само действие не предусмотрено в качестве самостоятельного следственного, хотя оно постоянно применяется на практике, и законодатель тоже привык его применять. Изъятие не только возможно, но и существует при производстве различных следственных операций. Мы поддерживаем мнение А. Р. Белкина о дополнении УПК статьёй 164[1] – «Изъятие предметов, документов, образцов» [4, 10], определяющей, что «изъятие представляет собой действие, производимое в ходе следственных действий в целях последующего осмотра и исследования изымаемых предметов, документов, образцов, а также для их сохранности» [4].

Какие документы подлежат осмотру и могут быть изъяты? В первую очередь технико-распорядительный акт станции, расписание и журнал движения поездов по станции, журнал регистрации радио- и телефонограмм, относящихся к поездам, график исполненного расписания движения поездов. Проверяются книги замечаний и указаний ревизора по безопасности движения, состояния и ремонта пути, локомотивов, вагонов, устройств СЦБ и связи; докладные записки ревизоров и их акты, указывающие на обнаруженные при инспектировании дефекты, угрожающие безопасности движения. Изучаются акты технического осмотра подвижного состава, книги записей ремонта локомотивов и замечаний машинистов, журнал осмотра пути, устройств СЦБ и связи, стрелочных переводов, а также книги с письменными предупреждениями о неисправностях. Изучаются акты проверок и докладные записки ответственных лиц по выявленным недостаткам в организации движения поездов, работы локомотивного и вагонного депо и письменные объяснения ответственных за тот участок дороги, на котором произошло происшествие.

Если уже имеются материалы служебного расследования происшествия, то они тоже изучаются и с них снимаются копии, приобщаемые к уголовному делу.

5.

По большинству происшествий с железнодорожным транспортом назначаются экспертизы по установлению непосредственных причин случившегося, относимости тех или иных предметов, деталей, неисправностей и дефектов к данному происшествию. Ко времени назначения экспертизы у следователя должны быть заключение служебного расследования о причине происшествия; протокол осмотра места происшествия; показания машиниста локомотива, его помощника, ответственных лиц служб пути, сигнализации, централизации, блокировки, локомотивного и вагонного хозяйства. Изучение представленных материалов позволит установить, действительно ли необходимо назначение экспертизы, и если да, то какие вопросы следует поставить перед экспертом.

При столкновениия поездов перед экспертами могут быть поставлены вопросы о наличии на локомотиве неисправностей и дефектов, вызвавших происшествие; были ли нарушения правил технической эксплуатации и должностных инструкций со стороны локомотивной бригады; в каком состоянии находятся устройства СЦБ и связи, нет ли в них неисправностей, которые стали причиной столкновения поездов или наезда на препятствие; нет ли нарушения правил организации маневровых работ; не были ли нарушены дежурным по станции или другими лицами требования техническо-распорядительного акта.

Назначается судебно-техническая экспертиза и при расследовании происшествий, произошедших при маневровых работах. Перед экспертом (экспертами) ставятся вопросы: соответствует ли задание на маневровую работу, в ходе которой произошло происшествие, требованиям безопасности движения; правильно ли были расставлены работники – участники маневровой работы и были ли взаимно согласованы их действия; не нарушены ли инструкции по движению поездов и маневровой работе членами локомотивной бригады, если да, в чём это выражалось; были ли своевременно прекращены манёвры перед приёмом на станцию поезда.

Для определения причин схода подвижного состава с рельсов назначается судебно-техническая экспертиза, перед которой ставятся вопросы: какое состояние пути на месте схода и не имеют ли рельсы и шпалы дефектов, вызвавших происшествие; не нарушены ли работниками службы пути правила ремонта и текущего содержания пути; каково техническое состояние локомотива и вагонов, нет ли у них дефектов, обусловивших сход состава с рельсов; не были ли нарушены правила технической

эксплуатации и должностные инструкции со стороны работников вагонного депо; не были ли вагоны перегружены, если да, не это ли стало причиной схода состава с рельсов; правильно ли распределён, уложен и закреплён груз в вагонах; соответствует ли формирование состава, вагоны которого сошли с рельсов, действующим правилам и инструкциям.

Если при осмотре вагонов были обнаружены изломы осей, шеек осей, разрушение колёс, то экспертов спрашивают, какова причина излома оси или шейки оси, разрушения колёс и т.д.; какие причины обусловили появившиеся в месте происшествия неисправности пути, в том числе его уширение, сужение, перекосы, выбросы.

При расследовании происшествий на железнодорожном транспорте часто встают вопросы определения качества и структуры металла деталей (рельсов, осей, шеек осей, буксы, автосцепных устройств и пр.), металлических опилок, обнаруженных в буксах локомотива и вагонов, вида и структуры металла в предметах, обнаруженных на месте происшествия или изъятых у подозреваемых лиц. В этих условиях назначается металлографическая экспертиза, призванная прояснить по какой причине была повреждена деталь; когда произошло разрушение узла по отношению к событиям происшествия; имелись ли изначально повреждения, которые привели к их разрушению и др.

Дактилоскопическая и трасологическая экспертизы требуются для исследования следов пальцев рук на инструментах, рукоятках управления и стоп-кранов, на деталях, дорожных приборах и устройствах, а также следов ног, оставленных на месте происшествия, в кабине вагона или локомотива.

По делам о происшествиях, связанных с причинением вреда здоровью людей или гибелью человека, назначается судебно-медицинская экспертиза, на разрешение которой выносятся вопросы о причинах и времени наступления смерти, характер телесных повреждений, их связи с транспортным происшествием, признаках алкогольного опьянения у подозреваемого. При этом встаёт вопрос: почему состояние опьянения при нарушении правил дорожного движения и эксплуатации транспорта признается квалифицирующим признаком состава уголовного преступления, но не состава нарушения правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного, воздушного, морского и внутреннего водного транспорта и метрополитена. И ответ здесь уже не за экспертами. Это совсем другая тема.

Подводя итог, отметим, что проблемы, относящиеся к тактике проведения следственного осмотра места происшествия, связанного с железнодорожным транспортом, чрезвычайно важны и актуальны и требуют более подробного рассмотрения в монографическим исследовании. Тем не менее, затронутые нами вопросы могут иметь значение для практических работников, особенно в части применения новейших научно-технических средств, формирования следственно-оперативной группы с обязательным привлечением широкого круга специалистов, использования видеозаписи, а также преодоления пробелов уголовно-процессуального законодательства. Всё это, по нашему мнению, повысит эффективность данного следственного действия и, как следствие, раскрываемость транспортных происшествий и преступных посягательств на объекты транспортной инфраструктуры [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголовно-процессуальный кодекс РФ.– М., 2016.
2. Торбин Ю. Г. Комментарий к УПК РФ.– М.: Норма, 2004.– 304 с.
3. Кодекс об административных правонарушениях РФ.– М., 2015.
4. Белкин А. Р. УПК РФ: конструктивная критика и возможные улучшения.– М.: МГУПИ, 2015.– 80 с.
5. Гапеев В. И., Пищик Ф. П., Егоренко В. И. Безопасность движения на железнодорожном транспорте.– Минск: Полымя, 2007.– 365 с.
6. Долицкий Е. А. Расследование крушений и аварий на железнодорожном транспорте.– М., 2009.– 321 с.
7. Положение о классификации, порядке расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта от 18.12.2014 г.– Гарант. [Электронный ресурс]: http://base.garant.ru/70878628/#friends#ixzz4B5vwsnDL. Доступ 22.06.2016.
8. Положение о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий и иных, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, событий // Российская газета.– 2007.– 7 февраля. [Электронный ресурс]: https://rg.ru/2007/02/07/rassledovanie-dok.html. Доступ 22.06.2016.

Координаты автора: **Суденко В. Е.**– sudenko@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 22.06.2016, принята к публикации 15.11.2016.

TACTICS OF INSPECTION OF RAILWAY ACCIDENT SCENE

Sudenko, Vladimir E., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia*

ABSTRACT

The reasons and purposes of inspection of the scene of the accident in the area of responsibility of the railway, the actions for formation of ab investigative and operational group, and involvement of specialists of railway transport and other industries in inspection that can provide substantial assistance in establishing the causes and assessing the conditions that contributed to the extraordinary or criminal situation, are set out. The author discusses the need to return witnesses when inspecting the scene of the accident, raises questions that relate to the industry specificity of investigative practice. Attention is drawn to the need to use the latest technical and forensic tools in order to identify and fix traces of the incident.

Keywords: railway, accident, investigation, tactics of scene inspection, witness, examination.

Background. *Defining the tactics of investigation of the scene of the railway accident, we will specify what actions are envisages in the regulatory document. In Art. 176 of the Criminal Procedure Code of the Russian Federation (CPC), known as the «Grounds for inspection», there are no such grounds as such, but it is said about the purposes of inspection, which include «detecting traces of crime and ascertaining other circumstances relevant to the criminal case» [1]. The grounds, based on the logic of the Russian language, can be those circumstances that answer the question «why» this or that action is performed (in this case, an inspection), and why it is done – it is already a goal or goals.*

In other words, the grounds for inspection are justified assumptions about the possibility of detecting traces of a crime and other circumstances relevant to the incident during inspection [2, 304]. In this case, the purpose of inspection is detection of traces of a crime, seizure of objects, samples, documents, identification of any other circumstances relevant to investigation of the criminal case. The most important purpose of inspection of the place of the transport accident is to establish the cause of the accident and its mechanism. Inspection of the scene of the incident on the railway transport has features that are not inherent in other types of inspection. Firstly, when inspecting the scene of the incident, it is necessary to conduct an investigative action as soon as possible to restore further movement. Secondly, the scene itself often occupies a significant territory (tens, if not hundreds and thousands of meters in length), which requires the use of scientific and technical means to accurately fix both the site of the incident and its details. Thirdly, the investigation of transport crimes requires specific knowledge that the investigator may not have, so there is a need to involve a wide range of specialists in the inspection who are able to identify both the primary causes of the incident and the «secondary» causes of the occurrence of specific traces.

Objective. *The objective of the author is to consider tactics of inspection of railway accident scene.*

Methods. *The author uses general scientific methods, scientific description, comparative analysis.*

Results.

1.

A special feature of investigation of the scene of the accident is that Federal Law No. 23 of March 4, 2013, the domestic criminal procedure legislation excluded the participation of witnesses in its production, and this aroused the discontent of the supporters of this institution. After all, in accordance with Art. 60 of CPC duty of a witness is to certify the fact of performance of an investigative action, its content, course and results. We believe that compulsory participation of witnesses in inspection of the scene of the accident is necessary, and excluding them from participants in inspection is not a thought-out and dangerous step that hampers the implementation of justice. Even the Code of the Russian Federation on Administrative Offenses requires the presence of witnesses when examining the scene of action [3].

The requirement of the legislator to use instead of witnesses technical means to fix the process and the results of the inspection of the scene (part 1.1 of article 170 of CPC) does not eliminate emerging fears, because it is not specified what is related to such technical means? A cheap mobile phone, on which nothing can be explored, is also a technical tool. And if you do not have reliable technical equipment at hand? So, in the protocol, the investigator will write that the technical means were missing and that's enough? It should be pointed out that the course and results of investigation should be recorded on video camera, which is available in all investigative units, and in its absence or failure to involve witnesses for fixing the course and results of inspection. Witness, as a living person, can tell the investigator what the investigator and the video recording operator did not pay attention to. And how to fix the smell of alcohol on the video camera? In this case, a witness is an uninterested person, and the video recording operator, like the investigator, represents the authority with certain official settings.

Now about timeliness of inspection of the scene of the accident, which predetermines the very possibility of obtaining information about organization of train traffic, technical reasons and mechanism of the accident, to find traces, material evidence and other details of the picture in question. A timely inspection will prevent possible changes in the situation, whether due to interference of certain persons, or by weather conditions (snowfall, heavy rain, strong wind, etc.).

The CPC RF permits to inspect the scene of the accident prior to initiation of a criminal case in order to exclude changes in the situation and to determine whether the crime or some other was not a criminal act.

Traces and material evidence to be inspected in the event of a rolling stock accident are located on or near the railway bed, which requires the use of a front inspection covering the railway bed along its width and in the area along it. The peculiarity of such an inspection is considerable length of the area under examination, as signaling means, railway mileposts, etc. may be located at some distance from the scene of the accident.

Preparation for inspection involves solving a rather wide range of issues. First of all, the objects of transport infrastructure are recorded, which refer to the scene of action. Further, the composition of an investigation team is determined, which, in addition to the investigators, includes railway transport specialists as advisors for the accident. If an accident is associated

with a locomotive, the engineering staff of the locomotive depot is involved, when inspecting the car – train car specialists, when examining the railway track – railway masters, etc. Among the invitees may be members of a departmental or interdepartmental commission specially created to investigate the accident. If necessary, employees of scientific research, design, design organizations and specialized educational institutions are involved. If people died, then forensic experts are needed, at the very least doctors, in order to fulfill the part of their general work that they are entitled to.

Investigatory inspection should be carried out in such a way as to ensure that all defects and malfunctions of both the rolling stock and the railway track in the area of the accident are identified, since the unknown causes of the accident could have acted either alone or in combination with each other. For this purpose, in preparation for inspection, it is necessary to establish contact with the bodies of transport police, the departmental commission, the leaders of the emergency train and the repair and recovery brigade. They will help to find out the situation in the area of the accident, intensity of train traffic, the nature of track and other works conducted there before the accident. It is necessary to establish the types and quantity of scientific and technical means necessary for inspection. If there is an assumption about the defects of track or rolling stock as the cause of the accident, appropriate equipment, templates, and devices are prepared.

2.

First of all, the following objects are subject to mandatory inspection:

– to establish the measures taken by the driver to stop the train: locomotive control devices, including indicating speed of movement, signaling devices and fixing the actions of the driver;

–on the locomotive all brake pads, on cars selectively to determine their application during braking, checking serviceability of the brakes;

– stop-locks of the locomotive and cars, end cranes of the train for determining switching-on of auto brake, application of emergency braking;;

– sections of the railway track to the scene of the accident, on the scene of the action and those on which the repair and restoration work is already underway.

The sequence of production of inspection is determined by the nature of the accident, namely: whether it occurred due to derailment of the train or as a result of collision of trains. In the first case, the track itself, track devices and structures, switchgears, rail crossings, and locomotives and cars–tires and rims of wheel sets, which first derailed, their structural dimensions, the presence of «flat spots» on them, are subjected to a particularly careful examination. When the trains collide, the means of road signaling – traffic lights, semaphores, interlocking means, braking and autobracking lines – are subject to initial inspection.

When inspecting rolling stock, attention is drawn to the state of the locomotive controls and instruments present in the driver's cab, position of the controller's handles, the brake enable handles. All this is fixed by means of photo or video recording. The functions of lighting devices (presence of lamps in them) are checked, whether they are switched on. With the help of specialists, operability of automatic locomotive signaling, autostop, locomotive repeater of traffic signals, speedometer is installed.

The signaling, centralization and blocking devices, their serviceability, presence of seals on them, position of track signals, degree of their visibility are examined together with the specialist. When inspecting the track, it is revealed that there are foreign objects on the rails, the condition of the rails, whether there is rust, slag, sand, or other soil on them that could cause malfunctioning of signaling, centralization and interlocking.

When the trains collide on the station routes, the route of their movement is established, the position and serviceability of switches on the route, switch indicators, control switch locks, work and readings of traffic lights or semaphores, the system of interconnection of signals and switches is clarified, as it is in the form of electric or mechanical centralization, dependencies and whether the zone of the event is not violated. The records in the alarm log are checked for malfunction of alarm devices, centralization, interlocking or their malfunction elimination, as well as the status of output traffic lights and semaphores, and their compliance with the program. With the participation of specialists, the work of blocking devices of semi-automatic locking and the switched-on block mechanisms, which are designed to lock the levers of semaphores, is evaluated; it is determined in what state are the automatic blocking centralizers control the output traffic lights, whether the locking system devices are operating correctly, whether the integrity of the control seals is not violated.

Investigatory inspection of the rolling stock with which the accident occurred begins with the development of the most common reason for derailment, that is, from checking the integrity of the running parts, primarily wheel sets, for which a thorough inspection of the axles, centres, tires and rims of wrought wheels and their flanges is made. Attention is drawn to the depth of rolling of tire or rim of the wheel, it should not exceed 7 mm for long distance passenger trains, 8 mm for suburban and 9 mm for freight trains. Possible «weld-on deposits» on the rolling surface of the wheel, which appeared due to the movement of metal particles due to changing operating conditions, the growth of the speed of movement or in connection with the use of composite pads, are identified; the presence of a flat spot, a shift or loosening of the wheel hubs.

When the wheel is shifted towards the middle of the axis, an annular crack of paint with a torn layer is possible at the point of its interface with the hub, and on the side of the wheel facing the journal-box, an annular strip is formed on the axis next to the hub, which sharply differs from the neighboring surface. If the wheel has moved to the side of the axle box, such a strip is possible near the end of the hub, facing the middle of the axis. In this case, the appearance of an unpainted strip, cracks in the paint layer, grease and rust is a sign of loosening the wheel hub on the axle. The shift is confirmed in measuring the distance between the inner edges of the tires or rims of the wheels, it should be no more than 1443 mm and not less than 1437 mm in the wheel sets of trains at a permissible speed of up to 120 km per hour. It is checked whether the weakening of the tire fastening ring, which is permissible by a total length of not more than 600 mm, or its weakening, located within 100 mm of the lock, regardless of length, has occurred. All this is necessary to establish the cause of the event: whether the indicated faults and changes in wheel sets led to an accident, or they appeared as a result of the accident itself.

During the inspection, the automatic couplers, their serviceability and condition are to be checked, using universal templates and special short crowbars;

fastenings and the condition of the braking equipment and other parts and devices suspended to the frame of the locomotive or car to the body, a wheel bogie, etc., the breakage and fall of which could have caused the accident. Place and time of production, inspection and repair of broken and faulty devices and parts are installed according to their countermarks (or passports).

To determine the technical causes and mechanism of the accident, the results of decoding the speed belt, fixing the speed, air pressure in the brake line, the time of departure from the last stop and between individual points of traffic, the time and points of sudden change of motion are used. Sometimes it is possible to determine by the speed belt which car or locomotive, derailed first.

3.

Let us dwell on the tactics of inspecting the railway track and the rails at the scene of the accident. Examining the railway track, it is necessary to register broken and highly defective rails, widening or narrowing the distance between the rails, distortions and sharp corners of the rails, «hijacking» of the rail track relative to the embankment, ejecting the section of the railway bed, track twists, the presence of track boil or track pocket, the presence and size of gaps in joints between rails and other defects, which individually or in combination could have caused the incident. The direction of the curve in the plan and along the chords and its state is checked.

During the inspection of the rails, special attention is paid to their curvature horizontally and vertically, the presence of traces of friction of tires and rims of wrought wheels on the head of rails, impacts on the heads, necks and rail bases from the wheels that have derailed, availability, sufficiency and efficiency of the anticreep devices. When evaluating broken rails, their marking, type, place of manufacture, time of laying, signs of acute damage (cracks in heads, neck, bases, around the bolt holes) are fixed.

The damaged sleepers are subject to obligatory inspection, their condition before the accident is determined, the existing defects are identified that could be its cause. In addition to the damaged sleepers, other sleepers are carefully inspected in both directions from the given place, the distances between sleepers are measured. The sleeper pads are inspected for defects in them, which can cause broadening of the rail gauge, clearing of the rail lines and general track disorder. Then the fasteners, the integrity of pads and linings, the presence of paired lined pads, the condition and the number of bolts, crutches, screws are inspected. During the investigative actions, shifted and tapped sleepers can be identified, which is probably the cause of the accident.

Starting to inspect the switches, the aim is to identify the breaks of the switch points, frame rails, track crossings and their core, check rails. It is checked whether there are any rupture of the counter rail bolts, whether the switch points are disconnected and what is the density of their attachment to the frame rail, whether there are chips, metal cracking, lowering against the frame rail. The distance between the working face of the head of the counter rail and the check rail and the working edge of the crosspiece core are measured; the possible vertical wear of the frame rails and the cores of the crosspieces is set higher than permissible. The broadening and rough distortions in the turnout and the angles of the turnout switch, deviations from the required position of the moving parts of the turnout switch, which could lead to the bursting open the switch, are detected.

When inspecting the turnout switch, the track caliper PShV «Puteetz» is used to measure the gaps between the switches and frame rails, between the bases of the blades and the pads, to measure the dimensions of the rails, the height of the frame rail on the undercarriage sheet, the vertical wear of the blades, and their lowering against the frame rails. In addition, the level, templates, straightedges, and depth gages are used.

The accident associated with the train separation or «squeezing» of the car requires a thorough examination of all the details of the automatic coupler, an analysis of the degree of their wear and tear, defects, and the condition of the car on which the automatic coupler was located. At the same time, the throat of the auto coupler is measured, the thickness of the lock, how much the big tooth is worn out, the impact surface of the throat and the small tooth. The investigator attracts a specialist to assess the operation of the device, which protects against separation.

For more effective inspection of the scene, scientific and technical means should be used. High results are achieved with the use of the laser scanner Trimble TX5, which allows to create a 3D model on which it is possible to measure up to a millimeter any distances, and then reconstruct the event of the incident. Such a device was used when inspecting the aerodrome in Rostov-on-Don, where in March 2016 the aircraft flying from Dubai to Rostov crashed.

When inspecting locomotives and cars, it may be necessary to check the internal cavities of a car or locomotive box or other closed cavities. For this, a VS70 video endoscope (Flir Systems Inc. USA) equipped with a manual control unit with the ability to rotate a probe of a 5,8 mm diameter chamber by 180 degrees in a confined space is used. This allows to shoot high-resolution video. It is irreplaceable for such a video endoscope to solve expert problems, when access to tracks and objects is limited, but significant diagnostic, situational and identification information is required.

If the inspection of the scene of the incident is a railway crossing where the train collided with a car, tractor or other means of transport, the position of the train after its stop and the position of the vehicle relative to the railway track are found out and fixed, among other things; the position of barrier shields, barriers, traveling traffic lights and the visibility of their signals, the state of all these devices, including damage. The protecting signal and the presence on the roads before the crossing of the sign «S», requiring an obligatory sound signal from the train driver, as well as the distance from the crossing to the protecting signal and the «S» sign, are examined. The position of the buttons and toggle switches on the control panel of the crossing foreman, the presence of seals on the buttons are explored.

It is checked, in what condition is the covering of the carriageway not only within the boundaries of the crossing, but also the motor road at the entrance to the crossing, and the presence or absence of ice, snow, moisture from the rain on the roadway. If there are traces of braking of a vehicle on the road before the crossing and at the crossing, the distance from the border of the crossing to the beginning of the trail of the braking is measured and the length of this trace is determined from what distance the driver of the vehicle could see the approaching train and the train driver – the vehicle on the crossing. The presence and condition of warning road signs on the entrance, how

many of them are on each side and at what distance from the boundaries of the crossing are located, appear in the zone of visual visibility of the driver of the vehicle. The work of radio and telephone communications on the crossing is evaluated.

When inspecting the scene of the accident that happened in the dark, the condition of illumination of both the carriageway of the crossing and the entrances to it, and the visibility of the locomotive's train signals (searchlight, lanterns at the buffer bar) on the train approaches to the crossing are mandatory. It is necessary to obtain a profile and road map at the entrance to the crossing on both sides.

Damage to the vehicle, work of brakes, lighting, steering, sound signal are fixed.

If there is an automatic crossing signal at the crossing, the length of the approach sections and their compliance with technical standards are checked; the time is set for the beginning of the delivery of a warning signal about the approach of a train before the prohibition signals of traffic lights are switched on at the crossing and the transfer of the traveling beam to the closed position begins, and also the compliance of the specified time with the standards.

4.

The most important feature of the inspection of the scene is recording of the progress and results of the investigative action, including the compilation of a detailed protocol. In addition to the text of the inspection protocol, schemes, plans, photographing and video shooting are applied. The most effective type of fixation is video shooting, which allows to fix the process in dynamics.

With regard to photography, it distinguishes orienting, survey, nodal, detailed photography. In the process of orienting photographing, not only the immediate location of the incident is imprinted, but also the sections of the railway track and the right-of-way that are adjacent to it. The survey photographing fixes the location of the train, derailed cars (and the locomotive, if it also touched it), the locomotive and (or) the cars that were broken up, overturned, as well as the part of the train that remained on the tracks.

Nodal photography is aimed at fixing individual parts of the scene and objects found during the inspection, including the locomotive cabs on the outside and inside with all instruments and devices; wheeled carts, other parts and components, detached from the locomotive and cars; damaged rails, sleepers, supports of the contact network, other structures available on or near the railway bed, destroyed railway bed and other artificial structures, significant for investigation.

Through detailed photography, small objects and traces can be recorded on a larger scale, which will increase the ability to identify their features and signs to obtain evidence of the cause (s) of the incident.

In the final part of the incident scene inspection protocol, the conditions of photography and video recording (the time of day, the type of lighting, weather conditions, cameras used, video cameras, the type and mark of the light filters when they are applied, whether the flash was activated) are indicated. Video recording and printed photos, their negatives are attached to the inspection protocol or attached flash cards of digital photographic equipment or digital video cameras. Items, documents, articles found during the inspection of the scene and seized for further investigation are indicated. The inspection protocol is certified by the signatures of the investigator, the persons present (experts, forensic experts, witnesses if present and other participants in the process).

Speaking about «seizure» of objects, documents, samples found at the scene, we note that such a term is not defined in the Criminal Procedure Code, and the action itself is not envisaged as an independent investigative action, although it is constantly applied in practice, and the legislator is also accustomed to applying it. Seizure is not only possible, but also exists in various investigative operations. We support the opinion of A. R. Belkin on the addition to the Code of Criminal Procedure of article 164[1] – «Seizure of objects, documents, samples» [4, 10], which determines that «seizure is an act performed in the course of investigative actions for the purpose of subsequent inspection and examination of seized items, documents, samples, and for their safety» [4].

Which documents are subject to inspection and can be seized? First of all, the technical and administrative act of the station, the timetable and the log of the movement of trains through the station, the register of radio and telephone messages relating to trains, graph of completed timetable for the movement of trains. The books of comments and instructions of the inspector for traffic safety, condition and repair of the track, locomotives, wagons, signaling and communication devices are checked; audit reports and their acts indicating the defects found during inspection that threaten traffic safety; acts of technical inspection of rolling stock, books of repair records of locomotives and comments of machinists, a log of track inspection, devices of signaling and communications, switch transfers, and also books with written warnings about malfunctions are studied. Acts of inspections and memoranda of responsible persons on identified defects in the organization of train traffic, work of locomotive and wagon depots and written explanations of those responsible for the part of the road on which the incident occurred are being studied.

If there are already materials of official investigation of the incident, they are also being studied, copies are made and are attached to the criminal case file.

5.

For most accidents with railway transport, expert assessments are being made to establish the immediate causes of the accident, the relevance of certain items, details, faults and defects to this incident. At the time of appointment of the examination, the investigator must have an official opinion on the cause of the incident; the scene inspection report; the testimony of the driver of the locomotive, his assistant, officials of the services of track, signaling, centralization, blocking, locomotive and car economy. The study of the submitted materials will allow to establish whether the appointment of an examination is really necessary, and if so, what questions should be posed to the expert.

In the case of a train collision, experts may be asked questions about the presence of faults and defects on the locomotive that caused the accident; whether there were violations of the rules of technical operation and job descriptions on the part of the locomotive brigade; in what state are the devices of the signal system and communications, are there any malfunctions in them that caused the collision of trains or a collision with an obstacle; whether there is a violation of the rules for organizing shunting operations; whether the requirements of the technical and administrative act were violated by the station duty officer or other persons.

Forensic and technical expertise in the investigation of incidents that occurred during shunting operations

is appointed. The expert (s) are asked whether the assignment for the maneuvering work, during which the incident occurred, corresponds to traffic safety requirements; Whether workers were correctly placed – participants in the shunting work and whether their actions were mutually agreed upon; whether instructions on the movement of trains and shunting work were violated by the members of the locomotive brigade, if so, in which it was expressed; whether the maneuvers before the reception to the train station were terminated.

To determine the reasons for the derailment of the rolling stock, a forensic expert examination is appointed, the following questions are posed: what is the state of the track at the site of the derailment and whether the rails and sleepers have the defects that caused the incident; whether the rules of repair and current maintenance of the track were violated by track service employees? what is the technical condition of the locomotive and wagons, do they have defects that cause the derailment; whether the rules of technical operation and job descriptions on the part of employees of the wagon depot were violated; whether the cars were overloaded, if so, was not this the reason for the derailment of the train; whether the cargo is correctly distributed, packed and fixed in wagons; whether the composition of the train, which wagons are derailed, corresponds to the rules and regulations in force.

If, when inspecting the cars, there were fractures in the axes, the axle necks, the destruction of the wheels, the experts asked what is the cause of the fracture of the axis or neck of the axle, the destruction of wheels, etc.; what causes caused the faults in the track that appeared at the scene, including its broadening, narrowing, distortions, and distortions.

When investigating accidents on railway transport, the questions arise of determining the quality and structure of metal of parts (rails, axles, necks of axles, axle boxes, automatic couplers, etc.), metal sawdust found in axle boxes of locomotive and wagons, the type and structure of metal in objects found at the scene of the incident or seized from the suspects. Under these conditions, a metallographic examination is appointed to clarify why the part has been damaged; when there was a destruction of the node in relation to the events of the incident; whether there was initially damage, which led to their destruction, etc.

Fingerprint and tracological examinations are required to investigate fingerprints on tools, handles and stopcocks, on parts, road appliances and devices, as well as footprints left on the scene in the cab or locomotive cab.

In case of incidents involving injuries to human health or death of a person, a forensic medical examination is appointed, the questions are raised about the causes and time of death, the nature of bodily harm, their connection with a transport incident, signs of alcohol intoxication of the suspect. At the same time, the question arises: why the state of intoxication in violation of traffic rules and the operation of transport is recognized as a qualifying sign of the composition of the criminal offense, but not the composition of violations of safety rules for the operation and operation of rail, air, sea and inland water transport and underground. And the answer here is not for experts. This is a completely different topic.

Conclusion. *To sum up, we note that the problems related to the tactics of carrying out an investigative inspection of the scene of the incident involving rail transport are extremely important and relevant and require more detailed consideration in a monographic study. Nevertheless, the issues raised by us can be relevant to practical workers, especially with regard to the application of the latest scientific and technical means, formation of an investigative and operational group with the obligatory involvement of a wide range of specialists, the use of video recordings, and the overcoming of gaps in the criminal procedural legislation. All this, in our opinion, will increase the effectiveness of this investigative action and, as a consequence, the detection of transport incidents and criminal encroachments on transport infrastructure objects [9, 10].*

REFERENCES

1. The Criminal Procedure Code of the Russian Federation [*Ugolovno-processual'nyj kodeks RF*]. Moscow, 2016.

2. Torbin, Yu. G. Commentary to the Criminal Procedure Code of the Russian Federation [*Kommentarij k UPK RF*]. Moscow, Norma publ., 2004, 304 p.

3. Code of Administrative Offenses of the Russian Federation [*Kodeks ob administrativnyh pravonarushenijah RF*]. Moscow, 2015.

4. Belkin, A. R. The Criminal Procedure Code: constructive criticism and possible improvements [*UPK RF: konstruktivnaja kritika i vozmozhnye uluchshenija*]. Moscow, MGUPI publ., 2015, 80 p.

5. Gapeev, V. I., Pischik, F. P., Egorenko, V. I. Traffic safety in railway transport [*Bezopasnost' dvizhenija na zheleznodorozhnom transporte*]. Minsk, Polymya publ., 2007, 365 p.

6. Dolitsky, E. A. Investigation of wrecks and accidents in railway transport [*Rassledovanie krushenij i avarij na zheleznodorozhnom transporte*]. Moscow, 2009, 321 p.

7. Regulations on classification, investigation and accounting of transport accidents and other events related to violation of safety rules for movement and operation of the railway transport dated 18.12.2014 [*Polozhenie o klassifikacii, porjadke rassledovanija i ucheta transportnyh proisshestvij i inyh sobytij, svjazannyh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizhenija i ekspluatacii zheleznodorozhnogo transporta ot 18.12.2014 g.]. Garant*. [Electronic resource]: http://base.garant.ru/70878628/#friends#ixzz4B5vwsnDL. Last accessed 22.06.2016.

8. Regulations on the procedure for official investigation and accounting of transport incidents and other violations of the rules of safety of traffic and operation of railway transport, events [*Polozhenie o porjadke sluzhebnogo rassledovanija i ucheta transportnyh proisshestvij i inyh, svjazannyh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizhenija i ekspluatacii zheleznodorozhnogo transporta, sobytij*]. *Rossiyskaya Gazeta*, 2007, 7 February. [Electronic resource]: https://rg.ru/2007/02/07/rassledovanie-dok.html. Last accessed 22.06.2016.

