Транспорта МИИТ

•ТЕОРИЯ •ИСТОРИЯ
•КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

4 2016 (65)

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 технического университета
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

Леонид БАРАНОВ, Владислав МАКСИМОВ
Повышение энергоэффективности управления движением метропоездов 6

Николай КЛЕВАНСКИЙ, Максим АНТИПОВ
Новые подходы к формированию транспортных расписаний . 18

Александр ЛИСЕНКОВ, Сергей ЛЁВИН
Управление транспортными услугами в условиях действия случайных факторов 28

Александр ЗАМУХОВСКИЙ, Айгуль ЖАНГАБЫЛОВА
Выбор конструкции промежуточного скрепления методами вибродиагностики 32

НАУКА И ТЕХНИКА

Николай КРАВЧЕНКО, Галина КРАВЧЕНКО
Путь с лежнями для тоннелей метрополитенов 42

Игорь РЯБОВ, Вера ГОРИНА
Технологии перевозки контейнеров с использованием грузоподъёмных стоек 52

Андрей АБРАМОВ, Татьяна ТЮНЮКОВА, Евгений ИЖБУЛДИН
Виброударные технологии для строительно-дорожных машин 62

Виктор КОВАЛЬСКИЙ, Дмитрий ФЕДАСОВ, Маргарита ЧАЛОВА
Модернизация скребково-цепного устройства щебнеочистительных машин 70

Хабибулла ТУРАНОВ, Андрей ГОРДИЕНКО
Расчёт времени движения и скорости вагона на промежуточном участке сортировочной горки при попутном ветре 78

Сергей ВАКУЛЕНКО, Пётр КОЗЛОВ
Оптимизация оборота локомотивов с помощью системы «Лабиринт» 92

ЭКОНОМИКА

Татьяна ГОРБАЧИК
Экономические аспекты стратегического управления транспортным комплексом 106

Ольга ЛЕОНОВА
Формирование железнодорожных тарифов на пригородные пассажирские перевозки 116

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
ФГУП Издательство «Известия»
Управления делами Президента
Российской Федерации
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», 2016

Альберт МУХТАСАРОВ
Продвижение малого бизнеса посредством интернет-маркетинга 124

Оксана ФРЕЙДМАН
Методология измерения эффективности взаимодействия мезологистических систем 134

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Ольга АНДРЕЙЧИКОВА, Александр АНДРЕЙЧИКОВ
Принятие решений по замещению импортной техники на основе анализа патентной и финансовой информации 146

Борис ЕЛИСЕЕВ, Вадим ВОРОБЬЕВ, Андрей ХАРЛАМОВ
Влияние интенсивности воздушного движения на задержки рейсов 168

Андрей ОБУХОВ
Инновационные подходы к автоматизации управления сортировочной станцией 176

Сергей ЕЛИСЕЕВ, Светлана ВОЛКОВА
Взаимодействие железнодорожных станций с грузовыми терминалами на местах необщего пользования 188

БЕЗОПАСНОСТЬ

Николай КОВАЛЕНКО, Александр КОВАЛЕНКО
Происшествия на железной дороге: оценка ликвидации последствий 202

Валентина ЩЕПЕТОВА, Ольга ЗАМОТАЕВА, Ксения ШАМОНИНА
Внутренний контроль и управление рисками на водном транспорте 210

Максим ХАРЧЕНКО
О некоторых аспектах стратегии КНР в сфере «зелёной» энергии . 218

Елена ОЗЕРОВА, Мария ЕВДОКИМОВА, Елена ФАРАФОНОВА
Электромагнитные поля компактных люминесцентных энергосберегающих ламп 224

Вера МЕДВЕДЕВА, Евгений ПИРОГОВ, Василий СЕМЕНОВЫХ
Тепловые насосы как ресурс энергосбережения на объектах железных дорог 230

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Дмитрий МАЧЕРЕТ
О влиянии образования на экономический рост 240

Сергей ЗУБКОВ, Григорий КРАЙНОВ
Социальный диалог на европейских железных дорогах: поиск баланса 246

Людмила БОЛЬШЕДВОРСКАЯ
Формирование компетентностной модели выпускника-управленца 256

Сергей ШАНТАРЕНКО, Евгений ПОНОМАРЕВ
О вкладе отраслевых вузов в научно-техническое развитие ОАО «РЖД» 270

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Валентин БОРЗУНОВ
«Олени не летают, не ржут и не стонут» 282

Пресс-архив 298

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Сергей БОГОЛЮБОВ
Логика права и смысл закона 306
Авторефераты диссертаций 309
Новые книги 311
Экспресс-информация 238, 280

World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 14 Iss. 4 2016

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

Editorial council:

Boris A. Lievin, 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

Leonid A. BARANOV, Vladislav M. MAKSIMOV
Improvement of Energy Efficiency of Metro Trains' Traffic Control 6

Nikolai N. KLEVANSKY, Maksim A. ANTIPOV
New Approaches to Development of Transport Schedules 18

Alexander N. LISENKOV, Sergey B. LIEVIN
Transport Service Management under the Action of Random Factors 28

Aleksandr ZAMUHOVSKIY, Aygul ZHANGABYLOVA
Choosing the Design of an Intermediate Fastening by Vibrodiagnostics Methods 32

SCIENCE AND ENGINEERING

Nikolay D. KRAVCHENKO, Galina M. KRAVCHENKO
Track on Longitudinal Concrete Beams for Metro Tunnels 42

Igor M. RYABOV, Vera V. GORINA
Technology of Container Transportation using Load-Lifting Pillars 52

Andrey D. ABRAMOV, Tatiana K. TYUNYUKOVA, Evgeny A. IZHBULDIN
Vibro-Impact Technologies for Road Construction Machinery 62

Viktor F. KOVALSKY, Dmitry S. FEDASOV, Margarita Yu. CHALOVA
Modernization of a Scraper-Chain Device of Ballast Cleaners 70

Khabibulla T. TURANOV, Andrey A. GORDIENKO
Calculation of Time of Movement and Speed of a Car on the Intermediate Section of the Hump Yard under Tail Wind 78

Sergey P. VAKULENKO, Petr A. KOZLOV
Optimization of Locomotives' Turnover with a «Labyrinth» System 92

ECONOMICS

Tatiana V. GORBACHIK
Economic Aspects of Transport Complex Strategic Management . . 106

Olga G. LEONOVA
Formation of Railway Tariffs for Commuter Passenger Transportation 116

Albert F. MUKHTASAROV
Promotion of Small Business through Internet Marketing 124

Oksana A. FREIDMAN
Methodology to Measure the Effectiveness of Interaction of Mesologistics Systems 134

Editorial board
Boris A. Lievin, 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.
65 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
© 2016. 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

Olga N. ANDREICHIKOVA, Aleksandr V. ANDREICHIKOV
Making Decisions on Substitution of Imported Equipment based on the Analysis of Patent and Financial Information 146
Boris P. ELISEEV, Vadim V. VOROBYEV, Andrey S. KHARLAMOV
Influence of Air Traffic on Flight Delays. 168
Andrey D. OBUKHOV
Innovative Approach to Marshalling Yard Control Automation . . . 176
Sergey Yu. ELISEEV, Svetlana G. VOLKOVA
Interaction of Railway Stations with Cargo Terminals at the Places of Non-Public Use 188

SAFETY AND SECURITY

Nikolay I. KOVALENKO, Alexander N. KOVALENKO
Incidents on the Railway: Assessment of Consequences Elimination 202
Valentina N. SCHEPETOVA, Olga A. ZAMOTAEVA, Ksenia S. SHAMONINA
Internal Control and Risk Management in Water Transport 210
Maxim P. KHARCHENKO
On Some Aspects of China's policies in the Field of «Green» Energy. 218
Elena S. OZEROVA, Maria P. EVDOKIMOVA, Elena A. FARAFONOVA
Electromagnetic Fields of Compact Energy-Saving Fluorescent Lamps. 224
Vera M. MEDVEDEVA, Evgeny N. PIROGOV, Vasily A. SEMENOVYKH
Heat Pumps as a Resource for Energy Efficiency on Railway Facilities 230

HRM, EDUCATION & TRAINING

Dmitry A. MACHERET
On influence of Education on Economic Growth 240
Sergey A. ZUBKOV, Grigory N. KRAINOV
Social Dialogue on European Railways: Search for a Balance. 246
Lyudmila G. BOLSHEDVORSKAYA
Development of a Competence Model for a Graduate Manager. . . 256
Sergey G. SHANTARENKO, Evgeny V. PONOMAREV
On Contribution of Rail Sectorial Universities to Scientific and Technical Development of JSC Russian Railways 270

HISTORY WHEEL

Valentin F. BORZUNOV
«Deer Do Not Fly, Do Not Neigh, and Do Not Moan» 282
Press-Archive 298

BIBLIO-DIRECTIONS

Sergey A. BOGOLYUBOV
Legal logics and spirit of the law 306
Selected abstracts of Ph.D. theses 309
Selected list of new books on transport and transportation 311
Express Information 238, 280

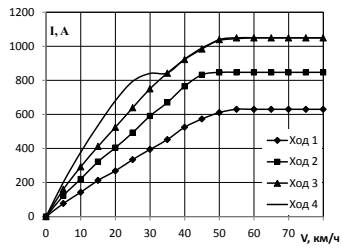
Each article in the journal consists of a Russian text and of an English text, fully identical in contents but additionally edited and structured, both accompanied by abstracts, keywords, references and information about the authors.

ТЕОРИЯ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY

СИСТЕМНОСТЬ 6

Энергосбережение поддаётся расчёту.



МЕТОДОЛОГИЯ 18

Нециклическая большая размерность использует не только релаксацию и генерацию.

СЛУЧАЙНЫЕ ФАКТОРЫ 28

Качество – значит точность оценки.

ВИБРО-ДИАГНОСТИКА 32

Велосиметры дают уверенный сигнал, но требуют сложных расчётов.

SYSTEM APPROACH 6

Power saving can be calculated.

METHODOLOGY 18

Acyclic high dimensionality uses not only relaxation either generation methods.

RANDOM FACTORS 28

Quality means accuracy of assessment.

VIBRATION-BASED DIAGNOSTICS 32

Velocimeters offer reliable signal but require sophisticated computation.



УДК 621.311:625.42

Повышение энергоэффективности управления движением метропоездов

Владислав МАКСИМОВ
Vladislav M. MAKSIMOV





Леонид БАРАНОВ
Leonid A. BARANOV

Баранов Леонид Аврамович *– доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Максимов Владислав Михайлович *– кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.*

Improvement of Energy Efficiency of Metro Trains' Traffic Control
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 13)

Изложены теоретически обоснованные методы повышения энергоэффективности управления движением поездов метрополитена – выбор режимов тяги, распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам, применение рекуперативного торможения. Приведены примеры внедрения научно-технических разработок на Московском метрополитене. Описаны способы управления электроподвижным составом в условиях ограничения токов фидеров тяговых подстанций, особенности проследования неперекрываемых изолирующих промежутков в режиме рекуперации, дан анализ динамики изменения показателей энергоэффективности.

Ключевые слова: метрополитен, движение поезда, энергоэффективность, энергооптимальный режим управления, квазиоптимальный режим, время хода, рекуперативное торможение, расход энергии на тягу, удельный расход электроэнергии.

В стоимости произведенных услуг Московского метрополитена значительную часть (порядка 10%) составляет оплата за электроэнергию. Расход электроэнергии на тягу доминирует в общем расходе энергии и достигает 80%.

В условиях постоянного роста пассажиропотока, скорости перевозки пассажиров, увеличения парности движения, ввода новых участков линий и нового подвижного состава на базе проведенных исследований Московским государственным университетом путей сообщения совместно со столичным метрополитеном разработаны и внедрены технологии повышения энергоэффективности. Эти технологии используют результаты работ двух направлений.

Первое направление базируется на строгом математическом решении следующих оптимизационных задач:

– выбор последовательности режимов управления движением поездов, обеспечивающих минимум расхода энергии на тягу при заданном времени хода по перегону, выполнении всех скоростных ограничений;

– распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам таким образом, чтобы расход энергии, затрачиваемый на движение по линии, был минимален.

Решение первой задачи [1, 2] строится на принципе максимума в формулировке Милютина и Дубовицкого. Решение второй задачи [3] использует метод исследования на условный экстремум функции многих переменных.

Второе направление связано с использованием режима рекуперации на вводимом в эксплуатацию новом подвижном составе, имеющим тяговый привод на асинхронных двигателях. При внедрении режима рекуперации необходимо было провести исследования, отвечающие на следующие вопросы:

– обеспечивается ли бесперебойное функционирование системы безопасности движения при воздействии помех, генерируемых в режиме рекуперативного торможения;

– как влияют перенапряжения и помехи, возникающие при разрыве силовых цепей во время прохождения поездом неперекрываемых изолирующих промежутков контактного рельса в режиме рекуперативного торможения, на функционирование систем управления подвижного состава и безопасности движения;

– какова продольная динамика поезда при прохождении неперекрываемых изолируемых промежутков в режиме рекуперативного торможения;

– какая часть энергии, генерируемой поездами в режиме рекуперативного торможения, находит потребителя.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ

Учеными и специалистами МИИТ было разработано алгоритмическое и программное обеспечение, позволившее создать «Автоматизированную систему выбора энергооптимальных режимов управления электроподвижным составом метрополитена» (АСЭР).

Результаты расчётов АСЭР предназначены для использования:

– службой электроснабжения при определении часовых, суточных, месячных и годовых потребностей электроэнергии на тягу поездов;

– службой подвижного состава для реализации энергооптимальных режимов вождения поездов для часов-пик и в «непиковое» время;

– службой движения при составлении графиков движения поездов с учетом энергооптимального распределения времени хода по линии на времена хода по перегонам.

АСЭР имеет следующую функциональную структуру:

– подсистема управления базами данных (подвижного состава, линий метрополитена, перегонов, устройств электроснабжения, графика движения, результатов расчётов);

– подсистема тяговых расчётов по заданным режимам ведения;

– подсистема энергооптимальных тяговых расчётов;

– подсистема тяговых расчётов семейства траекторий движения для различных времен хода;

– подсистема энергооптимального распределения времени хода по линии на времена хода по перегонам;

– справочная подсистема.

Исходные базы данных содержат информацию, достаточную для выполнения тяговых расчётов и расчёта потребности в электроэнергии на тягу поездов. Базы данных могут быть пополнены при вводе новых линий, перегонов, вагонов нового типа и при изменении их параметров.

Для оценки эффекта от внедрения оптимальных режимов еще в 2007 году на Серпуховско-Тимирязевской линии, где в то время эксплуатировались семивагонные составы с вагонами типа 81–717/714, выполнены расчёты в двух вариантах:

– расчёт по режимам ведения, полученным с помощью регистратора параметров движения поездов (РПДП);

– энергооптимальный тяговый расчёт для такого же времени хода по каждому перегону, полученный в АСЭР.

В результате расчёта установлено, что ведение по режимам, полученным с помощью программы АСЭР, может ***позволить снизить расход электроэнергии*** для одной поездки:

– по 1-му пути на 44,20 кВт • ч, что составляет 7,33%;

– по 2-му пути на 30,28 кВт • ч, или 4,89%;

– по линии на 74,48 кВт • ч, или 6,09%.

Таблица 1

Расчётная экономия по линиям метрополитена

Название показателей			Наименования линий								
			СЛ	ЗЛ	АПЛ	КОЛЛ	КРЛ	КЛ	ТКЛ	СТЛ	ЛДЛ	Всего
Результаты тяговых расчётов												
Для одного поезда	Расход электроэнергии, кВт • ч	На 1-м пути	359,16	652,00	313,61	248,06	594,78	114,90	533,36	676,75	390,02	3883
		На 2-м пути	320,59	658,00	269,00	264,87	692,56	193,50	542,77	726,48	370,12	4038
		По линии	679,75	1310,00	582,61	512,93	1287,34	308,40	1076,13	1403,23	760,14	7921
	Сокращение расхода электроэнергии, кВт • ч		22,12	43,7	17,0	17,0	40,1	3,3	91,7	78,7	48,3	362
Итог за 2007 год												
Для линии в год	Количество пар поездов за год		167376	178460	167436	167708	179716	134236	176044	17 052	134312	1476340
	Расход электроэнергии, млн кВт • ч		113,8	233,8	97,6	86,1	231,4	41,4	189,5	240,0	102,1	1336
	Стоимость электроэнергии, млн руб.		184,3	378,8	158,0	139,5	374,8	67,1	306,9	388,8	165,4	2164
Расчётная экономия по линии, млн руб.												
	Оптимальное управление, млн руб.		6,00	12,63	4,60	4,64	11,66	0,71	26,15	21,80	10,51	98,83

Анализ причин меньшего расхода электроэнергии при энергооптимальных режимах был проведен путем сравнения режимов ведения поездов машинистами, зафиксированных РПДП, с энергооптимальными режимами, полученными АСЭР. Анализ показал, что на многих перегонах машинисты выполняют пуск поезда со станции до скорости 20–30 км/ч и более в режиме Ход 2. В этом режиме тяговое усилие при скорости более 15 км/ч резко снижается. Оптимальным, конечно, является пуск в режиме Ход 3, имеющем максимальное тяговое усилие до скоростей 50 км/ч и более. Кроме того, при повторном подключении тяги отключение тягового режима осуществляется поздно, почти перед самой станцией и перед переходом в режим торможения. При подтормаживании на крутых спусках часто скорости снижаются более чем на 10 км/ч, хотя достаточно снижать скорость на 3–5 км/ч. Рассчитанная последовательность режимов позволила исключить энергозатратные режимы ведения.

Источником сокращения расхода электроэнергии на тягу является также реализованное расчётами в АСЭР оптимальное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам.

Так, например, на основании расчётов, выполненных для Серпуховско-Тимирязевской линии, показано, что переход в графике движения на энергооптимальные времена хода, полученные с помощью программы АСЕР, позволит снизить расход электроэнергии при движении поезда по 1-му пути на 2,5%, по 2-му пути на 3,2% и по линии в целом на 2,9%.