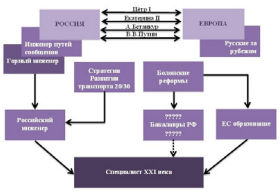
Information about the author:
Sudenko, Vladimir E. – Ph.D. (Law), associate professor at the department of Criminal Law, Criminal Procedure and Criminalistics of the Law Institute of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, sudenko@yandex.ru.

Article received 22.06.2016, accepted 15.11.2016.

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • HRM, EDUCATION & TRAINING

ПРОФЕССИОНАЛИЗМ 224

Вуз в поисках золотой середины.



КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЕКТЫ 232

Государство за кооперацию с производством.

ТОЧКА ВОЗВРАТА 242

Технологическое брокерство – возможность сблизить позиции.

СОЦИАЛИЗАЦИЯ СТУДЕНТА 248

Гражданское воспитание в техническом вузе.

PROFESSIONALISATION 224

University is seeking for a happy mean.

INTEGRATIVE PROJECTS 232

Public support of academy-industry cooperation.

THE POINT OF RETURN 242

Technology brokering as a possibility to meet the minds.

SOCIALISATION OF STUDENTS 248

Civic education in technical university.

УДК 656.61

Как обучение подчинить задачам отрасли

Сергей БАРЫШНИКОВ
Sergey O. BARYSHNIKOV

Андрей СТЕПАНОВ
Andrey L. STEPANOV

Барышников Сергей Олегович *– доктор технических наук, профессор, ректор Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*
Степанов Андрей Львович *– доктор технических наук, профессор ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*

How to Subordinate Learning to the Tasks of the Industry

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 228)

Неоднозначный характер реформ высшего образования проявляет себя прежде всего в целеполагании учебного процесса, когда в своеобразном противостоянии оказываются образованность и профессионализм, универсальность (фундаментальность) знаний и прикладная подготовка студента к профессии. На примере транспортного образования авторы статьи показывают, чем нарушила Болонская модель традиционные формы обучения, как сочетаются по содержанию и затратам времени школьные и вузовские программы, какой отпечаток все это накладывает на специфику изучаемых дисциплин. При этом оценивается роль образовательных стандартов, международных и отраслевых требований, ставится вопрос о профессионально-общественной экспертизе качества образования с участием работодателей и в интересах транспортной отрасли.

Ключевые слова: транспорт, высшее образование, реформа, образованность, профессионализм, качество, экспертиза.

Опыт развития государств, ориентированных на цивилизованное развитие и конкурентоспособность, показывает главный и постоянный приоритет кадровой политики.

Профессионализм нации – показатель всех времен, и если раньше Россия гордилась мастеровыми, способными «блоху подковать», то сейчас это «IT-мальчики», выигрывающие мировые олимпиады. Но инновационные и эксплуатационные требования повседневности направлены на обеспечение устойчивой жизни, эффективной и без чрезвычайных ситуаций. Специалисты высокого качества должны удовлетворять этим требованиям и быть востребованными в международном обмене трудовыми ресурсами.

Интеграция российского высшего образования с системой подготовки кадров Западной Европы имеет свои исторические корни и традиции. На рис. 1 представлены традиции взаимообогащения систем образования.

На транспорте характерным примером преемственности является подготовка моряков-судоводителей и инженеров, работающих на всех флотах мира, однако со-

хранять эти традиции в условиях реформ высшего образования последнего десятилетия становится все труднее, и потому возникает необходимость разделения ответственности за образованность и профессионализм.

Кризис высшего образования в России стал последствием реформ образования, подчиненных подгонке его под уменьшающееся десятилетиями финансирование. Проблема достигла высшего общественно-политического накала и обсуждается на каналах ТВ, профессиональных «круглых столах».

Реформирование высшего образования привело к тому, что при подготовке кадров для транспорта, в том числе для портовой инфраструктуры, практически исчезли инженерная и отраслевая составляющие образования. Бакалавры до 2-го года обучения проходят фундаментальную подготовку, затем в зависимости от рабочего учебного плана вуза может быть два варианта дальнейшей образовательной траектории (рис. 2).

1-й вариант – 5-летний учебный план специалитета (предшествующий переходу на двухуровневое обучение «бакалавриат – магистратура») был сжат до 4-летнего обучения в бакалавриате. Присутствуют расчётно-графические работы (РГР), курсовое проектирование (КП) и дипломное проектирование (ДП). В магистратуру проводится непрофильный набор без ограничений направления первой ступени высшего образования бакалавриата (т.е.

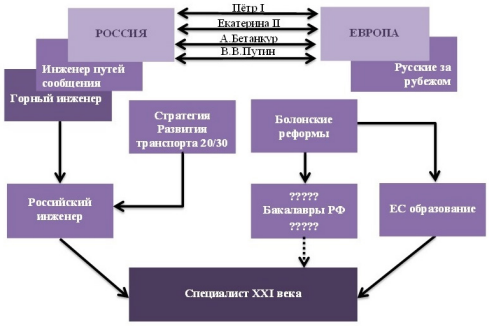


Рис. 1. Традиции взаимообогащения в образовании.

поступать в магистратуру могут любые бакалавры – филологи, юристы, управленцы, экономисты, философы и т.п.). Первый курс магистратуры становится адаптивным введением в специальность, дальнейшее обучение проводится на уровне профессиональных компетенций (ПК).

2-й вариант – в рабочих учебных планах механически отсечены дисциплины 5-го года обучения в специалитете и выведены на следующую ступень высшего образования – магистратуру в области менеджмента и логистики. Исключено дипломное проектирование, сокращены часы на инженерные и технические дисциплины, количество курсового проектирования, научно-исследовательской работы. На выходе первой ступени высшего образования выпускник обладает общими представлениями о специальности и операционной логистике (отдельно по функциональным областям). Отсутствует интегральная парадигма в освоении специальности.

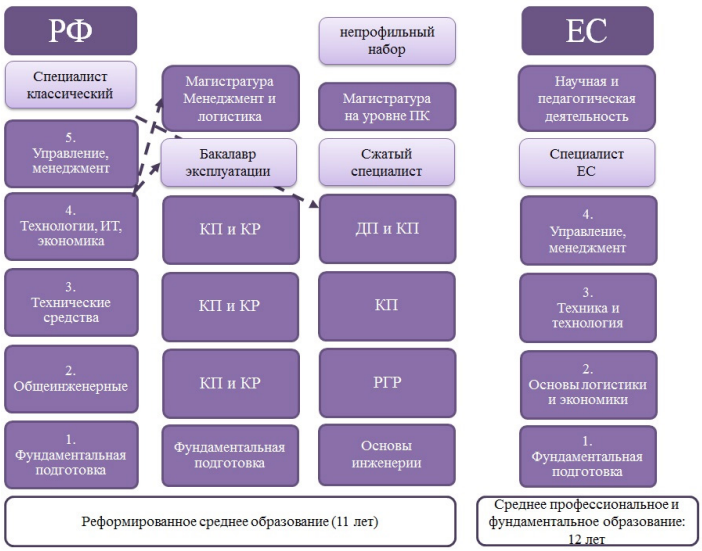


Рис. 2. Реформирование высшего образования.

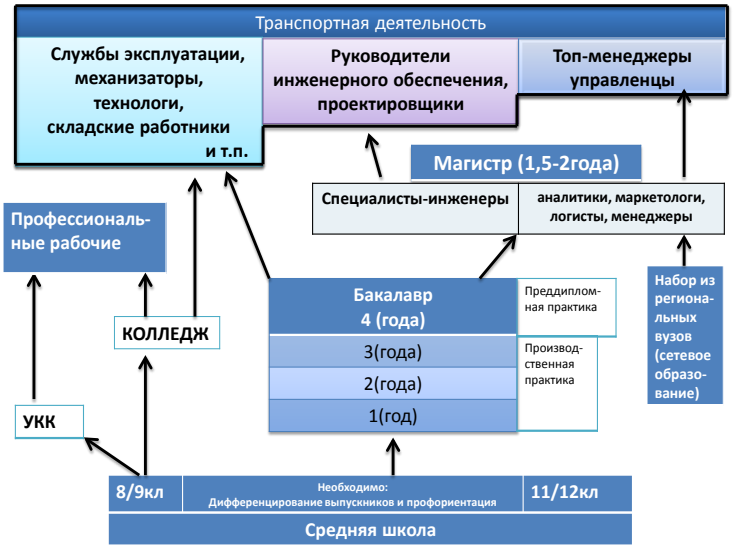


Рис. 3. Кадры для транспорта.

Необходимо отметить и то, что среднее образование в ЕС продолжается 12 лет, и последний год обучения посвящен профессиональной и фундаментальной подготовке, приближенной к выбранной профессии в 11-м классе. То есть европейский бакалавр приобретает знания, умения и навыки пять лет – один год на ступени среднего образования и четыре года на ступени высшего образования. До 2011 года в Российской Федерации этому образованию, по сути, соответствовал специалитет.

В результате (рис. 3) среднее управленческое звено остаётся без кадров, подготовленных системой высшего образования. Ибо бакалавры в предложенных условиях не соответствуют требованиям либо по причине отсутствия должной подготовки в области инженерии и практики, либо в менеджменте. И могут претендовать только на уровень служб эксплуатации, технологов, экономистов и т.п., которых готовит среднее профессиональное образование России (техникумы, колледжи).

Анализ изменений, произошедших после ликвидации специалитета в области подготовки кадров для транспортной деятельности, позволяет сделать следующие выводы:

1. Двухуровневая система высшего образования «бакалавр – магистр» не позволяет получить необходимые инженерно-экономические и управленческие компетенции для обеспечения кадровой потребности в сфере изменяющейся портовой инфраструктуры страны.

2. При обучении в магистратуре нет преемственности предыдущей ступени высшего образования и дальнейшего повышения квалификационных требования, так как при приёме не устанавливается ограничений на направление первой ступени высшего образования – бакалавриат.

3. Обучение в бакалавриате не даёт выпускникам высшего образования преимуществ в полученных компетенциях по сравнению с программами углублённой подготовки среднего профессионального обучения.

Предложенная структура подготовки кадров (рис. 3) позволяет привести болонскую структуру – двухуровневую форму образования в соответствие с содержанием, необходимым для кадрового обеспечения экономики страны. Потребность в кадрах на этих уровнях деятельности различна и соответствует пропорции между бакалаврами и магистрами. Для достижения цели современного экономического развития РФ, в частности на транспорте, нам представляется важным двухуровневую систему образования подчинить структуре потребности в кадрах. В высшей школе усилить эксплуатационно-технологическую подготовку в бакалавриате, оставив основы управления, а магистратуру разделить на два профиля: инженерный и менеджерский, и самое главное, восстановить профессиональную подготовку рабочих и тех-

ников в сочетании с отраслевым образованием.

На примере транспортной отрасли мы предлагаем модель кадрового обеспечения для возрождения всех потребных сегодня направлений хозяйствования.

В соответствии с решением Совета по образованию Федерального агентства морфлота (протокол № 27) разработан концептуальный вариант «Профессионально-общественной экспертизы качества образования» с обоснованием её востребованности в современных условиях. Концептуальная часть работы выполнена в 2013 году. Согласование с работодателями программ экспертизы прошло позже, а затем все перешло в режим апробации.

В закон «Об образовании в Российской Федерации» внесены изменения, касающиеся профессионально-общественной экспертизы образовательных программ (принят Думой 20 мая 2016 г.) с целью признания качества и уровня подготовки выпускников работодателями и их объединениями. Президентом страны поставлена задача создания и освоения механизма такой экспертизы. Мы считаем, что это необходимо делать на отраслевом уровне, а не на уровне Минобрнауки. Эксперты должны иметь стаж работы не менее 10 лет, выпуск из вуза «с отличием», результативный послужной список и рекомендацию соответствующей ассоциации работодателей (см. приложение к Закону 2016, подписанное В.В Путиным).

Затянувшиеся непопулярные в стране реформы образования разошлись с задачами правительства по подъему экономики. В этот период отраслевым вузам было особенно тяжело. Надо было сохранить содержание подготовки и качество выпускников в условиях «ломки» форм образования, недофинансирования, потери профессорско-преподавательского состава и смены поколений, обеспечить инновационное обновление образовательных программ.

Отдельная проблема – координация подготовки кадров в транспортных вузах и обеспечение взаимодействия видов транспорта в этой сфере. Стандарт образования третьего поколения рассыпал ранее существующую общетранспортную подготовку. Даже в одной транспортной отрасли каждый вуз делает свои образовательные программы. Ранее они согласовывались в НМС-С в соответствующем УМО. Этот «разброд» особенно опасен при подготовке специалистов по организации перевозок и транспортной логистике. На уровне стандартов образования второго поколения действовал координационный совет по транспортному образованию и логистике. При усилении вертикали власти этот институт вышел «из моды», и мы потеряли координацию не только между отраслями транспорта, но и с зарубежными коллегами.

Транспортные вузы обязаны придерживаться государственных образовательных стандартов, но в профессиональной части должны руководствоваться международными и отраслевыми требованиями, формировать компетенции специалиста, обновляемые работодателями, ассоциациями профессионалов в соответствии с инновационными тенденциями.

Наша задача в сложившейся ситуации – защитить транспортное образование, сохранить традиции подготовки инженеров и их инновационного обновления, поставить на конкурентный уровень обучение менеджеров по организации перевозок и транспортной логистике, обеспечить возможность интермодального взаимодействия в международных логистических цепях поставок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лёвин Б. А. Подготовка кадров для транспортного комплекса России в условиях реформы высшей школы // Транспорт Российской Федерации.– 2007.– № 2.– С. 67–69.

2. Барышников С. О., Степанов А. Л. Профессионально-общественная экспертиза качества образования – необходимость современности // Международная научно-практическая конференция «Управление качеством в высшем образовании», 28 октября 2013 г.

3. Федеральный закон «О внесении изменений в статью 96 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 02.06.2016 г. № 166-ФЗ.

Координаты авторов: **Барышников С. О.**– rector@gumrf.ru, **Степанов А. Л.**– stepanov-gma@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 19.08.2016, принята к публикации 24.11.2016.

HOW TO SUBORDINATE LEARNING TO THE TASKS OF THE INDUSTRY

Baryshnikov, Sergey O., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

Stepanov, Andrey L., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

ABSTRACT

The ambiguous nature of the reforms of higher education manifests itself primarily in the goal setting of the educational process, when in a kind of confrontation there are education and professionalism, universality (fundamentalism) of knowledge and applied preparation of the student for the profession. On the example of transport education, the authors of the article show how the Bologna model has violated the traditional forms of education, how school and university programs are combined in content and time, what impact is imposed by all of this on the specificity of the disciplines studied. At the same time, the role of educational standards, international and industry requirements is assessed, the issue of professional-public examination of the quality of education with the participation of employers and in the interests of the transport industry is raised.

Keywords: transport, higher education, reform, education, professionalism, quality, expertise.

Background. *The experience of development of states oriented towards civilized development and competitiveness shows the main and permanent priority of personnel policy.*

The professionalism of the nation is an indicator of all times, and if before Russia was proud of the craftsmen who could «pack a flea», now it is «IT boys» who win the world olympiads. But the innovative and operational requirements of everyday life are aimed at ensuring a sustainable life, effective and without emergency situations. High-quality specialists must meet these requirements and be in demand in the international exchange of labor resources.

Objective. *The objective of the authors is to consider modern state of personnel training after the reform of higher education.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation.*

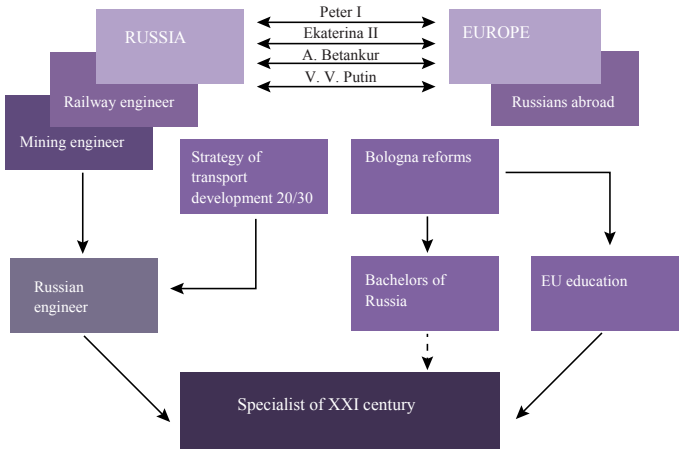
Results. *The integration of Russian higher education with the Western European training system has its own historical roots and traditions. Pic. 1 shows the traditions of mutual enrichment of education systems.*

On transport, a typical example of continuity is the training of navigators and engineers working in all the fleets of the world, but it is becoming increasingly difficult to preserve these traditions in the context of higher education reforms of the last decade, and therefore there is a need to share responsibility for education and professionalism.

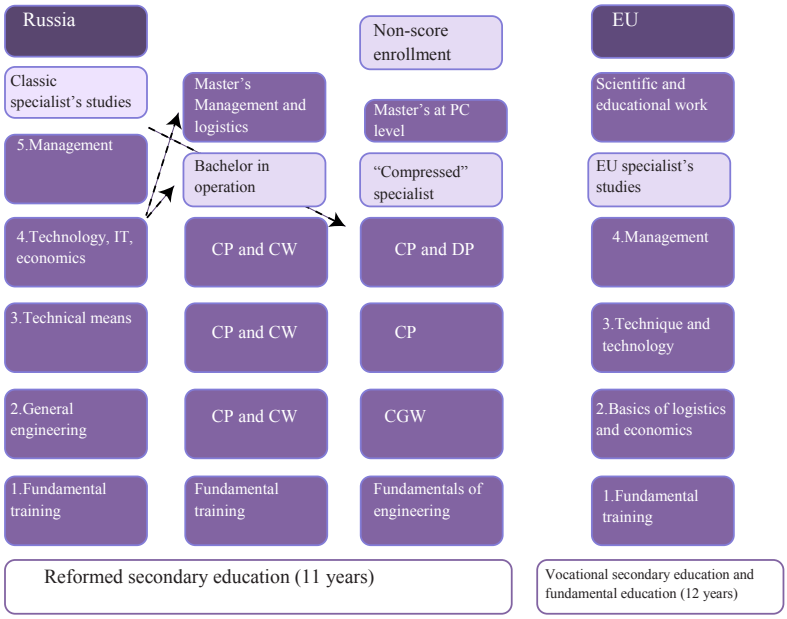
The crisis of higher education in Russia has become a consequence of educational reforms, subordinated to its adjustment under a decade of decreasing funding. The problem has reached a high social and political heat and is discussed on TV channels, professional «round tables».

The reform of higher education has led to the fact that the engineering and industrial components of education have practically disappeared in the training of personnel for transport, including for port infrastructure. Bachelors before the second year of training undergo fundamental training, then depending on the work plan of the university there may be two options for further educational trajectory (Pic. 2).

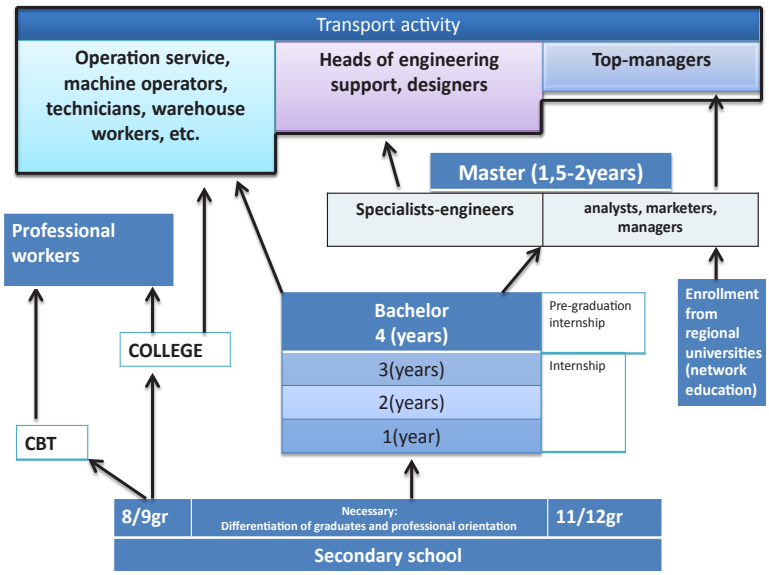
The 1st option – the 5-year curriculum of the specialist's program (preceding the transition to the two-level training «bachelor's – master's studies») was compressed to 4 years of study in bachelor's program. There are computational and graphic works (CGW), course projects (CP) and diploma projects (DP). For master's studies there is a non-core enrollment without restrictions for the direction of the first stage of higher education – bachelor's (that is, any bachelors – philologists, lawyers, managers, economists, philosophers, etc. can enter the master's studies). The first year of master's studies becomes an adaptive introduction to the specialty, further training is conducted at the level of professional competencies (PC).



Pic. 1. The traditions of mutual enrichment in education.



Pic. 2. Reforming higher education.



Pic. 3. Staff for transport.

The 2nd option – in the curriculum the disciplines of the 5th year of study in the specialist's program are mechanically cut off and taken to the next stage of higher education – master's in management and logistics. Diploma projects are excluded, hours for engineering and technical disciplines, the number of course projects, research work are reduced. At the output of the first stage of higher education, the graduate has general ideas about the specialty and operational logistics (separately in the functional areas). There is no integral paradigm in mastering the specialty.

It should also be noted that secondary education in the EU continues for 12 years, and the last year of training is devoted to professional and fundamental training, close to the profession chosen in the 11th grade. That is, a European bachelor acquires knowledge, skills and competencies for five years – one year at the secondary level and four years at the higher education level. Until 2011, in the Russian Federation, this education, in fact, corresponded to the specialty.

As a result (Pic. 3), the middle managerial link remains without staff trained by the higher education system. For bachelors in the proposed conditions do not meet the requirements either because of the lack of proper training in engineering and practice, or in management. And they can only pretend to the level of exploitation services, technologists, economists, etc., which are trained in secondary vocational education in Russia (technical schools, colleges).

The analysis of the changes that have occurred after elimination of the specialty in the field of training

personnel for transport activities allows us to draw the following conclusions:

1. The two-level system of higher education «bachelor – master» does not allow to obtain the necessary engineering, economic and managerial competencies for providing the personnel requirement in the sphere of the country's changing port infrastructure.

2. When studying in the Master's program there is no continuity of the previous stage of higher education and further improvement of the qualification requirements, since the admission rules do not impose restrictions on the direction of the first stage of higher education – bachelor degree.

3. Training in bachelor's program does not give graduates of higher education the advantages in the received competences in comparison with the programs of in-depth training of secondary vocational training.

The proposed structure of personnel training (Pic. 3) allows to bring the Bologna structure – a two-level form of education in line with the content necessary for staffing the economy of the country. The need for personnel at these levels of activity is different and corresponds to the proportion between bachelors and masters. To achieve the goal of modern economic development of the Russian Federation, in particular in transport, it seems important to us to subordinate the two-level education system to the structure of the demand for personnel. In higher education, to strengthen the operational and technological training in the bachelor's program, keeping the basics of management, and to divide master's studies into two profiles: engineering and management, and most importantly, to restore the professional training of workers and technicians in combination with industry education.

On the example of the transport industry, we propose a model of personnel support for the revival of all the areas of economic management that are needed today.

In accordance with the decision of the Education Council of the Federal Agency for Marine Fleet (Protocol No. 27), a conceptual version of «Professional-public examination of the quality of education» has been developed with the justification of its relevance in modern conditions. The conceptual part of the work was completed in 2013. Coordination with the employers of the examination programs took place later, and then everything went into the testing mode.

The Law «On Education in the Russian Federation» has been amended in terms of professional-public examination of educational programs (adopted by the Duma on May 20, 2016) in order to recognize the quality and level of graduates' training by employers and their associations. The President of the country has set the task of creating and mastering the mechanism of such expertise. We believe that this should be done at the sectoral level, and not at the level of the Ministry of Education and Science. Experts must have at least 10 years of work experience, graduation from the university «with honors», an effective track record and recommendation of the relevant employers' association (see the annex to the Law of 2016, signed by V. V. Putin).

Prolonged unpopular in the country education reforms have disagreed with the tasks of the government to boost the economy. This period was particularly difficult for specialized universities. It was necessary to preserve the content of training and the quality of graduates in conditions of «breaking» the forms of education, underfunding, the loss of teaching staff and the change of generations, to provide innovative updating of educational programs.

A separate problem is coordination of training of personnel in transport universities and provision of interaction between modes of transport in this area. The standard of education of the third generation scattered earlier existing general transport training. Even in one transport industry each university makes its educational programs. Previously, they have been coordinated in the NMS-C in the corresponding UMO. This «confusion» is especially dangerous in the training of specialists in the organization of transportation and transport logistics. At the level of education standards of the second generation, there was a coordinating council for transport education and logistics. With the strengthening of the vertical of power, this institution came out of fashion, and we lost coordination not only between transport branches, but also with foreign colleagues.

Conclusion. *Transport universities are obliged to adhere to state educational standards, but in the professional part they must be guided by international and industry requirements, form the competencies of the specialist, updated by employers, associations of professionals in accordance with innovative trends.*

Our task in this situation is to protect transport education, to preserve the traditions of training engineers and their innovative renovation, to put on a competitive level the training of managers in the organization of transportation and transport logistics, to provide the possibility of intermodal interaction in international logistics supply chains.

REFERENCES

1. Levin, B. A. Training of personnel for the transport complex of Russia in the conditions of the reform of higher education [*Podgotovka kadrov dlja transportnogo kompleksa Rossii v uslovijah reformy vysshej shkoly*]. *Transport Rossijskoj Federacii*, 2007, Iss. 2, pp. 67–69.

2. Baryshnikov, S. O., Stepanov, A. L. The professional-public examination of the quality of education – the need of modern society [*Professional'no-obshhestvennaja ekspertiza kachestva obrazovanija – neobhodimost' sovremennosti*]. International Scientific and Practical Conference «Quality Management in Higher Education», October 28, 2013.

3. The Federal Law «On Amendments to Article 96 of the Federal Law «On Education in the Russian Federation» dated 02.06.2016 № 166-FZ [*Federal'nyj zakon «O vnesenii izmenenij v stat'ju 96 Federal'nogo zakona «Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii» ot 02.06.2016 g. № 166-FZ*].

Information about the authors:
Baryshnikov, Sergey O. – D.Sc. (Eng.), professor, rector of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, rector@gumrf.ru.
Stepanov, Andrey L. – D.Sc. (Eng.), professor of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, uid@gumrf.ru, stepanov-gma@mail.ru.

Article received 19.08.2016, accepted 24.11.2016.

СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОАО «РЖД» И МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ТРУДА И БЛАГОСОСТОЯНИЯ ЯПОНИИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Президент ОАО «РЖД» Олег Белозёров провел рабочую встречу с заместителем министра здравоохранения, труда и благосостояния Японии Кадзуо Футагава.

Особое внимание в ходе переговоров было уделено обсуждению перспектив проекта создания российско-японского центра превентивной медицины и диагностики на базе Дорожной клинической больницы ОАО «РЖД» в Хабаровске.

По итогам встречи стороны договорились о дальнейшем развитии сотрудничества и выразили заинтересованность в совместных проектах в данном направлении.

«Считаю наше взаимодействие очень важным. Мы готовы предложить японским партнерам солидную инфраструктурную, клиническую и клиентскую базу для создания совместных медицинских проектов в

России, а также уникальные компетенции в сфере транспортной и производственной медицины», – отметил Олег Белозёров.

Напомним, что в декабре 2016 года ОАО «РЖД» и Министерство здравоохранения, труда и благосостояния Японии заключили меморандум о сотрудничестве в области медицины и здравоохранения.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

JOINT PROJECT OF RUSSIAN RAILWAYS AND JAPAN'S MINISTRY OF HEALTH, LABOUR AND WELFARE IN FAR EAST

Russian Railways and Japan's Ministry of Health, Labour and Welfare start joint project in Far East

The President of Russian Railways Oleg Belozerov has held a working meeting with the Deputy Minister of Japan's Health, Labour and Welfare Kazuo Futagawa.

During their talks, the two men paid particular attention to the prospects of a project to create a Russian-Japanese Centre for Preventive Medicine And Diagnostics at the Russian Railways' Clinical Hospital in Khabarovsk in Russia's Far East.

Following the meeting, the two sides agreed on further cooperation and expressed their interest in joint projects in this direction.

«I believe that our cooperation is very important. We are ready to offer our Japanese partners a solid infrastructure and a clinical and client base to create joint medical projects in Russia, as well as unique expertise in the field of transport and production medicine,» said Oleg Belozerov.

In December 2016, Russian Railways and Japan's Ministry of Health, Labour and Welfare signed a memorandum on cooperation in the field of medicine and healthcare.

Based on releases of press service of JSC Russian Railways ●

УДК 338.32.053.4

Взаимодействие вузов и предприятий в сфере высокотехнологичного производства

Алексей ТИХОНОВ
Aleksey I. TIKHONOV

Сергей НОВИКОВ
Sergey V. NOVIKOV

Марина ФЕДОТОВА
Marina A. FEDOTOVA

Тихонов Алексей Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Московского авиационного института (НИУ МАИ), Москва, Россия.
Новиков Сергей Вячеславович – кандидат экономических наук заместитель директора ИНЖЭКИН МАИ, Москва, Россия
Федотова Марина Александровна – кандидат экономических наук, доцент МАИ, Москва, Россия.

Interaction of Universities and Enterprises in the Field of High-Tech Production
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 238)

В статье представлен механизм управления высокотехнологичными научно-техническими проектами на примере реализации постановления правительства Российской Федерации № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» от 9 апреля 2010 года. В частности, показана инновационная деятельность в этой сфере научного центра специальных радиоэлектронных систем и менеджмента МАИ и одновременно проецируются ее результаты на условия и требования кооперации вузов и предприятий, взаимодействующих во имя создания прорывных технологий и конкурентных продуктов.

Ключевые слова: вуз, предприятие, научно-технический проект, высокотехнологичное производство, инновации, контрактная система, сфера закупок, кооперация.

Система государственного управления выполняет в основном стимулирующую и регулирующую функции в условиях перехода и становления инновационной экономики [1].

Одним из действенных инструментов государственного стимулирования инновационной деятельности является реализация постановления правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» от 9 апреля 2010 года [2]. Постановлением предусмотрена возможность выделения субсидий предприятиям сроком от 1 до 3 лет, объёмом финансирования до 100 млн рублей в год. Делается это на конкурсной основе посредством проведения открытого публичного конкурса.

Открытый конкурс проводит министерство образования и науки. Конкурсная документация размещается на его официальном сайте, а также на сайте госзакупок

РФ. Участником конкурса на право получения субсидии выступает организация, которая (рис. 1):

а) предоставляет проект, предусматривающий выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ российскими высшими учебными заведениями;

б) дополнительно направляет на реализацию проекта собственные средства в размере не менее 100 % объема субсидии, при этом не менее 20 % указанных средств используется на научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы.

Предприятие, отобранное в результате конкурса, обязано в течение не менее пяти лет после окончания действия договора (соглашения) о субсидии предоставлять информацию о высокотехнологичной продукции, разработанной в рамках проекта и объёмах её выпуска.

В период с 2010 по 2016 год министерством образования и науки было заявлено о семи конкурсных очередях. Предприятиями совместно с высшими учебными заведениями и научными организациями в общей сложности за это время подано 1645 заявок. В результате проведенных открытых конкурсов одобрен для субсидирования 271 проект. В данный момент объявлена восьмая очередь. При этом надо иметь в виду, что в федеральном бюджете на каждый очередной год предусмотрены плановые ассигнования на реализацию постановления правительства № 218 (см. рис. 2).

На ходе реализации постановления правительства «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» стала очевидной необходимость совершенствования организационно-экономического механизма кооперации в части формирования дополнительных критериев оценки для отбора заявок на научно-технические проекты, а также последующего управления процессом. Ведь критерии не только определяют итоговое место заявки в конкурсе, но и намечают векторы развития кооперации, макрозадачи проектов с высокотехнологическим производством.

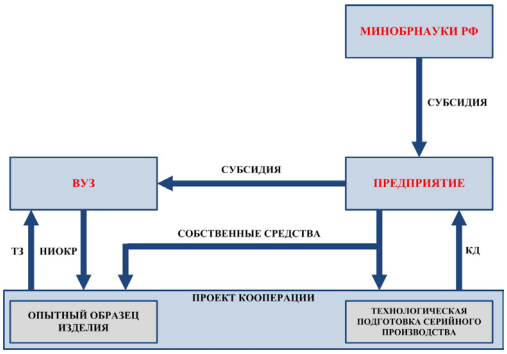


Рис. 1. Схема взаимодействия участников кооперации по постановлению № 218.