Учитывая значительный эффект от использования энергооптимальных режимов ведения поездов, службой подвижного состава Московского метрополитена было принято решение осуществить на всех линиях переход на режимы, полученные с помощью АСЭР. Для этого были рассчитаны энергооптимальные режимы ведения по перегонам и энергооптимальное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам. Проведена опытная проверка полученных расчётным путем режимов. Определена расчётная экономия по линиям метрополитена по сравнению с режимами ведения поездов при графико-

вых временах хода, реализуемых в 2007 году. Результаты представлены в таблице 1.

С 2008 года началось поэтапное внедрение полученных результатов расчёта энергооптимальных режимов ведения поездов по перегонам. МИИТ в течение первого полугодия провел тяговые расчёты и передал во все электродепо данные по оптимальным режимам ведения поездов и расстановке стрел, указывающих на место переключения режимов тяги. Службой подвижного состава организованы контрольные поездки и контроль выполнения рекомендаций по режимам. Службой электроснабжения проводился мониторинг расхода электроэнергии при действующих режимах ведения поездов и рекомендованных энергооптимальных.

В конце года сделан анализ полученных результатов и даны рекомендации по снижению потребления электроэнергии на тягу поездов. МИИТ подготовил предложения по оптимальному распределению участкового времени хода для вновь разрабатываемых графиков движения.

Первые результаты по внедрению энергооптимальных режимов ведения поездов можно проследить, сравнивая годовой расход электроэнергии на тягу поездов и выполняемую тонно-километровую работу метрополитена. Так, в 2008 году, пока шла подготовка, оба эти показателя по сравнению с 2007 годом изменялись практически пропорционально. Тонно-километровая работа выросла на 5,36%, а расход электроэнергии на 5,77%. Зато в 2009 году эти показатели имели значения 3,96% и 2,57% соответственно. Следовательно, расход электроэнергии вырос менее чем в 1,5 раза по сравнению с ростом тонно-километровой работы.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКУПЕРАЦИИ

В 2009 году на Филевской и Арбатско-Покровской линиях начинается опытная эксплуатация первых поездов с вагонами типа 81–740, 81–741 с тяговым приводом на асинхронных двигателях, позволяющих реализовать режим рекуперативного торможения.

Перед включением в эксплуатацию режима рекуперативного торможения были проведены исследования (МИИТ, ВНИИЖТ, метрополитен), позволившие сделать следующие выводы [4, 5]:

– тяговый привод при рекуперативном торможении обеспечивает устойчивую работу во всем диапазоне скоростей торможения, величины тормозных путей не превышают нормативных значений, токовые перегрузки в тормозной сети отсутствуют;

– перенапряжения от разрыва тока при прохождении токоразделов не приводят к сбоям в работе оборудования поезда, амплитуда перенапряжения на электроподвижном составе не превышает 1400 В, длительность импульсов над уровнем 1050 В максимально составляет 43 мс, что не превышает величин, приведенных в нормах;

– включение режима рекуперативного торможения не приводит к изменению электромагнитной обстановки и не оказывает отрицательного влияния на функционирование систем обеспечения безопасности;

– расчётная оценка экономии энергии за счет межпоездного обмена в режиме рекуперации является случайной величиной, зависящей от многих факторов (тип линии, интенсивность движения, график движения). Оценка среднего значения экономии энергии за счет межпоездного обмена по отношению к расходу энергии на тягу для различных линий Московского метрополитена находится в диапазоне от 10 до 30%;

– продольные колебания в поезде, нарушающие условия комфорта и вызывающие жалобы пассажиров, возникали при прохождении поездом неперекрываемых токоразделов в режиме рекуперативного торможения при скоростях ниже 30 км/ч. Разработчиками привода был изменен алгоритм взаимодействия рекуперативного и реостатного тормозов – в этих условиях рекуперативный тормоз замещается реостатным и запрещается обратный переход.

Внедрение режима рекуперативного торможения на Филевской линии было начато в феврале 2010 года поочередным включением соответствующего модуля программного обеспечения на вагонах. В связи с этим за базовый расход на тягу поездов принимается период с марта 2009

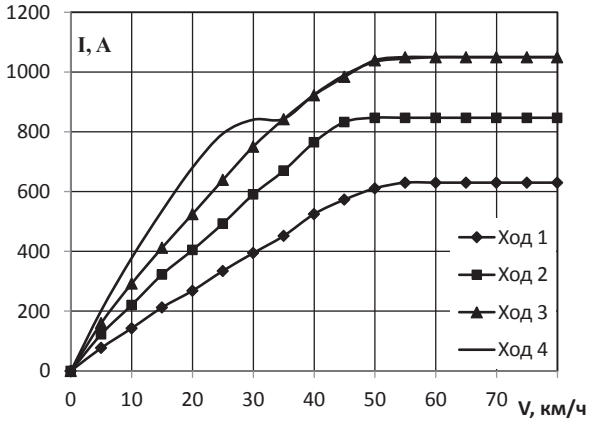


Рис. 1. Токовые характеристики тяговых режимов вагонов типа 81–760/761.

года по февраль 2010 года, который составил 22511566 кВт • ч. Сравнение проводим с годовым расходом с марта 2010 года по февраль 2011 года – 16473267 кВт • ч. Снижение энергопотребления на тягу поездов за 12 месяцев после внедрения режима рекуперативного торможения на линии – 26,82%.

Внедрение режима рекуперативного торможения на Арбатско-Покровской линии (АПЛ) было начато в сентябре 2010 года. Базой для сравнения был принят период с октября того года по сентябрь 2011 года. Расход на тягу поездов составил 172606167 кВт • ч. Годовое потребление электроэнергии после внедрения режима рекуперативного торможения с сентября 2011 года по август 2012 года – 129621253 кВт • ч. Экономия – 42984912 кВт • ч или 24,9%.

Базой для сравнения расхода на Бутовской линии был период с октября 2009 года по ноябрь 2010 года. Расход на тягу поездов составил 11966664 кВт • ч. Потребление электроэнергии на тягу после внедрения режима рекуперативного торможения с ноября 2010 года по декабрь 2011 года – 10607033 кВт • ч. Экономия – 1359611 кВт • ч или 11,36%.

На основе полученных результатов были рассчитаны новые энергооптимальные режимы управления поездами и энергооптимальное распределение времени хода по линии на времена хода по перегонам.

УПРАВЛЕНИЕ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ТОКОВ ФИДЕРОВ

В 2012 году на Калининской линии в связи с вводом в эксплуатацию составов с вагонами типа 81–760/761 с тяговым приводом на асинхронных двигателях и при увеличении парности движения поездов в часы-пик возникли систематические отключения фидеров тяговых подстанций из-за перегрузки. Отключения фидеров происходили чаще всего на длинных перегонах с повторным подключением тяги. На таких перегонах на одной фидерной зоне в тяговом режиме оказывались сразу два состава, и токи превышали допустимые значения. Потребовалось сделать выбор квазиоптимальных режимов с ограничением максимального тока.

В режиме тяги вагоны этого типа имеют четыре режима тяги. На рис. 1 представлены токовые характеристики тягового режима привода вагона при максимальной загрузке пассажирами. При скорости больше 35 км/ч характеристики режимов Ход 3 и Ход 4 совпадают и имеют максимальные значения токов. Анализ работы системы электроснабжения в пиковый период времени показал, что для прекращения срабатывания фидерной защиты необходимо уменьшить максимальный тяговый ток не менее чем на 25%.

Рассматривалось несколько вариантов достижения такого результата. Например, использовать в тяговом режиме при пуске только режим Ход 2 и Ход 1. Однако, как видно из тяговых характеристик вагона (рис. 2) при максимальной загрузке пассажирами, максимальное тяговое усилие сократится более чем на 40%. Еще один вариант уменьшения максимального тока путем использование тягового режима в восьмивагонном составе только для шести вагонов. Но при этом максимальное тяговое усилие сократится на 25%. Все это приведет к соответствующему уменьшению ускорения, что недопустимо, так как дает значительное увеличение расхода электроэнергии на тягу и повлияет на минимальный интервал попутного следования поездов.

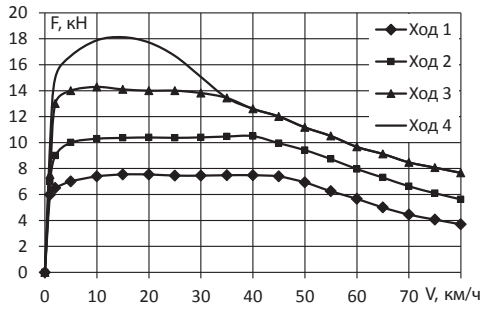


Рис. 2. Тяговые характеристики тяговых режимов вагонов типа 81–760/761.

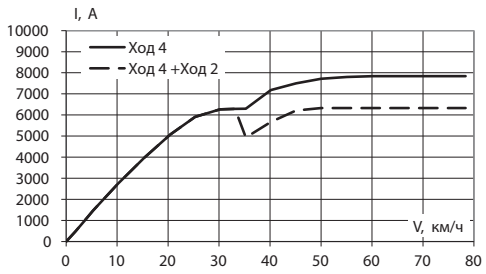


Рис. 3. Тяговый ток восьмивагонного состава в зависимости от скорости при использовании режимов Ход 4 и Ход 4+Ход 2.

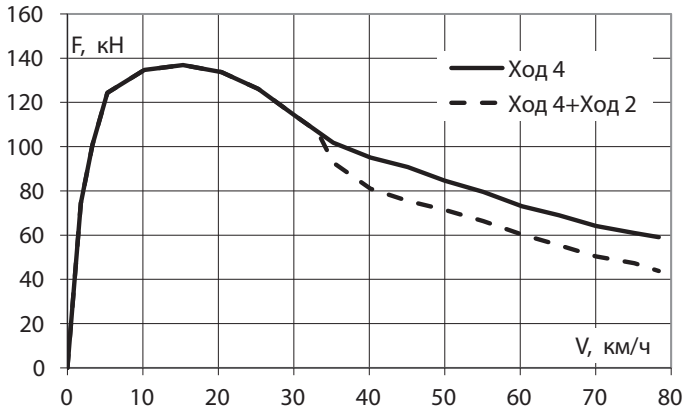


Рис. 4. Сила тяги восьмивагонного состава в зависимости от скорости при использовании режимов Ход 4 и Ход 4+Ход 2.

Самым эффективным предложением является использование режима Ход 4 в начале разгона до скорости 30–35 км/ч, а далее следует продолжить разгон в режиме Ход 2. Будем обозначать такой режим следующим образом: Ход 4 + Ход 2. Сравнение зависимости тягового тока и силы тяги восьмивагонного состава от скорости при использовании режимов Ход 4 и Ход 4 + Ход 2 приведено на рис. 3 и 4. Из графиков видно, что максимальное значение тока в режиме Ход 4 + Ход 2 совпадает с максимальным током в режиме Ход 2. При этом сила тяги остается на уровне, соответствующем режиму Ход 4 при скорости менее 35 км/ч, и лишь при больших скоростях уменьшается до величины в режиме Ход 2.

На рис. 5 представлены кривые изменения скорости при пуске в различных режимах, полученные при расчёте с использованием АСЭР. По результатам расчёта выявлены количественные параметры, характеризующие каждый из режимов пуска в таблице 2.

Предложенный режим Ход 4 + Ход 2 для управления поездом с вагонами типа 81–760/761, учитывающий ограничения по системе энергоснабжения, приводит к незначительному возрастанию расхода электроэнергии по сравнению с пуском в режиме Ход 4. Сравнительные расчёты показывают, что ограниченное использование тягового режима Ход 4 только при скоростях ниже 30–35 км/ч приводит к увеличению расхода менее чем на 1,4%. Причем полный отказ от режима Ход 4 и пуск поезда только в режиме Ход 2 дает увеличение расхода электроэнергии ещё на 7%.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ

Показателем оценки внедрения энергоэффективных технологий на Московском метрополитене является динамика прироста тонно-километровой работы и соответствующий ей прирост расхода электроэнергии на тягу. Если прирост работы превышает прирост расхода электроэнергии, то результаты энергосбережения положительны. То есть

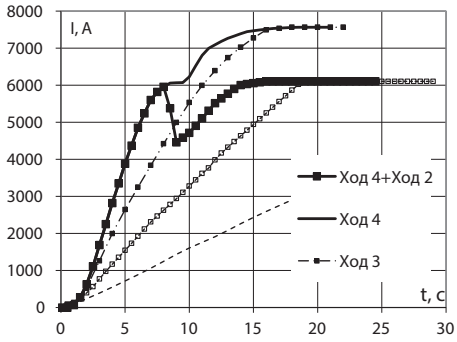


Рис. 5. Кривые изменения скорости при пуске в различных режимах.

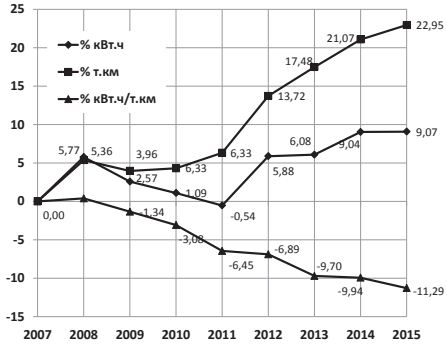


Рис. 6. Прирост в процентах по отношению к 2007 году тонно-километровой работы, расхода и удельного расхода электроэнергии.

Таблица 2

Максимальный тяговый ток, ускорение состава и их отношения

Режим	Imax	a	Imax/7567
	A	м/с•с	
Ход 4+Ход 2	6105	1,2	0,807
Ход 4	7567	1,2	1,000
Ход 3	7567	1,1	1.000
Ход 2	6105	0,73	0,807
Ход 1	4540	0,6	0,599

результирующим критерием оценки можно выбрать удельный расход электроэнергии на тягу кВт • ч/т • км.

На рис. 6 представлены графики прироста в процентах тонно-километровой работы, расхода электроэнергии и удельного расхода электроэнергии по отношению к этим показателям в 2007 году.

В 2008 году тонно-километровая работа и расход энергии выросли практически одинаково, и прирост удельного расхода энергии был почти нулевым. В 2009 году появилось видимое различие в приросте тонно-километровой работы и расходе электроэнергии. Из графиков видно, что начиная с 2011 года заметно растет прежде всего тонно-километровая работа. Это обусловлено ростом пассажиропотока, увеличением парности движения поездов, количества вагонов в составах на ряде линий, вводом в эксплуатацию новых участков метрополитена. К 2015 году тонно-километровая работа выросла на 22,95%. За этот же период расход электроэнергии увеличился лишь на 9,07%. Соотношение изменений тонно-километровой работы и расхода электроэнергии удобно характеризует меру приращения удельного расхода электроэнергии по сравнению с 2007 годом. Из графика видно, что этот показатель уменьшился до 11,29% к 2015 году.

Изложенное свидетельствует о реальности теоретически обоснованных и реализованных мер на Московском метрополитене, направленных на повышение энергоэффективности управления движением поездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Л. А., Головичер Я. М., Ерофеев Е. В., Максимов В. М. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Под ред. Л. А. Баранова.– М.: Транспорт, 1990.– 272 с.

2. Баранов Л. А., Мелешин И. С., Гинь Л. М. Энергооптимальное управление движением поезда при учете ограничений на фазовую координату // Наука и техника транспорта.– 2010.– № 4.– С. 19–30.

3. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Мелешин И. С., Гинь Л. М. Оптимизация управления движением поездов / Под ред. Л. А. Баранова.– М.: МИИТ, 2011.– 164 с.

4. Гаев Д. В., Ершов А. В., Баранов Л. А., Гречишников В. А., Шевлюгин М. В. Внедрение энергосберегающих технологий // Мир транспорта.–2010.– № 3.– С. 3–10.

5. Баранов Л. А., Бестемьянов П. Ф., Сидоренко В. Г., Щербина Е. Г. Метод оценки изменения электромагнитной обстановки в местах функционирования систем интервального регулирования движением поездов // Наука и техника транспорта.– 2013.– № 3.– С. 35–41.

Координаты авторов: **Баранов Л. А.**– baranov.miit@gmail.com, **Максимов В. М.**– vmmaximov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 08.06.2016, принята к публикации 15.08.2016.

IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF METRO TRAINS' TRAFFIC CONTROL

Baranov, Leonid A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Maksimov, Vladislav M., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

Methods to improve energy efficiency of metro trains' traffic control – choice of traction modes, distribution of running time on the line on running time on hauls, the use of regenerative braking are suggested. Examples of implementation of scientific and technical developments in the Moscow metro are given. The methods of control of electric rolling stock under the current restrictions of the current of the feeders of traction substations, feature of passage of non-overlapping insulating gaps in recovery mode are described, the analysis of the dynamics of energy efficiency changes is given.

Keywords: metro, train traffic, energy efficiency, energy optimal control mode, quasi-optimal mode, running time, regenerative braking, energy consumption for traction, specific energy consumption.

Background. *In the value of services produced by the Moscow metro a significant part (about 10%) is occupied by payment for electricity. Electricity consumption for traction dominates the total energy consumption and reaches up to 80%.*

With the continuous growth of passenger traffic, the speed of passenger transportation, an increase of pairing motion, the introduction of new sections of lines and new rolling stock on the basis of the research by the Moscow State University of Railway Engineering, together with the Moscow metro energy efficiency technologies were developed and implemented. These technologies use the results of works of two trends.

The first trend is based on a rigorous mathematical solution of the following optimization problems:

– the choice of sequence of train control modes to ensure minimum energy consumption for traction at a given running time on the haul, implementation of all speed limits;

– distribution of running time on the line by running time on hauls in such a way that the power consumption, expended for movement along the line is minimal.

The solution of the first task [1, 2] is based on maximum principle in the formulation of Milutin and Dubovitsky. The solution of the second task [3] uses a method of research on the conditional extremum of a function of many variables.

The second area involves the use of recovery mode on new rolling stock put into operation, having a traction drive on induction motors. When implementing a recovery mode it was necessary to conduct research, answering the following questions:

– whether the smooth functioning of traffic safety is provided under the influence of noise generated in regenerative braking mode;

– what is the effect of overvoltage and interference, which arise in case of breaking power circuits during the passage of the train of non-overlapping insulating sections of a contact rail in regenerative braking mode, on the operation of the rolling stock control systems and traffic safety;

– what is the longitudinal dynamics of the train when passing non-overlapping insulated sections in regenerative braking mode;

– which part of the energy generated by trains in regenerative braking mode, finds a consumer.

Objective. *The objective of the authors is to study ways of improvement of energy efficiency of traffic control applied to metro trains.*

Methods. *The authors use general scientific and electrical engineering methods, mathematical calculations, graph construction, modeling, comparative analysis.*

Results.

Selecting the optimum mode

Scientists and experts of MIIT have developed algorithms and software, which allowed to create «Automated system of selection of energy optimal control modes of electric rolling stock of metro» (ASER).

ASER results of the calculations are intended for:

– electricity supply service in the determination of hourly, daily, monthly and annual electricity needs for train traction;

– rolling stock service for implementation of energy optimal train driving modes for «peak» hours and «off-peak» time;

– traffic service in the preparation of train schedules taking into account energy optimal allocation of running time on line on running time on hauls.

ASER has a following functional structure:

– subsystem of database management (of rolling stock, subway lines, hauls, power supply devices, timetable, the results of calculations);

– subsystem of traction calculations for a given driving mode;

– subsystem of energy optimal traction calculations;

– subsystem of traction calculations of motion trajectories family for different running times;

– subsystem of energy optimal distribution of running time on the line by running time on hauls;

– reference subsystem.

Source databases contain information sufficient to perform the traction calculations and the calculation of energy needs for train traction. Databases can be replenished when new lines, hauls, cars of new types are put into operation and in case of changing their parameters.

To assess the effect of the introduction of optimal modes in 2007 at the Serpukhovsko-Timiryazevskaya line, which at that time operated seven-cars-trains with cars 81–717 / 714 type, calculations are made in two versions:

– calculation on driving modes, received with a help of the Registrar of train traffic parameters (RTTP);

– energy optimal traction calculation for the same running time on each haul, received in ASER.

The calculation found that driving on a mode, obtained by the ASER program can allow to reduce energy consumption for one trip:

– on the 1st track by 44,20 kW•h, which is 7,33%;

– on the 2nd track by 30,28 kW•h, or 4,89%;

– on the line by 74,48 kW•h, or 6,09%.

Analysis of the causes of lower power consumption in case of energy optimal modes was conducted by comparing the driving modes of trains by the train drivers



Table 1

Estimated savings on metro lines

Name of indicators			Name of lines								
			SL	ZL	APL	CIRCLE	KRL	KL	TKL	STL	LDL	Total
Results of traction calculations												
For one train	Energy consumption, kW·h	On the 1st track	359,16	652,00	313,61	248,06	594,78	114,90	533,36	676,75	390,02	3883
		On the 2nd track	320,59	658,00	269,00	264,87	692,56	193,50	542,77	726,48	370,12	4038
		On the line	679,75	1310,00	582,61	512,93	1287,34	308,40	1076,13	1403,23	760,14	7921
	Reduction of energy consumption, kW·h		22,12	43,7	17,0	17,0	40,1	3,3	91,7	78,7	48,3	362
Total for 2007 year												
For a line per year	Number of train pairs per year		167376	178460	167436	167708	179716	134236	176044	17 052	134312	1476340
	Energy consumption, mln, kW·h		113,8	233,8	97,6	86,1	231,4	41,4	189,5	240,0	102,1	1336
	Cost of energy, mln, rub		184,3	378,8	158,0	139,5	374,8	67,1	306,9	388,8	165,4	2164
Estimated savings on the line, mln rub												
	Optimal control, mln.rub		6,00	12,63	4,60	4,64	11,66	0,71	26,15	21,80	10,51	98,83

recorded with RTTP with energy optimal modes, obtained by ASER. The analysis showed that on many hauls machinists operate the train starting from the station to a speed of 20–30 km/h or more in the Run 2 mode. In this mode, the traction force at speeds above 15 km/h reduces sharply. The best way, of course, is to start in the mode Run 3, which has a maximum traction force up to speeds of 50 km/h or more. Furthermore, by reconnecting the traction, switching off the traction mode occurs late, almost before the station and before entering the braking mode. When braking on steep slopes the speeds often reduce by more than 10 km/h, although it is sufficient to reduce the speed by 3–5 km/h. The calculated mode sequence allowed to eliminate energy-intensive driving modes.

The source of reducing power consumption for traction is also a mechanism of optimal distribution of running time on the line by running times on hauls, implemented by calculations in ASER.

For example, on the basis of calculations carried out for Serpukhovsko-Timiryazevskaya line it is shown that the transition in motion schedule to energy optimal modes, obtained by ASER program will reduce energy consumption at the train movement on the 1st track by 2,5%, on the 2nd by 3,2% and on the whole line by 2,9%.

Given the significant effect of the use of energy optimal train driving modes, service of rolling stock of Moscow metro decided to carry out transition to modes obtained by ASER on all lines. For this purpose energy optimal driving modes on hauls and energy optimal distribution of running time on the line on running time on hauls were used. Experimental verification of modes obtained by calculation was made. The estimated savings on metro lines as compared to the driving modes when schedule running time, implemented in 2007, were determined. The results are shown in Table 1.

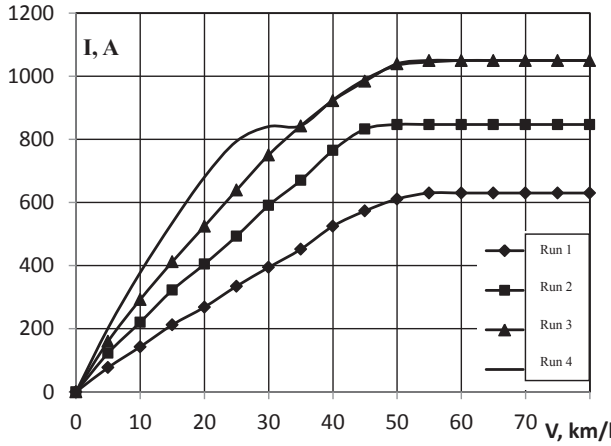
Since 2008 a phased implementation of the results of calculation of energy optimal train driving modes on hauls started. MIIT during the first half of the year made traction calculations and gave to all electrodepots data on the optimal modes of train driving and placement of switches pointing to the place of traction modes switching. The rolling stock service organized monitoring visits and control over implementation of recommendations about modes. Electricity service made monitoring of energy consumption under the current train driving modes and recommended energy optimal modes.

At the end of the year an analysis of the results was made and recommendations were given to reduce electricity consumption for train traction. MIIT prepared proposals for the optimal allocation of sectional running time for the newly developed motion schedules.

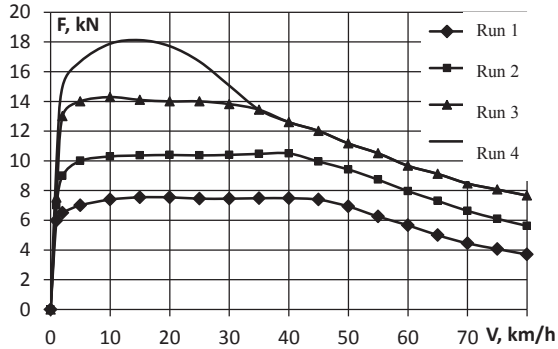
The first results of implementation of energy optimal train driving modes can be traced by comparing the annual consumption of electricity for train traction and performed tonne-kilometer work of metro. So, in 2008, while preparations were underway, both indicators compared to 2007 changed almost proportionally. Tonne-kilometer work rose by 5,36% and electricity consumption by 5,77%. But in 2009, these figures had values of 3,96% and 2,57% respectively. Consequently, electricity consumption grew by less than 1,5 times as compared with the growth of tonne-kilometer work.

Energy efficiency of recovery

In 2009 on Filevskaya and Arbatsko-Pokrovskaya lines began trial operation of first trains with cars of



Pic. 1. Current features of traction modes of cars 81–760 / 761 type.



Pic. 2. Traction characteristics of the traction modes of cars 81–760 / 761 type.

type 81–740, 81–741with a traction drive on induction motors, allowing to apply regenerative braking mode.

Before putting into operation regenerative braking mode the studies (MIIT, VNIIZhT, Moscow Metro) were carried out, which led to the following conclusions [4, 5]:

– a traction drive with regenerative braking ensures stable operation over the entire range of braking speeds, the magnitudes of braking distances do not exceed standard values, current overload in braking network is not available;

– excess voltage due to disconnection of current when the third rail gap does not lead to a malfunction of the train equipment, excess voltage amplitude on the electric rolling stock does not exceed 1400 V, pulse duration above the level of 1050 V is maximum of 43 ms, which is less than the values given in the rules;

– activation of regenerative braking mode does not lead to a change in the electromagnetic environment and does not adversely affect the functioning of the safety systems;

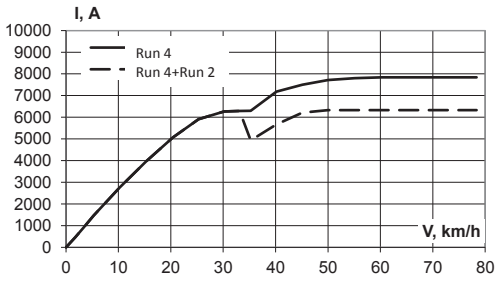
– estimated energy savings at the expense of train-to-train exchange in regenerative mode is a random variable, depending on many factors (type of line, traffic intensity, timetable). Estimation of average energy savings at the expense of train-to-train exchange in respect to energy consumption on traction for various lines of Moscow metro is in the range from 10 to 30%;

– longitudinal vibrations in the train worsening conditions of comfort and causing complaints of passengers, occurred when a train was passing third rail gaps in regenerative braking mode at speeds below 30 km/h. The developers of the drive changed the algorithm of interaction of regenerative and rheostatic brakes – under these conditions, the regenerative brake is replaced by rheostatic and the reverse transition is prohibited.

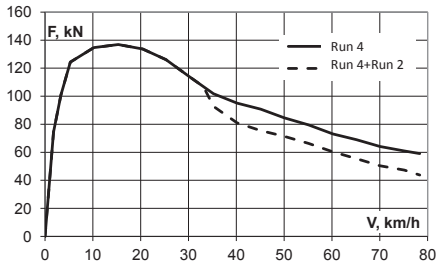
The introduction of regenerative braking mode on Filevskaya line was launched in February 2010, by successive switching of the appropriate software module on the cars. In this regard, as a base consumption for train traction is taken a period from March 2009 to February 2010, which amounted to 22511566 kW•h. Compared annual consumption from March 2010 to February 2011 was of 16473267 kW•h. The reduction of energy consumption for train traction in the 12 months after the introduction of regenerative braking mode on the line was 26,82%.

The introduction of regenerative braking mode was launched in September 2010 on Arbatsko-Pokrovskaya line (APL). The basis for comparison was the period from October 2010 to September 2011. Consumption for train traction totaled 172606167 kW•h. Annual electricity consumption after the introduction of regenerative braking mode from September 2011 to August 2012 was 129 621 253 kW•h. Savings were 42984912 kW•h or 24,9%.

The basis for comparison of consumption on Butovskaya line was a period from October 2009 to November 2010. Consumption for train traction totaled 11966664 kW•h. Consumption of electricity for traction after the introduction of regenerative braking mode from November 2010 to December 2011 was



Pic. 3. Traction current of an eight-car train, depending on the speed when using the modes Run 4 and Run 4 + Run 2.



Pic. 4. Traction force of an eight-car train, depending on the speed when using the modes Run 4 and Run 4 + Run 2.

Table 2

Maximum traction current, acceleration of the train and their ratio

Mode	Imax	a	Imax/7567
	A	m/s•s	
Run 4+Run 2	6105	1,2	0,807
Run 4	7567	1,2	1,000
Run 3	7567	1,1	1.000
Run 2	6105	0,73	0,807
Run 1	4540	0,6	0,599

10607033 kW•h. Savings were 1359611 kW•h or 11,36%.

On the basis of the results new energy optimal train control modes and energy optimal distribution of running time on the line by running time on hauls were calculated.

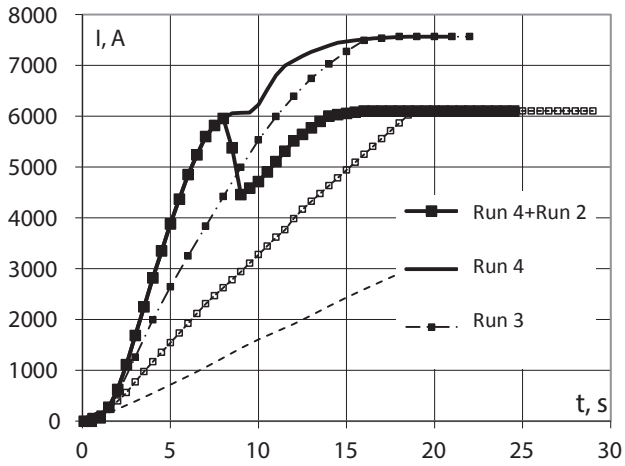
Control when limiting feeders' currents

In 2012, on Kalininskaya line following the commissioning of trains with cars 81–760 / 761 type with a traction drive on induction motors and the increase of pairing of train motion at peak hours a systematic shutdown of feeders of traction substations due to overload occured. The shutdown of feeders occurred more often on long hauls with reconnection of traction. On such hauls in one feeder zone in traction mode appeared just two trains, and currents exceeded the permissible values. It was necessary to choose quasi-optimal modes with limitation of maximum current.

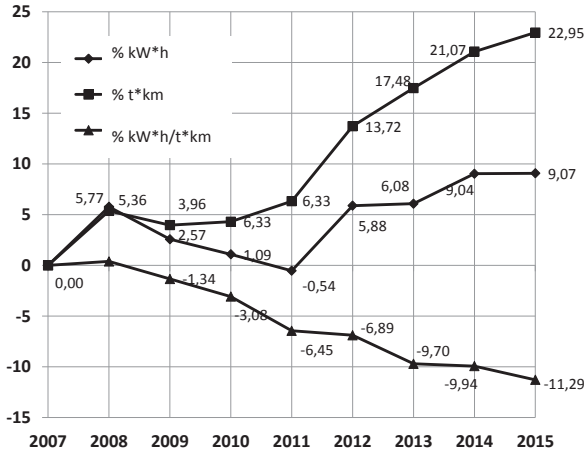
In the traction mode cars of this type have four modes of traction. Pic. 1 shows current characteristics of the traction mode of a car's drive at a maximum passenger load. At a speed more than 35 km/h characteristics of modes Run 3 and Run 4 coincide and have the maximum values of the currents. Analysis of power system operation during the peak period showed that to stop actuation of the feeder protection it is necessary to reduce the maximum traction current by at least 25%.

Several options for achieving such a result were considered. For example, in the traction mode when starting only Run 2 and Run 1 modes are used. However, as can be seen from traction characteristics of the car (Pic. 2) under maximum passenger load maximum traction force will reduce by more than 40%. Another option is to reduce the maximum current by using the traction mode in eight-car train only for six cars. But at the same time the maximum traction force will reduce by 25%. All this will lead to a corresponding decrease in acceleration, which is unacceptable, because it provides a significant increase in electricity consumption for traction and affects the minimum interval of trains moving in the same direction.

The most effective suggestion was to use the mode Run 4 at the start of acceleration to a speed of 30–35 km/h, followed by further acceleration in the mode Run 2. We denote this mode as follows: Run 4 + Run 2. Comparison of dependencies of traction current and traction force of eight-car train from speed when using modes Run 4 and Run 4 + Run 2 is given in Pic. 3 and 4. It is seen that the maximum value



Pic. 5. The curves of change of speed at the start in different modes.



Pic. 6. The increase in percentage of tonne-kilometer work, consumption and specific energy consumption as compared to the year 2007.

of the current in the mode Run 4 + Run 2 coincides with the maximum current in the mode Run 2. In this case, the traction force remains at a level corresponding to the mode Run 4 at a speed less than 35 km/h, and only at high speed decreases to a value in the mode Run 2.

Pic. 5 shows the curves of change of speed at the start in different modes, resulting in the calculation using ASER. According to the calculation results quantitative parameters were revealed that characterize each of the start-up mode in Table 2.

The proposed mode Run 4 + Run 2 to control the train with cars 81–760 / 761 type, taking into account the constraints on the supply system, results in a slight increase in electricity consumption compared to the start-up mode in the mode Run 4. The comparative calculations show that the limited use of the traction mode Run 4 only at speeds lower than 30–35 km/h leads to an increase in consumption by less than 1,4%. Moreover, a complete rejection of the mode Run 4 and start of the train only in the mode Run 2 gives an increase in energy consumption by another 7%.

Analysis and evaluation of the implementation

Indicators for assessing the implementation of energy efficient technologies in the Moscow metro is the dynamics of growth in tonne-kilometer work and the corresponding increase in energy consumption for traction. If the work increase exceeds the increase in energy consumption, the power-saving results are positive. That is, as a resulting criterion for evaluation, it is possible to select the specific consumption of electric energy for traction ((kW • h) / (t • km)).

Pic. 6 shows graphs of growth in the percentage of tonne-kilometer work, energy consumption and specific energy consumption in relation to these indicators in 2007.

In 2008, the tonne-kilometer work and power consumption rose almost equally, and specific energy consumption growth was almost zero. In 2009, there was a visible difference in the growth of tonne-kilometer work and power consumption. The graphs show that since 2011 primarily tonne-kilometer work increases significantly. This is due to the increase in passenger traffic, an increase of pairing of train motion, the number of cars on a number of lines, the commissioning of new metro sections. By 2015, the tonne-kilometer work has increased by 22,95%. During the same period, electricity consumption increased by only 9,07%. The ratio of changes in tonne-kilometer work and power consumption characterize conveniently the measure of specific energy consumption increment in comparison with 2007. The graph shows that the figure decreased to 11,29% in 2015.

Conclusion. *The foregoing demonstrates the reality of proposed and implemented measures for the Moscow metro, aimed at improving the energy efficiency of train traffic management.*

REFERENCES

1. Baranov, L. A. Golovicher, Ya. M., Erofeev, E. V., Maksimov V. M. Microprocessor systems of automatic driving of electric rolling stock [*Mikroprocessornye sistemy avtovedenija elektropodvizhnogo sostava*]. Ed. by Baranov, L. A. Moscow, Transport publ., 1990, 272 p.