Применим следующий подход, нередко реализуемый на практике: сформулируем требования к управляющей системе и в полном объёме перенесем их на рассматриваемый организационно-экономический механизм, а концептуальные принципы профильного управления будем вырабатывать таким образом, чтобы следование им позволяло удовлетворить требования к управляющей системе.

На всех этапах жизненного цикла к управляющей системе предъявляются требования, т.е. устанавливаются перечень и значения свойств, которыми она должна обладать (хотя бы по минимуму). Такие требования носят комплексный характер и могут быть варианты, задаваться по схеме исключающего «или».

К организационно-экономическому механизму принятия решений по отбору научно-технических проектов приоритетны требования, связанные (рис. 3):

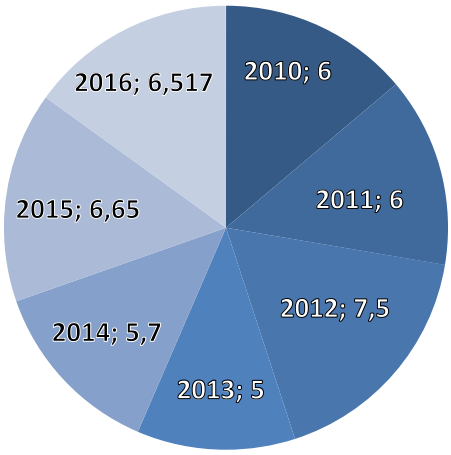


Рис. 2. Бюджетные ассигнования на реализацию постановления правительства № 218, млрд руб.

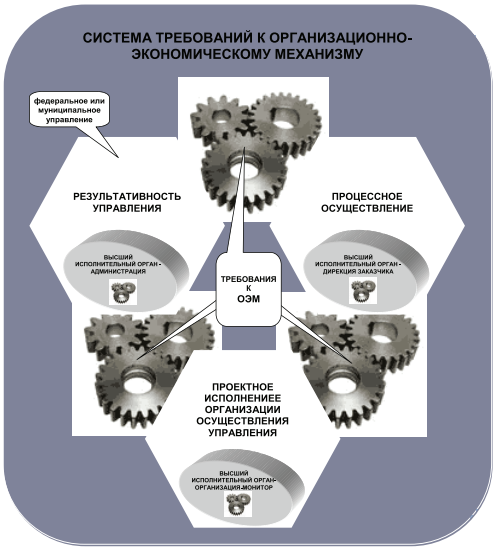


Рис. 3. Концептуальный облик системы требований к ОЭМ [4].

– с результативностью управления;

– с процессным осуществлением этого управления;

– с проектным исполнением организации процесса управления.

Были сочтены обязательными:

• достаточная универсальность организационно-экономического механизма, позволяющая применять его:

– для произвольного периода управления;

– для произвольной дискретности управления;

– для произвольной численности и технико-экономических характеристик научно-технических проектов;

– для произвольных показателей состояния и управленческих решений из числа определенных, а также параметрически произвольных ограничений по этим показателям;

• приемлемая точность варианта принятия решений по отбору научно-технических проектов, обеспечивающая уровень относительной погрешности признанного предпочтительным варианта по отношению к идеальному варианту решения по ожидаемым значениям показателей состояния не выше 10 %;

• приемлемая оперативность обоснования принятия решений по отбору научно-технических проектов, которая может оцениваться величиной предельно допустимых затрат календарного времени;

• применимость с использованием типовых для современной российской управленческой практики вычислительных платформ в виде ПЭВМ;

• возможность использования с привлечением управленческого персонала с достигнутым уровнем профессиональной квалификации в области конкурсных торгов;

• полная непротивоправность создания, функционирования и развития в части соответствия российскому законодательству:

– по составу и содержанию целей управления и показателей состояния, управленческих воздействий и решений;

– по составу, источникам и способам получения первичной информации;

– по действиям и бездействиям управленческого персонала;

– по продуктовой оригинальности организационно-экономического механизма в сопоставлении с более ранними фундаментальными и прикладными исследованиями.

Организационно-экономический механизм по отбору научно-технических проектов при всем том в первую очередь должен удовлетворять требованиям законодательства в области конкурсных процедур, в частности положениям Федерального закона № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [5].

Контрактная система в сфере закупок, согласно этому закону (рис. 4), основывается на принципах открытости, прозрачности информации, обеспечения конкуренции, профессионализма заказчика, стимулирования инноваций, единства контрактной системы в сфере закупок, ответственности за результативность обеспечения государственных и муниципальных нужд, эффективность осуществления закупок.

Принцип открытости и прозрачности.

1) В Российской Федерации обеспечивается свободный и безвозмездный доступ к информации о контрактной системе в сфере закупок.

2) Открытость и прозрачность информации обеспечиваются, в частности, путем ее размещения в единой информационной системе.

3) Информация должна быть полной и достоверной.

Принцип обеспечения конкуренции.

1) Контрактная система в сфере закупок направлена на создание равных условий для обеспечения конкуренции между участниками закупок. Любое заинтересованное лицо имеет возможность в соответствии с законодательством и иными нормативными правовыми актами о контрактной системе в сфере закупок стать поставщиком (подрядчиком, исполнителем).

2) Конкуренция при осуществлении закупок должна быть основана на соблюдении принципа добросовестной ценовой и неценовой конкуренции в целях выявления лучших условий поставок товаров, выполнения работ, оказания услуг. Запрещается совершение заказчиками, специализированными организациями, их должностными лицами, комиссиями по осуществлению закупок, членами таких комиссий, участниками закупок любых действий, которые противоречат требованиям закона, в том числе приводят к ограничению конкуренции, в частности к необоснованному ограничению числа участников закупок.

Принцип профессионализма заказчика.

1) Контрактная система предусматривает осуществление деятельности заказчика, специализированной организации и контрольного органа в сфере закупок на профессиональной основе с привлечением квалифицированных специалистов, обладающих теоретическими знаниями и навыками в этой сфере.

2) Заказчики, специализированные организации принимают меры по поддержанию и повышению уровня квалификации и профессионального образования должностных лиц, занятых в сфере закупок.

Принцип стимулирования инноваций.

Заказчики при планировании и осуществлении закупок должны исходить из приоритета обеспечения государственных и муниципальных нужд путем закупок инновационной и высокотехнологичной продукции.

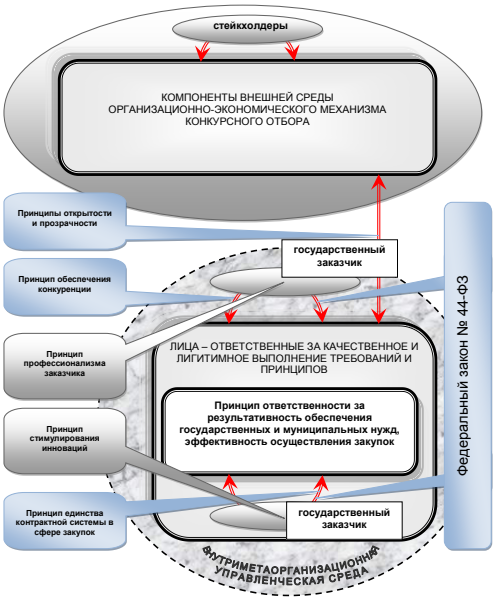


Рис. 4. Типологическое многообразие принципов, регулирующих осуществление конкурсного отбора в соответствии с законом № 44-ФЗ.

Принцип единства контрактной системы в сфере закупок.

Контрактная система основывается на единых принципах и подходах, предусмотренных законом и позволяющих обеспечивать государственные и муниципальные нужды посредством планирования и осуществления закупок, их мониторинга, аудита, а также контроля в сфере закупок.

Принцип ответственности за результативность обеспечения государственных и муниципальных нужд, эффективность осуществления закупок.

1) Государственные органы, органы управления государственными внебюджетными фондами, муниципальные органы, казенные учреждения, иные юридические лица в случаях, установленных законом, при планировании и осуществлении закупок должны исходить из необходимости достижения заданных результатов в обеспечении государственных и муниципальных нужд.

2) Должностные лица заказчиков несут персональную ответственность за соблюдение требований, установленных законодательством о контрактной системе в сфере закупок и нормативными правовыми актами.

Сформированная система принципов положена в основу системы критериев, разработанной с соблюдением требований ценностной ориентированности модели

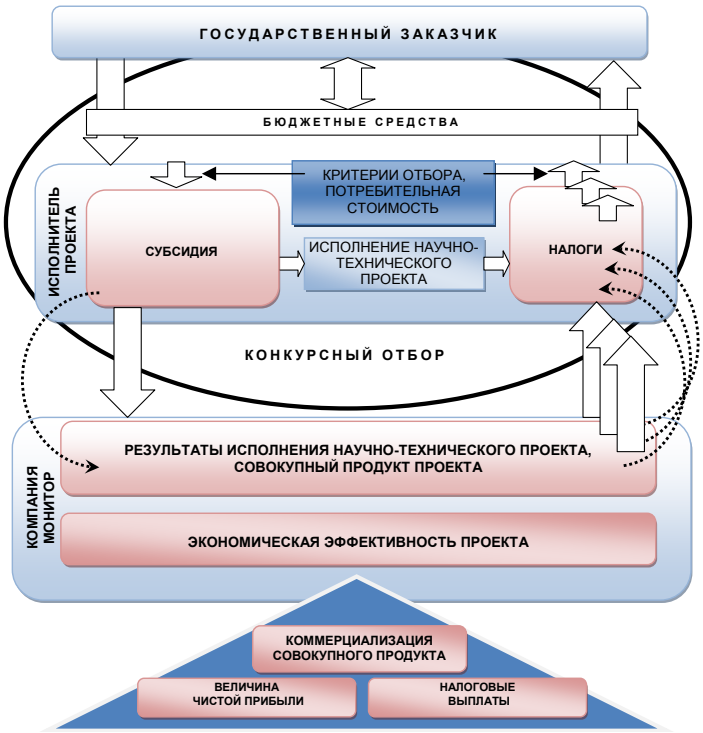


Рис. 5. Концептуальный облик специализированного организационно-экономического механизма.

систематизации и отбора общественно значимых проектов, и на ее базе предлагается инструментарий, представленный процедурой и экономико-математическим аппаратом объективизации процессов создания и отбора государственных проектов и программ с позиций их стратегической ориентированности и одновременно потребительской результативности (рис. 5).

Таким образом, привнеся изменения в структуру механизма отбора научно-технических проектов путем введения категории совокупного продукта проекта и оценки его потребительной стоимости, государственный заказчик заведомо стимулирует потенциального исполнителя к выявлению промежуточных, побочных и конечных товарных форм проекта на стадии подготовки конкурсной заявки, технико-экономического обоснования и планирования проекта.

Заявка, отвечающая соответствующим требованиям, будет иметь объективные преференции по отношению к конкурентам. Соответственно повышается и вероятность выигрыша конкурса.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) является прямым участником реализации постановления правительства № 218 в качестве головного исполнителя НИОКР. За период с 2010 по 2015 год вуз успешно выполнил пять проектов с общим объёмом финансирования 794,5 млн рублей.

Одним из основных исполнителей проектов стал научный центр специальных радиоэлектронных систем и менеджмента, созданный в 2008 году с целью интенсификации научно-производственной и инновационной деятельности МАИ в сфере разработки и производства современных радиоэлектронных продуктов.

Так, в 2010–2013 годы центр разработал по заказу корпорации «Фазотрон-НИИР» многофункциональную бортовую радиолокационную систему (МБРЛС) для различных носителей народнохозяйственного и оперативно-тактического назначения, которая стала уникальным изделием в России такого рода и позволяет в дальнейшем получить унифицированный ряд семейства БРЛС нового поколения.

Победа в 2015 году в шестой очереди открытого конкурса Минобрнауки позволила центру открыть совместный проект с ПО «Октябрь» по разработке и организации высокотехнологичного производства малогабаритной многорежимной бортовой радиолокационной системы

Ku-диапазона волн (ММБРЛС) для оснащения перспективных беспилотных и вертолетных систем [6].

В ходе реализации проекта должны быть разработаны:

– опытный образец и конструкторская документация ММБРЛС для оснащения атмосферных летательных аппаратов различных типов (вертолет, беспилотный летательный аппарат) с целью выполнения мониторинга земной поверхности при проведении поисково-спасательных и специальных операций в кооперации с инновационными предприятиями, занимающимися разработкой наукоемкой продукции;

– комплексный проект по организации производства ММБРЛС;

– высокие технологии для создания миниатюрных радаров и составляющих их подсистем, а также функциональных устройств ММБРЛС.

Одной из ключевых задач при реализации данного проекта для предприятий является получение конечного продукта, который предстоит коммерциализировать, с помощью его продажи получить финансовые средства, а непосредственно для заказчика – возврат субсидий через налоги и сборы. В качестве конечного изделия в этом случае рассматривается ММБРЛС, а в качестве промежуточных товарных выходов, например, антенный модуль, модули приёмозадающий и передающий.

Результат реализации научно-технического проекта на «вторичном» уровне – это множество технологий, побочных и промежуточных продуктов, рыночный или целевой спрос на которые следует оценивать и прогнозировать вместе с оценкой спроса на конечный продукт проекта.

Предлагаемым инструментарием оценки проекта предусматривается доведение до практического использования всех научно-технических новаций как по финальному изделию, так и по возможным другим вариантам в виде промежуточных и побочных продуктов. Это закономерно, поскольку рассматривается проект, состоящий из совокупности подпроектов, объединенных единым системным замыслом [7].

ВЫВОДЫ

Государственное финансирование научно-технических проектов, выполняемых с участием вузов, требует соответствующей отдачи, в частности, путем перечисления налогов и сборов на реализованную предприятиями серийную продукцию. При этом следует учитывать возможность коммерциализации не только финального продукта, но и возможных товарных выходов на разных стадиях жизненного цикла НИОКР. В ходе реализации НИОКР создается кооперация соисполнителей на разработку отдельных узлов и модулей, которые, в свою очередь, являются законченными изделиями. Этому сопутствует и то, что при вузах организуются научно-образовательные центры, способные обучать слушателей прорывным технологиям в рамках заявленных проектов, а полученные патенты, ноу-хау, инновационные модели и методы делать самостоятельным продуктом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канащенков А. И., Новиков С. В. Программно-целевые инструменты государственного управления высокотехнологичными научно-техническими проектами // Высшая школа. – 2016. – № 11. – С. 17–19.

2. Постановление правительства РФ от 9 апреля 2010 года № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

3. Тихонов А. И., Новиков С. В. Совершенствование конкурсных процедур отбора высокотехнологичных проектов в условиях импортозамещения // Высшая школа. – 2016. – № 12. – С. 22–25.

4. Новиков С. В., Замковой А. А. Генерирование требований к специализированному механизму конкурсного отбора высокотехнологичных проектов // Высшая школа. – 2016. – № 13. – С. 4–9.

5. Федеральный закон от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

6. Новиков С. В., Кулакова Д. С. Реализация комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производствам // Научная дискуссия: инновации в современном мире. – 2016. – № 6–1. – С. 73–77.

7. Кулакова Д. С., Новиков С. В. Прогнозы коммерциализации результатов комплексного проекта // Научная дискуссия: вопросы экономики и управления. – 2016. – № 6. – С. 50–56.

Координаты авторов: **Тихонов А. И.** – engecin_mai@mail.ru, **Новиков С. В.** – sv@mai.ru, **Федотова М. А.** – fedotova-ma@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 29.07.2016, принята к публикации 18.11.2016.

INTERACTION OF UNIVERSITIES AND ENTERPRISES IN THE FIELD OF HIGH-TECH PRODUCTION

Tikhonov, Aleksey I., *Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia.*
Novikov, Sergey V., *Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia.*
Fedotova, Marina A., *Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The article presents a mechanism for managing high-tech scientific and technical projects based on the implementation of Government Resolution No. 218 «On Measures of State Support for Development of Cooperation between Russian Higher Educational Institutions and Organizations Implementing Comlex Projects for Creation of High-Tech Production» dated April 9, 2010. In particular, innovative activity in this sphere of the scientific center of special radio-electronic systems and management of MAI is shown and its results are simultaneously projected onto the conditions and requirements of cooperation between universities and enterprises interacting for the sake of creating breakthrough technologies and competitive products.

Keywords: university, enterprise, scientific and technical project, high-tech production, innovations, contract system, procurement, cooperation.

Background. *The system of state administration performs mainly stimulating and regulating functions in conditions of transition and formation of innovative economy [1].*

One of the most effective instruments of state stimulation of innovative activity is implementation of RF Government Resolution No. 218 «On Measures of State Support for Development of Cooperation between Russian Higher Educational Institutions and Organizations Implementing Complex Projects for Creation of High-Tech Production» dated April 9, 2010 [2]. The resolution provides for the possibility of allocating subsidies to enterprises for a period of 1 to 3 years, the amount of financing to 100 million rubles a year. This is done on a competitive basis through an open public competition.

Objective. *The objective of the authors is to consider interaction of universities and enterprises in the field of high-tech production.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparative analysis, analytical approach.*

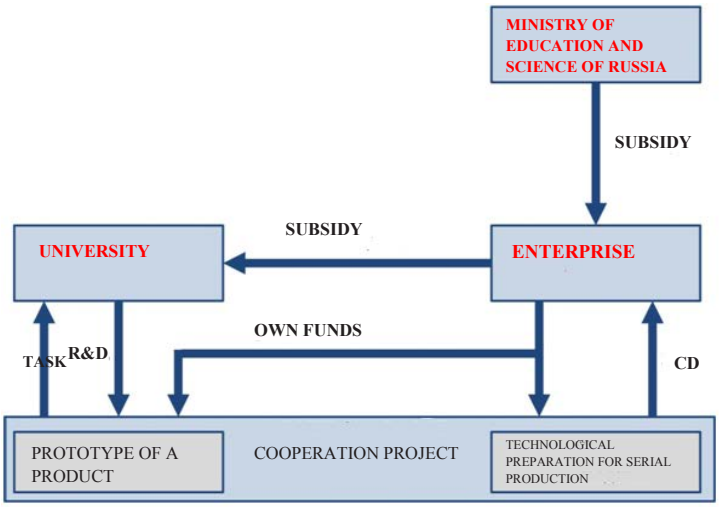
Results. *An open competition is held by the Ministry of Education and Science. Competitive documentation is posted on its official website, as well as on the website of the state procurement of the Russian Federation. A participant of the competition for the right to receive a subsidy is an organization that (Pic. 1):*

a) represents a project that provides for implementation of research, development and technological work by Russian higher educational institutions;

b) additionally allocates at least 100 % of the volume of the subsidy for the project, at least 20 % of which is used for research, development and technological work.

An enterprise selected as a result of a tender is obliged to provide information about high-tech products developed within the project and the volume of its output for at least five years after the end of the contract (agreement) on the subsidy.

In the period from 2010 to 2016, the Ministry of Education and Science announced seven competitive lines. Enterprises together with higher educational institutions and scientific organizations in total for this time submitted 1645 applications. As a result of open tenders, 271 projects have been approved for subsidizing. At the moment, the eighth line is announced. At the same time, it should be borne in mind that in the federal budget, for each regular year, planned allocations are made for the implementation of Government Resolution No. 218 (see Pic. 2). During the implementation of the Government Resolution «On Measures of State Support for Development of Cooperation between Russian Higher Educational Institutions and Organizations Implementing Comlex Projects for Creation of High-Tech Production», it became apparent that the organizational and economic cooperation mechanism should be improved in terms of the formation of additional



Pic. 1. Scheme of interaction of participants in cooperation under Resolution No. 218.

evaluation criteria for the selection of applications for scientific and technical projects, as well as subsequent process control. After all, the criteria not only determine the final place of the application in the competition, but also outline the vectors for the development of cooperation, the macro tasks of projects with high-tech production.

We will apply the following approach, often implemented in practice: we formulate the requirements for the management system and transfer them to the organizational and economic mechanism in full, and the conceptual principles of profile management will be worked out in such a way that adherence to them would allow meeting the requirements for the management system.

At all stages of the life cycle, the requirements are imposed on the control system, i.e. a list and values of properties is set, that it must have (at least to a minimum). Such requirements are of a complex nature and there may be options, to be specified according to the scheme of the exclusive «or».

The requirements for organizational and economic mechanism for making decisions on the selection of scientific and technical projects are related to (Pic. 3):

– effectiveness of management;

– process implementation of this management;

– project implementation of the organization of the management process.

The following requirements are compulsory:

• Sufficient universality of the organizational and economic mechanism, which makes it possible to apply it for:

– an arbitrary control period;

– arbitrary control discretion;

– an arbitrary number and technical and economic characteristics of scientific and technical projects;

– arbitrary indicators of state and management decisions from the number of certain, as well as parametrically arbitrary restrictions on these indicators;

• acceptable accuracy of the decision-making option for selection of scientific and technical projects, providing a level of the relative error of the preferred option in relation to the ideal solution for the expected values of state indicators not exceeding 10 %;

• acceptable promptness of the rationale for making decisions on the selection of scientific and technical projects, which can be estimated by the maximum allowable costs of calendar time;

• applicability using standard computer models for modern Russian administrative practice in the form of PC;

• possibility of the use with the involvement of management personnel with the achieved level of professional qualification in the field of competitive bidding;

• complete legality of creation, functioning and development in terms of compliance with Russian legislation:

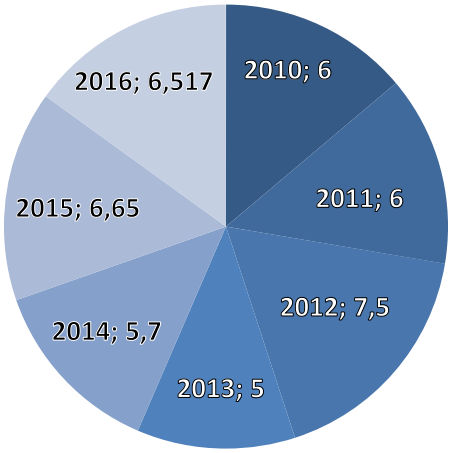
– on composition and content of management objectives and indicators of the state, managerial influences and decisions;

– on the composition, sources and methods of obtaining primary information;

– on actions and inactions of management personnel;

– on product originality of the organizational and economic mechanism in comparison with earlier fundamental and applied research.

The organizational and economic mechanism for selection of scientific and technical projects, in the first place, must satisfy the requirements of the legislation in the field of competitive procedures, in particular, the provisions of Federal Law No. 44-FZ «On the contract system in the procurement of goods, works, services for provision of state and municipal needs» [5].

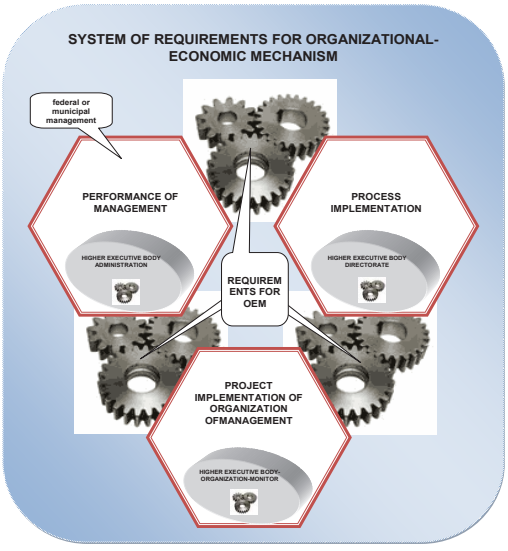


Pic. 2. Budgetary allocations for implementation of Government Resolution No. 218, billion rubles.

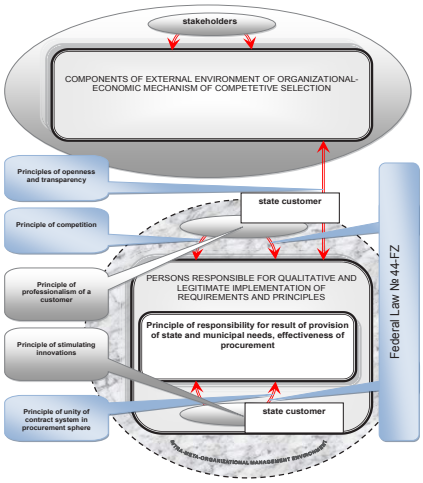
The contract system in the procurement sphere, according to this law (Pic. 4), is based on the principles of openness, transparency of information, ensuring competition, the professionalism of the customer, stimulating innovation, the unity of the contract system in the procurement sphere, responsibility for the effectiveness of providing state and municipal needs, the effectiveness of implementation of procurement.

The principle of openness and transparency.

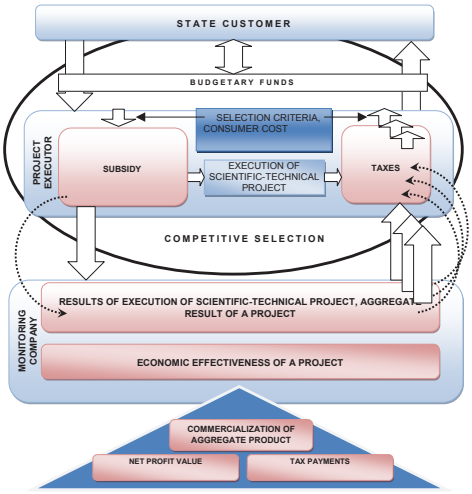
1) The Russian Federation provides free and unpaid access to information on the contract system in the procurement sphere.



Pic. 3. Conceptual appearance of the system of requirements for the OEM [4].



Pic. 4. Typological variety of principles governing the implementation of competitive selection in accordance with Law No. 44-FZ.



Pic. 5. The conceptual image of a specialized organizational and economic mechanism.

2) Openness and transparency of information are provided, in particular, by placing it in a single information system.

3) The information must be complete and reliable.

The principle of competition.

1) The contractual system in the field of procurement is aimed at creating equal conditions for ensuring competition between the participants in procurement. Any interested person has an opportunity to become a supplier (contractor, executor) in accordance with the legislation and other regulatory legal acts on the contract system in the field of procurement.

2) The competition in the procurement should be based on the observance of the principle of fair price and non-price competition in order to identify the best conditions for supply of goods, performance of work, provision of services. It is forbidden for customers, specialized organizations, their officials, procurement commissions, members of such commissions, participants in the procurement to conduct any actions that contradict the requirements of the law, including restricting competition, in particular to unreasonably limiting the number of participants in procurement.

The principle of the customer's professionalism.

1) The contract system provides for carrying out the activities of the customer, specialized organization and control body in the field of procurement on a professional basis with the involvement of qualified specialists with theoretical knowledge and skills in this field.

2) Customers, specialized organizations take measures to maintain and improve the level of skills and professional education of officials involved in procurement.

The principle of stimulating innovation.

Customers in planning and implementation of procurement should proceed from the priority of securing state and municipal needs through the procurement of innovative and high-tech products.

Principle of unity of the contract system in the field of procurement.

The contract system is based on common principles and approaches provided for by law and allowing to provide state and municipal needs through planning and implementation of procurement, their monitoring, audit, and control in the procurement sphere.

The principle of responsibility for the effectiveness of ensuring state and municipal needs, the effectiveness of procurement.

1) The state bodies, the management bodies of state extra-budgetary funds, municipal bodies, state institutions, other legal entities in cases prescribed by law should be guided by the need to achieve specified results in ensuring state and municipal needs when planning and implementing procurement.

2) The officials of the customers are personally liable for compliance with the requirements established by the legislation on the contract system in the field of procurement and regulatory legal acts.

The formed system of principles is based on a system of criteria developed in accordance with the requirements of the value orientation of the model for systematization and selection of socially significant projects, and on its basis the tool is offered presented by the procedure and the economic and mathematical apparatus for objectifying the processes of creating and selecting state projects and programs from the standpoint of their strategic Orientation and at the same time consumer effectiveness (Pic. 5).

Thus, by introducing changes in the structure of the mechanism for selecting scientific and technical projects by introducing the category of the aggregate product of the project and estimating its use value, the state customer obviously stimulates the potential contractor to identify intermediate, collateral and final product forms of the project at the stage of preparation of the competitive bid, technical and economic justification and project planning.

An application that meets the relevant requirements will have objective preferences in relation to competitors. Accordingly, the probability of winning the contest increases.

Moscow Aviation Institute (National Research University) is a direct participant in the implementation of Government Resolution No. 218 as the leading executor of R & D. During the period from 2010 to 2015, the university successfully completed five projects with a total funding of 794,5 million rubles.

One of the main executors of the projects became the scientific center of special radio electronic systems and management, created in 2008 to

intensify the scientific and production and innovation activities of MAI in development and production of modern radio electronic products.

Thus, in 2010–2013, the Center developed a multifunctional on-board radar system (MBRS) for various carriers of economic and operational-tactical designation, which became a unique product in Russia of this kind by the order of the Fazotron-NIIR Corporation and allows further obtaining a unified series of BRS of new generation radar.

The victory in 2015 in the sixth stage of the open competition of the Ministry of Education and Science allowed the center to open a joint project with «Oktyabr» enterprise to develop and organize a high-tech production of the small-scale multi-mode on-board Ku-band radar system (SMBRS) for equipping promising unmanned and helicopter systems [6].

During the implementation of the project, the following should be developed:

– prototype and design documentation of SMBRS for equipping atmospheric aircraft of various types (helicopter, unmanned aerial vehicle) for the purpose of monitoring the earth's surface during search and rescue and special operations in cooperation with innovative enterprises engaged in the development of science-intensive products;

– comprehensive project to organize the production of SMBRS;

– high technologies for creation of miniature radars and their constituent subsystems, as well as the functional devices of SMBRS.

One of the key tasks in implementation of this project for enterprises is to obtain the final product, which has to be commercialized, through its sale to receive financial resources, and directly for the customer – the return of subsidies through taxes and fees. As the final product in this case, SMBRS is considered, and as intermediate goods, for example, the antenna module, the receiving-transmitting and transmitting modules.

The result of the implementation of the scientific and technical project at the «secondary» level is a set of technologies, by-products and intermediates, the market or target demand for which should be evaluated and forecasted together with the evaluation of the demand for the final product of the project.

The proposed project evaluation tool provides for bringing to the practical use all scientific and technical innovations both for the final product and for possible other options in the form of intermediate and by-products. This is natural, since we are considering a project consisting of a set of subprojects, united by a single systemic concept [7].

Conclusions. *State financing of scientific and technical projects carried out with the participation of universities requires an appropriate return, in particular, by transferring taxes and fees to the serial products sold by enterprises. At the same time, one should consider the possibility of commercializing not only the final product, but also possible intermediate products at different stages of the life cycle of R & D. In the course of implementing R & D, cooperation is being created between the co-executors to develop separate units and modules, which in turn are finished products. This is also accompanied by the fact that higher educational institutions organize scientific and educational centers capable of teaching students breakthrough technologies within the framework of the announced projects, and to make obtained patents, know-how, innovative models and methods an independent product.*

REFERENCES

1. Kanashchenkov, A. I., Novikov, S. V. Program-target instruments of state management of high-tech scientific and technical projects [*Programmno-celevye instrumenty gosudarstvennogo upravlenija vysokotehnologichnymi nauchno-tehnicheskimi proektami*]. Vysshaja shkola, 2016, Iss. 11, pp. 17–19.

2. Resolution of the Government of the Russian Federation dated April 9, 2010 № 218 «On measures of state support for development of cooperation of Russian higher educational institutions and organizations implementing complex projects for creation of high-tech production» [*Postanovlenie pravitel'stva RF ot 9 aprelja 2010 goda № 218 «O merah gosudarstvennoj podderzhki razvitija kooperacii rossijskih vysshih uchebnyh zavedenij i organizacij, realizujushhih kompleksnye proekty po sozdaniju vysokotehnologichnogo proizvodstva»*].

3. Tikhonov, A. I., Novikov, S. V. Improvement of competitive procedures for selecting high-tech projects under conditions of import substitution [*Sovershenstvovanie konkursnyh procedur otbora vysokotehnologichnyh proektov v uslovijah importozameshhenija*]. *Vysshaja shkola*, 2016, Iss. 12, pp. 22–25.

4. Novikov, S. V., Zamkovoy, A. A. Generation of requirements for a specialized mechanism for competitive selection of high-tech projects [*Generirovanie trebovanij k specializirovannomu mehanizmu konkursnogo otbora vysokotehnologichnyh proektov*]. *Vysshaja shkola*, 2016, Iss. 13, pp. 4–9.

5. Federal Law No. 44-FZ of April 5, 2013 (as amended on July 13, 2015) «On the contract system in the sphere of procurement of goods, works and services for provision of state and municipal needs» [*Federal'nyj zakon ot 5 aprelja 2013 goda № 44-FZ (red. ot 13.07.2015) «O kontraktnoj sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlja obespechenija gosudarstvennyh i municipal'nyh nuzhd»*].