2. Baranov, L. A., Meleshin, I. S., Gin, L. M. Energy optimal train traffic control taking into account the constraints on the phase coordinates [*Energooptimal'noe upravlenie dvizheniem poezda pri uchete ogranichenij na fazovuju koordinatu*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2010, Iss. 4, pp.19–30.

3. Baranov, L. A., Erofeev, E. V., Meleshin, I. S., Gin, L. M. Train Traffic Control Optimization [*Optimizacija upravlenija dvizheniem poezdov*]. Ed. by L. A. Baranov. Moscow, MIIT publ., 2011, 164 p.

4. Gaev, D. V., Ershov, A. V., Baranov, L. A., Grechishnikov, V. A., Shevlugin, M. V. Adoption of Power Saving Technology at the Underground Lines. *World of Transport and Transportation*, Vol. 8, 2010, Iss. 3, pp. 3–10.

5. Baranov, L. A., Bestemyanov, P. F., Sidorenko, V. G., Scherbina, E. G. Evaluation method of changes of electromagnetic environment in places of the systems of interval regulation of train movement functioning [*Metod ocenki izmenenija elektromagnitnoj obstanovki v mestah funkcionirovanija sistem interval'nogo regulirovanija dvizheniem poezdov*]. Nauka i tehnika transporta, 2013, Iss. 3, pp. 35–41.

Information about the authors:
Baranov, Leonid A. – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, baranov.miit@gmail.com.
Maksimov, Vladislav M. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Article received 08.06.2016, accepted 15.08.2016.

УДК 656.222.5

Новые подходы к формированию транспортных расписаний



Николай КЛЕВАНСКИЙ
Nikolai N. KLEVANSKY



Максим АНТИПОВ
Maksim A. ANTIPOV

Клеванский Николай Николаевич *– кандидат технических наук, профессор кафедры «Экономическая кибернетика» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия.*
Антипов Максим Анатольевич *– аспирант Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия.*

New Approaches to Development of Transport Schedules
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 24)

Авторы статьи обосновывают выбор методов формирования расписания движения поездов дальнего следования на основе эвристических подходов и с учётом нецикличности пассажиро- и грузопотоков. В процессе алгоритмизации и разработки программного обеспечения для решения представленных задач используются концепции идеологии жадного алгоритма, загруженности и равномерности, целевого программирования в рамках требований системы управления безопасностью движения, ранжирования теории принятия решений. Двухэтапный процесс процедур включает формирование начального расписания и последующую его оптимизацию. Соответственно задачам предложены математическая модель и алгоритмы реализующих действий.

Ключевые слова: транспорт, формирование расписаний, методологические подходы, эвристика, математическая модель, алгоритмы.

Одним из представителей транспортных систем с достаточно жёсткими ограничениями является железнодорожный транспорт с его постоянным сезонным расписанием пассажирских поездов. При этом задача формирования расписания поездов в научных публикациях рассматривается обычно в двух видах: цикличном и нецикличном [1–3].

Цикличные расписания характерны для западноевропейских стран с высокой плотностью населения и большими пассажиропотоками. Такие расписания обеспечивают строгую периодичность в пределах суток или части суток. В российских условиях при значительных расстояниях между крупными городами цикличные расписания пассажирских перевозок не применимы.

К нецикличным относят расписания пассажирских поездов дальнего следования и расписания грузовых поездов. Большинство их моделей формирования основаны на процедурах линейного программирования. Оба типа моделей приводят к задачам очень большой размерности, для решения которых используют различные

эвристики. К примеру, релаксация по Лагранжу [4], генерация колонок [5], задача цеха [6].

В нашей статье целью ставится представление новых эвристических методов формирования расписания движения пассажирского железнодорожного транспорта дальнего следования.

1.

В процессе алгоритмизации и разработки программного обеспечения для формирования расписания нами привлечены следующие концепции [7]: программное решение задачи в рамках системы управления безопасностью движения; двухэтапный процесс решения; идеология жадного алгоритма; концепции загруженности и равномерности; использование методов ранжирования теории принятия решений.

Двухэтапный процесс решения задачи включает формирование начального расписания и последующую его оптимизацию. Под начальным понимается программно сформированное расписание при соблюдении обязательных ограничений. Методы обоих этапов цикличны и завершаются либо после включения всех маршрутов в начальное расписание, либо при невозможности дальнейшего улучшения расписания.

Задача формирования начального расписания решается последовательным выбором очередного маршрута и последующим его включением в расписание в определяемое время отправления с начальной станции. Выбор маршрута базируется на концепции загруженности, то есть на каждом шаге определяется наиболее загруженный по требуемым ресурсам маршрут. Выбор времени включения этого маршрута базируется на концепции равномерности использования ресурсов системы. То есть на каждом шаге формирования начального расписания присутствуют две операции выбора.

Задача оптимизации начального расписания решается последовательным выбором наиболее неравномерного маршрута и последующей его перестановкой в расписании в определяемое время отправления с начальной станции. Перестановка маршрута в расписании также базируется на концепции равномерности. На каждом шаге оптимизации расписания опять же присутствуют две операции выбора.

Такой подход характерен для жадных алгоритмов и он применим для задач формирования расписаний и связанных с этим задач распределения ресурсов. Использование идеологии жадных алгоритмов предполагает цикличность процедур для обоих этапов решения задачи формирования расписания.

Операции выбора в представляемых алгоритмах являются многокритериальными и для их реализации привлечен аппарат методов ранжирования [8].

2.

Исходные данные задачи:

$S = \left\{ s_i, \quad i = \overline{1, I} \right\}$ – множество станций железнодорожной сети;

$L = \left\{ l_j, \quad j = \overline{1, J} \right\}$ – множество перегонов железнодорожной сети;

pl_i – количество платформ для высадки/посадки пассажиров i-ой станции;

$\Delta t_{i,j}$ – минимальный интервал времени между двумя последующими поездами при выезде/въезде с j-го перегона на i-ую станцию;

$F = \left\{ (s, l), \quad s \in S, \quad l \in L \right\}$ – множество инцидентных пар – станция s является одной из двух граничных станций перегона l. Очевидно, что количество элементов множества F составляет $n_f = 2 \cdot J$;

n_r – количество маршрутов железнодорожной сети;

$R = \left\{ r_k, \quad k = \overline{1, n_r} \right\}$ – множество векторов заявок маршрутов;

$n_{k,s}$ – количество станций маршрута r_k;

$$r_k = \left(\begin{matrix} f_{k,i}, \quad \forall f_{k,i} \in F, \\ i = \overline{1, n_{k,s}}, \quad k = \overline{1, n_r} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} (l_{k,i}, s_{k,i}), \\ i = \overline{1, n_{k,s}}, \quad k = \overline{1, n_r} \end{matrix} \right) \quad (1)$$

вектор заявок маршрута r_k – последовательность пар – перегон/станция от начальной станции до конечной;

n_d – количество суток интервала расписания;

$Day = (day_1, day_2, \ldots, day_{nd})$ – упорядоченный во времени вектор суток;

$Interval = 24 \cdot n_d$ – интервал расписания, часы;

n_k – количество суток отправления поездов k-го маршрута;

$Day_k = \left\{ day_{k,i},\ i = \overline{1, n_k},\ day_{k,i} \in Day \right\}$,

$k = \overline{1, n_r}$ –

множество суток отправления поездов маршрутов;

$n_t = \sum_{k=1}^{n_r} n_k$ – количество поездов расписания;

$U = \left\{ (r, day),\quad r \in R,\quad day \in Day \right\}$ – множество инцидентных пар, частично формирующих заявки поездов маршрутов – поезд маршрута r должен отправляться с начальной станции в день day; используя (1), получаем множество заявок поездов маршрутов:

$$U = \left\{ \begin{array}{l} day_{k,j}, \left(\begin{array}{l} (l_{k,i}, s_{k,i}), \\ i = \overline{1, n_{k,s}} \end{array} \right), \\ k = \overline{1, n_r},\quad j = \overline{1, n_k}, \\ day_{k,j} \in Day \end{array} \right\}; \qquad (2)$$

$d_{k,i} = \left((l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}),\quad i = \overline{1, n_{k,s}},\quad k = \overline{1, n_r} \right)$ – заявка на прохождение маршрута k по i-му перегону на i-ую станцию, где $\mathrm{int}_{k,i}$ – интервал времени движения от $(i-1)$-ой станции до i-ой станции; заявка на прохождение поезда $u_{k,j}$ по i-ому перегону на i-ую станцию

$$d_{k,i,j} = \left(\begin{array}{l} (l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}, day_{k,j}), \\ i = \overline{1, n_{k,s}},\quad k = \overline{1, n_r}, \\ j = \overline{1, n_k},\quad day_{k,j} \in Day \end{array} \right), \qquad (3)$$

где $day_{k,j}$ принимается равным дню отправления поезда маршрута.

Исходные расчётные данные задачи:

$nt_i,\quad i = \overline{1, I}$ – количество поездов, проходящих через i-ую станцию;

$nl_j,\quad j = \overline{1, J}$ – количество поездов, проходящих через j-ый перегон.

3.

Переменные задачи:

ni – количество включенных в начальное расписание маршрутов или оптимизированных (переставленных) маршрутов в расписании;

nr – количество не включенных в начальное расписание маршрутов или не оптимизированных маршрутов в расписании;

nit – количество включенных в начальное расписание поездов;

nit_i – количество включенных в начальное расписание поездов, проходящих через i-ую станцию;

nil_j – количество включенных в начальное расписание поездов, проходящих через j-ый перегон;

ti, tf – время прибытия/отправления поездов на станцию;

til, tfl – время выезда поездов на перегон и с перегона;

TI_k – время отправления поездов маршрута r_k с начальной станции, $TI_k = ti_{k,1}$.

Событие расписания, порождаемое заявкой (3), по прохождению поезда $u_{k,j}$ маршрута r_k по i-ому перегону на i-ую станцию будет определяться следующим выражением

$$e_{k,i,j} = \left(\begin{array}{l} (l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}, day_{k,j}, ti_{k,i,j}, tf_{k,i,j}), \\ i = \overline{1, n_{k,s}},\quad k = \overline{1, n_r}, \\ j = \overline{1, n_k},\quad day_{k\,j} \in Day \end{array} \right); \qquad (4)$$

$day_{k,j}$, $ti_{k.i.j}$ и $tf_{k,\,I,j}$ в (4) определяются на каждом шаге формирования расписания;

оценка загруженности i-ой станции по проходящим через нее поездам

$$c1_i = \frac{nt_i - nit_i}{nt - nit},\quad i = \overline{1, nit_i}; \qquad (5)$$

оценка загруженности j-ого перегона по проходящим через него поездам

$$c2_j = \frac{nl_j - nil_j}{nt - nit},\quad j = \overline{1, nil_j}; \qquad (6)$$

скалярная оценка загруженности k-го маршрута по суткам расписания

$$c3_k = \frac{n_k}{n_d},\quad k = \overline{1, n_r}; \qquad (7)$$

оценка равномерности события расписания i-ой станции $k1_{k,\,I,j}$:

$$k1_{k,i,j} = \frac{nit_i\left(ti_{suc} + ti_{prec} - 2ti_{k,i,j}\right)}{2 \bullet Interval},$$
$$i = \overline{1, n_{k,s}}, \quad k = \overline{1, n_r}, \quad j = \overline{1, n_k}, \qquad (8)$$

где ti_{prec} и ti_{suc} – времена прибытия на i-ую станцию поездов, предшествующих и последующих по отношению ко времени $ti_{k,i,j}$ в интервале расписания;

оценка равномерности распределения события $e_{k,i,j}$ в периодах расписания i-ой станции

$$k2_{k,i,j} = \frac{\sum_{j=1}^{n_d} q\left(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}\right)}{n_d}, \qquad (9)$$

где

$$q = q(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}) = \begin{cases} 1, \text{ – если хотя бы один поезд во время } t_{k,i,j} \text{ дня } day_{k,j} \text{ находится на станции } s_{k,i}; \\ 0 \text{ – в противном случае;} \end{cases}$$

$q \in Q_s$ – множество булевых обозначений событий станций;

оценка равномерности распределения событий $K1_i$ расписания i-ой станции в интервале расписания

$$K1_i = \sqrt{\frac{1}{nt_i}\sum_{j=1}^{nt_i}\left(Int_i - Intr_{i,j}\right)^2}, \quad i = \overline{1, I}, \qquad (10)$$

где $Int_i = \dfrac{Interval}{nt_i}$, $i = \overline{1, I}$ – среднее значение интервала между прибытиями поездов на i-ую станцию;

$Intr_{i,j} = \left(ti_{j+1} - ti_j\right)$, $j = \overline{1, nt_i}$, $i = \overline{1, I}$ – величина интервала между прибытиями на станцию двух ближайших по времени поездов. Для $j = nt_i$ $ti_{j+1} = ti_1$;

оценка равномерности события расписания i-го перегона $k3_{k,i,j}$

$$k3_{k,i,j} = \frac{nil_i\left(ti_{suc} + ti_{prec} - 2ti_{k,i,j}\right)}{2 \bullet Interval},$$
$$i = \overline{1, n_{k,s}}, \quad k = \overline{1, n_r}, \quad j = \overline{1, n_k}, \qquad (11)$$

где ti_{prec} и ti_{suc} – времена начала движения поездов на i-ом перегоне, предшествующих и последующих по отношению ко времени $ti_{k,i,j}$;

оценка равномерности распределения события $e_{k,i,j}$ в периодах расписания i-ого перегона на въезде/выезде со станции

$$k4_{k,i,j} = \frac{\sum_{j=1}^{n_d} q\left(l_{k,i}, s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}\right)}{n_d}, \qquad (12)$$

где

$$q = q(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}) = \begin{cases} 1, \text{ – если хотя бы один поезд в } t_{k,i,j} \text{ дня } day_{k,j} \\ \text{въезжает или выезжает со станции } s_{k,i} \text{ на перегон } l_{k,i}; \\ 0 \text{ – в противном случае;} \end{cases}$$

$q \in Q_l$ – множество булевых обозначений событий перегона;

оценка равномерности распределения событий $K2_i$ расписания i-го перегона в интервале расписания

$$K2_i = \sqrt{\frac{1}{nl_i}\sum_{j=1}^{nl_i}\left(Int_i - Intr_{i,j}\right)^2}, \quad i = \overline{1, J}, \qquad (13)$$

где $Int_i = \dfrac{Interval}{nl_i}$, $i = \overline{1, J}$ – среднее значение интервала между началами движения поездов по i-ому перегону;

$Intr_{i,j} = \left(ti_{j+1} - ti_j\right)$, $j = \overline{1, nl_i}$, $i = \overline{1, J}$ – величина интервала между началами движения поездов по i-ому перегону двух ближайших по времени поездов.

4.

Задача формирования начального расписания состоит в пошаговом выборе очередного маршрута r_{ni+1} и формировании расписания $S = \left\{ TI_i, \quad i = \overline{1, ni+1} \right\}$, которое многокритериально минимизирует четыре вектора оценок равномерности событий станций и перегонов выбранного маршрута

$$\min \begin{cases} \left(k1_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k2_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k3_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k4_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \end{cases} \qquad (14)$$

при обязательных ограничениях

$$\forall s, \forall day, \forall t \quad \sum_{t \in Interval} q \le pl_i; \qquad (15)$$

$$\forall l, \forall day, \forall t \quad \left(til_i - til_{i-1}\right) \ge \Delta t_{i,j}$$
$$\forall l, \forall day, \forall t \quad \left(tfl_i - tfl_{i-1}\right) \ge \Delta t_{i,j}. \qquad (16)$$

Целевая функция (14) обеспечивает многокритериальную минимизацию оценок равномерности событий расписаний станций и перегонов при включении очередного маршрута в начальное расписание. Ограничения (15) касаются одновременного нахождения поездов на станции в пределах не более количества путей с пассажирскими платформами. Ограничения (16) отражают соблюдение необходимого интервала между последовательными выездами поездов со станции и на станцию.

Оценки загруженности станций (5) и перегонов (6) формируют множества первых и вторых векторных компонент загруженности маршрутов:

$$\left\{\left(c1_{1,k}, c1_{2,k}, \ldots, c1_{i,k}, \quad i=\overline{1,n_{k,s}}\right), \quad k=\overline{1,nr}\right\}; \quad (17)$$

$$\left\{\left(c2_{1,k}, c2_{2,k}, \ldots, c2_{i,k}, \quad i=\overline{1,n_{k,s}-1}\right), \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \quad (18)$$

Многокритериальное ранжирование векторов (17) и (18) порождает множества рангов маршрутов по загруженности станций и перегонов:

$$\left\{ rank1_k, \quad k=\overline{1,nr}\right\}; \quad (19)$$

$$\left\{ rank2_k, \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \quad (20)$$

Обратная сортировка выражений (7) порождает множество рангов маршрутов по загруженности суток интервала расписания

$$\left\{ rank3_k, \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \quad (21)$$

Ранги (19, 20, 21) формируют множество векторов маршрутов

$$\left\{ \left(rank1_k, rank2_k, rank3_k\right), \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \quad (22)$$

Старший по рангу маршрут, полученный многокритериальным ранжированием векторов (22), является самым загруженным и становится очередным кандидатом r_{ni+1} на включение в начальное расписание.

Для определения времени отправления с начальной станции TI_{ni+1} поездов маршрута r_{ni+1} циклично выполняются следующие действия:

для $ti_{ni+1,1} = 0$ с шагом = 0,1 часа до 24 часов определение значений оценок (8, 9, 11, 12) для всех перегонов и станций маршрута с учетом ограничений (15, 16) и накопление множеств векторов

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left(k1_{ni+1,i,j}, \quad i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\right)\right\}; \quad (23)$$

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left(k2_{ni+1,i,j}, \quad i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\right)\right\}; \quad (24)$$

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left(k3_{ni+1,i,j}, \quad i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\right)\right\}; \quad (25)$$

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left(k4_{ni+1,i,j}, \quad i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\right)\right\}. \quad (26)$$

Многокритериальные ранжирования векторов (23, 24, 25, 26) формируют множества векторов рангов для начальных времен движения поездов маршрута r_{ni+1}

$$\left\{\begin{array}{l} ti_{ni+1,1}, \left(rank1, rank2, rank3, rank4\right), \\ ti_{ni+1,1} = \overline{0, 240} \end{array}\right\}. \quad (27)$$

Многокритериальное ранжирование векторов (27) определяет начальное время TI_{ni+1} движения поездов маршрута r_{ni+1} в начальном расписании.