6. Novikov, S. V., Kulakova, D. S. Implementation of complex projects for the creation of high-tech production [*Realizacija kompleksnyh proektov po sozdaniju vysokotehnologichnogo proizvodstvam*]. *Nauchnaja diskussija: innovacii v sovremennom mire*, 2016, Iss. 6–1, pp. 73–77.

7. Kulakova, D. S., Novikov, S. V. Forecasts of commercialization of the results of a complex project [*Prognozy kommercializacii rezul'tatov kompleksnogo proekta*]. *Nauchnaja diskussija: voprosy ekonomiki i upravlenija,* 2016, Iss. 6, pp. 50–56.

Information about the authors:

Tikhonov, Aleksey I. – Ph.D. (Eng.), associate professor, head of the deaprtment of Personnel management of Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia, engecin_mai@mail.ru.

Novikov, Sergey V. – Ph.D. (Economics), deputy director of ENGECIN of Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia, sv@mail.ru.

Fedotova, Marina A. – Ph.D. (Economics), associate professor, deputy head of the department of Personnel management of ENGECIN of Moscow Aviation Institute (National Research University), MAI, Moscow, Russia, fedotova-ma@yandex.ru.

Article received 29.07.2016, accepted 18.11.2016.

УДК 378:001:656.2

Проблемы сотрудничества железных дорог и научных организаций

Светлана ЛЯПИНА

Ляпина Светлана Юрьевна *– доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента инноваций Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Москва, Россия.*

Svetlana Yu. LYAPINA

Problems of Cooperation between Railways and Scientific Organizations

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 246)

Бизнес нуждается в инновационных продуктах, но сомневается в конкурентоспособности научных организаций (в том числе вузовских отраслевых). Проведен анализ противоречий интересов науки и бизнеса в современных российских условиях. Выявлены недостатки научных организаций (научно-исследовательских институтов и университетов) с точки зрения соответствия их усилий конъюнктуре инновационных запросов. Определены ключевые факторы, ограничивающие взаимодействие науки и бизнеса при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Предложена альтернативная модель сотрудничества научных организаций и бизнес-предприятий транспорта, основанная на расширении коммуникаций и организации технологического брокерства с учетом взаимных интересов обеих сторон.

Ключевые слова: университетская и академическая наука, бизнес, транспорт, научно-исследовательские работы, конкурентоспособность, технологическое брокерство, инновационная инфраструктура, сотрудничество, партнерство.

Многими учеными и специалистами констатируется сегодня достаточно существенный разрыв между ожиданиями научного сообщества и бизнеса в отношении друг друга. Свидетельством этого, к примеру, может служить сокращение объёмов финансирования НИОКР на предприятиях железнодорожного транспорта: если в 2011–2013 годах отношение затрат на НИОКР к выручке от основной деятельности составляла 0,51 %, то планом на 2016 году было установлено целевое значение в 0,48 %, что в абсолютных цифрах оказывается заметным сокращением при отмечаемом снижении объёмов поступлений от основных видов деятельности. Статистика также показывает, что упали объёмы научно-исследовательских работ, проводимых по договорам с предприятиями железнодорожного транспорта, причем не только в отраслевых вузах, но и дочерних и зависимых акционерных обществах – преобразованных отраслевых НИИ.

Как убеждает анализ, сформировался устойчивый «порочный круг»: с одной стороны, бизнес «не верит» в способность отечественной науки производить

конкурентоспособные, полезные и эффективные научные результаты, поскольку развитие научно-технологической базы в процессе рыночных реформ постоянно недофинансировалось, резко повысился средний возраст ученых и исследователей, а в последние годы наблюдается сокращение международных научных контактов – то есть, по мнению бизнеса, академическая и университетская наука объективно не способны генерировать открытия и изобретения, соответствующие современному уровню научно-технического прогресса. С другой стороны, научное сообщество вполне справедливо обвиняет крупный бизнес, реально располагающий возможностью финансировать полный цикл научных исследований, в нежелании внедрять научные результаты в производство, стремлении покупать готовые технологические решения в виде апробированных, а в случае необходимости – сертифицированных материалов, комплектующих, оборудования, информационных систем и т. п.

Выбирая между риском вложений в пионерные (не имеющие аналогов в мире, способные формировать глобальные конкурентные преимущества, но не доведенные до стадии немедленного использования) научные и технологические разработки и риском утраты лидерских позиций на глобальном уровне (при возможном сохранении лидерства или, по крайней мере, соответствии отраслевым трендам на национальном уровне), руководители предприятий логично предпочитают второе решение, действуя по принципу: «Лучше синица в руках, чем журавль в небе». В итоге, к примеру, на железнодорожном транспорте расходы на научные исследования и разработки в течение последних пяти лет не превышают 5 % от финансирования программы инновационного развития, остальные средства расходуются на закупку уже технологически «отработанной» новой техники и материалов, преимущественно у зарубежных поставщиков. И хотя в условиях импортозамещения предприятия российских железных дорог включают в контракты пункты о локализации производства, тем не менее речь не идёт о собственных научно-технических разработках, а лишь об адаптации импортных технологий к существующей промышленно-производственной базе.

Нередко между конечным потребителем и научной организацией возникает «третья сила» – предприятия, которые должны освоить производство новой техники как результата НИОКР. Для железнодорожного транспорта ими становятся в первую очередь предприятия транспортного машиностроения. В этом случае производители материально-технических ресурсов должны быть уверенными в готовности конечного потребителя приобрести новую технику на условиях, позволяющих окупить затраты на ее разработку и освоение производства, тогда как ни научная организация, ни сам потребитель таких гарантий дать не могут: научная организация, как правило, представляем «сырые» с точки зрения бизнеса результаты научно-технической деятельности, а в условиях конкурсных закупок конечный потребитель может оказаться вынужденным приобрести альтернативное более дешевое и апробированное технологическое решение.

Например, разработка оригинального российского подвижного состава и его внедрение на сети железных дорог требуют не только более существенных стартовых затрат, но и длительного процесса разработки и сертификации новой техники. Тогда как импортные образцы фактически оказываются из-за высокой серийности их выпуска и более дешевыми, и более быстро осваиваемыми в эксплуатации. Кроме того, зарубежные поставщики готовы работать по стандартным контрактам полного жизненного цикла, что существенно снижает и риски внеплановых потерь, и расходы на капитальный и текущий ремонт подвижного состава.

Не стоит забывать и другое: новое научно-техническое решение может не соответствовать морально устаревшим технологическим регламентам и требованиям, на которые ориентируется потребитель при организации конкурсных закупок. Допустим, на железнодорож-

ном транспорте продолжают действовать некоторые технологические регламенты и нормативы, введенные еще МПС СССР. В итоге поставщик конечного потребителя оказывается слабо заинтересованным во внедрении результатов научно-технической деятельности и отказывается от участия в финансировании НИР.

Недостаточность средств при проведении полного цикла исследований и разработок с получением готового для внедрения результата неизбежно отражается на качестве научно-технической деятельности и еще больше увеличивает разрыв между отечественной наукой и бизнесом. В этих условиях требуется принципиально иное выстраивание их взаимоотношений, максимальное сближение интересов всех участников инновационного процесса. Необходимо принять допущение, что они действуют исходя из рациональных интересов своих предприятий и организаций и стремления обеспечить максимальную эффективность своей деятельности.

Специфика научных организаций состоит в том, что для своего эффективного функционирования они должны найти оптимальную пропорцию между фундаментальными и прикладными исследованиями, поскольку, как показывает опыт, без прогресса в фундаментальных исследованиях потенциал развития прикладных исследований достаточно быстро оказывается исчерпанным.

В то же время результативность фундаментальных исследований в общем случае рассматривается как признание новых знаний, полученных в научной организации (например, цитируемость или наличие общественных наград за научные достижения и др.) и подкрепленных в том числе регистрацией прав интеллектуальной собственности на свои разработки. При этом возникает первое противоречие между наукой и бизнесом: для того чтобы обеспечить собственную конкурентоспособность и будущую экономическую безопасность, бизнес-предприятия стараются либо «засекретить» полученные научные результаты, либо ограничить право и стремление научных организаций опубликовать и запатентовать свои достижения.

Одновременно научные организации должны привлекать достаточные ресурсы для развития своего научно-технического потенциала: приобретения современного научного оборудования и экспериментальных материалов, содержания лабораторно-исследовательских комплексов, привлечения и сохранения компетентных научных сотрудников и специалистов, обеспечения информационной поддержки и т.п. Получается, ученые и исследователи должны быть готовы к компромиссу в отношении публикации научных результатов и регистрации прав интеллектуальной собственности, но для этого и сама наука обязана «видеть» коммерческий потенциал своих открытий и выделять среди них наиболее перспективные для коммерциализации.

Таким образом, либо в структуре научных организаций должны появиться подразделения, способные сопровождать результаты исследований и разработок с целью их коммерциализации, либо в инфраструктуре научно-технической и инновационной деятельности должен получить развитие институт технологического брокерства, реализующий следующие основные функции:

– определение возможных областей применения результатов научно-исследовательских работ и прогнозирование сроков их доведения до стадии внедрения;

– разработка и реализация стратегии продвижения результатов научно-исследовательских работ в бизнесе, поиск эффективных методов, форм и инструментов инновационной деятельности;

– выработка сбалансированной политики в отношении результатов интеллектуальной деятельности, обоснованный выбор между их публикацией (представлением и продвижением в научной среде) и коммерциализацией с ограничением доступа к новым знаниям;

– формирование подходов к финансированию и привлечению нефинансовых ресурсов для дальнейшего развития научных исследований и разработок

(в том числе моделей государственно-частного партнерства);

– подготовка коммерческих предложений по использованию результатов интеллектуальной деятельности в бизнесе и юридическое сопровождение их трансфера;

– представление результатов научно-технической деятельности бизнесу и их коммерческое продвижение на рынке высоких технологий, инициация совместной реализации инновационных проектов или трансфер прав на объекты интеллектуальной собственности.

Без развития в сфере науки института технологического брокерства возможность вырваться из существующего «порочного круга» недоверия между наукой и бизнесом значительно усложняется. С другой стороны, бизнес должен стать более открытым по отношению к научным организациям: им надо обеспечить доступ к стратегиям научно-технического и инновационного развития бизнеса, дать четко сформулированные принципы и приоритеты сотрудничества в области техники и технологий. Примером повышения открытости и прозрачности своей научно-технической политики могут в этом плане считаться актуализированная версия программы инновационного развития холдинга «Российские железные дороги», стратегия его научно-технического развития, а также ряд функциональных стратегий, которые становятся доступными для научных организаций.

Научным организациям важно не только заранее готовить технические предложения, но и оценивать ожидаемую экономическую эффективность от их продвижения в бизнесе, для чего тот должен обозначить планируемые масштабы внедрения, глубину проникновения технологий в компанию и т.д. Эта задача может быть решена исходя из среднесрочных планов реализации программы инновационного развития, долгосрочной программы стратегического развития, генеральной схемы развития отрасли и других намечаемых ориентиров.

Кроме того, бизнес должен быть в курсе последних достижений науки и техники, более восприимчиво реагируя на новые технологические возможности как в виде пересмотра нормативной базы и технологических регламентов, так и корректировки собственной стратегии развития с учетом достижений научно-технического прогресса. Компании обязаны иметь надежные коммуникационные каналы распространения новых знаний, включая инициируемые бизнесом научно-практические отраслевые конференции, выставки научно-технических достижений, научные и проектно-технологические конкурсы, виртуальные средства постоянного общения (технологические платформы, форумы, биржи высоких технологий и др.). В любом случае бизнес должен получать инновационные продукты «из первых рук» (что сокращает сроки реакции на перманентные технологические вызовы) и стать более восприимчивым к инициативам научного сообщества.

Только на основе согласования взаимных интересов и развития общей креативной инфраструктуры (типа института технологического брокерства), усиленной эффективными средствами коммуникаций и распространения новых знаний, бизнес и наука (академическая и университетская) будут способны вместе преодолеть возникший разрыв и обеспечить плодотворное сотрудничество и партнерство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дежина И. Г., Киселева В. В. Государство, наука и бизнес в инновационной системе России (Научные труды / Институт экономики переходного периода; № 115Р).– М.: ИЭПП, 2008.– 227 с.

2. Ицкович Генри Тройная спираль. Университеты–предприятия–государство. Инновации в действии / Пер. с англ. под ред. А. Ф. Уварова.– Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010.– 237 с.

3. Каллас М. С. Взаимодействие науки, образования и бизнеса как основа формирования инновационной среды в России // Вестник Томского государственного университета: Серия «Экономика».– 2011.– № 4.– С. 185–191.

Координаты автора: **Ляпина С. Ю.** – sylyapina@hse.ru.

Статья поступила в редакцию 12.08.2016, принята к публикации 11.12.2016.

PROBLEMS OF COOPERATION BETWEEN RAILWAYS AND SCIENTIFIC ORGANIZATIONS

Lyapina, Svetlana Yu., *National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The business needs innovative products, but it doubts the competitiveness of scientific organizations (including university-level industry organizations). The analysis of the contradictions of the interests of science and business in modern Russian conditions is carried out. The shortcomings of scientific organizations (research institutes and universities) are revealed in terms of conformity of their efforts with the conjuncture of innovative inquiries. The key factors that limit the interaction of science and business in carrying out research and development work are identified. An alternative model of cooperation between scientific organizations and business transport enterprises is proposed, based on the expansion of communications and the organization of technological brokerage, taking into account the mutual interests of both sides.

Keywords: university and academic science, business, transport, research, competitiveness, technological brokerage, innovative infrastructure, cooperation, partnership.

Background. *Many scientists and specialists state today a rather significant gap between the expectations of the scientific community and business in relation to each other. Evidence of this, for example, may be the reduction in the volume of R & D financing at railway transport enterprises: if in 2011–2013 the ratio of R & D expenses to revenues from core activities was 0,51 %, then the target for 2016 was set at 0,48 %, which in absolute terms appears to be a significant reduction with a marked decrease in revenues from core activities. The statistics also shows that the volume of scientific research conducted under contracts with railway transport enterprises has fallen, not only in branch higher education institutions, but also in affiliated and dependent joint-stock companies – the reformed industrial research institutes.*

Objective. *The objective of the author is to consider problems of cooperation between railways and scientific organizations.*

Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, economic assessment method.*

Results. *As the analysis convinces, a stable «vicious circle» has formed: on the one hand, the business «does not believe» in the ability of domestic science to produce competitive, useful and effective scientific results, since the development of the scientific and technological base in the process of market reforms has constantly been underfunded, the average age of scientists and researchers has sharply increased, and in recent years, there has been a reduction in international scientific contacts – that is, according to business, academic and university science are objectively incapable to discover discoveries and inventions that correspond to the current level of scientific and technological progress. On the other hand, the scientific community quite rightly blames the big business, which really has the opportunity to finance a full cycle of scientific research, unwillingness to introduce scientific results into production, the desire to buy ready-made technological solutions in the form of approved, and if necessary, certified materials, components, equipment, information systems, etc.*

Choosing between the risk of investment in pioneer (without analogues in the world, able to form global competitive advantages, but not at the stage of immediate use) scientific and technological developments and the risk of losing leadership positions at the global level (with a possible retention of leadership, or at least in the long run, in the absence of analogs in the world, capable of forming global competitive advantages, but not brought to the stage of immediate use) according to industry trends at the national level), business leaders logically prefer the second solution, acting on the principle «bird in the hand is better than two in the bush». As a result, for example, in railway transport, the costs of research and development over the past five years do not exceed 5 % of the financing of the innovative development program, the remaining funds are spent on the purchase of technologically «mature» new equipment and materials, mainly from foreign suppliers. And although in terms of import substitution enterprises of the Russian railways include contract clauses on localization of production, nevertheless, we are not talking about their own scientific and technical developments, but only the adaptation of imported technologies to the existing industrial and manufacturing base.

Often between the final consumer and scientific organization there is a «third force» – businesses that have to master new techniques as a result of R & D. For rail transport these are primarily enterprises of transport engineering. In this case, producers of material and technical resources should be confident in the readiness of the end user to purchase new equipment on conditions that allow them to pay back the costs of its development and production development, whereas neither the scientific organization nor the consumer itself can give such guarantees: a scientific organization, like generally, present «raw» in terms of business results of scientific and technological activities, and competitive procurement conditions, the final consumer may be forced to buy an alternate, i.e. cheaper and proven technology solution.

For example, the development of the original Russian rolling stock and its implementation on the railway network require not only more significant start-up costs, but also a long process of development and certification of new equipment. While imported samples are actually due to the high seriality of their production and cheaper, and more quickly mastered in operation. In addition, foreign suppliers are ready to work under standard contracts of a full life cycle, which significantly reduces the risks of unscheduled losses, as well as expenses for capital and current repair of rolling stock.

Do not forget the other: a new scientific and technical solution may not correspond to obsolete technological regulations and requirements that the consumer is guided by when organizing competitive procurement. Let us assume that some technological regulations and standards introduced by the Ministry of Railways of the USSR continue to operate on the railway transport. As a result, the supplier of the end user appears to be weakly interested in the implementation of the results of scientific and technical activities and refuses to participate in the financing of research.

The inadequacy of funds in conducting a full cycle of research and development with obtaining a result ready for implementation inevitably affects the quality of scientific and technical activities and further widens the gap between domestic science and business. In these conditions, a fundamentally different alignment of their mutual relations is required, a maximum convergence of interests of all participants in the innovation process. It is necessary to accept the assumption that they act based on the rational interests of their enterprises and

organizations and the desire to ensure maximum effectiveness of their activities.

Specificity of scientific organizations is that for their effective functioning they must find the optimal proportion between fundamental and applied research, since, experience shows, without progress in basic research, the potential for the development of applied research is quickly exhausted.

At the same time, the effectiveness of basic research is generally considered as recognition of new knowledge obtained in a scientific organization (for example, citation or availability of public awards for scientific achievements, etc.) and backed up by registration of intellectual property rights for their own development. At the same time, the first contradiction arises between science and business: in order to ensure their own competitiveness and future economic security, business enterprises try to either «classify» the scientific results obtained or limit the right and aspiration of scientific organizations to publish and patent their achievements.

At the same time, scientific organizations should attract sufficient resources to develop their scientific and technical potential: acquisition of modern scientific equipment and experimental materials, content of laboratory research complexes, attraction and preservation of competent scientific personnel and specialists, provision of information support, etc. It turns out that scientists and researchers should be prepared to compromise on the publication of scientific results and registration of intellectual property rights, but for this science itself must «see» the commercial potential of its discoveries and distinguish among them the most promising for commercialization.

Thus, either in the structure of scientific organizations there should appear divisions capable of accompanying the results of research and development with the aim of their commercialization, or in the infrastructure of scientific, technical and innovative activity, the institute of technological brokerage should realize the development that implements the following main functions:

– identification of possible areas for applying the results of research and forecasting the timing of their completion to the stage of implementation;

– development and implementation of a strategy to promote the results of research in business, the search for effective methods, forms and tools of innovation;

– development of a balanced policy on the results of intellectual activity, a reasonable choice between their publication (presentation and promotion in the scientific environment) and commercialization with limited access to new knowledge;

– formation of approaches to financing and attraction of non-financial resources for the further development of research and development (including models of public-private partnerships);

– preparation of commercial proposals for using the results of intellectual activity in business and legal support for their transfer;

– presentation of the results of scientific and technical activities to business and their commercial promotion in the high-tech market, initiation of joint implementation of innovative projects or transfer of rights to intellectual property.

Without development of the institute of technological brokerage in the field of science, the opportunity to break out of the existing «vicious circle» of distrust between science and business is significantly complicated. On the other hand, business should become more open to scientific organizations: they need to provide access to the strategies of scientific, technical and innovative development of business, to give clearly formulated principles and priorities of cooperation in the field of technology. An updated version of the innovative development program of the holding Russian Railways, a strategy for its scientific and technological development, and a number of functional strategies that are made available to scientific organizations can be considered as an example of increasing the openness and transparency of their scientific and technical policy.

It is important for scientific organizations not only to prepare technical proposals in advance, but also to estimate the expected economic efficiency from their promotion in business, for which it should indicate the planned scale of implementation, the depth of penetration of technologies into the company, etc. This task can be solved based on medium-term plans for implementation of the innovative development program, long-term strategic development program, general scheme for development of the industry and other planned targets.

In addition, business should be aware of the latest achievements of science and technology, responding more sensitively to new technological opportunities both in the form of revising the regulatory framework and technological regulations, and adjusting its own development strategy, taking into account the achievements of scientific and technological progress. Companies are required to have reliable communication channels for dissemination of new knowledge, including scientific and practical industry conferences initiated by business, exhibitions of scientific and technical achievements, scientific and technological competitions, virtual means of constant communication (technology platforms, forums, high-tech exchanges, etc.). In any case, the business should receive innovative products «first-hand» (which reduces the response time to permanent technological challenges) and become more receptive to the initiatives of the scientific community.

Conclusion. *Only on the basis of harmonization of mutual interests and development of a common creative infrastructure (such as the institute of technological brokerage), strengthened by effective means of communication and dissemination of new knowledge, business and science (academic and university) will be able to overcome the gap that has arisen and ensure fruitful cooperation and partnership.*

REFERENCES

1. Dezhina, I. G., Kiseleva, V. V. State, Science and Business in the Innovative System of Russia [*Gosudarstvo, nauka i biznes v innovacionnoj sisteme Rossii*] (*Nauchnye trudy / Institut jekonomiki perehodnogo perioda; № 115R*). Moscow, IEPP, 2008, 227 p.

2. Itskovich, Henry. The Triple Spiral. University–enterprise–state. Innovations in action [*Trojnaja spiral'. Universitety–predprijatija–gosudarstvo. Innovacii v dejstvii*]. Trans. from English. Ed. by A. F. Uvarov. Tomsk, Tomsk State University of Control systems And Radio Electronics, 2010, 237 p.

3. Kallas, M. S. Interaction of science, education and business as the basis for formation of an innovation environment in Russia [*Vzaimodejstvie nauki, obrazovanija i biznesa kak osnova formirovanija innovacionnoj sredy v Rossii*]. *Bulletin of Tomsk State University: «Economics» series*, 2011, Iss. 4, pp. 185–191. ●

Information about the author:
Lyapina, Svetlana Yu. – D.Sc. (Economics), professor of the department of Innovation Management of National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Russia, sylyapina@hse.ru.

Article received 12.08.2016, accepted 11.12.2016.

УДК 378:32

Политическое образование в вузе как стимул гражданской активности студента

Наталья ДЕНИСЕНКОВА

Natalia N. DENISENKOVA

Денисенкова Наталья Николаевна *– кандидат политических наук, доцент Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова (РЭУ), Москва, Россия.*

Political Education in the University as an Incentive for Student Civic Engagement

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 252)

В большинстве своем исследованиями отмечается низкая мотивация к изучению политологии у студентов негуманитарных специальностей. В статье приведены веские доказательства важности преподавания политологии в техническом вузе. Показано, что оно способствует формированию гражданской активности будущих специалистов. Утверждается, что проблема гражданского образования и воспитания современной российской молодежи заслуживает постоянного и пристального внимания, причем на всех уровнях властной вертикали. И должна находить адекватное отражение в учебном процессе любого вуза, независимо от его отраслевой принадлежности.

Ключевые слова: высшее образование, преподавание политологии, гражданская активность, политическая социализация, технический вуз.

Модернизация политической жизни России, становление правового государства, многопартийности и других демократических институтов выдвинули перед высшей школой задачу обучения основам политологии студентов всех специальностей, что призвано помочь как политической социализации молодежи, так и расширению кругозора специалистов, которые смогут анализировать свои профессиональные проблемы с учетом политических концепций и методов. В процессе изучения политологии у студентов технического вуза необходимо сформировать более высокую политическую культуру, способность критически оценивать разнообразные явления политической реальности, навыки аналитического мышления, умение ориентироваться в многообразии информации, относящейся к общественной сфере.

Актуальным при этом является развитие проблематики политического образования для студентов транспортных вузов, особенно для специальностей и направлений, обеспечивающих реализацию мультимодальных межгосударственных логистических цепочек. Сегодня любой вид транспорта может иметь выход на международный уровень, поэтому специалистам транс-

портных отраслей нужны более полные знания и четкие ориентиры в области международной политики, гражданского образования и в целом политической науки. Именно эти аспекты нашли свое отражение в концепции развития транспортного образования до 2030 года и в проекте Российского университета транспорта.

Становление политологии как самостоятельной науки и учебной дисциплины на Западе происходило в своеобразных исторических условиях и определенном политическом контексте [1–4]. Вся история политической науки свидетельствует о том, что для ее нормального развития необходимы, по меньшей мере, два условия. Во-первых, политология становится востребованной, как правило, тогда, когда в обществе идут процессы демократизации, которым она сама в немалой степени способствует. Во-вторых, польза для практики от политической науки обычно прямо пропорциональна ее независимости и неангажированности. Отсюда вывод: политология – это сложная профессиональная сфера, которой должны заниматься профессионально подготовленные люди [3–5].

Как известно, введение политологии в учебные планы вузов в России также происходило в условиях демократизации советского, а затем и российского общества. Смена предельно идеологизированного «научного коммунизма» современным политическим знанием была призвана не только сформировать у молодого поколения россиян новую картину мира, но и вооружить молодежь жизненными ориентирами в иной для них действительности практической реализации [6–8]. Помимо прочего, на политическую науку возлагались серьезные надежды в плане научной экспертизы решений, принимавшихся новой властвующей элитой, а также политической социализации молодого поколения на принципах демократии, гражданской активности и т.д.

Обе эти задачи вполне соответствовали уровню требований, предъявляемых сегодня к международному сообществу политологов. Так, на Всемирном конгрессе Международной ассоциации политической науки в Дурбане (ЮАР, июнь-июль 2003 г.) особое внимание было уделено проблемам развития политического сообщества и политической науки в новых демократиях, а также влиянию политологических концептов на реальную практику управления [7–9].

В какой же мере оказались оправданными эти ожидания и надежды? Очевидно, что далеко не в полной мере. С тех пор, как в 1990 году Госкомитет по науке и технике СССР принял решение о преподавании политологии и социологии в учебных заведениях страны, сменилось несколько стратегий власти.

На начальном этапе (первая половина 90-х годов прошлого века) отношения политической науки и власти можно было назвать союзническими или, как минимум, партнерскими: власть, идентифицировавшая себя в качестве демократической, воспринимала теоретические постулаты, излагавшиеся в соответствующих учебниках и монографиях, как одобрение собственных намерений и действий, их необходимую легитимацию. Однако по прошествии ряда лет, после неудачного реформирования отечественной экономики и социальной сферы, а также вследствие болезненного раскола, возникшего в культурной области, отношение к политическому знанию резко меняется [8, 10].

Во второй половине 1990-х политическое знание уже воспринимается как сугубо инструментальное, где определяющую роль выполняют политические технологи, обслуживающие интересы тех или иных политико-финансовых группировок и игнорирующие каноны моральной философии. Это становится не просто источником дохода (и немалого), но и, к сожалению, нормой коммуникативной культуры внутри значительной части профессионального политологического сообщества [11, 12].

Политическую социализацию можно определить как процесс усвоения индивидом идеологических и политических ценностей и норм общества и формирование их в осознанную систему социально-политических установок, определяющих позицию и поведение индивида в политической системе общества. Политически социализированный человек не просто интересуется политикой и участвует к ней. Обладая высоким политическим сознанием, политической культурой, он действует в политической сфере в качестве социально активной личности.

Главная сложность преподавания политологии в техническом вузе, в том числе

транспортном, состоит в том, что мотивация к изучению политологии у студентов-негуманитариев явно снижена.

Еще более существенным фактором, осложняющим передачу научных достижений через преподавание в высшей школе, является сам характер развития политической науки. В преподавании политологии всегда существует, с одной стороны, опасность локализации политической проблематики, редукции научных вопросов к страновой специфике и как следствие – повышения релятивности политических истин, а с другой – тенденция к излишней универсализации изучаемой тематики, что ведет к отрыву учебного процесса от политической конкретики. Для российских вузов в целом предпочтительнее всех учебная стратегия приоритетного выбора сюжетов и предметных областей, по преимуществу отображающих специфику развития отечественной политики и вместе с тем отвечающих запросам студенческой аудитории, но на основе использования теоретического и практического инструментария, интегрирующего опыт мирового знания.

Политология принадлежит к числу наук, знакомство с которыми входит в необходимый комплекс условий формирования личности. Преподавание профильных дисциплин этого ряда призвано помочь студентам технического вуза рационально и критически оценивать политические явления, сознательно участвовать в политической жизни страны, в частности, в выборах органов федеральной и муниципальной власти. Основная роль политологии в политической социализации состоит в формировании политической грамотности и подлинной гражданственности студенческой молодежи.

Есть основание надеяться, что гуманитарно-просветительского потенциал политологии, гражданское звучание научной политической мысли обеспечат достойное присутствие политических дисциплин в интеллектуальном пространстве российской высшей школы.

Все неблагоприятные тенденции, которые формировались и обозначали себя в дискурсивном поле политического знания, все же не мешали ему выполнять роль определенного нормативного ориентира для относительно слабого в России гражданского общества, с трудом сохранявшего и поддерживавшего публичную политическую сферу. Почти пятнадцать лет заимствования и освоения зарубежных разработок были одновременно и временем, когда возникало понимание того, что западные теории малопригодны для объяснения российских процессов. Эти теории строились на ином материале и объясняли реалии, характерные дли иных политических и географических ареалов. В отечественном контексте они могут служить лишь подсказками и стимулировать собственный поиск. Однако признаем, что в столичных и провинциальных центрах науки и образования зачастую оказывалось престижнее, легче и материально выгоднее пересказывать западные книги, нежели биться над осмыслением живого материала. Отсюда вполне уместно звучат

предостережения о том, что надо бояться отторжения новой официальной науки из-за ее порой малой пригодности для объяснения российской действительности.

Политическая наука, чтобы сохранить свою роль и предназначение в обществе, должна стать критической теорией, нацеленной на исследование возможности действия, преодолевающего ту реальность, которая утратила моральное измерение [5, 6, 9]. Если этого не произойдет, она не только потеряет свой нынешний статус в обществе, но и неизбежно разделит судьбу прочих схоластических теоретических построений типа научного коммунизма советских времен.

Что же касается студентов, то осознание ими своей невостребованности в собственной стране, подмена полноценной гражданской активности манипулятивными пиар-проектами (вроде «Наших», «Местных» и т.п.), перекрытие каналов восходящей вертикальной мобильности на всех уровнях властной пирамиды способны радикализировать критический настрой в их среде. Это может подтолкнуть отдельных ее представителей к открытым протестным действиям, подобным тем, которые предприняли в последние годы студенты Сербии, Грузии или Украины, сыгравшие не последнюю роль в перенастройке политики своих государств. Далеко не факт, что подобная активность будет проявляться у нас в легальных, конвенциональных формах. Помимо прочего, этим могут воспользоваться политические силы, заинтересованные в общей дестабилизации ситуации в России.

На наш взгляд, проблема гражданского образования современной российской молодежи заслуживает гораздо большего внимания, причем на всех уровнях властной вертикали. Следует поощрять всестороннюю просветительскую и воспитательную деятельность вузов, студенческих организаций и движений, политических клубов молодежи, молодежных парламентов, существующих в ряде регионов. Необходимо в меру разумного разблокировать каналы восходящей вертикально мобильности для представителей молодого поколения, представителям власти решительнее вступать в открытый диалог с молодыми людьми. И с этой точки зрения нельзя снижать и значимости целенаправленного преподавания политических дисциплин в высших учебных заведениях, где готовится не просто профессионал своего дела, но и сознательный гражданин, патриот, созидатель будущего своей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмонд Г. Политическая наука: история дисциплины // В книге Политическая наука: новые направления / Под ред. Р. Гудина и Х.-Д. Клингеманна.– М., Вече, 1999.– 815 с.– С. 19–30.
2. Ануфриев Е. А. Политическая социализация личности как проблема современной политологии // Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология.– 1997.– № 4.– С. 34–44.
3. Денисенкова Н. Н. Герменевтика современной образовательной политики // Власть.– 2009.– № 1.– С. 101–104.
4. Денисенкова Н. Н. Образовательная политика России в современных условиях // Хозяйственные системы в современном мире. Организационно-управленческие институциональные аспекты: Монография / Под ред. Т. М. Степанян.– М.: Макс Пресс, 2009.– С. 298–304.
5. Руденко Р. И. Традиционное и инновационное в преподавании социологии и политологии // Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология.– 1997.– № 3.– С. 156–167.
6. Соловьёв А. И. Теоретические приоритеты российской политической науки в преподавании // Политические исследования.– 2001.– № 5.– С. 123–133.
7. Евстифеев Р. В. Политическое участие граждан в формировании и развитии модели управления муниципальным образованием // Ответственность власти перед гражданским обществом: механизмы контроля и взаимодействия.– М., 2014.– С. 184–189.
8. Старых Н. П. Социально-политическая активность граждан как фактор модернизации управления муниципальным образованием // Модернизация отечественной системы управления: анализ тенденций и прогноз развития.– М., 2014.– С. 339–340.
9. Королёва Л. В. Роль политического знания в гуманитарном образовании студентов вузов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук.– 2012.– № 5.– С. 284–286.
10. Булычева С. Ф. Актуальность политического образования в вузе // Научные труды SWorld.– 2008.– № 3.– С. 3–5.
11. Королёва Л. В. Некоторые современные проблемы политического образования студентов российских вузов // Социально-философские и социально-экономические особенности развития образования в столичном мегаполисе: Сборник научных статей / Сост. Г. М. Гогиберидзе.– М., 2015.– С. 71–76.
12. Михайлова Н. В. Высшее образование в России: проблемы и перспективы // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы.– 2016.– № 3.– С. 23–26.

Координаты автора: **Денисенкова Н. Н.** – natalya652008@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.11.2016, принята к публикации 17.01.2017.

POLITICAL EDUCATION IN THE UNIVERSITY AS AN INCENTIVE FOR STUDENT CIVIC ENGAGEMENT

Denisenkova, Natalia N., *Plekhanov Russian University of Economics (RER), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

In most cases the studies highlight low motivation to study political science among students of non-humanitarian specialties. The article provides strong evidence of the importance of teaching political science in a technical university. It is shown that it contributes to formation of civic activity of future specialists. It is alleged that the problem of civic education and upbringing of contemporary Russian youth deserves constant and close attention, and at all levels of the power vertical. And it should find an adequate reflection in the educational process of any institution, regardless of its industry.

Keywords: higher education, teaching of political science, civic activity, political socialization, technical university.

Background. *Modernization of the political life of Russia, formation of the rule of law, multi-party system and other democratic institutions have put before the higher school the task of teaching students the basics of political science of all specialties, which will help both the political socialization of young people and broaden the horizons of specialists who will be able to analyze their professional problems in the light of political concepts and methods. In the process of studying political science, technical university students need to form a higher political culture, the ability to critically assess the diverse phenomena of political reality, the skills of analytical thinking, the ability to navigate the diversity of information related to the public sphere.*

At the same time the development of the problems of political education for students of transport universities, especially for specialties and directions that ensure the implementation of multimodal interstate logistics chains remains crucial. Today, any type of transport can have an outlet to the international level, therefore transport specialists need more complete knowledge and clear guidelines in the field of international politics, civic education and in general political science. These aspects were reflected in the concept of the development of transport education until 2030 and in the project of the Russian University of Transport.

Objective. *The objective of the author is to consider political education in the university as an incentive for student civic engagement.*

Methods. *The author uses general scientific methods, analytical method, evaluation approach.*

Results. *The emergence of political science as an independent science and academic discipline in the West occurred in peculiar historical conditions and in a certain political context [1–4]. The whole history of political science shows that at least two conditions are necessary for its normal development. First, political science becomes popular, as a rule, when democratization processes take place in society, to which it itself contributes to no small degree. Secondly, the utility for practice from political science is usually directly proportional to its independence and non-engagement. Hence the conclusion: political science is a complex professional sphere that should be dealt with by professionally trained people [3–5].*

As it is known, the introduction of political science into the curricula of universities in Russia also occurred in the conditions of democratization of the Soviet and then Russian society. The replacement of the utmost ideologically «scientific communism» with modern political knowledge was designed not only to form a new picture of the world for the young generation of Russians, but also to equip young people with life guides in a practical reality that is different for them [6–8]. Among other things, serious hopes were placed on political science in terms of scientific expertise of decisions taken by the new ruling elite, as well as political socialization of the younger generation on the principles of democracy, civic engagement, etc.

Both of these tasks fully corresponded to the level of requirements set today for the international community of political scientists. Thus, at the World Congress of the International Association for Political Science in Durban (South Africa, June-July 2003), special attention was paid to the problems of development of the political community and political science in new democracies, as well as influence of political concepts on real management practices [7–9].

To what extent were these expectations justified? Obviously, it is far from full. Since the 1990 State Committee for Science and Technology of the USSR decided to teach political science and sociology in the country's educational institutions, several power strategies have changed.

At the initial stage (the first half of the 90s of the last century), the relations of political science and power could be called allied, or at least partner: the authority that identified itself as democratic, perceived the theoretical postulates set forth in the relevant textbooks and monographs, as approval of their intentions and actions, their necessary legitimation. However, after a number of years, after the unsuccessful reform of the domestic economy and the social sphere, as well as due to the painful split that has arisen in the cultural field, the attitude to political knowledge is changing dramatically [8, 10].

In the second half of the 1990s, political knowledge is already perceived as purely instrumental, where political technologists, which serve the interests of certain political and financial groups and which ignore the canons of moral philosophy, play a decisive role. This becomes not just a source of income (and not a little), but, unfortunately, the norm of communicative culture within a significant part of the professional political science community [11, 12].

Political socialization can be defined as the process of assimilation by the individual of ideological and political values and norms of society and their formation into a conscious system of socio-political attitudes that determine the individual's position and behavior in the political system of society. A politically socialized person is not just interested in politics and participates in it. Possessing high political consciousness, political culture, he acts in the political sphere as a socially active person.

The main difficulty in teaching political science and a technical university, including transportation, is that the motivation for studying political science among nonhumanitarian students is clearly reduced.

An even more significant factor complicating the transfer of scientific achievements through teaching in higher education is the very nature of the development of political science. In the teaching of political science, there is always a danger of localization of political problems, reduction of scientific issues to country specificity and, as a consequence, increase of the relativity of political truths, and on the other –the tendency to excessive universalization of the studied subjects, which leads to the separation of the educational process from political specifics. For Russian universities in general, the educational strategy of priority choice of subjects and subject areas, which primarily reflects the specifics of the development of domestic policy and at the same time meets the needs of the student audience, is preferable to all universities, but on the basis of using theoretical and practical tools that integrate the experience of world knowledge.

Political science belongs to the number of sciences, familiarity with which is included in the necessary set of conditions for formation of personality. Teaching of specialized disciplines of this series is intended to help students of a technical university to rationally and critically

evaluate political phenomena, consciously participate in the political life of the country, in particular, in the election of federal and municipal authorities. The main role of political science in political socialization consists in the formation of political literacy and genuine citizenship of student youth.

There is a reason to hope that the humanitarian and educational potential of political science, the civil sounding of scientific political thought will ensure the worthy presence of political disciplines in the intellectual space of the Russian higher school.

All the unfavorable tendencies that formed and denoted themselves in the discursive field of political knowledge, yet did not prevent it from fulfilling the role of a certain normative reference point for the relatively weak civil society in Russia, which was struggling to maintain and support the public political sphere. Almost fifteen borrowed and mastered foreign developments were simultaneously a time when there was an understanding that Western theories were of little use for explaining Russian processes. These theories were based on other material and explained the realities characteristic of the length of other political and geographical areas. In the domestic context, they can serve only as clues and stimulate their own search. However, we recognize that in the capital and provincial centers of science and education it often proved to be more prestigious, it is easier and more financially beneficial to retell the Western books, rather than fight over the comprehension of living material. Hence, it is appropriate to warn that it is necessary to fear the rejection of a new official science because of its sometimes low suitability for explaining Russian reality.

Political science, in order to preserve its role and purpose in society, must become a critical theory aimed at researching the possibility of an action that overcomes the reality that has lost its moral dimension [5, 6, 9]. If this does not happen, it will not only lose its current status in society, but also inevitably share the fate of other scholastic theoretical constructs such as Soviet-era scientific communism.

As for the students, their awareness of their lack of demand in their own country, the substitution of manipulative PR projects (such as «Nashi», «Mestnye», etc.), full overlapping channels of upward vertical mobility at all levels of the power pyramid are capable of radicalizing critical attitude in their environment. This may encourage some of its representatives to openly protest actions similar to those undertaken by students of Serbia, Georgia or Ukraine in recent years, which played an important role in reconfiguring the policies of their states. It is by no means a fact that such activity will manifest itself in us in legal, conventional forms. Among other things, political forces interested in general destabilization of the situation in Russia can take advantage of this.

Conclusion. *In our opinion, the problem of civic education of modern Russian youth deserves much more attention, and at all levels of the power vertical. It is necessary to encourage comprehensive educational and educational activities of universities, student organizations and movements, political youth clubs, youth parliaments existing in a number of regions. It is necessary to unblock channels of upward mobility vertically for the representatives of the younger generation, to representatives of the authorities to enter into open dialogue with young people more resolutely. And from this point of view, it is impossible to reduce the importance of targeted teaching of political disciplines in higher educational institutions, where not only a professional is preparing himself, but also a conscious citizen, a patriot, the creator of the future of his country.*

REFERENCES

1. Almond, G. Political Science: History of Discipline [*Politicheskaja nauka: istorija discipliny*]. In the book Political Science: New Directions. Ed.by R. Goodin and H.-D. Klingemann. Moscow, Veche publ., 1999, 815 p., pp. 19–30.

2. Anufriev, E. A. Political socialization of the person as a problem of modern political science [*Politicheskaja socializacija lichnosti kak problema sovremennoj politologii*]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 18: Sociologija i politologija*, 1997, Iss. 4, pp. 34–44.

3. Denisenkova, N. N. Hermeneutics of modern educational policy [*Germenevtika sovremennoj obrazovatel'noj politiki*]. *Vlast',* 2009, Iss. 1, pp. 101–104.

4. Denisenkova, N. N. Educational policy of Russia in modern conditions [*Obrazovatel'naja politika Rossii v sovremennyh uslovijah*]. Economic systems in the modern world. Organizational and managerial institutional aspects: Monograph. Ed. by T. M. Stepanian. Moscow, Max Press publ., 2009, pp. 298–304.

5. Rudenko, R. I. Traditional and innovative in the teaching of sociology and political science [*Tradicionnoe i innovacionnoe v prepodavanii sociologii i politologii*]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 18: Sociologija i politologija*, 1997, Iss. 3, pp. 156–167.

6. Solovyov, A. I. Theoretical priorities of Russian political science in teaching [*Teoreticheskie prioritety rossijskoj politicheskoj nauki v prepodavanii*]. *Politicheskie issledovanija*, 2001, Iss. 5, pp.123–133.

7. Evstifeev, R. V. Political participation of citizens in formation and development of the model of municipal education management [*Politicheskoe uchastie grazhdan v formirovanii i razvitii modeli upravlenija municipal'nym obrazovaniem*]. Responsibility of the authorities to civil society: mechanisms of control and interaction [*Otvetstvennost' vlasti pered grazhdanskim obshhestvom: mehanizmy kontrolja i vzaimodejstvija*].Moscow, 2014, pp. 184–189.

8. Starykh, N. P. Socio-political activity of citizens as a factor in modernizing the management of municipal education [*Social'no-politicheskaja aktivnost' grazhdan kak faktor modernizacii upravlenija municipal'nym obrazovaniem*]. *Modernizacija otechestvennoj sistemy upravlenija: analiz tendencij i prognoz razvitija*. Moscow, 2014, pp. 339–340.

9. Koroleva, L. V. The role of political knowledge in the humanities education of university students [*Rol' politicheskogo znanija v gumanitarnom obrazovanii studentov vuzov*]. *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk,* 2012, Iss. 5, pp. 284–286.

10. Bulycheva, S. F. The relevance of political education in the university [*Aktual'nost' politicheskogo obrazovanija v vuze*]. *Nauchnye trudy SWorld*, 2008, Iss. 3, pp. 3–5.

11. Koroleva, L. V. Some modern problems of political education of students of Russian universities [*Nekotorye sovremennye problemy politicheskogo obrazovanija studentov rossijskih vuzov*]. Socio-philosophical and socio-economic features of the development of education in the metropolitan metropolis: Collection of scientific articles [*Social'no-filosofskie i social'no-ekonomicheskie osobennosti razvitija obrazovanija v stolichnom megapolise: Sbornik nauchnyh statej*]. Comp. G. M. Gogiberidze. Moscow, 2015, pp. 71–76.

12. Mikhailova, N. V. Higher education in Russia: problems and prospects [*Vysshee obrazovanie v Rossii: problemy i perspektivy*]. *Rossijskaja nauka i obrazovanie segodnja: problemy i perspektivy*, 2016, Iss. 3, pp. 23–26. ●

Information about the author:
Denisenkova, Natalia N. – Ph.D. (Politics), associate professor of Plekhanov Russian University of Economics (RER), Moscow, Russia, natalya652008@yandex.ru.

Article received 02.11.2016, accepted 17.01.2017.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО «РЖД ИНТЕРНЕШНЛ» В ИНДИИ

ООО «РЖД Интернешнл» (дочерняя компания ОАО «РЖД») получило официальное разрешение на работу в Индии и открыло представительство в Нью-Дели. В данный момент холдинг РЖД прорабатывает возможность участия в ряде проектов в этой стране.

В октябре 2016 года между ОАО «РЖД» и Министерством железных дорог Индии был подписан протокол о сотрудничестве по программе «Скоростные железные дороги», в котором стороны подтвердили намерение совместной реализации проекта модернизации железнодорожного участка Нагпур – Секундерабад (575 км)

для увеличения скоростей движения пассажирских поездов до 200 км/ч.

В настоящий момент идет подготовка договора на проведение исследований по этому участку.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

EXPRESS INFORMATION

REPRESENTATIVE OFFICE OF RZD INTERNATIONAL IN INDIA

RZD International Ltd, a subsidiary of Russian Railways, has received official permission to work in India and opened a representative office in New Delhi.

The RZD Holding is currently considering participating in a number of projects in India.

In October 2016, Russian Railways and the Ministry of Railways of India signed a protocol of cooperation for the High Speed Trains programme. In the protocol, the parties confirmed their intention to implement jointly a modernisation project for the 575-kilometre railway line between Nagpur – Secunderabad in order to increase passenger trains' speeds to 200 kph.

A contract to carry out research on this line is currently being prepared.

Based on releases of press service of JSC Russian Railways ●

КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL

ГАЛЕРЕЯ ИМЕН 256

К юбилею Галилея космической биологии.

ПРЕСС-АРХИВ 269

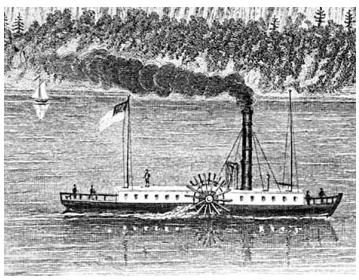
История изучения истории техники, транспортные достижения начала XX века, первые трансконтинентальные коридоры, железные дороги в эпицентре нестабильности… Как это было 110 лет назад…

GALLERY OF NAMES 256

To the anniversary of Galileo of space biology.

PRESS ARCHIVES 269

Chronicles of the studies of the history of engineering, transport high-tech at the beginning of the 20th century, first transcontinental corridors, railways in the epicenter of social instability… How it happened 110 years ago…



УДК 621.3(09)

«Метался компас – буйствовал народ…»

Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

Григорьев Николай Дмитриевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

«Compass Tore Around – People Went Wild»
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 264)

К 120-летию со дня рождения Александра Чижевского – биофизика, основоположника гелиокосмической биологии, аэроионификации, электрогемодинамики, сподвижника отца космонавтики К. Э. Циолковского, члена почти двух десятков зарубежных академий и почетного профессора ряда университетов. На первом международном конгрессе по биофизике и космической биологии в Нью-Йорке в 1939 году его заочно избрали президентом научного форума, выдвинули на Нобелевскую премию, по праву называли «Леонардо да Винчи XX века». Он был, помимо прочего, талантливым поэтом, философом, художником-пейзажистом.

Ключевые слова: космонавтика, биофизика, аэроионификация, космическая философия, гелиобиология, энергетика космической и земной биосреды.

Будущий ученый Александр Леонидович Чижевский родился 7 февраля (26 января по старому стилю) 1897 года в г. Цехановец Вельского уезда Гродненской губернии (ныне Подляское воеводство, Польша) в семье офицера-артиллериста Российской армии [1–4]. В четырехлетнем возрасте он уже бегло читал и знал наизусть стихотворения на русском, немецком и французском языках, а вскоре и сам начал сочинять стихи. В девять лет серьёзно заинтересовался астрономией и в течение многих лет ежедневно с 9 часов утра наблюдал в телескоп и делал тщательные зарисовки солнечных пятен, а в дневнике записывал их изменения.

КАЛУЖСКОЕ ПЛЕЧО ЦИОЛКОВСКОГО

В 1907 году поступил в мужскую гимназию г. Бела Седлецкой губернии (ныне Бяло-Подлясское воеводство в Польше), но в связи с переводом отца в крепость Зегрж (Царство Польское, находившееся тогда в составе Российской империи) перешел на домашнее обучение. Он изучал иностранные языки (французский, немецкий, английский, итальянский), историю, учился живописи и музыке. Все книги

о солнце из домашней библиотеки были прочитаны. А в 1908–1909 годах в возрасте 12 лет Александр Леонидович написал трактат «Самая краткая астрономия д-ра Чижевского, составленная по Фламмариону, Клейну и др.».

В 1913 году Леонида Чижевского назначили командиром дислоцированной в Калуге артиллерийской части. И Александр поступил в 6-й класс частного реального училища Ф. М. Шахмагонова и в апреле 1915 года окончил 7-й (дополнительный) класс. Юноша продолжал с упоением изучать книги о Солнце. Прочитал все, что смог найти в Калужской городской библиотеке, выписывал новинки из магазинов Петрограда, Москвы и других городов. В это же время состоялось его знакомство с земляком – основоположником теоретической космонавтики К. Э. Циолковским, который на предположение юноши о влиянии галактических полей и солнечной активности на человека, животных и растения посоветовал ему проанализировать статистические данные. Александр собрал уникальный статистический материал, охватывающий столетия и затрагивающий не только биологический аспект проблемы, но и показывающий воздействие внеземных факторов на социально-политические процессы и события, на весь ход земной эволюции.

Летом 1915 года Чижевский издал свою первую книгу «Стихотворения». И в июле был принят действительным слушателем в Московский коммерческий институт (ныне Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова), а в сентябре – вольнослушателем в археографическое отделение Археологического института и в Московский университет на физико-математический факультет (естественно-математическое отделение).

В октябре студент Археологического института Александр Чижевский сделал доклад «Влияние пертурбаций в электрическом режиме Солнца на биологические явления», в котором изложил результаты наблюдений за Солнцем и свои соображения о связи солнечной активности, ее периодичности и процессов на Земле. Доклад вызвал бурную дискуссию. Мнения преподавателей и студентов разделились на противоположные, но уже тогда стала ясна

актуальность и перспективность гелиокосмической темы.

Зимой 1915–1916 годов студент Чижевский посещал лекции в Народном университете А. Л. Шанявского, литературные вечера и кружки, где познакомился со многими писателями и поэтами. Во второй половине 1916 года Александр ушел добровольцем на фронты Первой мировой. Участвовал в боях в Галиции, получил ранение и контузию, был награжден Георгиевским крестом четвертой степени (солдатским) и демобилизован по состоянию здоровья.

В 1917 году Чижевский, сдав экзамены и защитив диссертацию «Русская лирика 18 века (М. В. Ломоносов)», окончил Московский археологический институт, стал его старшим научным сотрудником, а с 1921 года – профессором, читал курсы лекций «История развития точных наук в древнем мире», «История археологических открытий».

Но это, однако, не всё. В декабре 1917 года он представил диссертацию «Эволюция физико-математических наук в древнем мире» на степень магистра всеобщей истории. В 1918 году Александр Леонидович завершил обучение в Коммерческом институте и защитил диссертацию на историко-филологическом факультете Московского университета на степень доктора

всеобщей истории «Исследование периодичности всемирно-исторического процесса». Его теория выражалась в том, что циклы солнечной активности проявляют себя в биосфере, изменяя все жизненные процессы, начиная от урожайности и кончая заболеваемостью и психической настроенностью человечества. Происходящее на Солнце отражается на эпидемиях, эпизоотиях, политико-экономических кризисах, войнах, восстаниях, революциях и т. п. Поэтому революционные события 1917 года должны восприниматься как закономерное историческое явление.

ЭФФЕКТ ИОНИЗАЦИИ

С 1918 года Чижевский участвовал в работе калужского «Общества по изучению природы» и в квартире отца в течение трёх лет проводил опыты на белых крысах по биологическому действию электрических зарядов воздуха, получаемых смонтированной установкой для ионизации воздуха. Целью экспериментов являлось выяснение, почему после грозы, сопровождающейся разрядами молний, на улице дышится легче, чем в помещении. Будучи вольнослушателем на медицинском факультете Московского университета, молодой ученый первым открыл, что отрицательно заряженные ионы воздуха благоприятно влияют на живые организмы, а положительно заряженные производят негативное воздействие. Средства на проведение экспериментов были получены, кстати, от продажи более 100 картин, которые он написал как художник-пейзажист. Кроме того, Александр Леонидович преподавал русский язык на курсах пехотных красных командиров и в 4-й единой трудовой школе. В связи с переходом в стране на новую орфографию преподаватель Чижевский сам составил учебник русского языка в соответствии с изменившимися правилами грамматики.

В 1919 году в Калуге он издал второй и последний прижизненный сборник поэтических произведений «Тетрадь стихотворений», включающий около 300 стихотворений, написанных в 1914–1918 годах. Его избрали председателем губернского союза поэтов. По рекомендации наркома просвещения А. В. Луначарского биофизик Чижевский был назначен инструктором литературного отдела Наркомпроса.

В 1920 году обобщенные Чижевским результаты большой экспериментальной работы на крысах размножили на ротаторе и разослали ряду крупных ученых, в том числе в переводе директору Нобелевского института, шведскому академику С. Аррениусу. От него вместе с положительным отзывом поступило приглашение на работу. Но, несмотря на поддержку Луначарского и Горького, в командировке молодому ученому было отказано.

С 1922 по 1923 год Александр Леонидович был внештатным научным консультантом Института биофизики Наркомздрава СССР, руководимого академиком П. П. Лазаревым, а затем до 1926 года – главным экспертом по вопросам медицины и биологии и членом технического совета Ассоциации изобретателей. В 1924 году по рекомендации Луначарского в 1-й Гостиполитографии в Калуге издали книгу «Физические факторы исторического процесса», в которой в доступной форме изложена его докторская диссертация. Книга тоже вызвала многочисленные дискуссии, появились статьи, направленные против этой работы, что имело в дальнейшем негативное значение для научной и личной судьбы ученого.

Чижевский проявлял интерес к астрологии, которая питала идеями его научные изыскания. В 1926 году в журнале «Огонек»

ученый опубликовал статью «Современная астрология», в которой писал, что ряд выдающихся астрономов доказывали связь периодичности солнечных явлений с движением планет вокруг Солнца. Следовательно, и земные явления, зависящие от пятен и протуберанцев, находятся в зависимости от них. Более того, открытые в верхних слоях атмосферы лучи, имеющие космическое происхождение, делают вполне реальным предположение о влиянии на нас не только Солнца, но и более далеких светил. В связи с этим ему в дальнейшем не раз вменяли в вину попытки «протащить лженауку» астрологию в естественнонаучную систему знаний.

ВСЕМИРНОЕ ПРИЗНАНИЕ

С 1924 по 1931 год Чижевский работал в должности старшего научного сотрудника (в звании профессора) в практической лаборатории зоопсихологии Главнауки Наркомпроса РСФСР. Здесь он ставил опыты по биологическому и физиологическому воздействию аэроионов на животных.

В 1927 году прошли испытания электроэффлювиальной люстры (генератора отрицательных аэроионов), которая состояла из легкого металлического обода диаметром 750–1000 мм. На нем были натянуты по взаимно перпендикулярным осям с шагом 35–45 мм оголенные медные провода толщиной 0,6–1,0 мм, образующие сетку, провисающую вниз. В узлах сетки впаяны вертикально иглы острием вниз длиной не более 50 мм и толщиной 0,25–0,5 мм. К ободу люстры через 120° крепились три медных провода 0,8–1 мм, спаянные вместе над центром обода. За эту точку люстра с помощью рыболовной лески подвешивалась к потолку или кронштейну на расстоянии не менее 150 мм. К той же точке подводилась отрицательная полярность постоянного напряжения. С заостренных игл стекали электроны, которые налипали на молекулы кислорода воздуха, поступавшие в легкие живого организма.

Экспериментально была установлена величина минимального напряжения, обеспечивающая живучесть отрицательных аэроионов – от 25 кВ. При чрезмерно высоких электрических напряжениях возникал коронный разряд, сопровождающийся запахом озона, снижающий эффективность работы генератора. Ради обеспечения безопасности в электрическую цепь перед люстрой включалось сопротивление, ограничивающее ток до 30 мА. Ученый проводил опыты, подсчитывая вырабатываемое количество аэроионов. На аэроионизатор для получения легких аэроионов было оформлено авторское свидетельство.

При включении люстры Чижевского вдыхаемые человеком аэроионы отдают свои заряды эритроцитам крови, а с ними – клеткам и тканям всего организма, нормализуя обменные процессы и утоляя «электронный голод». И это помогает при ожогах, ранениях, крапивнице, коклюше, функциональных расстройствах нервной и кровеносной систем, болезнях органов дыхания (острые и хронические катары и бронхиты, вазомоторные насморки, фарингиты, ларингиты), аллергии, стрессах, начальной стадии туберкулеза легких и других заболеваниях. Люди и животные – электрические существа и все процессы обмена веществ в организме являются электрохимическими. Электрическая недостаточность воздуха ведет к гипоксии. Однако при этом он был против применения в медицине, гигиене и ветеринарии гидроионизаторов, а также ионов, получаемых в результате действия на молекулы воздуха опасных для здоровья радиоактивных или ионизирующих излучений.

В 1930–1936 годы Чижевский был директором Центральной научно-исследовательской лаборатории ионификации (ЦНИЛИ) Академии сельскохозяйственных наук. Он выдвинул проблему аэроионификации – электротехническую задачу искусственного создания внутри помещений такого режима, который «воспроизводил» воздух лучших местностей, славящихся благотворным действием на человека (альпийские луга, горные и приморские курорты). В исследованиях ЦНИЛИ участвовало до 50 научных сотрудников. Было выявлено, что в профильтрованном (химически стерильном, чистом) воздухе при отсутствии отрицательных аэроионов организмы вскоре заболевают и гибнут. Подтверждение факта аэроионного голодания и его физиологических последствий явилось одним из крупнейших достижений в науке о жизни и в области гигиены жи-

лища и нашло отражение в медицине (аэроионотерапия) и сельском хозяйстве (аэроионизация животных).

По данным ЦНИЛИ в 1931 году Союзкинохроника сняла фильм «Ионизация: Открытие проф. А. Л. Чижевского». Вышли два постановления Наркозема и Совнаркома СССР, поддерживающие открытие, а Наркомздрав СССР рекомендовал метод аэроионотерапии как один из способов физиотерапии для широкого внедрения. Ученый получил премии, появилось семь филиалов лаборатории в Ленинграде, Воронеже и других городах страны. Научные труды ЦНИЛИ (тома 1 и 3), вышедшие в 1933 и 1934 годах в Воронеже, были переведены на ряд иностранных языков.

В 1933 году Чижевский экспериментально определил, что направленный поток аэроионов осаждает пыль и микроорганизмы из воздуха, очищая его. Эти исследования открыли возможность очистки воздуха рабочих помещений от вредных загрязнений, что нашло применение в промышленной гигиене. Был найден простой способ получения высокодисперсных и ионизированных паров воды, лекарственных растворов и тонкой пыли твердых веществ, заложивший основы электроаэрозольтерапии и электронно-ионной технологии (электроокраска, электронанесение антикоррозийных покрытий и т.д.).

Совместно с казанским микробиологом С. Т. Вельховером в 1935 году ученый обнаружил метахромазию (свойство клеток и тканей окрашиваться в тон, отличный от цвета красителя) коринебактерий (эффект Чижевского-Вельховера). На основании этого эффекта он сделал вывод о возможности прогноза солнечной активности, опасной для человека.

Ученого приглашали для чтения лекций в Париж и Нью-Йорк, в 1929 году Александр Леонидович был избран действительным членом Тулонской академии (Франция) и стал академиком еще 17 других академий наук мира, почетным профессором ряда университетов Европы, Азии и Америки. Его работам в области аэроионификации и гелиобиологии (космической биологии) придавалось большое значение. Метод аэроионотерапии стал широко использоваться в США, Франции, Германии, Италии, Бельгии, Японии. Исследователи этих стран подтвердили эффективность данного способа при лечении многих заболеваний, дав высокую оценку открытию Чижевского. Предлагали купить патент на труды по аэроионификации, от чего он отказался, передав свое изобретение в полное распоряжение правительства СССР.

ГАЛИЛЕЙ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ

В стране складывалась, между тем, странная ситуация вокруг самой научной темы. Опыты лаборатории ионификации были раскритикованы, в газете «Правда» печатались материалы, в которых Чижевский обвинялся в безграмотности и шарлатанстве. В статье «Враг под маской ученого» Александр Леонидович был отнесен аж к сторонникам контрреволюции, являющимся рупором антисоветских идей. В 1935 году запретили издание и распространение печатных произведений под его редакцией, тома 2 и 4 научных трудов ЦНИЛИ, бывшие уже в типографском наборе, рассыпали, а в 1936 году приказом по Народному комиссариату земледелия СССР профессора Чижевского сняли с работы, лабораторию и все филиалы распустили.

Однако в то же время (1938 г.) Чижевский был приглашен на должность научного руководителя по аэроионификации при Управлении строительства Дворца Советов – ни мало, ни много – Совнаркома СССР!

В 1939 году в Нью-Йорке состоялся первый Международный конгресс по биологической физике и космической биологии, на который ученый получил приглашение. Поскольку в поездке за границу ему отказали, на форуме его заочно избрали почетным президентом, по ходу выступлений называли «Леонардо да Винчи XX века», от имени конгресса направили в Нобелевский комитет меморандум о его научных трудах. Отношение политической власти в стране к нему было таким, что Нобелевскую премию получить он не мог, и по этическим соображениям от этого варианта отказался.

В 1939–1941 годах Чижевский возглавлял лаборатории по аэроионификации в III-м Московском государственном медицинском институте и Ленинградском

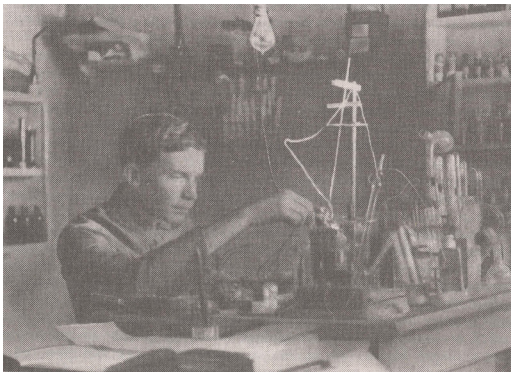
государственном педагогическом институте. С началом Великой Отечественной войны эвакуировался в Челябинск, где в областной клинической больнице стал консультантом в лечении огнестрельных ран, ожогов, язв и других болезней с применением ионотерапии.

И опять превратности судьбы: перед самой войной его научные труды были представлены на соискание Сталинской премии по науке – очевидное признание заслуг. Но был нанесен новый удар. Неожиданный арест помешал присуждению премии. Комиссия во главе с заместителем председателя Совнаркома СССР А. Я. Вышинским обвинила профессора в непролетарском происхождении, в написании вредной книги «Физические факторы исторического процесса» и создании «буржуазной» теории ионизации.

Уточнения по поводу его «непролетарского происхождения» и семейных корней.

Отец, Л. В. Чижевский, был кадровым офицером и генералом с 1916 года; изобрел и испытал командирский угломер для стрельбы артиллерийскими орудиями веерным (параллельным) огнем по невидимой цели с закрытых позиций и устройство для разрушения проволочных заграждений; проводил эксперименты и усовершенствовал ракеты конструкции 1855 года генерала К. И. Константинова, которые успешно применены в 1915–1916 годы в боевой обстановке. В 1-ю мировую войну находился в действующей армии; с 1918 года служил в Красной Армии; в 1928 году ему было присвоено почетное звание Герой Труда Рабоче-Крестьянской Красной Армии; умер в 1929 году.