5.

Задача оптимизации начального расписания состоит в пошаговом выборе очередного маршрута r_{ni+1} и формировании расписания $S = \left\{ TI_i, \quad i=\overline{1, ni+1}\right\}$, которое многокритериально минимизирует два вектора оценок равномерности станций и перегонов выбранного маршрута

$$\min\left\{\begin{array}{l} \left(K1_i, \quad i=\overline{1,I}\right) \\ \left(K2_i, \quad i=\overline{1,J}\right) \end{array}\right. \quad (28)$$

при обязательных ограничениях (15) и (16).

Целевая функция (28) обеспечивает минимизацию среднеквадратичных отклонений интервалов между событиями на станциях и перегонах. Целевая функция связана с необходимостью многокритериального ранжирования получаемых векторов (28). Завершение процесса оптимизации начального транспортного расписания обусловлено принимаемой стратегией действий.

Оценки равномерности распределения событий расписаний станций (10) и перегонов (13) формируют множества первых и вторых векторных компонент равномерности маршрутов на очередном шаге оптимизации начального расписания

$$\left\{\begin{pmatrix}\alpha_{s,1}K1_{1,k}, & \alpha_{s,2}K1_{2,k},\ldots, \\ \alpha_{s,k}K1_{i,k}, & i=\overline{1,n_{k,s}}\end{pmatrix}, \right\}, \quad k=\overline{1,nr} \qquad (29)$$

где $\alpha_{s,\,i}$ – коэффициент важности оценки, $\alpha_{s,i}=\dfrac{nt_i}{\sum_{j=1}^{I} nt_j}$.

$$\left\{\begin{pmatrix}\alpha_{l,1}K2_{1,k}, & \alpha_{l,2}K2_{2,k},\ldots, \\ \alpha_{l,k}K2_{i,k}, & i=\overline{2,n_{k,s}}\end{pmatrix}, \right\}, \quad k=\overline{1,nr} \qquad (30)$$

где $\alpha_{l,\,i}$ – коэффициент важности оценки, $\alpha_{l,i}=\dfrac{nl_i}{\sum_{j=1}^{J} nl_j}$.

Многокритериальное ранжирование векторов (29) порождает множество рангов маршрутов по равномерности станций

$$\left\{ rank1_k, \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \qquad (31)$$

Многокритериальное ранжирование векторов (30) порождает множество рангов маршрутов по равномерности перегонов

$$\left\{ rank2_k, \quad k=\overline{1,nr}\right\}. \qquad (32)$$

Ранги (31, 32) формируют множество векторов (критериев равномерности) маршрутов

$$\left\{\begin{matrix}\left(rank1_k, rank2_k\right), \\ k=\overline{1,nr}\end{matrix}\right\}. \qquad (33)$$

Старший по рангу маршрут, полученный многокритериальным ранжированием векторов (33), является самым неравномерным при принятых оценках и критериях равномерности. Он становится очередным кандидатом r_{ni+1} на перестановку в начальном расписании.

Для определения времени отправления с начальной станции TI_{ni+1} поездов маршрута r_{ni+1} циклично выполняются следующие действия:

для $ti_{ni+1,1}=0$ с шагом = 0,1 часа до 24 часов определение значений оценок (10, 13) для всех перегонов и станций маршрута с учетом ограничений (15, 16) и накоплением множеств векторов

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left\{\begin{matrix}\alpha_{s,i}K1_{ni+1,i,j}, \\ i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\end{matrix}\right\}\right\}; \qquad (34)$$

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left\{\begin{matrix}\alpha_{l,i}K2_{ni+1,i,j}, \\ i=\overline{1,n_{ni+1,s}}, \quad j=\overline{1,n_{ni+1}}\end{matrix}\right\}\right\}. \qquad (35)$$

Многокритериальные ранжирования векторов (34, 35) формируют множества векторов рангов для начальных времен движения поездов маршрута r_{ni+1}

$$\left\{ti_{ni+1,1}, \left(rank1, rank2\right), \quad ti_{ni+1,1}=\overline{0,240}\right\}. \qquad (36)$$

Многокритериальное ранжирование векторов (36) определяет искомое начальное время TI_{ni+1} движения поездов маршрута r_{ni+1} в оптимизированном расписании железнодорожной сети.

Предложенные математическая модель и алгоритмы формирования и оптимизации начального расписания реализованы программно в рамках системы управления безопасностью движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев А. А., Мусатова Е. Г., Гафаров Е. Р., Кварацхелия А. Г. Теория расписаний. Задачи управления транспортными системами.– М.: Физический факультет МГУ, 2012.– 159 с.

2. Peeters, L. Cyclic Railway Timetable Optimization, ERIM Ph.D. series Research in Management, Erasmus Research inst. of Management (ERIM), 2002.

3. Caprara, A., Fischetti, M., Toth, P. Modeling and solving the train timetabling problem, Operations Research, 2002, 50 (5), pp. 851–861.

4. Fischer, F., Helmberg, C., Jansen, J., Krostitz, B. Towards solving very large scale train timetabling problems by lagrangian relaxation, paper presented at the ATMOS2008 – 8th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems, Dagstuhl, Germany.

5. Cacchiani, V., Caprara, A., Toth, P. A column generation approach to train timetabling on a corridor, 2008, 4OR, 6 (2), pp. 125–142.

6. Burdett, R., Kozan, E. A sequencing approach for creating new train timetables, OR Spectrum, 2010, 32 (1), pp. 163–193.

7. Клеванский Н. Н. Основные концепции реализации задач формирования расписаний // Образовательные ресурсы и технологии.– 2014.– № 2.– С. 9–21.

8. Клеванский Н. Н. Методы ранжирования в задачах формирования расписаний // Труды XII всероссийского совещания по проблемам управления – ВСПУ-2014.– М., 2014.– С. 8040–8050.

Координаты авторов: **Клеванский Н. Н.** – nklevansky@yandex.ru, **Антипов М. А.** – antipovmaxim@ya.ru.

Статья поступила в редакцию 27.06.2016, принята к публикации 30.08.2016.

NEW APPROACHES TO DEVELOPMENT OF TRANSPORT SCHEDULES

Klevansky, Nikolai N., *Saratov State Agrarian University n.a. N. I. Vavilov, Saratov, Russia.*
Antipov, Maksim A., *Saratov State Agrarian University n.a. N. I. Vavilov, Saratov, Russia.*

ABSTRACT

The authors justify the choice of methods of developing schedules of long-distance trains on the basis of heuristic approaches and taking into account noncyclicity of passenger and freight flows in the Russian context. In the course of algorithmization and development of software for solutions of problems presented the concept of ideology of greedy algorithms, congestion and uniformity, target programming in the framework of requirements of traffic safety management system, ranking of decision-making theory are used. The two-stage process of procedures includes forming the initial schedule and its subsequent optimization. A mathematical model and algorithms of implementing actions are offered according to the objectives.

Keywords: transport, timetable, schedule development, methodological approaches, heuristics, mathematical model, algorithms.

Background. *One of the representatives of transport systems with fairly rigid restrictions is a rail transport with its regular seasonal schedule of passenger trains. The task of development of train schedules in scientific publications is usually considered in two forms: cyclic and non-cyclic [1–3].*

Cyclic timetables are typical for the Western European countries with high population density and large passenger traffic. These schedules provide strict periodicity within a day or part of a day. In Russian conditions at large distances between major cities cyclical schedules of passenger transportation do not apply.

The schedules of long-distance passenger trains and freight trains are non-cyclic. Mostly their development is based on linear programming procedures. Both models lead to tasks of high dimensionality, for solutions of which different heuristics are used. For example, Lagrange relaxation [4], columns generation [5], unit problem [6].

Objective. *The article aims to introduce new heuristic methods of developing schedules of long-distance passenger rail transport.*

Methods. *The authors use general scientific and mathematical methods, comparative analysis, evaluation approach, modeling, greedy algorithms, ranking methods wthin decision-making theory.*

Results.

1.

In the process of algorithmization and development of software to generate schedules the authors applied the following concepts [7]: software solution to the problem within the framework of traffic safety control; two-step solution process; ideology of a greedy algorithm; concepts of congestion and uniformity; the use of ranking methods of decision-making theory.

A two-step problem solving process includes the development of an initial schedule and its subsequent optimization. The initial schedule is a schedule created by a program subject to mandatory restrictions. Methods of both phases are cyclical and are completed after inclusion of all routes in the initial schedule, or if it is impossible to further improve schedule.

The task of forming the initial schedule is solved by sequential selection of the next route and its subsequent inclusion in the schedule at the designated time of departure from the starting station. Route selection is based on the concept of congestion, i.e. at each step the busiest route for the required resources is determined. The timing of the inclusion of the route is based on the concept of uniformity of system resources use. That is, at each step of the formation of the initial schedule there are two selection operations.

The task of optimizing the initial timetable is solved with a consistent selection of the most irregular route and its subsequent rearrangement in the schedule at a designated time of departure from the starting station. Rearrangement of the route in the schedule is also based on the concept of uniformity. At each step of optimizing the schedule there are again two selection operations.

This approach is characteristic of greedy algorithms, and it is applicable to problems of formation of schedules and related resource allocation tasks. Using the ideology of greedy algorithms cyclicity of procedures for both phases of the solution of the problem of schedule development is assumed.

Operations of selection under the presented algorithms are multicriteria and for their implementation ranking methods apparatus is attracted [8].

2.

Initial task data:

$S = \{ s_i, \quad i = \overline{1, I} \}$ *– a set of stations of the railway network;*

$L = \{ l_j, \quad j = \overline{1, J} \}$ *– a set of hauls of the railway network;*

pl_i *– a number of platforms for boarding/unboarding of passengers of i-th station;*

$\Delta t_{i,j}$ *– minimum time interval between two successive trains at exit / entrance to j-th haul to the i-th station;*

$F = \{ (s, l), \quad s \in S, \quad l \in L \}$ *– a plurality of incident pairs – station s is one of two boundary stations of the haul l. Obviously, the number of elements of the set F is* $n_f = 2 \cdot J$*;*

n_r *– number of routes of the railway network;*

$R = \{ r_k, \quad k = \overline{1, n_r} \}$ *– set of vectors of route's applications;*

$n_{k,s}$ *– number of stations of the route* r_k*;*

$$r_k = \begin{pmatrix} f_{k,i}, & \forall f_{k,i} \in F, \quad i = \overline{1, n_{k,s}}, \\ k = \overline{1, n_r} \end{pmatrix} = \\ = \left((l_{k,i}, s_{k,i}), \quad i = \overline{1, n_{k,s}}, \quad k = \overline{1, n_r} \right) - \qquad (1)$$

vector of applications of the route r_k *– sequence of pairs – haul/station from the starting to the ending station;*

n_d – number of days of the interval schedule;

$Day = (day_1, day_2, \ldots, day_{nd})$ – ordered by the time vector of the day;

$Interval = 24 \cdot n_d$ – interval of the schedule, hours;

n_k – number of days of departure of trains of the k-th route;

$Day_k = \left\{day_{k,i}, \quad i = \overline{1,n_k}, \quad day_{k,i} \in Day\right\}, \quad k = \overline{1,n_r}$ – a set of days of departure of trains of the routes;

$n_t = \sum_{k=1}^{n_r} n_k$ – number of trains of the schedule;

$U = \left\{(r, day), \quad r \in R, \quad day \in Day\right\}$ – a plurality of incident pairs, partially forming the applications of the trains of routes – the train of the route r should depart from the starting station on the day of day; using (1) we get a plurality of applications of routes of trains:

$$U = \left\{\begin{matrix} day_{k,j}, \left(\left(l_{k,i}, s_{k,i}\right), \quad i = \overline{1,n_{k,s}}\right), \\ k = \overline{1,n_r}, \quad j = \overline{1,n_k}, \quad day_{k,j} \in Day \end{matrix}\right\}; \qquad (2)$$

$d_{k,i} = \left(\left(l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}\right), \quad i = \overline{1,n_{k,s}}, \quad k = \overline{1,n_r}\right)$ – application to pass the route k along i-th haul to the i-th station, where $int_{k,i}$ – time interval of movement from (i-1)-th station to the i-th station; application of passage of train $u_{k,j}$ along i-th haul to the i-th station

$$d_{k,i,j} = \left(\begin{matrix} \left(l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}, day_{k,j}\right), \quad i = \overline{1,n_{k,s}}, \\ k = \overline{1,n_r}, \quad j = \overline{1,n_k}, \quad day_{k,j} \in Day \end{matrix}\right), \qquad (3)$$

where $day_{k,j}$ is taken equal to the day of departure of the train of the route.

The initial calculation data of the task:

$nt_i, \quad i = \overline{1,I}$ – number of trains passing through the i-th station;

$nl_j, \quad j = \overline{1,J}$ – number of trains passing through the j-th haul.

3.

Variable tasks:

ni – number of routes included in the initial or optimized (rearranged) routes in the schedule;

nr – number of routes not included in the initial schedule or non-optimized routes in the schedule;

nit – number of trains included in the initial schedule;

nit_i – number of trains included in the initial schedule, passing through the i-th station;

nil_j – number of trains included in the initial schedule, passing through the j-th haul;

ti, tf – time of arrival/departure of trains to the station;

til, tfl – time of train entrance to the haul and exit from the haul;

Tl_k – time of departure of trains of the route r_k from the starting station, $Tl_k = ti_{k,1}$.

The event of the schedule, generated by the application (3), on passage of the train $u_{k,j}$ of the route r_k along the i-th haul to the i-th station will be determined by the following expression

$$e_{k,i,j} = \left(\begin{matrix} \left(l_{k,i}, s_{k,i}, \mathrm{int}_{k,i}, day_{k,j}, ti_{k,i,j}, tf_{k,i,j}\right), \quad i = \overline{1,n_{k,s}}, \\ k = \overline{1,n_r}, \quad j = \overline{1,n_k}, \quad day_{k,j} \in Day \end{matrix}\right); \ (4)$$

$day_{k,j}$, $ti_{k,i,j}$ and $tf_{k,i,j}$ in (4) are determined at each step of formation of the schedule;

assessment of occupancy of the i-th station on trains passing through it

$$c1_i = \frac{nt_i - nit_i}{nt - nit}, \quad i = \overline{1,nit_i}; \qquad (5)$$

assessment of occupancy of the j-th haul on trains passing through it

$$c2_j = \frac{nl_j - nil_j}{nt - nit}, \quad j = \overline{1,nil_j}; \qquad (6)$$

scalar assessment of occupancy of the k-th route for days of the schedule

$$c3_k = \frac{n_k}{n_d}, \quad k = \overline{1,n_r}; \qquad (7)$$

Assessment of uniformity of the event of the schedule of the i-th station k1

$$k1_{k,i,j} = \frac{nit_i\left(ti_{suc} + ti_{prec} - 2ti_{k,i,j}\right)}{2 * Interval}, \quad i = \overline{1,n_{k,s}}, \quad k = \overline{1,n_r}, \quad j = \overline{1,n_k}, \qquad (8)$$

where ti_{prec} and ti_{suc} – time of arrival to the i-th station of trains, preceding and following with respect to $ti_{k,i,j}$ in the interval of the schedule;

assessment of uniformity of the event $e_{k,i,j}$ in the periods of the schedule of the i-th station

$$k2_{k,i,j} = \frac{\sum_{j=1}^{n_d} q\left(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}\right)}{n_d}, \qquad (9)$$

where

$$q = q(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}) = \begin{cases} 1, \text{ if at least one train during time } t_{k,i,j} \text{ of the day } day_{k,j} \text{ is at the station } s_{k,i}; \\ 0 - \text{otherwise;} \end{cases}$$

$q \in Q_s$ – a set of Boolean notations of the events of stations;

assessment of uniformity of distribution of events $K1_i$ of the schedule i-th station in the interval of the schedule

$$K1_i = \sqrt{\frac{1}{nt_i}\sum_{j=1}^{nt_i}\left(Int_i - Intr_{i,j}\right)^2}, \quad i = \overline{1,I}, \qquad (10)$$

where $Int_i = \frac{Interval}{nt_i}, \quad i = \overline{1,I}$ – average value of the interval between arrivals of trains to the i-th station;

$Intr_{i,j} = \left(ti_{j+1} - ti_j\right), \quad j = \overline{1,nt_i}, \quad i = \overline{1,I}$ – value of the interval between arrivals at the station of two trains closest in time. For $j = nt_i$ $ti_{j+1} = ti_1$;

assessment of uniformity of the event of the schedule of the i-th haul $k3_{k,i,j}$

$$k3_{k,i,j} = \frac{nil_i\left(ti_{suc} + ti_{prec} - 2ti_{k,i,j}\right)}{2 * Interval}, \quad i = \overline{1,n_{k,s}}, \quad k = \overline{1,n_r}, \quad j = \overline{1,n_k}, \qquad (11)$$

where ti_{prec} and ti_{suc} – time of start of motion of trains on the i-th haul of preceding and following in relation to time $ti_{k,\,i,\,j}$;

assessment of uniformity of distribution of the event $e_{k,\,i,\,j}$ in the periods of the schedule of the i-th haul at entrance/exit from the station

$$k4_{k,i,j} = \frac{\sum_{j=1}^{n_d} q\left(l_{k,i}, s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}\right)}{n_d}, \qquad (12)$$

where

$$q = q(s_{k,i}, t_{k,i,j}, day_{k,j}) = \begin{cases} 1, \text{ if at least one train on } t_{k,\,i,\,j} \text{ of the day } day_{k,,\,j} \text{ enters or leaves the station } s_{k,\,i} \text{ to the haul } l_{k,\,i}; \\ 0 - \text{otherwise;} \end{cases}$$

$q \in Q_l$ – a plurality of Boolean notations of the events of the haul;

Assessment of distribution of events $K2_i$ of the schedule of the i-th haul in the interval of the schedule

$$K2_i = \sqrt{\frac{1}{nl_i}\sum_{j=1}^{nl_i}\left(Int_i - Intr_{i,j}\right)^2}, \quad i = \overline{1, J}, \qquad (13)$$

where $Int_i = \frac{Interval}{nl_i}$, $i = \overline{1, J}$ – average value of the interval between the start of motion of trains on the i-th haul;

$Intr_{i,j} = \left(ti_{j+1} - ti_j\right)$, $j = \overline{1, nl_i}$, $i = \overline{1, J}$ – value of interval between start of motion of trains on the i-th haul of two trains closest in time.

4.

The task of formation of the initial schedule is a step-wise choice of another route r_{ni+1} and formation of the schedule $S = \left\{ TI_i, \quad i = \overline{1, ni+1} \right\}$, which minimized multicriterially four vectors of assessment of uniformity of events of stations and hauls of the selected route

$$\min \begin{cases} \left(k1_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k2_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k3_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \\ \left(k4_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \end{cases} \qquad (14)$$

at mandatory restrictions

$$\forall s, \forall day, \forall t \quad \sum_{t \in Interval} q \le pl_i; \qquad (15)$$

$$\forall l, \forall day, \forall t \quad \left(til_i - til_{i-1}\right) \ge \Delta t_{i,j}$$
$$\forall l, \forall day, \forall t \quad \left(tfl_i - tfl_{i-1}\right) \ge \Delta t_{i,j}. \qquad (16)$$

The objective function (14) provides a multi-criterion minimization of assessment of uniformity of events of the schedule of stations and hauls at inclusion of the next route in the initial schedule. Restrictions (15) relate to the simultaneous location of trains at the station in the range of not more than the number of tracks with passenger platforms. Restrictions (16) reflect required intervals between successive entrances and exits of trains from the station and to the station.

Assessment of occupancy of stations (5) and hauls (6) form a plurality of the first and second vector components of routes' congestion:

$$\left\{ \left(c1_{1,k}, c1_{2,k}, \ldots, c1_{i,k}, \quad i = \overline{1, n_{k,s}}\right), \quad k = \overline{1, nr} \right\}; \qquad (17)$$

$$\left\{ \left(c2_{1,k}, c2_{2,k}, \ldots, c2_{i,k}, \quad i = \overline{1, n_{k,s} - 1}\right), \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (18)$$

Multicriteria ranking of vectors (17) and (18) generates a plurality of ranks of routes according to occupancy of stations and hauls:

$$\left\{ rank1_k, \quad k = \overline{1, nr} \right\}; \qquad (19)$$

$$\left\{ rank2_k, \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (20)$$

Reverse sorting of expressions (7) generates a plurality of ranks of routes according to occupancy of days of the interval of the schedule

$$\left\{ rank3 \ , \quad k \quad \overline{1, nr} \right\}. \qquad (21)$$

Ranks (19, 20, 21) form a set of vectors of routes

$$\left\{ \left(rank1_k, rank2_k, rank3_k\right), \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (22)$$

Route senior in rank, obtained due to multi-criteria ranking of vectors (22), is the busiest and becomes the next candidate r_{ni+1} for inclusion in the initial schedule.

To determine time of departure from the starting station TI_{ni+1} of trains of the route r_{ni+1} the following actions are performed cyclically:

for $ti_{ni+1,\,1} = 0$ in increments of = 0,1 hours to 24 hours determination of values of estimates (8, 9, 11, 12) for all hauls and stations of the route with account of restrictions (15, 16) and accumulation of a set of vectors

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \left(k1_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \right\}; \qquad (23)$$

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \left(k2_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \right\}; \qquad (24)$$

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \left(k3_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \right\}; \qquad (25)$$

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \left(k4_{ni+1,i,j}, \quad i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}}\right) \right\}. \qquad (26)$$

Multicriteria ranking of vectors (23, 24, 25, 26) form sets of vectors of ranks for the time of starting motion of trains of the route r_{ni+1}

$$\left\{ \begin{matrix} ti_{ni+1,1}, \left(rank1, rank2, rank3, rank4\right), \\ ti_{ni+1,1} = \overline{0, 240} \end{matrix} \right\}. \qquad (27)$$

Multicriteria ranking of vectors (27) determines the starting time TI_{ni+1} of motion of trains of the route r_{ni+1} in the initial schedule.

5.

The task of optimizing the initial schedule is a stepwise choice of a next route r_{ni+1} and formation

of a schedule $S = \left\{ TI_i, \quad i = \overline{1, ni+1} \right\}$ *that minimizes multicriterially two vectors of assessment of uniformity of stations and hauls of the selected route*

$$\min \begin{cases} \left(K1_i, \quad i = \overline{1, I} \right) \\ \left(K2_i, \quad i = \overline{1, J} \right) \end{cases} \qquad (28)$$

at mandatory restrictions (15) and (16).

The objective function (28) minimizes the mean-square deviations of intervals between events at stations and hauls. The objective function is related to the necessity of multi-criteria ranking of derived vectors (28). The completion of the initial transport schedule optimization is due to action strategy taken.

Estimates of uniformity of distribution of events of station schedules (10) and hauls (13) form a plurality of first and second vector components of uniformity of routes on the next step in optimizing the initial schedule

$$\left\{ \begin{pmatrix} \alpha_{s,1} K1_{1,k}, & \alpha_{s,2} K1_{2,k}, \ldots, \\ \alpha_{s,k} K1_{i,k}, & i = \overline{1, n_{k,s}} \end{pmatrix}, \right\}, \qquad (29)$$
$$\left\{ k = \overline{1, nr} \right\}$$

where $\alpha_{s,i}$ *– coefficient of importance of assessment,*

$$\alpha_{s,i} = \frac{nt_i}{\sum_{j=1}^{I} nt_j}.$$

$$\left\{ \begin{pmatrix} \alpha_{l,1} K2_{1,k}, & \alpha_{l,2} K2_{2,k}, \ldots, \\ \alpha_{l,k} K2_{i,k}, & i = \overline{2, n_{k,s}} \end{pmatrix}, \right\}, \qquad (30)$$
$$\left\{ k = \overline{1, nr} \right\}$$

where $\alpha_{l,i}$ *– coefficient of importance of assessment,*

$$\alpha_{l,i} = \frac{nl_i}{\sum_{j=1}^{J} nl_j}.$$

Multicriteria ranking of vectors (29) generates a plurality of ranks of routes in uniformity of stations

$$\left\{ rank1_k, \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (31)$$

Multicriteria ranking of vectors (30) generates a plurality of ranks of routes in uniformity of hauls

$$\left\{ rank2_k, \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (32)$$

Ranks (31, 32) form a set of vectors (uniformity criteria) of routes

$$\left\{ \left(rank1_k, rank2_k \right), \quad k = \overline{1, nr} \right\}. \qquad (33)$$

The route senior in rank, obtained by multicriteria ranking of vectors (33), is the most unequal at taken estimates and criteria of uniformity. It becomes a next candidate r_{ni+1} *for rearrangement in the initial schedule.*

To determine the time of departure from the starting station TI_{ni+1} *of trains of the route* r_{ni+1} *the following actions are performed cyclically:*

for $ti_{ni+1,1} = 0$ *in increments of = 0,1 hours to 24 hours determination of values of estimates (10, 13) for all hauls and stations of the route with account of restrictions (15, 16) and accumulation of a set of vectors*

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \begin{pmatrix} \alpha_{s,i} K1_{ni+1,i,j}, \\ i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}} \end{pmatrix} \right\}; \qquad (34)$$

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \begin{pmatrix} \alpha_{l,j} K2_{ni+1,i,j}, \\ i = \overline{1, n_{ni+1,s}}, \quad j = \overline{1, n_{ni+1}} \end{pmatrix} \right\}. \qquad (35)$$

Multicriteria ranking of vectors for sets of vectors of ranks for the initial time of starting motion of trains of the route r_{ni+1}

$$\left\{ ti_{ni+1,1}, \left(rank1, rank2 \right), \quad ti_{ni+1,1} = \overline{0, 240} \right\}. \qquad (36)$$

Multicriteria ranking of vectors (36) determines the desired starting time TI_{ni+1} *of motion of trains of the route* r_{ni+1} *in the optimized schedule of the railway network.*

Conclusion. *The proposed mathematical model and algorithms of formation and optimization of the initial schedule are to be implemented in software as part of the traffic safety control system.*

REFERENCES

1. Lazarev, A. A., Musatova, E. G., Gafarov, E. R., Kvaratshelia, A. G. Scheduling Theory. Tasks of transport system control [*Teorija raspisanij. Zadachi upravlenija transportnymi sistemami*]. Moscow, Faculty of Physics, Moscow State University, 2012, 159 p.

2. Peeters, L. Cyclic Railway Timetable Optimization, ERIM Ph.D. series Research in Management, Erasmus Research inst. of Management (ERIM), 2002.

3. Caprara, A., Fischetti, M., Toth, P. Modeling and solving the train timetabling problem, Operations Research, 2002, 50 (5), pp. 851–861.

4. Fischer, F., Helmberg, C., Jansen, J., Krostitz, B. Towards solving very large scale train timetabling problems by Lagrangian relaxation, paper presented at the ATMOS2008 – 8th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems, Dagstuhl, Germany.

5. Cacchiani, V., Caprara, A., Toth, P. A column generation approach to train timetabling on a corridor, 2008, 4OR, 6 (2), pp. 125–142.

6. Burdett, R., Kozan, E. A sequencing approach for creating new train timetables, OR Spectrum, 2010, 32 (1), pp. 163–193.

7. Klevansky, N. N. Main concepts of implementation of tasks of schedule formation [*Osnovnye koncepcii realizacii zadach formirovanija raspisanij*]. *Obrazovatel'nye resursy i tehnologii*, 2014, Iss. 2, pp. 9–21.

8. Klevansky, N. N. Methods of ranking in the tasks of schedule formation [*Metody ranzhirovanija v zadachah formirovanija raspisanij*]. *Proceedings of the XII All-Russia meeting on management problems governance: VSPU–2014.* Moscow, 2014, pp. 8040–8050.

Information about the authors:
Klevansky, Nikolai N. – Ph.D. (Eng.), professor of the department of Economic Cybernetics Saratov State Agrarian University n.a. N. I. Vavilov, Saratov, Russia, nklevansky@yandex.ru.
Antipov, Maksim A.– Ph.D. student of Saratov State Agrarian University n.a. N. I. Vavilov, Saratov, Russia, antipovmaxim@ya.ru.

Article received 27.06.2016, accepted 30.08.2016.

УДК 656.236.2:004

Управление транспортными услугами в условиях действия случайных факторов

Сергей ЛЁВИН
Sergey B. LIEVIN





Александр ЛИСЕНКОВ
Alexander N. LISENKOV

Лисенков Александр Николаевич *– доктор технических наук, профессор кафедры «Менеджмент и управление персоналом организации» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Лёвин Сергей Борисович *– кандидат технических наук, докторант МИИТ, генеральный директор ЗАО «Русская тройка», Москва, Россия.*

Transport Service Management under the Action of Random Factors
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 30)

Демонстрируются возможные подходы к повышению качества управления транспортными услугами с использованием информационных технологий в условиях действия случайных факторов. Особое внимание уделяется дополнительному повышению точности оценки транспортных усилий. Методику, представленную авторами, можно использовать для составления типологии и сравнительного анализа деятельности различных компаний или сравнения различных видов деятельности внутри транспортной компании.

Ключевые слова: *управление транспортными услугами, информационные технологии, случайные факторы, оценка транспортных усилий.*

В задачах управления транспортными услугами в условиях действия многочисленных случайных факторов возникает потребность в оценке усилий транспортной компании, при этом особую актуальность приобретают методы и средства информационных технологий. Возможности последних позволяют в режиме реального времени оперировать значительными объёмами данных и обеспечить косвенную оценку ненаблюдаемых важных характеристик производственного процесса – указаний, усилий, прикладываемых организацией и ее сотрудниками.

В статье рассмотрены подходы к повышению качества управления транспортными услугами в подобных условиях при наличии случайных факторов.

Для косвенной оценки уровня усилий транспортных компаний e по данным уровня оказанных услуг y предложено использовать информацию о значениях сопутствующих переменных z (например, информацию о доле грузов, задержанных на отдельных участках логистической цепи), доступных измерению и их зависимость от указанных усилий e. Используя метод анализа системы одновременных уравнений со случайными эффектами

$$y = f(e) + \varepsilon', z = \phi(e) + \varepsilon''$$

и линейную регрессию $y = b_0 + bz + \varepsilon$, удается получить искомую зависимость для определения необходимых усилий e с оценкой ее более точной, чем без учёта сопутствующих переменных. Это

эффект многомерности в математической статистике, позволяющий оценить интересующую составляющую с тем большей точностью, чем большее количество таких сопутствующих составляющих одновременно включено в анализ [1, 2].

Близкий подход с использованием решения одновременных статистических линейных уравнений применяют в эконометрике и других областях, например, в биотехнологии для оценки фундаментальных констант процесса, недоступных прямому измерению [3, 4].

Дополнительное повышение точности оценки транспортных усилий *e* возможно путем оптимального размещения измерений сопутствующих переменных для наиболее точной оценки коэффициентов линейной регрессии, входящих в полученное выражение е и ее дисперсии. Из теории эксперимента известно, что для наиболее точной оценки коэффициентов линейной регрессии достаточно размещать измерения всего в двух крайних точках на концах наблюдаемого интервала значений *z* [1, 2]. При этом не только повышается точность оценки усилий *e*, но также упрощается и удешевляется сама процедура косвенного оценивания. С учётом нескольких сопутствующих переменных, используя современные информационные технологии, точность косвенного оценивания транспортных усилий можно существенно повысить.

Кроме того, при наличии получаемых рассмотренным образом данных о производственной функции транспортной компании $y = \psi(e)$ в виде монотонно возрастающей зависимости выпуклостью вверх с насыщением, то есть значений *y* и *e* из ее кусочно-линейных аппроксимаций, возможно представление указанной зависимости аналитической моделью

$$y = \frac{\Theta_1 \bullet e}{\Theta_2 + e} + \varepsilon$$

с оценкой ее параметров Θ_1 и Θ_2. Последние реально использовать для составления типологии и сравнительного анализа деятельности различных компаний по этим параметрам производственной функции или сравнения различных видов деятельности внутри транспортной компании по их интенсивности и результативности. Параметр Θ_2 можно трактовать как показатель интенсивности деятельности транспортной компании, а Θ_1 – как предельно вероятный уровень оказываемых услуг при данном уровне усилий и организации работы компании.

Точные «паспортные» хорошо интерпретируемые оценки параметров целесообразно получить, используя значения усилий всего в двух оптимальных точках:

$e_1 = \arg\max y$ и $e_2 = \dfrac{e_1 \bullet \Theta_2}{e_1 + \Theta_2}$ при $s_y = const$ и $e_1 = e_{max}$ и $e_2 = e_{min}$ при $s_y \equiv y$.

Вычисление коэффициентов модели

$$y = \frac{\Theta_1 \bullet e}{\Theta_2 + e} = \frac{y_{max} \bullet e}{k + e} \quad .$$

удобно проводить, используя ее линеаризацию

$$\frac{1}{y_\Theta} = \frac{k}{y_{max}}\left(\frac{1}{e}\right) + \frac{1}{y_{max}} = ae + a_0 \quad ,$$

где $a_0 = \dfrac{1}{y_{max}}$, $a = \dfrac{1}{k}$,

по следующим выражениям:

$$\Theta_1 = y_{max} = \frac{e_i - e_j}{\dfrac{e_i}{y_i} - \dfrac{e_j}{y_j}};$$

$$\Theta_2 = k = \frac{e_i}{y_i}\left(y_{max} - y_i\right).$$

Далее можно вычислить медиану значений коэффициентов, полученных по каждой паре результатов измерений, для соответствующих реализаций транспортного процесса:

$\Theta_1 = med\{\Theta_{1i}\}$; $\Theta_2 = med\{\Theta_{2i}\}$.

Такие оценки искомых параметров модели наиболее устойчивы к нарушению предпосылок нормальности распределения ошибок в определении Θ (наличии у них «тяжелых» хвостов).

Указанные вычисления легко запрограммировать и получить их результаты с помощью информационных технологий в режиме реального времени.

На первом этапе такой процедуры через текущие значения y и сопутствующей переменной *z* (желательно в оптимальных точках ее измерений) определяют значения е по реализациям транспортного процесса. Далее по набору полученных значений *e* и соответствующим значениям y можно восстановить зависимость $y = \psi(e)$ и выбрать значения *e* с учётом ошибки определения *y* в оптимальных точках, по данным которых и вычисляют искомые параметры производственной функции транспортного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налимов В. В. Теория эксперимента.– М.: Наука, 1971.– 208 с.

2. Лисенков А. Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов.– М.: Медицина, 1979.– 343 с.

3. Маленво Э. Статистические методы эконометрики.– М.: Статистика, 1976.– 325 с.

4. Лисенков А. Н. и др. Аппроксимационный подход к решению задач идентификации и управления многомерными объектами: Сообщения по прикладной математике / Вычислительный центр АН СССР.– М., 1989.– 49 с.

Координаты авторов: **Лисенков А. Н.**– 7(495) 684–2852, **Лёвин С. Б.**– 7 (495) 627–8181.
Статья поступила в редакцию 15.06.2016, принята к публикации 12.07.2016.

TRANSPORT SERVICE MANAGEMENT UNDER THE ACTION OF RANDOM FACTORS

Lisenkov, Alexander N., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

Lievin, Sergey B., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), CJSC «Russian Troika», Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article deals with possible approaches to improve the quality of transport service management using information technology in terms of random factors. Particular attention is given to further improvement of accuracy of transport efforts' estimation. The procedure provided by the authors, can be used for drawing up a typology and comparative analysis of the activities of various companies and comparison of different types of activities within the transport company.

Keywords: transport service management, information technology, random factors, transport efforts assessment.