Когда Саше исполнился год, умерла от туберкулеза его мать. Воспитанием и разносторонним домашним обучением мальчика занималась бабушка, Е. С. Чижевская (до замужества Облачинская), которая была очень образованной женщиной, хорошо знала историю, несколько иностранных языков. Екатерина Семеновна была двоюродной племянницей героя Крымской войны 1853–1856 годов адмирала П. С. Нахимова. Флотоводец, как известно, разбил турецкий флот в Синопском сражении, героически руководил обороной Севастополя, в 1855 году был смертельно ранен в бою. В честь него с 1943 года в СССР начали создаваться Нахимовские училища для юных военных моряков, а 3 мар-



та 1944 года в стране были учреждены ордена Нахимова 1-й и 2-й степени и медаль Нахимова.

В 1942 году после скоротечного следствия (разрешалось проводить в течение 10 дней) биофизика Чижевского без участия и слушания сторон осудили на 8 лет. Чтобы избежать высшей меры наказания, Александру Леонидовичу пришлось отречься от «лживой буржуазной и антисоветской» теории ионизации. Итальянский ученый Г. Галилей, защищавший гелиоцентрическую систему мира, в 1633 году подвергся суду инквизиции. Его вынудили согласиться с тем, что Солнце якобы вращается вокруг Земли. Д. Бруно, соотечественник Галилея, от своих взглядов не отказался и за ересь был сожжён инквизиторами на костре в Риме. К 1941 году в СССР были решены многие технические вопросы аэроионификации. Но после громкого «средневекового» судебного процесса над Чижевским эта тема долгие годы не упоминалась и фактически не исследовалась. Только в 1959 году Минздрав приказом № 1261 повторно рекомендовал использовать для лечебных целей метод аэроионотерапии.

Осужденный Александр Чижевский, отбывая свое наказание в разных по расположению лагерях (Челябинск, Ивдельлаг – Свердловская область, Кучино – Подмосковье, Карлаг – Долинское, Спасское, Степлаг), искал спасение в поэзии, живописи и, конечно, науке. В это время им написано более 100 стихотворений, опубликованных уже после смерти в трёх поэтических сборниках. Сохранились 300 из 2000 художественных работ, в основном пейзажных акварелей. В Карлаге в 1945 году при тюремном госпитале ему разрешили создать клиническую лабораторию и заниматься электриче-

скими проблемами крови (структура и механизм ее движения по сосудам, их связь с электричеством организма и окружающей средой). Совместно с ним над математическими расчётами, связанными с исследованиями крови, трудились Г. Н. Перлатов и другие видные ученые-узники. Удалось обнаружить структурно-системную организованность движущейся крови. Это было фундаментальным открытием. Результатом лагерных опытов стали научные книги «Электрические и магнитные свойства эритроцитов», «Структурный анализ движущейся крови», монография «Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов».

Осужденный Чижевский отсидел не «от звонка до звонка». Чтобы завершить опыты по крови, Александр Леонидович вышел на свободу спустя месяц после окончания срока заключения. Его отправили на поселение в Казахстан, где он работал консультантом по вопросам аэроионотерапии и заведующим лабораторией структурного анализа крови и динамической гематологии в Карагандинской областной клинической больнице, на станции переливания крови. До 1955 года руководил клинической лабораторией онкологического диспансера, был консультантом в Научно-исследовательском угольном институте. Многим пациентам областной клинической больницы сеансы аэроионотерапии Чижевского оказали неоценимую помощь при заживлении ран. Было установлено, что наиболее устойчивые лечебные результаты аэроионы дают в комбинации с медикаментозной терапией, УВЧ-терапией, внутримышечной инъекцией крови, облученной ультрафиолетовыми лучами. В ряде угольных шахт Карагандинского бассейна успешно проводилась аэроионизация.

Чижевский был освобожден от поселения в 1954 году и мог свободно вернуться в Москву. Но сделал это только через четыре года. В Москве он устроился на работу в «Союзсантехнику», где продолжил изучать влияние Солнца на физико-биологические свойства крови и занимался внедрением аэроионизации. В 1958–1960 годы являлся консультантом по вопросам аэроионотерапии и научным руководителем лаборатории Государственной союзной технической конторы. Затем был заместителем начальника научно-исследовательской лаборатории по ионизации и кондиционированию воздуха. В 1962 году был частично реабилитирован, а в дальнейшем – посмертно полностью. Успел при жизни обнародовать часть своих трудов, над которыми работал в заключении и ссылке [11, 12]. В последний период писал воспоминания о 20 годах дружбы с основоположником космонавтики Константином Циолковским.

Александр Леонидович Чижевский умер 20 декабря 1964 года в возрасте 67 лет, похоронен он в Москве на Пятницком кладбище. В 1965 году АН СССР создала комиссию, которая занялась изучением архива ученого. То, что им было оставлено неизданным в рукописях, посмертно опубликовано [13–20]. Но многое, о чем ему было известно или что он мог предположить, узнать, исследовать, доказать, осталось с ним и было унесено в могилу.

* * *

Чижевский сформулировал зависимость между циклами солнечной активности и различными явлениями биосферы, выделил взаимосвязи живого организма с окружающей его средой обитания; разработал теорию энергетической связи космических и земных явлений; развил и утвердил принципы законосообразности, единообразия и детерминизма, обосновал глобальный эволюционизм и принцип космического ритма [8]. Ему удалось в едином ключе увидеть и оценить разнородные явления физического, биологического и социального характера: девять раз в столетие все элементы земной неорганической и органической природы приходят в возбуждение (магнитные и электрические бури, землетрясения, смерчи, наводнения, пожары лесов и т.п.), активизируются микробы и вирусы, на всех континентах возникают эпидемии, обостряются хронические заболевания, возрастает общая смертность в разных странах. Человеческий организм резонирует в соответствии с внешней космической средой из-за повышенных нагрузок на нервную систему и это сказывается на социальном поведении людей.

За разработку этих идей его по праву можно назвать корифеем русского космизма. Чижевский является одним из основа-

телей биофизики, новых направлений в науке: гелио- и космобиологии, космической эпидемиологии, объясняющих прикладные особенности биосферы Земли, их неоспоримую связь с миром Солнца и Космоса [7].

Учёный впервые опытно установил факт противоположного физиологического действия отрицательных и положительных ионов воздуха на живые организмы, паталогичность дезионизированного воздуха и стимулирующее влияние отрицательно заряженных ионов. Применил искусственную аэроионизацию (электроаэрозольтерапию) в медицине, сельском хозяйстве (животноводство и растениеводство), промышленности (электроокраска и электростимулирование химических реакций) и других отраслях народного хозяйства [11, 12]. В ряде стран аэроионизируют больничные палаты, санаторные помещения, курзалы, учебные классы, аудитории, служебные комнаты, офисы, залы для физкультуры и спорта, цеха и фабрики, частные дома и квартиры. В электрическом поле по методу Чижевского производится покраска материалов и поверхностей (в том числе вагоны метро, самолеты, океанские лайнеры) [12]. Он открыл пространственную организацию структурных элементов движущейся крови и описал процесс образования эритроцитами определенных радиально-кольцевых ансамблей, так называемых «монетных столбиков» (феномен Чижевского).

Чижевский, как всякий гений, был одарен многогранно: замечательный ученый, писал прекрасные стихи, отлично рисовал, хорошо играл на скрипке, слыл человеком энциклопедических знаний [3, 5, 16, 17, 20].

Киностудия «Центрнаучфильм» в 1989 году выпустила документальную ленту «Солнечный пленник». В 1995 году учреждена Лазерная академия имени Чижевского, которая ежегодно присуждает ученым одноименные премии и медали. В Тамбовском музее истории медицины постоянно действует экспозиция, посвященная выдающемуся биофизику. В 2000 году в Калуге (улица Московская, дом № 62/71) открыт научно-мемориальный и культурный центр А. Л. Чижевского. Спустя десять лет он был преобразован в дом-музей ученого. В 2012 году у здания Калужского государственного педагогического университета имени К. Э. Циолковского установили памятник А. Л. Чижевскому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов Л. В. Чижевский Александр Леонидович // Большая Советская энциклопедия.– Т. 29.– 3-е изд.– М.: Советская энциклопедия, 1978.– С. 550–551.
2. Назаров Г. А. Чижевский А. Л. // Москва: Энциклопедия.– М.: Советская энциклопедия, 1980.– С. 658.
3. Байдин В. В. Художник науки // Природа.– 1982.– № 10.– С. 65–71.
4. Голованов Л. В. Чижевский А. Л. // Космонавтика: Энциклопедия.– М.: Советская энциклопедия, 1985.– С. 438.
5. Байдин В. В. «И мысли свет летит к открытым небесам...» // Альманах «Поэзия», № 50.– М., 1988.– С. 192–201.
6. Голованов Л. В. Чижевский А. Л. // Русская философия: Словарь.– М.: Республика, 1995.– С. 607–608.
7. Вальчук Т. Е. Творец космического мировоззрения (100-летию А. Л. Чижевского посвящается) // Дельфис.– 1997.– № 2.– С. 32–33.
8. Карнаух В. К. Космические циклы и социальные ритмы: концепция А. Л. Чижевского // Деятели русской науки XIX–XX веков.– Вып. 1.– СПб., 2001.– С. 122–137.
9. Гагаев А. А., Скипетров В. П. Философия А. Л. Чижевского – Саранск, 1999.– 285 с.
10. Буралков А. А. А. Л. Чижевский. Посланник Солнца на Земле.– М.: Конек-М, 2009.– 296 с.
11. Чижевский А. Л. Руководство по применению ионизированного воздуха в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.– М.: Госпланиздат, 1959.– 56 с.
12. Чижевский А. Л. Аэроионификация в народном хозяйстве.– М.: Госпланиздат, 1960.– 758 с.
13. Чижевский А. Л. Земное эхо Солнечных бурь.– М.: Мысль, 1973.– 349 с.
14. Чижевский А. Л. На берегу Вселенной: Годы дружбы с Циолковским. Воспоминания.– М.: Мысль, 1993.– 735 с.
15. Чижевский А. Л. Аэроионы и жизнь. Беседы с Циолковским.– М.: Мысль, 1994.– 735 с.
16. Чижевский А. Л. В науке я прослыл поэтом. Сборник стихов.– Калуга: Золотая аллея, 1996.– 271 с.
17. Чижевский А. Л. Поэзия живописи.– Калуга: Золотая аллея, 2000.– 160 с.
18. Чижевский А. Л. Земля в объятиях Солнца.– М.: Эксмо, 2004.– 928 с.
19. Чижевский А. Л. На берегу Вселенной. Воспоминания о К. Э. Циолковском.– М.: Айрис-пресс, 2007.– 448 с.
20. Чижевский А. Л. Музыка тончайших светотеней. Стихотворения.– М.: Некс-медиа, ИД «Комсомольская правда», 2013.– 238 с.

Координаты автора: **Григорьев Н. Д.**– (495) 684–21–19.

Статья поступила в редакцию 25.02.2016, принята к публикации 18.11.2016.

«COMPASS TORE AROUND – PEOPLE WENT WILD»

Grigoriev, Nikolai D., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

To the 120th anniversary of birth of Alexander Chizhevsky – biophysics, founder of heliocosmic biology, aeroionification, electrogemodynamics, associate of the father of astronautics Konstantin Tsiolkovsky, a member of nearly two dozen foreign academies and an honorary professor at several universities. At the first international congress on biophysics and space biology in New York in 1939, he was elected in absentia a president of scientific forum, nominated for the Nobel Prize, justly called «Leonardo da Vinci of XX century». He was, among other things, a talented poet, philosopher, artist and landscape painter.

Keywords: cosmonautics, biophysics, aeroionification, cosmic philosophy, heliobiology, energy of space and terrestrial biological media.

Background. *Alexander Leonidovich Chizhevsky was born on February 7 (January 26 old style) in 1897 in Tsechanovets of Belsky county of Grodno province (now Podlasie region, Poland) in the family of an artillery officer of the Russian army [1–44]. Being 4 years old he read aloud, and knew by heart, Russian, French and German poems, and soon he began to write poems, since nine years he became interested in astronomy. For many years from 9 a.m. he carried out daily observation through a telescope and careful sketches of sunspots, and in the diary he recorded their changes.*

Objective. *The objective of the author is to consider work and life of a prominent Russian scientist A. L. Chizhevsky.*

Methods. *The author uses general scientific and historical methods.*

Results.

Kaluga shoulder of Tsiolkovsky

The boy began to learn in 1907 in the gymnasium of the city of Belo of Siedlce province (now the province in Poland), but due to his father's transfer to Zegrze Fortress (the Kingdom of Poland, which was then part of the Russian Empire), he switched to home schooling. He studied foreign languages (French, German, English, Italian), history, studied painting and music. He read all the books about the Sun, which were in the home library. In the years 1908–1909 he wrote a treatise «The shortest astronomy of Dr. Chizhevsky, composed according to Flammarion, Klein et al.».

In 1913 his father was appointed a commander of an artillery unit stationed in Kaluga. The young man entered the 6th grade of the private secondary school of F. M. Shakhmagonov and in April 1915 he graduated from the 7th (optional) class. He studied again the books about the Sun, which he found in the Kaluga city library, ordered them from the stores of Petrograd, Moscow and other cities. He became acquainted with the fellow countryman – the founder of theoretical cosmonautics K. E. Tsiolkovsky, who on the assumption of the young men about the impact of galactic fields and solar activity on humans, animals and plants advised him to analyze statistical data. Alexander collected unique statistical data, covering centuries and affecting not only the biological aspect of the problem, but also showing the effects of extraterrestrial factors on social and political processes and events, on the whole course of the earth's evolution.

In summer 1915 Chizhevsky published his first book «Poems». In July, he was enrolled as a valid attendee in Moscow Commercial Institute (now the Russian Economic University of Plekhanov), and in September – non-matriculated student at the archeographical department of Archaeological Institute and Moscow University at Physics and Mathematics Faculty (natural and mathematical department).

In October, a student at the Archaeological Institute made a report «Impact of perturbations in the electric mode of the Sun on biological phenomena», which presented the results of observations of the Sun and his considerations about the connection of solar activity and its periodicity and processes on Earth. The report aroused heated debate. Opinions of teachers and students were divided opposite, but then relevance and prospects of heliocosmic topic became clear.

In winter 1915–1916 he attended lectures at the People's University of A. L. Shanyavsky, literary evenings and clubs, where he met with many writers and poets. In the second half of 1916, he volunteered for the front of the First World War. He participated in battles in Galicia, was wounded and shell-shocked, he was awarded the George Cross of the fourth degree (soldiers) and discharged for health reasons.

In 1917 Chizhevsky, passing exams and defending his thesis «Russian poetry of the 18th century (M. V. Lomonosov)», graduated from Moscow Archaeological Institute, he became a senior researcher, and since 1921 – professor, taught courses «History of development of natural science in the ancient world», «The history of archaeological discoveries».

It is, however, not all. In December 1917, he presented a thesis «Evolution of Physics and Mathematics in the Ancient World» for the master's degree in general history. In 1918, he graduated from Commercial institute and he defended at the historical-philological faculty of Moscow University a thesis for a doctoral degree in universal history «Study of periodicity of the world historical process». His theory was expressed in the fact that solar activity cycles manifest themselves in the biosphere, changing all vital processes, ranging from productivity and ending with mental illness and mood of humanity. What is happening on the sun is reflected in the epidemic, epizootic, political and economic crises, wars, rebellions, revolutions, etc. Therefore, the revolutionary events of 1917 should be seen as a natural historical phenomenon.

Ionization effect

Since 1918 Chizhevsky participated in Kaluga «Society for the Study of Nature» and in his father's apartment for three years conducted experiments on white rats concerning biological effect of electric charges of air produced by a mounted installation for air ionization. The purpose of the experiments was to find out why after a thunderstorm accompanied by lightning strikes it is easier to breathe on the street than in the room. Being a non-matriculated student at the medical faculty of Moscow University, a young scientist first discovered that the negatively charged

air ions have a beneficial effect on living organisms, and the positively charged produce a negative impact. He received funds for the experiments, by the way, from the sale of more than 100 paintings, which he drew as a landscape painter. In addition, Alexander taught Russian language on the courses Red infantry commanders and in the 4th unified labor school. In connection with the transition of the country to the new spelling teacher himself made a textbook of the Russian language in accordance with the changed rules of grammar.

In 1919, in Kaluga, he published the second and last lifetime collection of poetry «Book of poems», which included about 300 poems written in 1914–1918. He was elected a chairman of the provincial union of poets. On the recommendation of the People's Commissar of Education A. V. Lunacharsky the biophysicist was appointed an instructor of the literary department of the People's Commissariat of Education.

In 1920, summarized by Chizhevsky results of a large experimental work with rats were multiplied on the rotator and sent to a number of eminent scientists, including in translation to the director of the Nobel Institute, the Swedish academician S. Arrhenius. He received from him with a positive feedback an invitation to work. But he, despite the support of Lunacharsky and Gorky, was denied a business trip.

From 1922 to 1923, Alexander Leonidovich was a nontenured research consultant of the Institute of Biophysics of the USSR Commisariate of Health, headed by Academician P. P. Lazarev, and then to 1926 – chief expert on medicine and biology and a member of the technical council of the Association of Inventors. In 1924, on the recommendation of Lunacharsky in the 1st Gostipolitografia of Kaluga was published a book «Physical factors of the historical process», in which in an accessible form his doctoral thesis was presented. Immediately again discussions began, there were articles against this paper, that then had a negative value in the future for the scientific and personal life of the scientist.

Chizhevsky developed an interest in astrology that fueled his scientific research with ideas. In 1926 in the magazine «Ogonyok» the scientist published an article «Modern astrology», in which he wrote that several prominent astronomers argued the periodicity of solar phenomena with the movement of the planets around the sun. Consequently, the earth phenomena, depending on the stain and prominences are dependent on them. Moreover, open in the upper atmosphere, rays of cosmic origin, make a very real assumption about impact on us of not only the sun, but also more distant stars. In this regard, he was later repeatedly blamed for trying to «bring pseudoscience» astrology in scientific knowledge system.

Worldwide recognition

From 1924 to 1931 Chizhevsky worked as a senior researcher (at the rank of professor) in the practical laboratory of animal psychology Glavnauka of People's Commissariat of Education of the RSFSR. Here he experimented on the biological and physiological effects of air ions on animals.

In 1927, there were tests of electroeffluvial chandeliers (generator of negative air ions), which consisted of a light metal rim with a diameter of 750–1000 mm. Bare copper wires with a thickness of 0,6–1,0 mm, forming a grid, sagging down, were stretched on the mutually perpendicular axes in increments of 35–45 mm. In the grid nodes were soldered vertically the needles with the points down

of not more than 50 mm and a thickness of 0,25–0,5 mm. To the rim of chandeliers in 120° three copper wires of 0,8–1 mm were attached, welded together over the center of the rim. For this point the chandelier using fishing line was suspended to the ceiling or the bracket at a distance of not less than 150 mm. To the same point negative polarity of DC voltage was applied. From sharpened needles flowed electrons that adhered to the molecules of atmospheric oxygen, which entered the lungs of a living organism.

The value of the minimum voltage, ensuring the vitality of negative air ions – from 25 kW was experimentally established. At excessively high voltage corona discharge arose, accompanied by the smell of ozone, which reduces the efficiency of the generator. For the sake of safety in the electrical circuit before chandelier was included resistance limiting the current to 30 mA. The scientific conducted experiments by counting the number of air ions generated. The inventor's certificate for aeroionizer for production of light air ions was issued.

When the chandeliers of Chizhevsky was on air ions, inhaled by a man, give their charges to erythrocytes, and with them – all the cells and tissues of the body, normalizing metabolism and quenching «electronic hunger». It helps with burns, wounds, urticaria, whooping cough, functional disorders of the nervous and circulatory systems, respiratory diseases (acute and chronic catarrh and bronchitis, vasomotor rhinitis, pharyngitis, laryngitis), allergies, stress, initial stage of pulmonary tuberculosis and other diseases. People and animals are electrical beings and all metabolic processes in the body are electrochemical. Electric air deficiency leads to hypoxia. However, he was against the use in medicine, hygiene and veterinary of hydroionizers and ions produced by the action of hazardous radioactive or ionizing radiation on air molecules.

In 1930–1936 Chizhevsky was the director of the Central Research Laboratory of ionification (CNILI) of Academy of Agricultural Sciences. He advanced

aeroionification problem – the electrical technical task of artificial creation of such a regime indoor, which has the air of the best places, famous for beneficial effects on human (alpine meadows, mountain and seaside resorts). The studies at CNILI involved 50 researchers. It was found that in the filtered (chemically sterile, clean) air in the absence of negative ions organisms will soon get sick and die. Confirmation of aeroionic starvation and its physiological consequences was one of the greatest achievements in the science of life and hygiene of housing and was reflected in medicine (aeroionotherapy) and agriculture (aeroionization of animals).

Based on the data of CNILI in 1931 Soyuzkinohronika made a film «Ionization: Discovery of professor A. L. Chizhevsky». Two resolutions of Narkozem and Sovnarkom of the USSR appeared, which supported the discovery and Narkomzdrav of the USSR the method of aeroionotherapy as a way of physiotherapy for a widespread introduction. The scientist received the award, emerged seven lab branches in Leningrad, Voronezh, and other cities of the country. Proceedings of CNILI (Volumes 1 and 3), published in 1933 and 1934 in Voronezh, were translated into several foreign languages.

In 1933 Chizhevsky determined experimentally that the directed flow of air ions precipitates dust and microorganisms from the air, purifying it. These studies have opened the opportunity to clean the air of working premises from harmful contaminants that has been used in industrial hygiene. A simple method for producing highly dispersed and ionized water vapors was found, medicinal solutions and fine particulate of solids, laid the foundations of electroaerosoltherapy and electron-ion technology (electro-coloring, electroapplication of corrosion-resistant coatings, etc.).

Together with Kazan microbiologist S. T. Velhover in 1935 the scientist discovered metachromasia (feature of cell and tissue painted in tone, different from the color of the dye) corynebacteria (effect of Chizhevsky-Velhover). On the basis of this effect, he made a conclusion about the possibility of solar activity prediction, dangerous to humans.

The scientist was invited to give lectures in Paris and New York, in 1929 he was elected a member of Toulon (France) academy and became an academician of 17 other academies of sciences of the world, an honorary professor at many universities in Europe, Asia and America. His works in the field and aeroionification and heliobiology (Space Biology) were given a great importance. Aeroionotherapy method became widely used in the United States, France, Germany, Italy, Belgium and Japan. The researchers of these countries confirmed the effectiveness of this method in the treatment of many diseases and praised the discovery of Chizhevsky. There were offers to buy the patent for the works on aeroionification, which he refused, handing his invention at the disposal of the Soviet government.

Galileo of space biology

In the country, meanwhile, a strange situation evolved around the scientific theme. Experiments of ionification laboratory were criticized in «Pravda» newspaper in printed materials in which Chizhevsky was accused of ignorance, charlatanism. In the article «The enemy in the guise of a scientist», he attributed as much to the supporters of the counter-revolution, which is the mouthpiece of the anti-Soviet ideas. In 1935, banned the publication and distribution of printed works edited by him, Volume 2 and 4 of CNILI scientific papers that were in typesetting, were scattered, and in 1936 by order of the People's Commissariat of Agriculture of the USSR the professor was removed from work, laboratory and all branches were disbanded.

However, at the same time (1938) Chizhevsky was invited to the post of scientific adviser on aeroionification at the Administration of construction of the Palace of Soviets – no less, no more – of People's Commissars of the USSR!

In 1939, the first International Congress of Biological Physics and Space Biology took place in New York, on which the scientist was invited. Since he was denied a trip abroad, on the forum he was elected in absentia Honorary President, in the course of speeches we was called «Leonardo da Vinci of XX century», on behalf of the Congress the memorandum of his scientific writings was sent to the Nobel Committee. The attitude of political power in the country to him was such that he could not receive the Nobel Prize, and for ethical reasons he refused this variant.

In 1939–1941 Chizhevsky headed the laboratory of aeroionification in III Moscow State Medical Institute and Leningrad State Pedagogical Institute. With the onset of World War II he was evacuated to Chelyabinsk, where in the regional hospital became a consultant in the treatment of gunshot wounds, burns, ulcers and other diseases using ionotherapy.

Again, the vicissitudes of life: before the war, his scientific papers were presented at the competition of the Stalin Prize for Science – a clear recognition of merit. But then another stroke. Unexpected arrest prevented awarding. The Commission, headed by the Deputy Chairman of People's Commissars of the USSR A. Ya. Vyshinsky accused the professor in the non-proletarian origin, in writing a bad book «Physical factors of the historical process» and creation of a «bourgeois» theory of ionization.

Let's clarify about the origin, family roots.

Father, L. V. Chizhevsky, was a career officer and general since 1916; he invented and tested commander protractor for firing with cannons fanning (parallel) with fire on unseen targets from concealed positions and a device for the destruction of barbed wire; he made experiments and perfected the design of a rocket in 1855 of general K. I. Konstantinov, which were successfully applied in the years 1915–1916 in a combat situation. In the 1st world war he was in the army; in 1918 he served in the Red Army; in

1928 he was awarded the honorary title of Hero of Labor of the Workers' and Peasants' Red Army; he died in 1929.

When Sasha was not yet a year old, his mother died of tuberculosis. Education and versatile home training of boy was performed by his grandmother, E. S. Chizhevskaya (before marriage Oblachinskaya), who was a very educated woman, knew history well, several languages and was a great-niece of the hero of the Crimean War of 1853–1856, Admiral P. S. Nakhimov. Naval commander, as known, defeated the Turkish fleet at the Battle of Sinop, heroically led the defense of Sevastopol, in 1855, he was mortally wounded in battle. In honor of him in 1943 in the USSR Nakhimov schools for young sailors began to be established, and on March 3, 1944 in the country the Order of Nakhimov of 1st and 2nd degree and medal of Nakhimov were established.

In 1942, after fast investigation (it was allowed to hold for 10 days) the biophysics Chizhevsky without participation and hearing of the parties was sentenced to 8 years. To not get the death penalty, and to save his life, he had to renounce the «false bourgeois and anti-Soviet» ionization theory. The Italian scientist Galileo, who defended the heliocentric system of the world, in 1633 was subjected to the Inquisition. He was forced to accept the fact that the Sun supposedly revolves around the Earth. D. Bruno, Galileo country fellow, did not give up his views and burned for heresy by inquisitors at the stake in Rome. By 1941, many of the technical issues of aeroionification have been resolved in the USSR. But this theme for many years afterwards a loud «medieval» trial of Chizhevsky was not mentioned and in fact was not investigated. Only in 1959 the Ministry of Health by the order № 1261 repeatedly recommended to use aeroionotherapy method for medicinal purposes.

In the meantime, while in prison, Alexander Chizhevsky in different camps on the location (Chelyabinsk, Sverdlovsk region, Kutchino–Moscow region, Karlag–Dolinskoe, Spasskoe, Steplag) sought refuge in poetry, painting and science. He wrote more than 100 poems, published after the death in three poetry collections. 300 of 2000 art works preserved, mainly landscape watercolors. In Karlag in 1945 when the prison hospital he was allowed to create a clinical laboratory and to engage in electrical problems of blood (structure and mechanism of its movement through the vessels and their relation to electricity of the body and the environment). Together with him on the mathematical calculations associated with the study of blood, worked G. N. Perlatov and other prominent scientists prisoners. It was possible to detect structural and systemic organization of moving blood. This was a fundamental discovery. The results of camp experiments were scientific books «Electric and magnetic properties of red blood cells», «Structural analysis of moving blood», a monograph «Biophysical mechanisms of erythrocyte sedimentation reaction».

The convict was in prison not only «from start to finish», but to finish the experiments in the blood, got out of jail a month after the end of the sentence. He was sent to exile in Kazakhstan. He worked as a consultant on aeroionotherapy issues and head of the laboratory of structural analysis of a blood and dynamic hematology in the Karaganda regional hospital, at blood transfusion station, until 1955 headed the clinical laboratory of oncology center, was a consultant at the Research coach institute. Sessions of aeroionotherapy helped many patients of the regional clinical hospital in wound healing. It was established that air ions give the most stable therapeutic results in combination with drug therapy, UHF therapy, intramuscular injection of blood irradiated with ultraviolet rays. In a number of coal mines of the Karaganda basin aeroionization was successfully implemented.

Chizhevsky was released from the settlement in 1954, he returned to Moscow four years later and worked in «Soyuzsantehnika», where he continued to study the Sun's influence on the physical and biological properties of blood and was engaged in the implementation of air ionization. In 1958–1960 he was a consultant on aeroionotherapy and scientific director of the laboratory of the State Technical Bureau of the Union. Then he was the deputy head of the research laboratory on the ionization and air conditioning. In 1962, he was partly rehabilitated, and in the future – posthumously completely. He managed to publish during his lifetime some of their works, on which he worked in the prison and in exile [11, 12]. In the last period he wrote the memories of twenty years of friendship with the founder of cosmonautics K. Tsiolkovsky.

Alexander Leonidovich Chizhevsky died on 20 December 1964 aged 67 years, he was buried in Moscow at Pyatnitskoe cemetery. In 1965, the USSR Academy of Sciences formed a commission, which took up the study of the scientist's archive. The papers, which were left unpublished in manuscripts, were published posthumously [13–20]. But much of what he knew or what he could assume, learn, explore, show was left with him and was carried to the grave.

Conclusion.

* * *

Chizhevsky formulated the dependence between cycles of solar activity and the various phenomena of the biosphere, highlighted the relationship of a living organism with the surrounding environment; he developed the theory of energy coupling of space and terrestrial phenomena; developed and approved the principles of regularity, uniformity and determinism, global evolutionism and cosmic rhythm principle [8]. He managed in a unified manner to see and appreciate the diverse phenomena of physical, biological and social nature: nine times in a century all the elements of the earth's mineral and organic nature become agitated (magnetic and electric storms, earthquakes, tornadoes, floods, forest fires, etc.), microbes and viruses are activated, on all continents there are epidemics, chronic diseases are aggravated, overall mortality increases in different countries. The human body resonates in accordance with the outer space environment due to increased load on the nervous system and affect social behavior.

For the development of these ideas, he belongs to the leading figures of Russian cosmism. He is one of the founders of biophysics, new directions in science: solar and cosmobiology, space epidemiology, explaining applied features of the Earth's biosphere, their indisputable link to the world of the Sun and the cosmos [7].

The scientist established for the first time the fact of the opposite physiological effect of positive and negative air ions on living organisms, pathology of desionized air and stimulating effect of negatively charged ions. He applied artificial air ionization (electroaerosoltherapy) in medicine, agriculture (livestock and crops), industry (electro-coloring and electrostimulation of chemical reactions) and other sectors of the economy [11, 12]. In some countries

hospital wards, sanatorium premises, assembly rooms, classrooms, auditorium, service rooms, offices, halls for physical education and sports, shops and factories, homes and apartments are air ionized. Painting of materials and surfaces (including subway cars, airplanes, ocean liners) is produced in the electric field by the method of Chizhevsky [12]. He discovered the spatial organization of the structural elements of moving blood and described the process of formation of certain radial-ring assemblies, the so-called «rouleaux» (Chizhevsky phenomenon) by red blood cells.

Chizhevsky was gifted with many facets: a great scientist, he wrote beautiful poetry, painted perfectly, played the violin, was a man of encyclopedic knowledge [3, 5, 16, 17, 20].

Film studio «Tsentrnauchfilm» in 1989 released a documentary «Prisoner of the Sun». In 1995 Laser Academy named after Chizhevsky was founded, which annually awards the prize of the same name and medals to scientists. In Tambov Museum of the History of Medicine there is a permanent exhibition works devoted to the prominent biophysics. In 2000, in Kaluga (Moscow street, house № 62/71) was opened a memorial scientific and cultural center of A. L. Chizhevsky. Ten years later, it was transformed into a house-museum of the scientist. In 2012, near the building of Kaluga State Pedagogical University named after K. E. Tsiolkovsky monument of A. L. Chizhevsky was erected.

REFERENCES

1. Golovanov, L. V., Chizhevsky Alexander Leonidovich. *The Great Soviet Encyclopedia*, Vol. 29, 3rd ed. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1978, pp. 550–551.

2. Nazarov, G. A. Chizhevsky A. L. *Moscow: Encyclopedia*. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1980, p. 658.

3. Baidin, V. V. Science painters [*Hudozhnik nauki*]. *Priroda*, 1982, Iss. 10, pp. 65–71.

4. Golovanov, L. V. Chizhevsky A. L. *Space: Encyclopedia*. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1985, p. 438.

5. Baidin, V. V. «And light of thought flies to open heavens ...» [*«I mysli svet letit k otkrytym nebesam...»*]. *Al'manah «Pojezija»*, Iss. 50. Moscow, 1988, pp. 192–201.