Background. *Solving transport services management tasks under the action of many random factors, when there is a need to assess the efforts of a transport company, a particular relevance is acquired by the methods and means of information technologies. The features of the latter allow to handle in a real time mode significant volumes of data and provide an indirect estimation of the unobservable important characteristics of the production process, particularly guidance, efforts exerted by an organization and its employees.*

Objective. *The article deals with possible approaches to improving the quality of transport service management under the conditions of random factors.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparison, mathematical calculation.*

Results. *For an indirect assessment of the level of effort of transport companies* e *according to the given levels of rendered services* y*, it is proposed to use the information about the values of related variables* z *(for example, information about the share of cargo detained in some areas of a supply chain), available for measurement and their dependence on these efforts* e*. Using the method of analysis of the system of simultaneous equations with random effects*

$y = f(e) + \varepsilon'$, $z = \phi(e) + \varepsilon''$

and the linear regression $y = b_0 + bz + \varepsilon$*, it is possible to obtain a desired dependence for determining the effort required e with its more accurate assessment than excluding related variables. This is a multi-dimensional effect in mathematical statistics, allowing to assess the component of interest with such a greater accuracy, the greater is the number of associated components at the same time included in the analysis [1, 2].*

A similar approach using simultaneous statistical equations solutions is used in econometrics and other fields, for example, in biotechnology for evaluation of the fundamental constants of the process, inaccessible to direct measurement [3, 4].



The additional increase in accuracy of assessment of transport efforts e *is possible by the optimal placement of measurement of related variables for the most accurate estimation of linear regression coefficients in the obtained equation* e *and its dispersion. It is known from the experiment theory that for the most accurate estimation of linear regression coefficients it is enough to place measurements only in two extreme points at the ends of the observed range of values* z *[1, 2]. This not only increases the accuracy of the evaluation of efforts* e*, but also simplifies and reduces the cost of the procedure of indirect estimation. Taking into account several related variables, using modern information technologies, the accuracy of indirect estimation of transport efforts can be substantially increased.*

In addition, in case of availability of the so obtained data on the production function of the transport company $y = \psi(e)$ *in the form of a monotonically increasing dependence with upward convexity with saturation of values* y *and* e *of its piecewise-linear approximations it is possible to represent this dependence by an analytical model*

$$y = \frac{\Theta_1 \cdot e}{\Theta_2 + e} + \varepsilon$$

with assessment of it parameters Θ_1 *and* Θ_2*. The latter can be actually used to compile a typology and comparative analysis of the activities of the various companies in these parameters of the production function or the comparison of different types of activities within the transport company by their intensity and effectiveness. Parameter* Θ_2 *can be interpreted as an indicator of the intensity of the transport company activity, and* Θ_1 *– as the maximum probable level of services at a given level of effort and organization of the company's work.*

Exact «passport», well interpreting estimates of useful parameters can be obtained, using the values of efforts at just two optimal points:

$e_1 = \arg\max y$ *and* $e_2 = \frac{e_1 \cdot \Theta_2}{e_1 + \Theta_2}$ *when* $s_y = const$

and $e_1 = e_{max}$ *and* $e_2 = e_{min}$ *when* $s_y \equiv y$.

It is convenient to calculate the coefficients of the model

$$y = \frac{\Theta_1 \cdot e}{\Theta_2 + e} = \frac{y_{max} \cdot e}{k + e}.$$

using its linearization

$$\frac{1}{y_\Theta} = \frac{k}{y_{max}}\left(\frac{1}{e}\right) + \frac{1}{y_{max}} = ae + a_0,$$

where $a_0 = \frac{1}{y_{max}}$, $a = \frac{1}{k}$,

according to the following expressions:

$$\Theta_1 = y_{max} = \frac{e_i - e_j}{\frac{e_i}{y_i} - \frac{e_j}{y_j}};$$

$$\Theta_2 = k = \frac{e_i}{y_i}\left(y_{max} - y_i\right).$$

Further it is possible to calculate the median of coefficients' values obtained for each pair of measurement results, for the corresponding transport process implementations:

$\Theta_1 = med\{\Theta_{1i}\}$; $\Theta_2 = med\{\Theta_{2i}\}$.

Such estimates of unknown parameters of the model are more resistant to disruption of prerequisites of normality of distribution of errors in the definition Θ *(if they have «heavy» tails).*

Conclusions. *These calculations can be easily programmed and their results can be obtained via information technology in a real time mode.*

In the first step of this procedure through the current values y *and related variable* z *(preferably in its optimum points of measurement) are determined the values* e *on implementation of transport process. Then on the basis of a set of the obtained values* e *and the corresponding values y can be restored the dependence* $y = \psi(e)$ *and selected the values* e *with account of errors in determining* y *at the optimal points, according to data of which the unknown parameters of the production function of the transport process are calculated.*

REFERENCES

1. Nalimov, V. V. Experiment theory [*Teorija eksperimenta*]. Moscow, Nauka publ., 1971, 208 p.

2. Lisenkov, A. N. Mathematical methods of planning of multifactor biomedical experiments [*Matematicheskie metody planirovanija mnogofaktornyh mediko-biologicheskih eksperimentov*]. Moscow, Medicina publ., 1979, 343 p.

3. Malenvo, E. Statistical methods of econometrics [*Statisticheskie metody ekonometriki*]. Moscow, Statistika publ., 1976, 325 p.

4. Lisenkov, A. N. *et al*. The approximation approach to problems of identification and multidimensional object management: Reports on Applied Mathematics [*Approksimacionnyj podhod k resheniju zadach identifikacii i upravlenija mnogomernymi ob'ektami: Soobshhenija po prikladnoj matematike*].Computing Centre of the Academy of Sciences of the USSR. Moscow, 1989, 49 p.

Information about the authors:
Lisenkov, Alexander N. – D.Sc. (Eng.), professor of the department of Management and administration of staff of the organization of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7(495) 684–2852,
Lievin, Sergey B. – Ph.D. (Eng.), doctoral student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), General Director of CJSC «Russian Troika», Moscow, Russia,+ 7 (495) 627–8181.

Article received 15.06.2016, accepted 12.07.2016.

УДК 625.14: 625.041:625.042

Выбор конструкции промежуточного скрепления методами вибродиагностики



Александр ЗАМУХОВСКИЙ
Aleksandr ZAMUHOVSKIY



Айгуль ЖАНГАБЫЛОВА
Aygul ZHANGABYLOVA

Замуховский Александр Владимирович *– кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Жангабылова Айгуль Мамытовна *– аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство» МИИТ, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Республика Казахстан.*

Choosing the Design of an Intermediate Fastening by Vibrodiagnostics Methods
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 37)

В статье рассматриваются основные положения методики вибродиагностики железнодорожного пути на участках сопряжений упругих промежуточных рельсовых скреплений Фоссло W14 и ЖБР65-Ш, Pandrol Fastclip и КПП-5, делается сравнение по наиболее значимым оценочным критериям результатов вибродиагностики с результатами прохода путеизмерительного вагона на железнодорожных участках Казахстана. Прогнозируются перспективы использования вибродиагностики на линиях с высокими динамическими параметрами эксплуатационной нагрузки.

Ключевые слова: железнодорожный путь, вибродиагностика, динамические параметры, оценочные критерии, промежуточные рельсовые скрепления, спектральная плотность, коэффициент затухания.

В соответствии со стратегией развития транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года планируется строительство новых и реконструкция действующих железных дорог, а также модернизация инфраструктуры. Одним из направлений стратегии является развитие сети скоростного и высокоскоростного движения поездов. Организация такого движения на сети железных дорог Казахстана тесно связана с обеспечением необходимого уровня надежности пути, его земляного полотна и верхнего строения, оказывающих значительное влияние на безопасность движения.

Железные дороги развитых стран постоянно ищут возможности использования передовых технологий, вкладывают средства в приобретение датчиков и измерительных систем разных конструкций, позволяющих решать некоторые частные проблемы, но пока что ощущается недостаток в таких технических средствах, которые могли бы решить проблему в комплексе, с получением от этого всего серьезных потенциальных выгод. Такие датчики и измерительные системы широко используются, к примеру, на грузовых железных дорогах Север-

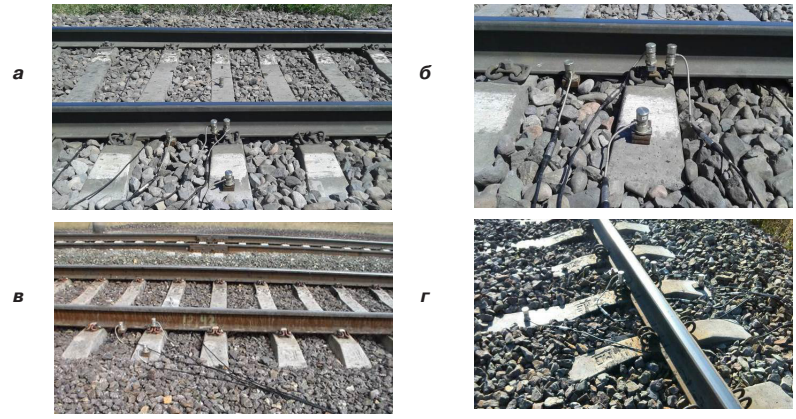


Рис. 1. Варианты установки вибродатчиков: а) промежуточное скрепление Фоссло W-14; б) ЖБР65-Ш; в) Pandrol Fastclip; г) КПП-5.

ной Америки в соответствии с действующим с 1994 года руководящим документом AAR41as о критериях изъятия колес на основе показаний детекторов. Железные дороги США получают существенную экономию за счет увеличения срока службы колес и рельсов [1].

Вибрации, возникающие в элементах железнодорожного пути (рельсах, шпалах, рельсовых скреплениях и т.д.) при прохождении поездной нагрузки, в значительной мере влияют на прочность, а следовательно, и на долговечность работы как самих элементов, так и железнодорожного пути в целом [2–5]. Профессор Г. М. Шахунянц отмечал, что неблагоприятное влияние вибраций сказывается как на сопротивляемости пути поездным нагрузкам в продольном и поперечном направлениях (угон, изменение положения в плане и ширины колеи), так и на стабильности и прочности промежуточных и стыковых рельсовых скреплений [6].

В данной работе приведены некоторые результаты измерений механических колебаний (вибраций) элементов пути на двух участках сопряжений различных типов промежуточных рельсовых скреплений при воздействии подвижной нагрузки и основные положения методики оценки отклика его конструктивных элементов на это воздействие.

Исследования выполнялись на магистральных линиях АО «НК «Казахстанские железные дороги» с использованием мобильного виброизмерительного комплекса. Такой комплекс состоит из датчиков вибрации (велосиметров) МВ-25Д-В, которые преобразуют воздействующие на них механические колебания (вибрацию) в электрический сигнал. Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму осуществляется в электронном блоке АЦП модели Е-14–440. Сбор цифровых данных с АЦП, общее управление измерениями и обработка сигналов реализовываются при помощи специального программного обеспечения персонального компьютера типа «Notebook».

Датчики вибрации устанавливаются в двух сечениях исследуемого участка железнодорожного пути в соответствии с разработанной схемой. Схема установки датчиков зависит от задач исследования и может варьироваться в процессе проведения вибродиагностики в достаточно широких пределах (рис. 1). С целью минимизации взаимного влияния колебаний конструкций с различными типами рельсовых скреплений на участках сопряжения расстояние между сечениями должно быть максимально возможным, а длина измерительного тракта не влиять на результат измерений. Производятся записи (не менее пяти) процесса колебаний элементов железнодорожного пути от воздействия поездной нагрузки.

Аналоговый сигнал с вибродатчиков в АЦП преобразуется в цифровую форму и приводится к реальным значениям виброскорости по калибровочным коэффициентам, выведенным для каждого датчика в процессе их тарировки. Производится построение амплитудно-временных зависимостей (виброграмм) для каждого элемента в отдельности (для рельсов, шпал, рельсовых скреплений).

С использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) производится построение графиков спектральной плотности дисперсии сигнала (амплитудно-

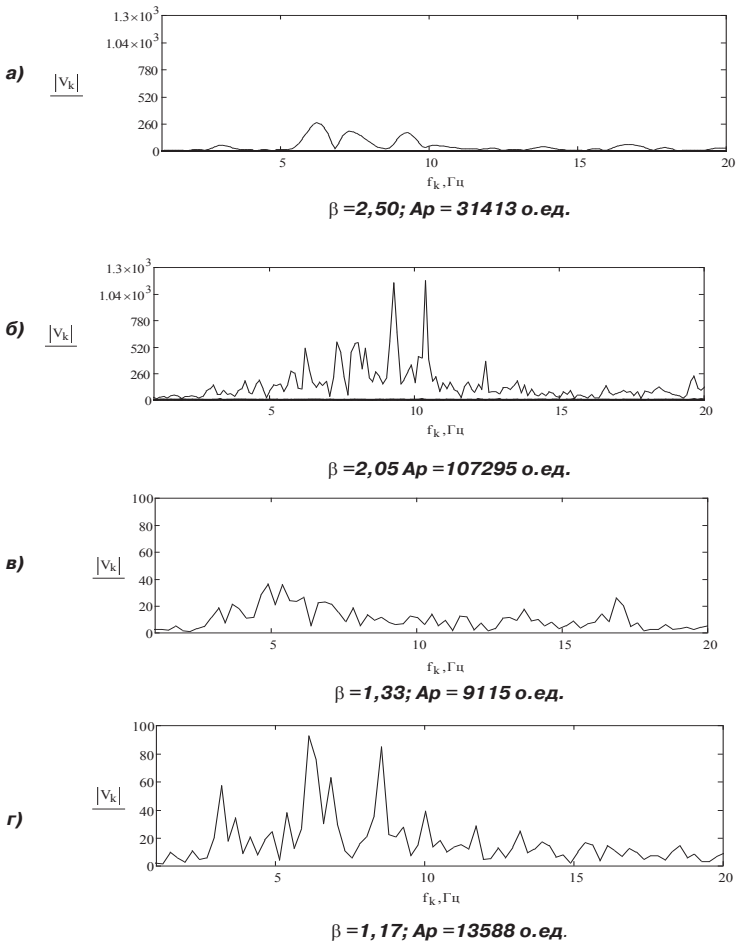


Рис. 2. График спектральной плотности виброскорости колебаний подошвы рельса конструкций пути со скреплениями Фоссло W14 (а) и ЖБР-65ШД (б), Pandrol Fastclip (в), КПП-5 (г) при проходе электровоза ВЛ-80^{с} со скоростью 85 км/ч.

частотных зависимостей) – спектров виброскорости. Вычисляется среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости. При помощи операции интегрирования численным методом амплитудно-временных зависимостей виброскорости производится построение графиков амплитудно-временной зависимости виброперемещения (осциллограмм), а затем с помощью БПФ строятся графики спектра виброперемещения (амплитудно-фазо-частотные зависимости виброперемещения).

Далее, после предварительной фильтрации оцифрованного сигнала с вибродатчиков в нижнем диапазоне частот (от 0 до 1000 Гц) на основе дифференцирования производится построение графиков амплитудно-временной зависимости виброускорения (акселерограмм). С использованием БПФ строятся графики амплитудно-фазочастотных зависимостей виброускорения – спектров виброускорения (графиков спектральной плотности дисперсии). Вычисляется СКЗ виброускорения.

Следует отметить, что БПФ представляет собой аппроксимацию действительного преобразования Фурье на конечном интервале времени Δt и, следовательно, для повышения точности аппроксимации расстояние между точками должно быть как можно меньше. Кроме того, алгоритмы БПФ требуют, чтобы количество точек было равно 2 в степени N, т.е. $n = 2^N$, где N есть целое число. Как результат переход при анализе сигнала из временной области в частотную область может происходить в реальном времени. Проблема «растекания» спектра решается применением такой технологии записи сигнала, при которой записывающая аппаратура начинает и заканчивает запись при уровне сигнала, близком к нулю.

Измерения и анализ колебаний (вибраций) элементов верхнего строения пути на ряде участков сопряжений с различными типами промежуточных рельсовых скрепле-

Таблица 1

Данные технического состояния железнодорожного пути по результатам прохода путеизмерительного вагона и вибродиагностики участков сопряжения

Участок		1-й участок (УПЧ-46)		2-й участок (УПЧ-30)	
Тип скрепления		Фоссло W-14 (4035 км)	ЖБР-65ШД (4036 км)	Pandrol Fastclip (227км)	КПП-5 (228км)
Техническая характеристика пути: класс; группа и категории пути		1Б1		1В2	
Рельсы типа Р-65, бесстыковой путь		Р-65		Р-65	
Скорость локомотива; км/ч		85		85	
Пропущенный тоннаж; млн т • км брутто		305,4		236,4	
Год последнего капитального ремонта пути		2006		2010	
Балльная оценка состояния пути (за июль первый участок, за август второй участок), 2015 год		10	40	40	150
Критерии оценки	n, шт	28	39	35	47
	$\upsilon_{ш}$, мм/с	39,24	56,32	59,02	83,35
	$\upsilon_{р}$, мм/с	98,1	115,82	78,72	97,6
	β	2,50	2,05	1,33	1,17
	Ар, о.ед.	31413	107296	9115	13588
	Аш, о.ед.	15646	34955	7918	9643
	γ = Ар/Аш	2,01	3,07	1,15	1,40

Примечание: *n* – количество выявленных неисправностей 2-й степени по итогом за июль (1-й участок) и август (2-й участок) 2015 года; $\upsilon_{ш}$ – среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости колебаний шпалы; $\upsilon_{р}$ – среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости колебаний рельса; β – коэффициент затухания; *Ар* – площадь спектральной плотности дисперсии (спектр виброскорости) рельса; *Аш* – площадь спектральной плотности дисперсии (спектр виброскорости) шпалы; γ – отношение площади спектра виброскорости рельса к площади спектра виброскорости шпалы.

ний позволил выявить их основные закономерности и рекомендовать следующие критерии оценки для сравнения работы конструкций пути в динамике:

– пиковые и среднеквадратические значения виброскорости колебаний рельса в центре междушпального ящика и в середине шпалы на оси пути, характеризующие изгибные колебания данных элементов и возникающие в них механические напряжения;

– коэффициент затухания β амплитуды виброскорости колебаний рельса по отношению к колебаниям шпалы, площади спектров виброскорости колебаний рельса *Ар* и шпалы *Аш* в диапазоне частот до 20 Гц и их отношение, характеризующие изменение колебательной мощности и демпфирование вибрации вследствие рассеяния механической энергии;

– отношение динамических сил, возникающих при движении поезда на подошве рельса в центре междушпального ящика, к статическим силам, характеризующее силовое динамическое воздействие на рельс;

– отношение динамических сил, возникающих при движении поезда в середине шпалы на оси пути, к статическим силам, характеризующее силовое динамическое воздействие на шпалу.