6. Golovanov, L. V. Chizhevsky A. L. *Russian philosophy: Dictionary*. Moscow, Respublika publ., 1995, pp. 607–608.

7. Valchuk, T. E. Creator of cosmic worldview (dedicated to the 100th anniversary of A. L. Chizhevsky) [*Tvorec kosmicheskogo mirovozzrenija (100-letiju A. L. Chizhevskogo posvjashhaetsja)*]. *Delphis*, 1997, Iss. 2, pp. 32–33.

8. Karnaukh, V. K. Cosmic cycles and social rhythms: the concept of A. L. Chizhevsky [*Kosmicheskie cikly i social'nye ritmy: koncepcija A. L. Chizhevskogo*]. *Figures of Russian science of XIX–XX centuries.*, Vol. 1.St. Petersburg, 2001, pp. 122–137.

9. Gagaev, A. A., Skipetrov, V. P. Philosophy of A. L. Chizhevsky [*Filosofija A. L. Chizhevskogo*]. Saransk, 1999, 285 p.

10. Buralkov, A. A. A. L. Chizhevsky. Sun ambassador on Earth [*Chizhevskij. Poslannik Solnca na Zemle*]. Moscow, Konek-M publ., 2009, 296 p.

11. Chizhevsky, A. L. Guide to ionized air application in industry, agriculture and medicine [*Rukovodstvo po primeneniju ionizirovannogo vozduha v promyshlennosti, sel'skom hozjajstve i medicine*]. Moscow, Gosplanizdat, 1959, 56 p.

12. Chizhevsky, A. L. Aeroionification in the national economy [*Ajeroionifikacija v narodnom hozjajstve*]. Moscow, Gosplanizdat publ., 1960, 758 p.

13. Chizhevsky, A. L. Earth echo of solar storms [*Zemnoe jeho Solnechnyh bur'*]. Moscow, Mysl' publ., 1973, 349 p.

14. Chizhevsky, A. L. On the shore of the universe: Years of Friendship with Tsiolkovsky. Memories [*Na beregu Vselennoj: Gody druzhby s Ciolkovskim. Vospominanija*]. Moscow, Mysl' publ., 1993, 735 p.

15. Chizhevsky, A. L Aeroions and life. Conversations with Tsiolkovsky [*Ajeroiony i zhizn'. Besedy s Ciolkovskim*]. Compilation, introductory article, commentaries, selection of illustrations by L. V. Golovanov. Moscow, Mysl' publ., 1994, 735 p.

16. Chizhevsky, A. L. In science, I was known as a poet. Collection of poems [*V nauke ja proslyl pojetom. Sbornik stihov*]. Kaluga, Zolotaja alleja publ., 1996, 271 p.

17. Chizhevsky, A. L. Poetry of painting [*Pojezija zhivopisi*]. Kaluga, Zolotaja alleja publ., 2000, 160 p.

18. Chizhevsky, A. L. Earth in the Sun's arms [*Zemlja v ob'jatijah Solnca*]. Moscow, Eksmo publ., 2004, 928 p.

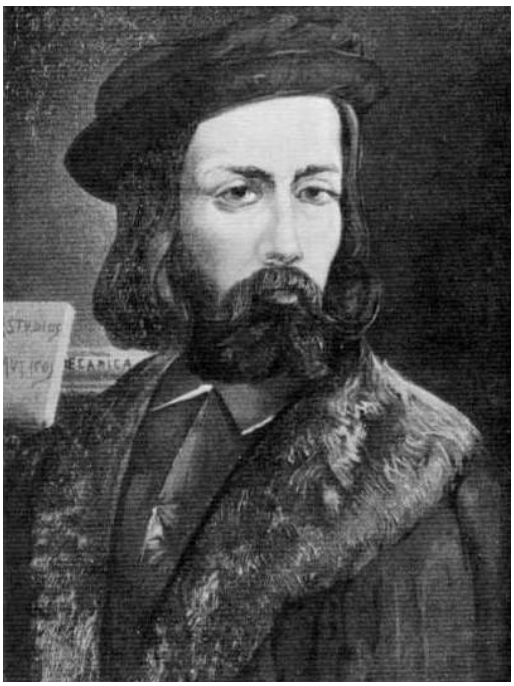
19. Chizhevsky, A. L. On the shore of the universe. Memories of K. E. Tsiolkovsky [*Na beregu Vselennoj. Vospominanija o K. E. Ciolkovskom*]. Moscow, Airis-press, 2007, 448 p.

20. Chizhevsky, A. L. Music of subtle chiaroscuro. Poems [*Muzyka tonchajshih svetotenej. Stihotvorenija*]. Moscow, Neks-media, Publishing house «Komsomol'skaja Pravda», 2013, 238 p.

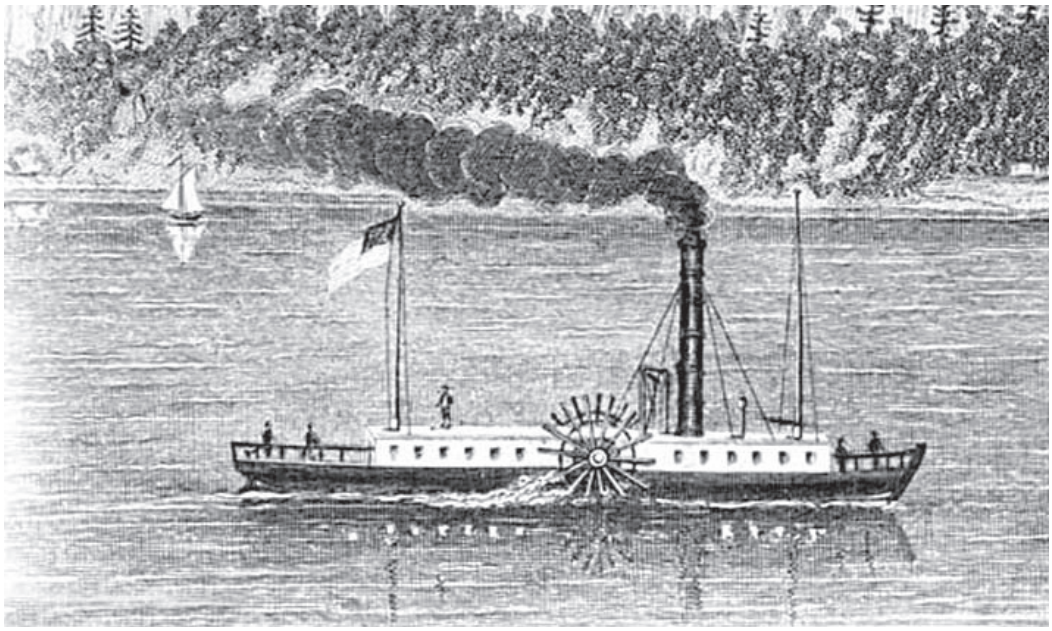
Information about the author:
Grigoriev, Nikolai D. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Electric engineering of transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7 (495) 684–21–19.

Article received 25.02.2016, accepted 18.11.2016.

Кто изобрел пароходы. – Оказывается, что не Дэвису Папину (*от ред. «МТ»:* Дэни Папен) и не Фултону, а испанцу Гараю, жившему 400 лет тому назад, принадлежит честь первого применения пара к движению судов. Гарай был страстным моряком и все свободное время посвящал занятиям физикой и механикой, стараясь изобрести что-нибудь «примечательное». Уже будучи стариком, он напал на идею применить водяной пар к движению судов, употребив для этой цели колеса. Над стариком все смеялись. Наконец, ему удалось обратить на себя внимание императора Карла V. Почувствовав в проекте Гарая «мерцание великой идеи», Карл V приказал ему сделать опыт с первым же судном, которое войдет в гавань Барселоны, тогдашней императорской резиденции. Таким кораблем оказался «Тринидатъ». Несмотря на протесты капитана, к нему были грубо прилажены колеса и устроен – с благословения инквизиции – первобытный паровой котел. В присутствии самого императора машина Гарая заработала, и корабль пошел против ветра, сделав в 2 часа 8 морских миль. Экипаж корабля, в самом начале опыта, кинулся за борт и вплавь достиг берега, в ужасе



спасаясь от «черта». Счастливый изобретатель получил от Карла V 4000 мораведисов (*от ред. «МТ»:* испанская медная монета). А затем все кануло в лету – и изобретатель, и изобретение («Голос правды», № 615, от 2-го октября 1907 г.).



Первый паровой корабль, построенный в Америке механиком Робертом Фултоном (1807).

Вагон-библиотека.– Библиотека служащих управления Закавказской железной дороги, желая усилить свою просветительскую деятельность и предоставить своим линейным членам и подписчикам возможно более удобств при пользовании книгами, предполагала открыть с 1 ноября пр. года движение по главной линии от Баку до Батуми вагона-библиотеки, который будет прицепляться к товарным поездам («Тифлис. Лист», № 233, 27-го декабря).

Как действует беспроволочный железнодорожный телеграф в России.– На станциях «Байкал» и «Танхой» во время японской кампании был установлен беспроволочный телеграф. В настоящее время сокращение штата телеграфистов на этих станциях достигло того, что обслуживать этот телеграф некому, и телеграммы о приходе и отходе ледокола «Байкал» должны передаваться по обыкновенному телеграфу вокруг Байкала, благодаря чему ледокол «Байкал» не редко прибывает раньше, чем получится телеграмма о нем. На станции «Байкал» в настоящее время находится «настоящих» телеграфистов всего не более 4, в большинстве же телеграф обслуживается учениками. («Сибирь», № 251, от 23-го августа 1907 г.).

(Железнодорожное дело.– 1908.– № 1.– С. 11–12)

Производительность вагоностроительных заводов.– Представители крупнейших вагоностроительных заводов: Русско-Балтийского «Феникъсъ», «Двигатель» и других получили собранные данные относительно современного положения эксплуатируемой ими отрасли промышленности, по которым общий ежегодный выпуск вагонов должен составить около 50 тыс. вагонов разных типов. Приведенное количество исчислено с расчётом на то, что производство на заводах будет идти полным ходом. Между тем на это рассчитывать невозможно, так как главный заказчик – казна – наметил заказать на 1908 год не более 25 процентов общей производительности вагоностроительных заводов («Голос Москвы», № 289, 14-го декабря 1907 г.).

Ходатайство клуба автомобилистов.– Московский клуб автомобилистов возбудил ходатайство перед главным управлением железных дорог о том, чтобы автомобили перевозились по железным дорогам на открытых вагонах-площадках, как это принято заграницей. Такие вагоны можно было бы прицеплять к концу не только товарных, но и пассажирских поездов. Не возражая против тарифа для товарных поездов, клуб просит назначить возможно низкий тариф для перевозки автомобилей при пассажирских поездах, причем пассажиры автомобиля могли бы переезжать оставаясь в экипаже («Голос Москвы», № 295, 21-го декабря 1907 г. и «Жел.-дор. Дело» 1886 г. стр. 138.).

Автомобильное движение по калмыцкой степи.– «Астрах. В.» передает, что калмыцкое управление предлагает предпринимателям крупную ежегодную субсидию для устройства автомобильного движения из города в разные направления по степи, всего на расстоянии приблизительно 550 верст. Автомобили должны возить раз в неделю почту и, по мере надобности, двухтрёх калмыцких чиновников. Уже было собрание местных предпринимателей, которое решило выработать проект устава кооперативного общества («Речь», № 296, 15-го декабря 1907 г.).

Международное сообщение через Сибирь.– Проект прямого международного пассажирского сообщения Западной Европы с Китаем и Японией через Сибирь, разработанный происходившей текущей осенью в Брюсселе Международной конференции с участием представителей западноевропейских и рус-

ских железных дорог и пароходных обществ, в настоящее время представлен на утверждение Министерства путей сообщения и финансов. Проектируемое прямое сообщение даст возможность пассажирам совершить поездку от главнейших городов Англии, Франции, Бельгии, Голландии, Германии и Австрии по одному билету (купонной книжке) рельсовым путем через Европейскую Россию и Сибирь (сибирская, китайская-восточная и уссурийская железные дороги) до Владивостока и далее морем в Японию и Китай, а также и в обратном направлении. В видах развития дальневосточного прямого сообщения русская северо-западная и варшавско-венская железные дороги не будут взимать с пассажиров, едущих на Дальний Восток, добавочной платы за увеличенную скорость в экспресс-поездах; равным образом голландская и нидерландская железные дороги не будут взимать с тех же пассажиров добавочной платы за нумерованные места в пассажирских поездах. В прямое сообщение вступают, для перевоза пассажиров водою между Лондоном и материком и между Владивостоком и включаемыми в прямое сообщение портами Японии и Китая, пароходные общества «Зеландъ» в Флиссиненге, «Мессажери Маритимъ» в Париже, «Северо-Германский Ллойд» в Бремене и «Добровольный флотъ» в С.-Петербурге. Прямое пассажирское сообщение Западной Европы с Дальним Востоком через Сибирь предполагается осуществить в начале 1908 г. («Сибирск. Жизнь» № 188, 14-го декабря 1907 г.).

(Железнодорожное дело.– 1908.– № 2–3.– С. 27–28)

Нападения на железные дороги.– 13 июля в 7 часов утра было совершено вооруженное нападение на железнодорожного артельщика, ехавшего в поезде № 6 на ст. Разсыпную (*от ред.: недалеко от Дебальцево, Донецкая обл.*) 2-й Екатерининской жел. дороги. «Экспроприаторовъ» было пять человек. Не доезжая Разсыпной, они бросились было к артельщику, но замеченные во время стражником, были отброшены ружейным выстрелом. Тогда «экспроприаторы» открыли пальбу из браунингов и маузера и стали один за другим соскакивать на ходу поезда. Последний уже подходил к станции, и выстрелы были услышаны станционными служащими. Начальник станции совместно с телеграфистом Ходзько, вооружившись вилами, бросились в погоню за убегавшими 4-мя «экспроприаторами». Двое из них, осыпая преследователей градом пуль, бросились в степь, отняли у крестьян под угрозой смерти пару лошадей и скрылись в хлебах. К преследователям в это время присоединились работавшие в поле крестьяне, которые на лошадях стали разыскивать

скрывшихся. Вскоре они были обнаружены и, окруженные со всех сторон, вынуждены были сдаться. Крестьяне с озлоблением набросились на них и избили до полусмерти. При них оказались три браунинга, один маузер с прикладом и несколько обойм с патронами. Задержанные не старше 25 лет. При одном найдена паспортная книжка на имя Серикова, отставного матроса. Из Дебальцева были вызваны стражники, которые приступили к розыску других двух «экспроприаторовъ». Скоро их нашли в лесу и, после ожесточенной перестрелки, один был убит, а другой ранен в ногу. В раненом обнаружен давно разыскиваемый властями Мартынцев, житель села Гробового, расположенного в 6 верстах от ст. Разсыпной. В поезде № 6 в то же время был произведен тщательный обыск, но ничего подозрительного не было обнаружено. Когда же поезд тронулся в дальнейший путь, у семафора из окна вагона выброшена была обойма с патронами. При вторичном обыске в уборной нашли маузер. Пятого же «экспроприатора» удалось обнаружить лишь на следующей станции, Чернухино, где он был задержан жандармами. В поезде во время перестрелки были ранены стражник, находившиеся при артельщике, и кондуктор («Приднепров. Край», № 335, 17-го июля 1907 г.).

– На станцию Кандевка, Гороишенского уезда, 15 июля вечером явились трое неизвестных. Один с револьвером в руках вошел в квартиру помощника начальника станции, в которой оказались только дети. Последние подняли крик; неизвестные скрылись в ближайший кустарник. Вызванные жандармы и ремонтные рабочие задержали одного из злоумышленников. На месте задержания найден револьвер («Пет. Газ.», № 194, 18-го июля 1907 г.).

– Ст. Ворожба, Московско-Киево-Воронежской жел. дороги, 15-го июля на станции по прибытии шедшего из Киева в Москву почтового поезда № 4, с которым следовал транспорт золота, сопровождаемый воинскою охраной, полиция обратила внимание на прохаживавшихся по платформе троих неизвестных молодых людей, одетых в черные австрийские куртки. При одном из них был небольшого размера саквояж, с которым он обращался с большой осторожностью. Полиция задержала заподозренных и при обыске нашла у задержанных два револьвера системы Маузера, несколько обойм патронов для них; в отобранном чемодане оказались три бомбы. Арестованные отказались назвать себя («Русские Вед.», 165, 20-го июля 1907 г.).

– На станции «Влохи» Варшавско-Венской дороги несколько грабителей напали на кассира железопрокатного завода, везшего 5.000 рублей для уплаты рабочим, которые вместе с жандармами бросились их преследовать. Грабители, отстреливаясь, бросили мелкой монеты на 4.200 рублей («Пет. Газ.», № 177, 21 июля 1907 г.).

– 26 июля пр. г. вечером, при отправлении в Москву со станции Подольск, М.–Курской жел. дор. дачного поезда № 60, на платформе раздались четыре револьверных выстрела. Среди публики произошел переполох. Все бросились бежать в разные стороны. Поезд задержали. Через несколько минут станционный сторож Шатилов на площадке одного из вагонов III кл. нашел два заряженных револьвера: один браунинг, другой – солдатского образца. Дежурный жандарм пошел по вагонам через весь поезд, чтобы обнаружить виновного, и в это время с площадки переднего вагона соскочил на платформу неизвестный молодой человек. Он побежал но направленно к городскому парку; жандарм за ним погнался. Неизвестный произвел несколько выстрелов и успел скрыться («СПБ. Ведом.», № 166, 28 июля 1907 г.).

(Железнодорожное дело.– 1908.– № 2–3.– С. 27–28)

Бабий бунт – На ст. Бейсагола Либ. ж.д. (*от ред. «МТ»: город в Литве*) во время погрузки хлеба в вагоны для отправления заграницу из окрестных сел явилась толпа женщин и прекратила погрузку. Местный жандарм оказался бессильным справиться с разошедшимися бабами, и на помощь ему была вызвана уездная полиция. Прибывшие стражники арестовали зачинщиц и разогнали остальных, а хлеб был благополучно погружен и отправлен («Слово», № 296, 4-го ноября 1907 г.).

(Железнодорожное дело.– 1908.– № 1.– С. 11–12) ●

Редакция выражает благодарность персоналу библиотеки МИИТ за помощь в подготовке данного материала.

Who invented the steamers.– It turns out that it was not Davis Papin (from the editors of *World of Transport and Transportation:* Dany Papen) and not Fulton, but the Spaniard Garay, who lived 400 years ago, has the honor of the first application of steam to the movement of ships. Garay was a passionate sailor and spent all his free time in physics and mechanics lessons, trying to invent something «remarkable». Already an old man, he attacked the idea of applying water vapor to the movement of ships, using wheels for this purpose. Everyone laughed at the old man. Finally, he managed to attract the attention of the Emperor Charles V. Feeling in Garay's project «flickering of a great idea», Charles V ordered him to make an experience with the first vessel to enter the harbor of Barcelona, then the imperial residence. Such a ship was «Trinidat». Despite the protests of the captain, the wheels were rudely fitted to it and the primitive steam boiler was built with the blessing of the Inquisition. In the presence of the emperor himself, Garay's machine started operation, and the ship went against the wind, making 8 marine miles over 2 hours. The crew of the ship, at the very beginning of the experiment, rushed overboard and swam to the shore, in horror escaping from the «devil». The lucky inventor received from Charles V 4,000 morawedis (from the editors of *World of Transport and Transportation*: copper coin). And then everything faded into oblivion – both the inventor and the invention («Golos pravdy», No. 615, October 2, 1907).

Car-library.– The library of employees of the administration of the Transcaucasian railway, wishing to strengthen their educational activities and provide their linear members and subscribers with the most convenience in using books, planned to open on November 1 of the year the movement along the main line from Baku to Batumi of the library car that would be coupled to freight trains («Tiflis. List», No. 233, December 27).

How does the wireless railway telegraph operate in Russia.– A wireless telegraph was installed at the stations of Baikal and Tankhoy during the Japanese campaign. At the present time, the reduction in the staff of telegraphists at these stations has reached the point that there is nobody to service this telegraph, and telegrams about arrival and departure of the Baikal icebreaker should be transmitted by ordinary telegraph around Baikal, so the Baikal icebreaker arrives often earlier than a telegram about it. At the station «Baikal» at the present time there are only 4 «real» telegraph operators, in the majority the telegraph is served by students («Siberia», No. 251, August 23, 1907).

(Rail business [Zheleznodorozhnoe delo].– 1908.– No. 1.– pp. 11–12)

Productivity of car building plants.– Representatives of the largest car building plants: the Russian-Baltic «Phoenix», «Engine» and others received data on the current situation of their industry, for which the total annual output of cars should be about 50 thousand cars of different types. The above amount is calculated with the expectation that production at the plants will go full steam. Meanwhile, it is impossible to count on this, since the main customer – treasury – planned to order for 1908 not more than 25 percent of the total productivity of the car building plants («Golos Moskvy», No. 289, December 14, 1907).

Petition of a motorists' club.– The Moscow Motorists' Club filed a petition to the main railway administration that cars be transported by rail on open, wagon-sites, as is customary abroad. Such cars could be attached to the end not only of freight, but also of passenger trains. Without objecting to the tariff for freight trains, the club is requested to assign the lowest possible rate for transporting cars with passenger trains, and the passengers of the car could move while staying in the carriage («Golos Moskvy», No. 295, December 21, 1907 and «Zheleznodoroznoe delo», 1886, p. 138).

Car traffic along the Kalmyk steppe.– «Astrakh. V.» reports that the Kalmyk administration offers entrepreneurs a large annual subsidy for organization of automobile traffic from the city to different directions along the steppe, only about 550 versts away. Cars should carry mail once a week and, as necessary, two or three Kalmyk officials. There was already a meeting of local entrepreneurs, who decided to draft a charter for the cooperative society («Rech», No. 296, December 15, 1907).

International traffic through Siberia.– The project of direct international passenger traffic of Western Europe with China and Japan through Siberia, developed by the International Conference that was taking place this autumn in Brussels with the participation of representatives of Western European and Russian railways and shipping companies, is currently submitted for approval by the Ministry of Railways and Finance. The projected direct traffic will allow passengers to travel from the main cities of England, France, Belgium, Holland, Germany and Austria by one ticket (coupon book) by rail through the European Republic and Siberia (Siberian, Chinese-Eastern and Ussuri railway) to Vladivostok and Further by sea to Japan and China, and also in the opposite direction. In the development of Far Eastern direct communication, the Russian north-west and the Warsaw-Vienna railways will not charge passengers traveling to the Far East for an additional fee for increased speed in express trains; similarly, the Dutch and Dutch railways will not charge additional

passengers for the numbered seats on passenger trains from the same passengers. The direct message is for the passengers to be transported by water between London and the mainland and between Vladivostok and the ports of Japan and China included in the direct communication, the steamship companies Zeland in Fliessing, the Messagery Maritim in Paris, the North German Lloyd in Bremen and Voluntary Fleet in St. Petersburg. Direct passenger traffic of Western Europe with the Far East through Siberia is expected to be carried out at the beginning of 1908 («Sibirskaya zhizn», No. 188, December 14, 1907).

Attacks on railways.– On July 13, at 7 a.m., an armed attack was made on a railroad carrier who was traveling on train No. 6 to the station Razsypnaya (from the editors of *World of Transport and Transportation*: near Debaltsevo, Donetsk region.) of the 2nd Ekaterininskaya railway. There were five «expropriators». Before reaching Razsypnaya, they rushed to the artel member, but noticed timely by the guardian, were thrown by a rifle shot. Then the «expropriators» opened fire from the Browning and Mauser and began to jump one by one along the train. The latter was already approaching the station, and the shots were heard by station employees. The station's head, together with the telegrapher, Hodzko, armed with pitchforks, rushed in pursuit of the four «expropriators» who fled. Two of them, showering the pursuers with a hail of bullets, rushed to the steppe, took a couple of horses from the peasants under the threat of death and disappeared into the loaves. At that time, the peasants working in the field joined the pursuers, who on horseback began to search for those who had disappeared. Soon they were discovered and, surrounded on all sides, had to surrender. The peasants attacked them with bitterness and beat them to death. They had three Browning, one Mauser with a butt and a few clips with cartridges. The detainees are not older than 25 years. At one, a passport book was found in the name of Serikov, a retired sailor. From Debaltsevo the guardians were summoned, who began to search for the other two «expropriators». Soon they were found in the forest and, after a fierce exchange of fire, one was killed, and another was wounded in the leg. The wounded is long sought by the authorities Martyntsev, a resident of the village of Grobovoe, located 6 versts from the station Razsypnaya. In train № 6 at the same time, a thorough search was carried out, but nothing suspicious was found. When the train began to move further, a clip with cartridges was thrown out of the car window from the semaphore. During a second search, the Mauser was found in the restroom. The fifth «expropriator» was found only at the next station, Chernukhino, where he was detained by gendarmes. On the train during the shooting, the guardian who was at the artel member was wounded, and the conductor («Pridneprovsky Krai», No. 335, July 17, 1907)

– At the station Kandevka, Gorishensky country, on July 15 in the evening, three unknown persons appeared. One with a revolver in his hands entered the apartment of the assistant to the station chief, in which only the children were. The latter raised a cry; unknowns disappeared into the nearest bush. The evicted gendarmes and repair workers detained one of the intruders. A revolver was found at the place of detention («Pet. Gaz», No. 194, July 18, 1907).

– Station Vorozhba, Moscow-Kiev-Voronezh Railway, on July 15 at the station on arrival of the mail train No. 4, which was traveling from Kiev to Moscow, with which the transport of gold followed, accompanied by military guard, the police drew attention to the three unknown young men walking in the platform, dressed in black Austrian jackets. One of them had a small sized bag, which he handled with great care. The police detained the suspects and found two revolvers of the Mauser system at the detainees, several cartridges of cartridges for them; in the seized suitcase there were three bombs. The arrested refused to identify themselves («Russkie Ved.», 165, July 20, 1907).

– At the station «Vlokhi» of Warsaw-Vienna railway, several robbers attacked the cashier of the iron rolling plant, who carried 5,000 rubles to pay workers who, along with the gendarmes, rushed to pursue them. The robbers, shooting back, threw a small coin for 4,200 rubles (Pet. Gaz., No. 177, July 21, 1907).

– On July 26, last year in the evening, when train № 60 was departing to Moscow from the station Podolsk, Moscow-Kursk railway, on the platform four revolvers were fired. There was a stir among the public. Everyone rushed to run in different directions. The train was detained. A few minutes later the station watchman Shatilov on the site of one of the cars of III class found two loaded revolvers: one Browning, the other a Soldier's model. The gendarme on duty went to the cars through the train to find the guilty, and at that time an unknown young man jumped off the platform of the front car. He ran to the city park; The gendarme pursued after him. The unknown man fired several shots and managed to escape («St. Petersburg Vedom.», No. 166, July 28, 1907).

(Rail business [Zheleznodorozhnoe delo].– 1908.– No. 2–3.– pp. 27–28)

Women's riot – At the station Baysagola Lib. railway (from the editors of *World of Transport and Transportation*: a city in Lithuania) during the loading of bread into cars for departure abroad, a crowd of women appeared from the surrounding villages and stopped loading. The local gendarme was powerless to cope with the dispersed women, and the county police was called to help him. Arriving guards arrested the instigators and dispersed the others, and the bread was safely loaded and shipped («Slovo», No. 296, November 4, 1907).

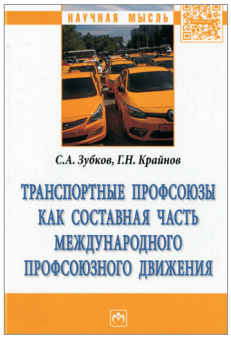
(Rail business [Zheleznodorozhnoe delo].– 1908.– No. 1.– pp. 11–12) ●

The editorial board expresses gratitude to the staff of the Library of MIIT university for their contribution to preparing this publication.

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS

ПРОФСОЮЗЫ 276

Документы о международном сотрудничестве транспортников.



АВТОРЕФЕРАТЫ 281

- *Надёжность грузоподъёмного оборудования.*
- *Организация контейнерных компаний.*
- *Эксплуатация конструкций метрополитена.*
- *Оценка срока службы грузового вагона.*
- *Факторы стабильности поездопотоков.*
- *Тяговые электроприводы с асинхронными двигателями.*
- *Устойчивость скоростных безрельсовых ТС.*

НОВЫЕ КНИГИ 283

Научно-методическая и учебная литература о транспорте.

TRADE UNIONS 276

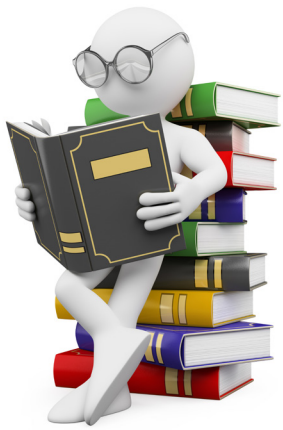
Selected documents and comments on international cooperation of transport workers.

SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES 281

- *Reliability of lifting equipment.*
- *Traction drives with asynchronous motors.*
- *Stability of high-speed non-rail vehicles.*
- *Operation of metro structures.*
- *Organisation of container companies.*
- *Assessment of lifetime of a freight rail car.*
- *Stability factors of train flows.*

NEW BOOKS 283

Didactic and scientific books on transport and transportation.



УДК 339.9:331.105.44(075.4)

Монография о транспортных профсоюзах

English text of the review of the book at p. 279.

Зубков С. А., Крайнов Г. Н. Транспортные профсоюзы как составная часть международного профсоюзного движения: Монография.– М.: ИНФРА-М.: 2017,– 297 с.

Книга, вышедшая в серии «Научная мысль», посвящена исследованию транспортных профсоюзов как составных частей международного профсоюзного движения. Авторы обращают внимание на историю, современное состояние и проблемы международного профсоюзного движения, процессы глобализации, сотрудничества и координации действий международных транспортных профсоюзов. Особое место отводится анализу профсоюзного движения на железнодорожном транспорте, участию российского профсоюза железнодорожников и транспортных строителей в международном сотрудничестве.

Ключевые слова: профсоюз, транспортные профсоюзы, международное профсоюзное движение, Международная конфедерация профсоюзов (МКП), Всемирная федерация профсоюзов (ВФП), Международная ассоциация трудящихся (МАТ), Глобальные федерации профсоюзов (ГФП), Международная федерация транспортников (МФТ), Международный Комитет пропаганды транспортников (МКПТ), Профинтерн, Международная конфедерация профсоюзов железнодорожников и транспортных строителей (МКПЖ), Российский профсоюз железнодорожников и транспортных строителей (РОСПРОФЖЕЛ).

Профсоюзы сыграли одну из ключевых ролей в формировании современного общества, особенно его западноевропейской модели с широким демократическим политическим участием, коллективными переговорами между крупными социальными силами, защитой от рисков и приверженностью идее всеобщей занятости. В значительной степени благодаря именно их усилиям понятие гражданства было расширено на социально-экономическую сферу. Наряду с государством и крупными корпорациями они активно участвуют в определении общественных приоритетов и оказывают непосредственное влияние на процесс принятия политических и социально-экономических решений.

В отечественной и зарубежной научной литературе слабо изучена деятельность мировых отраслевых профцентров – международных производственных секретариатов, которые сейчас переименованы в Глобальные федерации профсоюзов (ГФП). В связи с этим актуальной и своевременной стала публикация монографии доктора философских наук, профессора Зубкова С. А. и доктора исторических наук, профессора Крайнова Г. Н., которая впервые отдельно в научной литературе посвящена исследованию роли транспортных профсоюзов в международном профсоюзном движении. Необходимо подчеркнуть ещё то, что данный исследовательский труд является шагом вперёд в деле перехода к новым формам деятельности профсоюзов в условиях растущей глобализации и перемещения центров активности профсоюзного движения.

Методологической основой монографического исследования явились системный, структурно-функциональный и сравнительный анализы, а также исторический и диа-

лектический подходы. Одним из ведущих методов исследования выступал сравнительный анализ политической роли профсоюзов в различных странах, дающий возможность прояснить характер взаимовлияния между социально-экономической структурой и политической организацией, с одной стороны, и относительной силой профсоюзов как политических акторов, с другой.

При изучении роли и места профсоюзов в политической системе общества за основу взят системный подход, позволяющий рассматривать профсоюзное движение как открытую систему во всей сложности и противоречивости ее взаимоотношений с внешней средой.

Монография состоит из введения, трех разделов, десяти глав с параграфами, заключения, библиографического списка.

В первом разделе «Профсоюзы как участники мирового политического процесса» выделены две главы: 1. Международное профсоюзное движение и его динамика; 2. Современные международные профсоюзные центры. В них рассматривается природа, сущность и эволюция международного профсоюзного движения, влияние на него процесса глобализации, современное состояние профсоюзного движения. Отмечается, что на современном этапе происходит ослабление позиций и влияния профсоюзов. Например, членство американцев в профсоюзах было максимальным в 1954 г.– 35 %, ныне же в них состоит 11 % работников (2014 г.). В странах ЕС средний процент состоящих в профсоюзах работников составляет 22 %, в Японии – 19,8 %), Австралии – 18,5 %. На момент распада СССР в 1991 г. в профсоюзах состояло около 60 млн членов, то в современной России осталось около 30 млн. Главными причинами кризиса профсоюзного движения стали:

– возрастание международной конкуренции из-за экономической глобализации, когда транснациональные корпорации (ТНК) широко используют труд не входящих в профсоюзы рабочих-мигрантов или переносят производство в страны «третьего мира», где позиции профсоюзов слабы;

– изменение структуры занятости населения, упадок в эпоху НТР старых традиционных отраслей промышленности с большой концентрацией производства и рабочих, рост занятости в малом бизнесе, сфере услуг, появление «белых» и «золотых воротничков» (высококвалифицированные работники), которые не стремятся в профсоюзы;

– усиление влияния неолиберальной, антипрофсоюзной политики в деятельности правительств США, Великобритании и других стран;

– распад СССР и других стран мировой социалистической системы стал тяжёлым ударом для всего международного рабочего движения, в том числе профсоюзного;

– легальные профсоюзы во многом обюрократились, профсоюзные боссы срослись с корпоративной системой государства и потеряли прямую связь с простыми работниками, членами профсоюза.

В то же время политизация социально-экономической жизни, стремление современной социал-демократии дистанцироваться от своего рабочего прошлого, превратившись в универсальную партию, объективно способствуют сегодня укреплению самостоятельной политической роли профсоюзов (С. 8–9). Необходимость укрепление позиций профсоюзов связано ещё с появлением новых специальностей в электронной направленности. Ведь работники – программисты сегодня свободно охватывают весь мир и возможности практически мгновенной консолидации по тем или иным вопросам безграничны. Это есть и политика и экономика самого профсоюзного движения. Его роль возрастает, учитывая, что политические партии начинают терять свой авторитет и влияние на массы. Авторы начали рассматривать это аспект, но необходимо продолжить исследование этой проблемы.

Второй раздел «Транспортные профсоюзы в мировом профсоюзном движении» содержит три главы: 1. Роль Международной федерации транспортников в становлении и развитии мирового движения транспортных профсоюзов; 2. Коммунистическое течение в международном движении транспортных профсоюзов в XX в.; 3. Современное состояние мирового движения транспортных профсоюзов. На основе многочисленных опубликованных и неопубликованных документов и материалов, авторы показывают деятельность Международной федерации транспортников (МФТ), Международного Комитета пропаганды транспортников, коммунистического движения транспортных профсоюзов в XX – начале XXI вв. Особое внимание авторами уделено борьбе транспортных профсоюзов против

фашизма, реализации стратегии Профинтерна по усилению единого рабочего фронта (С. 69–196). Исторический аспект выделен хорошо и интересно.

Третий раздел «Международное профсоюзное движение на железнодорожном транспорте» состоит из пяти глав: 1. Глобальный уровень международного профсоюзного сотрудничества на железнодорожном транспорте; 2. Сотрудничество профсоюзов железнодорожников европейских стран в условиях реформ отрасли в начале XXI в.; 3. Участие профсоюзов в европейском социальном диалоге на железнодорожном транспорте; 4. Координация действий профсоюзов железнодорожников стран СНГ и Балтии на современном этапе; 5. Участие российского профсоюза железнодорожников и транспортных строителей в международном профсоюзном движении (С. 197–281).

Особый интерес читателя представляют параграфы, посвященные участию секции железнодорожников МФТ в реализации стратегии «Организуемся глобально, боремся за права трудящихся!», поддержке своих членов в конфликтах с работодателями и своими правительствами, налаживанию социального диалога на железнодорожном транспорте (С. 203–216). Необходимо подчеркнуть, что проблема глобализации, напрямую затрагивающая интересы членов профсоюзов рассматривается в связке с втягиванием их в этот процесс. Подавая идею солидарности профсоюзов всех стран в борьбе за свои права, глобализаторы тем самым втягивают профсоюзы в создание глобального государства. Происходит это по принципу «Окно Овертона», когда люди в тактике борются за свои права с искусственно созданными и завышенными трудностям, чтобы через некоторое время работодатели «сдались» и выполнили требования профсоюзов. Делается это медленно пошагово, так что сами рабочие могут не понять, в какую политическую стратегию их втягивают и за чьи интересы. Но эта дельта была изначально заложена в проекте. Отсюда вытекает задача членов профсоюзов разгадать эти замыслы и вовремя предупредить их появление.

Авторы подчеркивают важную роль Международной конфедерации профсоюзов железнодорожников и транспортных строителей (МКПЖ), Российского профсоюза железнодорожников и транспортных строителей (РОСПРОФЖЕЛ) в реализации представительской функции в международных профсоюзных организациях, в координации их действий в международном профсоюзном движении. В общем потоке мирового профсоюзного движения одно из видных мест занимала и занимает международное сотрудничество транспортных профсоюзов (судоходных, железнодорожных, авиакомпаний). И сегодня основными целями организаций транспортных профсоюзов являются представительство и защита социально-трудовых прав и профессиональных интересов своих членов (С. 244–283). О манипуляциях с правами профсоюзов и обязанностями работодателей мы говорили выше.

Достоинством монографии является широкая источниковая база исследования: используются архивные документы и материалы, периодическая печать, электронная библиотечная база, литература на иностранных языках. Библиографический список литературы насчитывает около 200 наименований.

Монография является завершенным научно-исследовательским трудом, выполненным авторами самостоятельно на высоком научном уровне на актуальную тему. В работе приведены достоверные результаты, позволяющие их квалифицировать как значительный вклад в науку. Работа базируется на достаточной источниковой базе. Она написана доходчиво, аккуратно оформлена и качественно издана.

Монография актуальна для профсоюзного актива транспортных профсоюзов. Материалы книги будут также полезны для руководителей и специалистов профсоюзных организаций на железнодорожном транспорте, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов, а также широкого круга читателей, интересующихся профсоюзным движением.

Анатолий ПАНОВ
доктор политических наук,
профессор кафедры политологии
и права Московского государственного
областного университета, Москва, Россия ●

Координаты автора: **Панов А. И.** – ai.panov@mgou.ru.

Рецензия поступила в редакцию 27.01.2017, принята к публикации 17.02.2017.

THE MONOGRAPH ABOUT TRANSPORT TRADE UNIONS

REVIEW OF THE BOOK: *Zubkov, S. A., Krainov, G.N. Transport unions as part of the international trade union movement. Monograph. Moscow, INFRA M publ., 2017, 297 p.*

ABSTRACT

The book, published in the series «Scientific Thought», is devoted to the study of transport unions as components of the international trade union movement. The authors draw attention to the history, current state and problems of the international trade union movement, the processes of globalization, cooperation and coordination of the actions of international transport unions. Particular attention is paid to the analysis of the trade union movement in rail transport, the participation of the Russian trade union of railway workers and transport builders in the international trade union movement.

Keywords: trade union, transport unions, international trade union movement, International Confederation of Trade Unions (ITUC), World Federation of Trade Unions (WFTU), International Workers' Association (IWA), Global Federation of Trade Unions (GUF), International Transport Workers' Federation (ITWF), International Committee of Transport Workers' Propaganda (ICTWP), Profintern, International Confederation of Trade Unions of Railway Workers and Transport Builders (ICRW), Russian Union of Railway Workers and Transport Builders (ROSPROFZHEL).

Trade unions played a key role in the formation of modern society, especially its Western European model with broad democratic political participation, collective negotiations between major social forces, protection from risks and commitment to the idea of universal employment. To a large extent, thanks to their efforts, the concept of citizenship was extended to the social and economic sphere. Along with the state and large corporations, they actively participate in the determination of public priorities and have a direct impact on the process of making political and socio-economic decisions.

In the domestic and foreign scientific literature, the activity of the world branch trade centers – international production secretariats, which are now renamed into the Global Federation of Trade Unions (GUF) – has been poorly studied. In this connection, the publication of a monograph by D.Sc. (Philosophy), professor Zubkov S. A. and D.Sc. (History), professor Krainov G. N., which for the first time separately in the scientific literature is devoted to the study of the role of transport unions in the international trade union movement, came in right time. It should also be emphasized that this research work is a step forward in the transition to new forms of trade union activities in the context of active globalization and the movement of centers of activity of the trade union movement.

The methodological basis of this monographic study was systemic, structural-functional and comparative analyzes, as well as historical and dialectical approaches. One of the leading methods of research was a comparative analysis of the political role of trade unions in various countries, which makes it possible to clarify the nature of the mutual influence between the socio-economic structure and the political organization, on the one hand, and the relative strength of trade unions as political actors, on the other.

The study of the role and place of trade unions in the political system of society is based on a systematic approach that allows the trade union movement to be viewed as an open system in the complexity and inconsistency of its relations with the external environment.

The monograph consists of an introduction, three sections, ten chapters with paragraphs, conclusions, a bibliographic list.

In the first section «Trade unions as participants in the world political process» two chapters are highlighted: 1. The international trade union movement and its dynamics; 2. Modern international trade union centers. They deal with the nature, essence and evolution of the international trade union movement, the impact of globalization on it, and the current state of the trade union movement. It is noted that at the present stage there is a weakening of the positions and influence of the trade unions. For example, the membership of Americans in trade unions was the maximum in 1954 – 35 %, now they are 11 % of workers (2014). In the EU countries, the average percentage of unionized workers is 22 %, in Japan – 19,8 %), Australia – 18,5 %. At the time of the breakup of the USSR in 1991, there were about 60 million members in trade unions, in Russia today there are about 30 million. The main reasons for the crisis of the trade union movement are:

– increasing international competition due to economic globalization, when transnational corporations (TNC) make extensive use of the labor of non-union migrant workers or transfer production to third world countries where trade union positions are weak;

– change in the structure of the employment of the population, the decline of old traditional industries with a large concentration of production and workers in the era of scientific and technological revolution, the growth of employment in small businesses, services, the emergence of «white» and «golden collars» (highly skilled workers) who do not seek trade unions;

– strengthening the influence of neoliberal, anti-union policies in the activities of the governments of the United States, Britain and other countries;

– breakup of the USSR and other countries of the world socialist system was a heavy blow to the

entire international labor movement, including the trade union movement;

– legal trade unions have largely become bureaucratized, trade union bosses have grown together with the corporate system of the state and have lost direct contact with ordinary workers, members of the trade union.

At the same time, the politicization of social and economic life, the desire of modern social-democracy to distance itself from its working past, turning into a universal party, objectively contribute today to strengthening the independent political role of trade unions (See: pp. 8–9). The need to strengthen the position of trade unions is associated with the emergence of new specialties in electronic direction. After all, programmers today freely cover the whole world and the possibilities of almost instant consolidation on these or those issues are limitless. This is the politics and economy of the trade union movement itself. Its role is growing, given that political parties are beginning to lose their authority and influence over the masses. The authors began to consider this aspect, but it is necessary to continue research on this issue.

The second section, «Transport Unions in the World Trade Union Movement», contains three chapters: 1. The role of the International Transport Workers Federation in the formation and development of the world movement of transport unions; 2. The Communist movement in the international movement of transport trade unions in XX century; 3. The current state of the world movement of transport unions. Based on numerous published and unpublished documents and materials, the authors show the activities of the International Transport Workers Federation (ITWF), the International Transport Workers Propaganda Committee, the communist movement of transport trade unions in XX and early XXI centuries. Special attention was paid to the struggle of transport trade unions against fascism, the implementation of the strategy of the Profintern to strengthen the united workers' front (See: pp. 69–196). The historical aspect is highlighted well and in the interesting format.

The third section of the «International Trade Union Movement in Railway Transport» consists of five chapters: 1. The global level of international trade-union cooperation in rail transport; 2. Cooperation of railway unions of European countries in the conditions of industry reforms at the beginning of XXI century; 3. Participation of trade unions in the European social dialogue on railway transport; 4. Coordination of actions of trade unions of railwaymen of the CIS and Baltic countries at the present stage; 5. The participation of the Russian trade union of railway workers and transport builders in the international trade union movement (See: pp. 197–281).

The reader will be especially interested in the paragraphs devoted to the participation of the section of IWTF railwaymen in the implementation of the strategy «Organizing globally, fighting for workers' rights!», supporting its members in conflicts with employers and their governments, and establishing a social dialogue in rail transport (See: pp. 203–216). It should be emphasized that the problem of globalization, directly affecting the interests of trade union members, is considered in conjunction with their involvement in this process. By submitting the idea of solidarity of trade unions of all countries in the struggle for their rights, the globalizers thereby involve the unions in the creation of a global state. This happens on the principle of «Overton Window», when people in tactics are fighting for their rights with artificially created and overstated difficulties, so that after a while employers «surrendered» and fulfilled the demands of trade unions. This is done slowly, step by step, so that the workers themselves cannot understand in what political strategy they are drawn and for whose interests. But this delta was originally laid in the project. Hence the task of the members of the trade unions to unravel these plans and to warn them in time.

The authors emphasize the important role of the International Confederation of Trade Unions of Railway Workers and Transport Builders (ICWC), the Russian Trade Union of Railway Workers and Transport Builders (ROSPROFZHEL) in the implementation of the representative function in international trade union organizations and in coordinating their actions in the international trade union movement. In the general flow of the world trade-union movement, one of the prominent places has been and is occupied by international cooperation of transport trade unions (navigable, railway, airlines). Today, the main objectives of transport union organizations are to represent and protect the social and labor rights and professional interests of their members (See: pp. 244–283). We spoke about the manipulations with the rights of trade unions and the duties of employers above.

The advantage of the monograph is a wide source of research: archival documents and materials, periodicals, electronic library base, literature in foreign languages are used. The bibliographic list of literature includes about 200 titles.

The monograph is a completed scientific research work, carried out by the authors independently on a high scientific level on a topical subject. The paper gives reliable results that allow them to be qualified as a significant contribution to science. The work is based on a sufficient source base. It is written lucidly, neatly framed and qualitatively published.

The monograph is relevant for trade union activists of transport unions. The materials of the book will also be useful for leaders and specialists of trade union organizations in railway transport, teachers, Ph.D. students, Master's students and students, as well as a wide range of readers interested in the trade union movement.

Anatoly I. PANOV,
D.Sc. (Political science), professor at the department of political science and law of Moscow State Regional University,
Moscow, Russia

Panov, A.I., D.Sc. (Politics), professor of the department of Political Science and Law of Moscow State Regional University, ponchik.92@bk.ru.

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Moscow State University of Railway Engineering
(англ. текст – English text – p. 282)

Емельянова Г. А. Методология повышения надежности грузоподъёмного оборудования при обеспечении требуемых критериев риска / Автореф. дис… док. техн. наук.– М., 2017.– 36 с.

Усовершенствован метод контроля состояния элементов металлических конструкций с применением магнитных структуроскопов, разработан общий алгоритм технического диагностирования таких конструкций, а также метод оценки надежности грузоподъемных кранов, который учитывает параметры нагружения, механические свойства материалов, назначение и степень ответственности опасных производственных объектов. Обоснованы предельные контрольные цифры по надежности грузоподъемных кранов, предложены математическая модель и методический подход к оценке сейсмостойкости мостовых кранов, уточнены коэффициенты динамичности воздействия от дефектных ходовых колес движущегося крана на рельс, установлена величина коэффициента демпфирования конструкции рельсового пути.

Лёвин С. Б. Организация функционирования контейнерных компаний в транспортной системе на основе современных логистических информационных технологий / Автореф. дис… док. техн. наук.– М., 2016.– 48 с.

Разработаны методология и технические основы управления контейнерными и транспортно-логистическими компаниями с использованием технологий уровня 3PL и 4PL, предложена управленческая модель, построенная с помощью теории графов и кластерного подхода. В модели оптимизации структуры транспортного предприятия нашли отражение программно-целевые методы и построение эмпирической медианы наблюдаемых величин в зависимости от количества обрабатываемых данных и их линейной аппроксимации. Создана математическая модель организации работы предприятий с учетом резервов пропускных способностей инфраструктуры и наличия услуг логистических операторов уровня 3PL и 4PL.

Кунец Д. В. Обеспечение эксплуатационной надежности конструкций, встроенных в односводчатые станции Петербургского метрополитена / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2017.– 24 с.

На основе анализа материалов технической диагностики определена степень влияния выявленных дефектов на уровень состояния различных сооружений и устройств, встроенных в односводчатые станции, установлены причинно-следственные связи силового взаимодействия обделки с конструкциями, выявлены динамика и закономерности процесса деформирования системы «грунтовой массив – обделка станции – встроенные конструкции» в течение срока эксплуатации станционных комплексов.

Мажидов Ф. А. Оценка остаточного срока службы грузового вагона с учётом его технического состояния / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2017.– 24 с.

Разработаны методика оценки остаточного срока службы элементов конструкции вагона, отвечающих за безопасность движения, методика оценки параметров безопасности в зависимости от возраста составных частей конструкции. С помощью данных сетевого эксперимента получена возможность предложить способ выявления остаточного ресурса основных узлов и деталей, влияющих на безопасность, а соответственно ему определения регламента технического обслуживания и ремонта грузового вагона.

Мехедов М. И. Методика оценки факторов, определяющих стабильность пропуска грузовых поездопотоков на грузонапряжённых направлениях / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2017.– 24 с.

Анализ статистических и исследовательских данных позволил определить влияние различных факторов на стабильное движение грузовых поездов, предложить методику выявления «узких мест». Разработаны принципы оценки технологического эффекта вариантов управления тяговыми ресурсами путем математического моделирования динамики развития поездной ситуации на грузонапряженных полигонах железнодорожной сети.

Фадейкин Т. Н. Исследование тяговых электроприводов с асинхронными двигателями для подвижного состава железных дорог с целью повышения их энергетической эффективности / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2016.– 24 с.

Представлена обобщенная структура электрической части тягового электропривода для различных типов подвижного состава, предложена методика оценки энергетических показателей отдельных звеньев статических преобразователей электроэнергии при несинусоидальных токах и напряжениях. Выполнен сравнительный анализ потерь мощности в модулях «автономный инвертор напряжения – тяговый двигатель переменного тока» для трех видов инверторов.

Хряков К. С. Повышение устойчивости скоростных безрельсовых транспортных средств при прохождении кривых малого радиуса / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2017.– 24 с.

Диссертантом установлена степень влияния вибраций аэродинамических элементов, генерирующих прижимную силу, на устойчивость скоростного транспортного средства в кривых малого радиуса. При этом использована целевая математическая модель, предложен способ обеспечения устойчивости безрельсовых ТС за счет активного управления закрылками антикрыльев.

ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES

The selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Moscow State University of Railway Engineering

Emelyanova, G. A. Methodology of increasing the reliability of lifting equipment while providing the required risk criteria. Abstract of D.Sc. (Eng.) thesis. Moscow, 2017, 36 p.

The method for controlling the state of elements of metal structures with the use of magnetic structuroscopes has been improved, a general algorithm for the technical diagnosis of such structures has been developed, as well as a method for estimating the reliability of cranes, which takes into account loading parameters, mechanical properties of materials, purpose and the degree of responsibility of hazardous production facilities. The limiting control figures for the reliability of cranes are substantiated, a mathematical model and methodical approach to the estimation of seismic stability of bridge cranes are proposed, the coefficients of dynamism of impact from defective running wheels of a moving crane onto a rail are specified, the value of the damping coefficient of the rail track construction is established.

Fadeikin, T. N. Research of traction electric drives with asynchronous motors for rolling stock of railways with the purpose of increase of their energy efficiency. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The generalized structure of the electric part of the traction electric drive for various types of rolling stock is presented, the technique of an estimation of power indicators of separate links of static converters of the electric power at nonsinusoidal currents and pressure is offered. A comparative analysis of power losses in the modules «autonomous voltage inverter – AC traction motor» for three types of inverters is performed.

Khryakov, K. S. Increase in stability of high-speed non-rail vehicles when passing small-radius curves. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2017, 24 p.

The degree of influence of vibrations of aerodynamic elements generating a clamping force on the stability of a high-speed vehicle in curves of small radius is established by the author of the thesis. At the same time, the target mathematical model was used, a method for ensuring the stability of trackless vehicles due to active control of the wing flaps was proposed.

Kunets, D. V. Provision of operational reliability of structures built into single-vaulted stations of St. Petersburg subway. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2017, 24 p.

Based on the analysis of the materials of technical diagnostics, the degree of influence of the detected defects on the level of the state of various structures and devices embedded in single-vane stations was determined, cause-effect relationships of the power interaction of the lining with structures were established, the dynamics and regularities of the deformation process of the system «soil mass – lining – in-built structure» during the service life of the station complexes.

Levin, S. B. Organization of the functioning of container companies in the transport system on the basis of modern logistics information technologies. Abstract of D.Sc. (Eng.) thesis. Moscow, 2016, 48 p.

The methodology and technical basics for the management of container and transport-logistics companies using technologies of 3PL and 4PL level are developed, and a management model constructed using graph theory and a cluster approach is proposed. In the model of optimization of the structure of the transport enterprise, the program-target methods and construction of the empirical median of the observed quantities are reflected depending on the amount of data processed and their linear approximation. A mathematical model of the organization of work of enterprises is developed, taking into account the reserves of the capacity of the infrastructure and the availability of services of logistic operators of the level 3PL and 4PL.

Mazhidov, F. A. Evaluation of the residual service life of a freight car taking into account its technical condition. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2017, 24 p.

A technique for estimating the residual service life of the elements of the car structure responsible for traffic safety is developed, the methodology for assessing the safety parameters, depending on the age of the component parts of the structure. With the help of the data from the network experiment, it was possible to propose a method for identifying the remaining life of the main components and components that affect safety, and, accordingly, the definition of the maintenance and repair procedure for the freight car.

Mekhedov, M. I. The technique of an estimation of the factors defining stability of handling of cargo train flows on cargo-loaded directions. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2017, 24 p.

Analysis of statistical and research data made it possible to determine the influence of various factors on the stable movement of freight trains, and to suggest a technique for identifying bottlenecks. The principles for assessing the technological effect of traction resource management options are developed by mathematical modeling of the dynamics of the development of the train situation on the cargo-loaded polygons of the railway network. ●

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

English text at p. 284

Brauner, Florian Securing Public Transportation Systems. An Integrated Decision Analysis Framework for the Prevention of Terrorist Attacks as Example.– Springer Vieweg, 2017. – 213 p.

Burgdorf, Christian Potenziale des Fernlinienbusverkehrs in Deutschland. Eine systemdynamische Betrachtung.– Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017. – 385 p.

Göpfert, Ingrid, Braun, David, Schulz, Matthias (Hrsg.) Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends.– Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017. – 459 p.

Kerner, Boris S. Breakdown in Traffic Networks. Fundamentals of Transportation Science.– Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017. – 652 p.

Kobryń, Andrzej Transition Curves for Highway Geometric Design.– Springer International Publishing, 2017. – 131 p.

Suh, Nam P., Cho, Dong Ho (Eds.) The Online Electric Vehicle. Wireless Electric Ground Transportation Systems.– Springer International Publishing, 2017. – 402 p.

Sładkowski, Aleksander Rail Transport – Systems Approach.– Springer International Publishing, 2017. – 456 p.

Fossen, Thor I., Pettersen, Kristin Y., Nijmeijer, Henk (Eds.) Sensing and Control for Autonomous Vehicles. Applications to Land, Water and Air Vehicles.– Springer International Publishing, 2017. – 518 p.

Jia, Limin, Meng, Xuelei, Qin, Yong Train Operation in Emergencies.– Springer Сингапур, 2017. – 138 p.

Белокобыльский Н. Н. Транспортная безопасность. Термины. Понятия. Определения: Словарь: [ок. 4000 слов].– М.: Статут, 2017.– 350 с.

Васяйчева В. А. Повышение уровня конкурентоспособности предприятий транспортного машиностроения на основе управления инновационными проектами: Монография.– Самара: СГУ, 2017.– 176 с.

Громов С. К. Азбука космонавтики, или Введение в создание космической техники.– М.: РТСофт – Космоскоп, 2017.– 415 с.

Губенко А. В. [и др.] Развитие экономического механизма обновления парка воздушных судов: Монография.– М.: Студент, 2017.– 191 с.

Жуков В. Н. Развитие системы внутреннего финансового контроля в транспортных корпорациях с государственным участием: монография.– М.: Инфра-М, 2017.– 322 с.

Исаев Р. А. Управление инновационными процессами в современной экономике России: Монография.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Науч. б-ка, 2017.– 291 с.

Каплун А. Б., Морозов Е. М., Шамраева М. А. ANSYS в руках инженера: Практ. рук.; предисл. А. С. Шадского.– 5-е изд.– М.: URSS, 2017.– 269 с.

Кузнецова Л. Г., Стрельченко К. С. Управление рисками в сфере морских перевозок нефти и газа в России: Монография.– Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2017.– 115 с.

Маковецкая-Абрамова О. В. Автоматическое распознавание оптических образов транспортных средств: Монография.– СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2017.– 115 с.

Махарев Э. И., Русс А. А., Смуров М. Ю. Статистика воздушного транспорта: Монография.– М.: Студент, 2017.– 271 с.

Покровская О. Д. Логистическое руководство железнодорожного транспорта: математические основы терминалистики, маркировка, классификация и идентификация логистических объектов: науч.-практ. рук. (монография).– Казань: Бук, 2017.– 263 с.

Сидняев Н. И. Обтекание гиперзвуковых летательных аппаратов в условиях поверхностного разрушения.– М.: Физматлит.– 2017.– 302 с.

Точилин О. В. Формирование методологии организации инновационно-инвестиционного проектирования в авиастроительном производстве: Монография; Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации [и др.].– М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2017.– 375 с.

Шрамко А. П. Теоретико-методологические проблемы повышения конкурентоспособности транспортных коридоров в условиях глобализации на примере Азово-Черноморского бассейна Российской Федерации: Монография.– Новороссийск: ГМУ им. Ф. Ф. Ушакова, 2017.– 250 с.

Экономика и государство: проблемы эффективного взаимодействия / Моск. гос. ун-т путей сообщ., РОАТ; под ред. Т. М. Степанян.– М.: МАКС Пресс, 2017.– 142 с.

Ярлыков М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (ВОС-сигналы) и их разновидности в спутниковых радионавигационных системах.– М.: Радиотехника, 2017.– 415 с.

Подготовила Н. ОЛЕЙНИК

NEWLY PUBLISHED BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Belokobylsky, N. N. Transport safety. Terms. Concepts. Definitions: dictionary: [approx. 4000 words]. [*Transportnaja bezopasnost'. Terminy. Ponjatija. Opredelenija: slovar': [ok. 4000 slov]*]. Moscow, Statut publ., 2017, 350 p.

Brauner, Florian. Securing Public Transportation Systems. An Integrated Decision Analysis Framework for the Prevention of Terrorist Attacks as Example. Springer Vieweg, 2017, 213 p.

Burgdorf, Christian. Potenziale des Fernlinienbusverkehrs in Deutschland. Eine systemdynamische Betrachtung. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2017, 385 p.

Economics and the state: problems of effective cooperation [*Ekonomika i gosudarstvo: problemy effektivnogo vzaimodejstvija*] / Moscow State University of Railway Engineering, ROAT; ed. by T. M. Stepanyan. Moscow, MAX Press publ., 2017, 142 p.

Fossen, Thor I., Pettersen, Kristin Y., Nijmeijer, Henk (Eds.) Sensing and Control for Autonomous Vehicles. Applications to Land, Water and Air Vehicles. Springer International Publishing, 2017, 518 p.

Göpfert, Ingrid, Braun, David, Schulz, Matthias (Hrsg.) Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2017, 459 p.

Gromov, S. K. The ABC of Astronautics, or Introduction to the Creation of Space Technology [*Azbuka kosmonavtiki, ili Vvedenie v sozdanie kosmicheskoj tehniki*]. Moscow, RTSoft – Cosmoscope publ., 2017, 415 p.

Gubenko, A. V. [*et al*]. Development of the economic mechanism for updating the fleet of aircraft: monograph [*Razvitie ekonomicheskogo mehanizma obnovlenija parka vozdushnyh sudov: monografija*]. Moscow, Student publ., 2017, 191 p.

Isaev, R. A. Management of innovative processes in the modern economy of Russia: monograph [*Upravlenie innovacionnymi processami v sovremennoj ekonomike Rossii: monografija*].– 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Nauchaya biblioteka publ., 2017, 291 p.

Jia, Limin, Meng, Xuelei, Qin, Yong. Train Operation in Emergencies. Springer Singapore, 2017, 138 p.

Kaplun, A. B., Morozov, E.M., Shamraeva, M.A. ANSYS in the hands of the engineer: practical manual [*ANSYS v rukah inzhenera: prakt. ruk.*]. Intr. by A. S. Shadsky. 5th ed. Moscow, URSS publ., 2017, 269 p.

Kerner, Boris S. Breakdown in Traffic Networks. Fundamentals of Transportation Science. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017, 652 p.

Kobryń, Andrzej. Transition Curves for Highway Geometric Design. Springer International Publishing, 2017, 131 p.

Kuznetsova, L.G., Strelchenko, K. S. Risk management in the sphere of oil and gas transportation in Russia: Monograph [*Upravlenie riskami v sfere morskih perevozok nefti i gaza v Rossii: monografija*]. Vladivostok, Publishing house of VSUES, 2017, 115 p.

Makharev, E. I., Russ, A. A., Smurov, M. Yu. Statistics of air transport: monograph [*Statistika vozdushnogo transporta: monografija*]. Moscow, Student publ., 2017, 271 p.

Makovetskaya-Abramova, O. V. Automatic recognition of optical images of vehicles: monograph [*Avtomaticheskoe raspoznavanie opticheskih obrazov transportnyh sredstv: monografija*]. St.Petersburg, Publishing house of SPbGEU, 2017, 115 p.

Pokrovskaya, O. D. Logistics management of railway transport: mathematical foundations of terminology, marking, classification and identification of logistics facilities: scientific-practical guidelines (monograph) [*Logisticheskoe rukovodstvo zheleznodorozhnogo transporta: matematicheskie osnovy terminalistiki, markirovka, klassifikacija i identifikacija logisticheskih ob'ektov: nauch.-prakt. ruk. (monografija)*]. Kazan, Buk publ., 2017, 263 p.

Shramko, A. P. Theoretical and methodological problems of increasing the competitiveness of transport corridors in the context of globalization using the example of the Azov-Black Sea basin of the Russian Federation: monograph [*Teoretiko-metodologicheskie problemy povyshenija konkurentosposobnosti transportnyh koridorov v uslovijah globalizacii na primere Azovo-Chernomorskogo bassejna Rossijskoj Federacii: monografija*]. Novorossiysk, GMU n.a. F. F. Ushakov, 2017, 250 p.

Sidnyaev, N. I. Flow over hypersonic aircraft in conditions of surface destruction [*Obtekanie giperzvukovyh letatel'nyh apparatov v uslovijah poverhnostnogo razrushenija*]. Moscow, Fizmatlit publ., 2017, 302 p.

Sładkowski, Aleksander. Rail Transport – Systems Approach. Springer International Publishing, 2017, 456 p.

Suh, Nam P., Cho, Dong Ho (Eds.) The On-line Electric Vehicle. Wireless Electric Ground Transportation Systems. Springer International Publishing, 2017, 402 p.

Tochilin, O. V. Formation of the methodology of organization of innovative and investment design in aircraft building: monograph; Moscow State Technical University of Civil Aviation [*et al*]. [*Formirovanie metodologii organizacii innovacionno-investicionnogo proektirovanija v aviastroitel'nom proizvodstve: monografija; Mosk. gos. tehn. un-t grazhd. aviacii* [*i dr.*]. Moscow, REU n.a. G. V. Plekhanov, 2017, 375 p.

Vasyaicheva, V. A. Increase of competitiveness level of transport engineering enterprises on the basis of innovative projects management: monograph [*Povyshenie urovnja konkurentosposobnosti predprijatij transportnogo mashinostroenija na osnove upravlenija innovacionnymi proektami: monografija*]. Samara, SGU publ., 2017, 176 p.

Yarlykov, M. S. Meandre noise-like signals (BOC-signals) and their varieties in satellite radio navigation systems [*Meandrovye shumopodobnye signaly (VOS-signaly) i ih raznovidnosti v sputnikovyh radionavigacionnyh sistemah*]. Moscow, Radiotehnika publ., 2017, 415 p.

Zhukov, V. N. Development of the system of internal financial control in transport corporations with state participation: monograph [*Razvitie sistemy vnutrennego finansovogo kontrolja v transportnyh korporacijah s gosudarstvennym uchastiem: monografija*]. Moscow, Infra-M publ., 2017, 322 p.

List compiled by N. OLEYNIK