На рис. 2 приведены графики спектральной плотности виброскорости (спектры мощности) колебаний подошвы рельса на участках сопряжения конструкций пути со скреплениями Фоссло W14 и ЖБР65-Ш, Pandrol Fastclip и КПП-5 при проходе электровоза ВЛ-80^{с} со скоростью 85 км/ч.

Сравнивая отклик конструкций пути на участках сопряжения по площади *Ар* спектра мощности и коэффициенту затухания β амплитуды виброскорости колебаний рельса по отношению к колебаниям шпалы, можно сделать вывод, что скрепление Фоссло W14 при скорости электровоза 85 км/ч лучше гасит вибрации, чем скрепление ЖБР-65ШД (рис. 2а, б). Из сравнения по тем же параметрам участков со скреплениями Pandrol Fastclip и КПП-5 следует, что наилучшими демпфирующими свойствами, то есть лучшей способностью гасить вибрации, обладает участок пути со скреплением Pandrol Fastclip (рис. 2в, г).

Сейчас на железных дорогах Казахстана применяется компьютеризированный вагон-

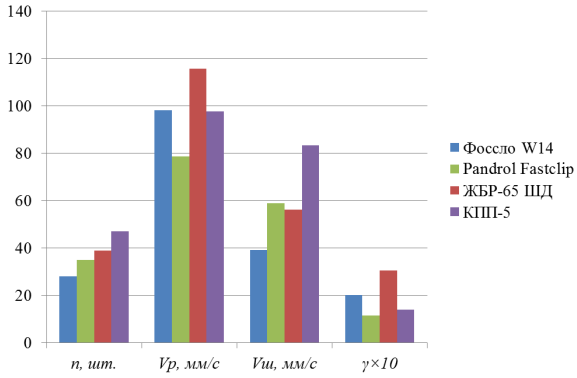


Рис. 3. Взаимосвязь итогового количества отступлений 2-й степени и результатов вибродиагностики верхнего строения пути на участках сопряжения различных конструкций рельсовых скреплений.

лаборатория КВЛ-П2.1 (путеизмерительный вагон № 056), в котором автоматизированы сбор, расшифровка, хранение и соотнесение с нормативами данных, получаемых измерительными средствами вагона [7–9].

В таблице 1 приведены данные технического состояния железнодорожного пути по результатам прохода путеизмерительного вагона и вибродиагностики участков сопряжения конструкций пути с различными типами рельсовых скреплений.

На рис. 3 показаны диаграммы взаимосвязи итогового количества отступлений 2-й степени и оценочных критериев, полученных в результате проведения вибродиагностики верхнего строения пути на участках сопряжения. Из приведенных диаграмм видно, что оценочные критерии, принятые при проведении вибродиагностики, вполне адекватно отражают состояние пути, определенное по результатам прохода путеизмерительного вагона.

ВЫВОДЫ

Внедрение предлагаемой *методики вибродиагностики* даст возможность производить экспресс-анализ состояния железнодорожного пути на участках с различными типами рельсовых скреплений по динамическим параметрам и позволит принимать наиболее оптимальные решения при планировании работ по текущему содержанию и ремонтам пути с учетом воздействия обращающегося подвижного состава.

Принятые оптимальные конструктивные решения приведут к увеличению срока эксплуатации и уменьшению затрат на текущее содержание пути и повышению уровня безопасности железнодорожного транспорта в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kalay, S., Samuels, J. Railway Track & Structures, 2002, № 3, p. 13–16. http://cargovibes.eu/_Uploads/dbsAttachedFiles/D0301_APT_M27.pdf. Доступ 27.06.2016.

2. EN13146–3:2002 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads. [Электронный ресурс]: https://webshop.ds.dk/Files/Files/Products/M242496_attachPV.pdf. Доступ 27.06.2016.

3. EN13481–6:2002 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 6: Special fastening systems for attenuation of vibration. [Электронный ресурс]: http://catalogue.normdocs.ru/content?id=com.normdocs.bsi.card.dd.env.13481–6.2002. Доступ 27.06.2016.

4. ISO 2017–2 Mechanical vibration and shock – Resilient mounting systems – Part 2: Technical information to be exchanged for the application of isolation vibration associated with railways systems. [Электронный ресурс]: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=93&ics2=100&ics3=&csnumber=36647. Доступ 27.06.2016.

5. NS8176:1999 Vibration and shock – Measurement of vibration in buildings from land based transport and guidance for evaluation of its effects on human beings. [Электронный ресурс]: http://www.aucklandcouncil.govt.nz/EN/planspoliciesprojects/plansstrategies/unitaryplan/Documents/Section32report/Appendices/Appendix%203.43.2.pdf. Доступ 27.06.2016.

6. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь.– М.: Транспорт, 1987.– 236 с.

7. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. – М., Транспорт, 1997. – 42 с.

8. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774). Утв.ЦП МПС РФ от 1.06.2000 г.

9. Методика автоматической оценки состояния рельсовой колеи по Инструкции ЦП-515. НПЦ Инфотранс 1998 г. Утв. ЦП МПС 30.10.1998 г.

Координаты авторов: **Замуховский А. В.**– miit.ppx@gmail.com,
Жангабылова А. М.– zhangabylova82@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.06.2016, принята к публикации 25.08.2016.

CHOOSING THE DESIGN OF AN INTERMEDIATE FASTENING BY VIBRODIAGNOSTICS METHODS

Zamuhovsky, Aleksandr V., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Zhangabylova, Aygul M., *Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tyntyshpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan.*

ABSTRACT

The article considers the main provisions of methods of vibration diagnostics of a railway track in the areas of conjugation of elastic intermediate rail fastenings Fossloh W14 and ZHBR65-SH, Pandrol Fastclip and KPP-5, a comparison is made according to the most important evaluation criteria of the results of vibration diagnostics with the results of passage of a track measuring car on the railway sections in Kazakhstan. The prospects for the use of vibration diagnostics on lines with high dynamic parameters of the operational load are forecasted.

Keywords: railway track, vibration diagnostics, dynamic parameters, assessment criteria, intermediate rail fastening, spectral density, attenuation coefficient.

Background. *In accordance with the development strategy of the transport system of the Republic of Kazakhstan up to 2020, construction of new and reconstruction of existing railways, as well as modernization of infrastructure are planned. One of the directions of the strategy is development of a network of speed and high-speed train traffic. The organization of such traffic on the railway network of Kazakhstan is closely connected to the required level of reliability of the track, its subgrade and superstructure, having a significant impact on traffic safety.*

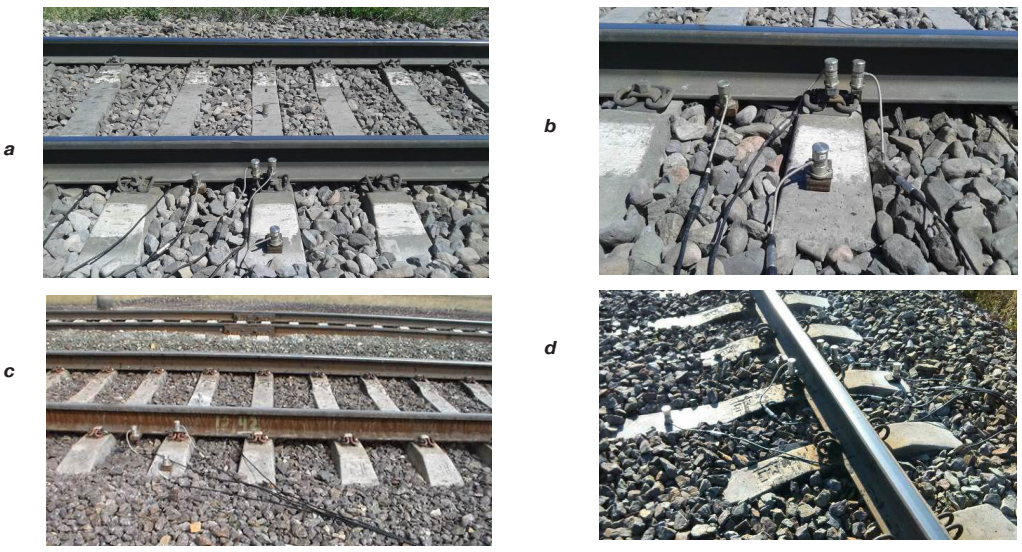
The railways of developed countries are constantly looking for opportunities to use advanced technology, investing in the acquisition of sensors and measuring systems of different designs that solve some particular problems, but so far there is a lack of such technical means that could solve the problem in its integrity, with obtaining from this all serious potential benefits. Such sensors and measuring systems are widely used, for example, on freight railways in North America in accordance with guidance document of AAR41as since 1994 on the criteria for withdrawal of wheels on the basis of detector readings. US railways get substantial savings by increasing the service life of wheels and rails [1].

Vibrations occurring in the railway track elements (rails, sleepers, rail fastenings, etc.) while passage of train loads, greatly affect strength, and hence durability of both the work element and the whole railway track [2–5]. The professor G. M. Shakhunyants noted that the adverse influence of vibrations affects both the resistance of the track to the train loads in the longitudinal and transverse directions (creepage, change of position in plan and width of gauge), and stability and strength of the intermediate and butting rail fastenings [6].

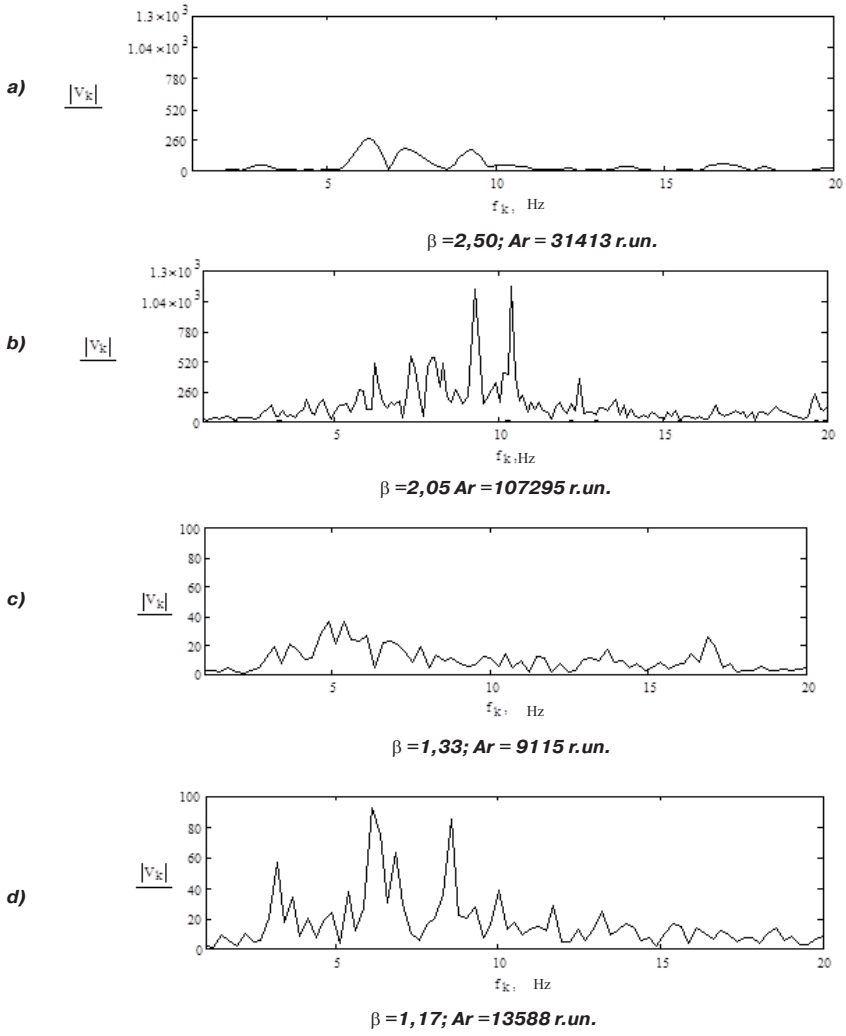
Objective. *In this paper the authors present some results of measurements of mechanical oscillations (vibration) of track elements in two areas of different types of conjugation of intermediate rail fastenings under the influence of the moving load and the basic provisions of the response assessment methods of its structural elements to this effect.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, vibration diagnostics methods, comparative method, modeling, analytical method.*

Results. *Research was carried out on the main lines of JSC «NC «Kazakhstan Railways» with the use of mobile vibration measurement complex. This complex consists of vibration sensors (velocimeters) MV-25D-V, which convert*



Pic. 1. Options of vibration sensors installation: a) – intermediate fastening Fossloh W-14; b) – ZHBR65-SH; c) – Pandrol Fastclip, d) KPP-5.



Pic. 2. The graph of the spectral density of vibration speed of rail base oscillation of track structure with fastenings Fossloh W14 (a) and ZHBR-65SHD (b), Pandrol Fastclip (c), KPP-5 (d) when an electric locomotive VL-80^c at a speed of 85 km/h passes.

mechanical oscillation (vibration) transforming them into an electric signal. Analog signal digitization is done in the electronic unit of ADC model E-14–440. Collection of digital data from the ADC, the overall management of measurements and signal processing are realized using a special PC software such as «Notebook».

Vibration sensors are installed at two sections of the test section of a railway track in accordance with the proposed scheme. The scheme of the sensors installation depends on the objectives of the study and may vary in the course of vibration diagnostics in a fairly wide range (Pic. 1). In order to minimize interference of oscillations of structures with different types of rail fastenings on the coupling parts the distance between the sections should be the maximum possible, and the length of the measuring path does not affect the measurement result. Records (at least five) of the process of oscillation of elements of the railway track from the impact of the train load are done.

The analog signal from the vibration sensors to the ADC is converted to a digital form and provided to the real values of the vibration speed on the basis calibration coefficients derived for each sensor during its calibration. The construction of amplitude-time dependencies (vibrograms) for each element is made separately (for rails, sleepers, rail fastenings).

With the use of a Fast Fourier Transform (FFT) the construction of spectral density of dispersion of the signal graphs (amplitude-frequency dependency) – vibration spectra is carried out. RMS of vibration speed is calculated. With the integration operation by the numerical method of amplitude-time dependencies of vibration speed the construction of amplitude-time dependence of vibration displacement (oscillogram) is done, and with the use of FFT graphs of vibration displacement spectrum (amplitude-phase-frequency dependencies of vibration displacement) are constructed.

Further, after the pre-filtering of the digitized signal from the vibration sensors in the lower frequency range (from 0 to 1000 Hz) based on the differentiation graphing of the amplitude-time-dependency of vibration acceleration (accelerograms) is produced. Using FFT graphs of amplitude-phase-frequency dependencies of vibration acceleration – vibration acceleration spectra (spectral dispersion

Table 1

The technical state data of railway track as a result of the passage of the track measuring car and vibration diagnostics of interface areas

Section		1st section (UPCH-46)		2nd section (UPCH-30)	
Fastening type		Fossloh W-14 (4035 km)	ZHBR-65SHD (4036 km)	Pandrol Fastclip (227km)	KPP-5 (228km)
Technical characteristics of the track: class; group and category of a track		1B1		1B2	
Rails R-65, jointless track		P-65		P-65	
Locomotive speed; km/h		85		85	
Passed tonnage; million tons • km.brutto		305,4		236,4	
Year of the last overhaul of the track		2006		2010	
Score of track state (in July the first section, the second section in August) 2015		10	40	40	150
Assessment criteria	n, pcs	28	39	35	47
	υs, mm/s	39,24	56,32	59,02	83,35
	υr, mm/s	98,1	115,82	78,72	97,6
	β	2,50	2,05	1,33	1,17
	Ar, r.un.	31413	107296	9115	13588
	As, r.un.	15646	34955	7918	9643
		2,01	3,07	1,15	1,40

Note: *n* – number of detected faults of the 2nd degree on the outcome of July (1st section) and August (2nd section) 2015; υ*s* – RMS of vibration speed of sleeper oscillation; υ*r* – RMS of vibration speed of rail oscillation; β – attenuation coefficient; A*r* – area of spectral density of dispersion (spectrum of vibration speed) of a rail; A*s* – area of spectral density of dispersion (spectrum of vibration speed) of a sleeper; ϒ – ratio of spectrum area of vibration speed of a rail to spectrum area of vibration speed of a sleeper.

density graphs) are constructed. The RMS of vibration acceleration is calculated.

It should be noted that the FFT represents a valid Fourier transform approximation for a finite time interval Δt, and hence to improve the accuracy of approximation the distance between the points should be as small as possible. Furthermore, FFT algorithms require that the number of points is equal to 2 in the degree N, i.e. n = 2^N, where N is an integer. As a result transition in the analysis of the signal from the time domain to the frequency domain can occur in real time. The problem of «spreading» of the spectrum is achieved using a signal recording technology, in which the recording equipment starts and stops recording when the signal level is close to zero.

Measurement and analysis of oscillations (vibration) of the superstructure elements of the track in a number of areas of conjugation with different types of intermediate rail fastenings revealed their basic patterns and a the following criteria for evaluation to compare work of track structures in the dynamics:

– peak and RMS values of vibration speed of oscillations of the rail at the center of the between sleeper box and in the middle of the sleeper on the track axis, characterizing the bending vibrations of these elements and the resulting mechanical stresses in them;

– damping coefficient β of amplitude of vibration speed of oscillations of a rail in relation to oscillations of a sleeper, areas of spectra of vibration speed of oscillation of a rail Ar and a sleeper As in the frequency range up to 20 Hz and their ration, characterizing the change of the vibrational capacity and vibration damping due to dissipation of mechanical energy;

– ratio of the dynamic forces generated when a train is moving on the rail base in the center of the between-sleeper box, to static forces, characterizing the dynamic force impact on the rail;

– ratio of the dynamic forces generated when a train is moving in the middle of the sleepers on the rail axis, to static forces, characterizing the dynamic force effect on the sleeper.

Pic. 2 shows the graphs of the spectral density of vibration speed (power spectra) of the rail base fluctuations in the areas of interface of track structures with fastenings Fossloh W14 and ZHBR65-SH, Pandrol Fastclip and KPP-5, with the passage of an electric locomotive VL-80^c at a speed of 85 km/h.

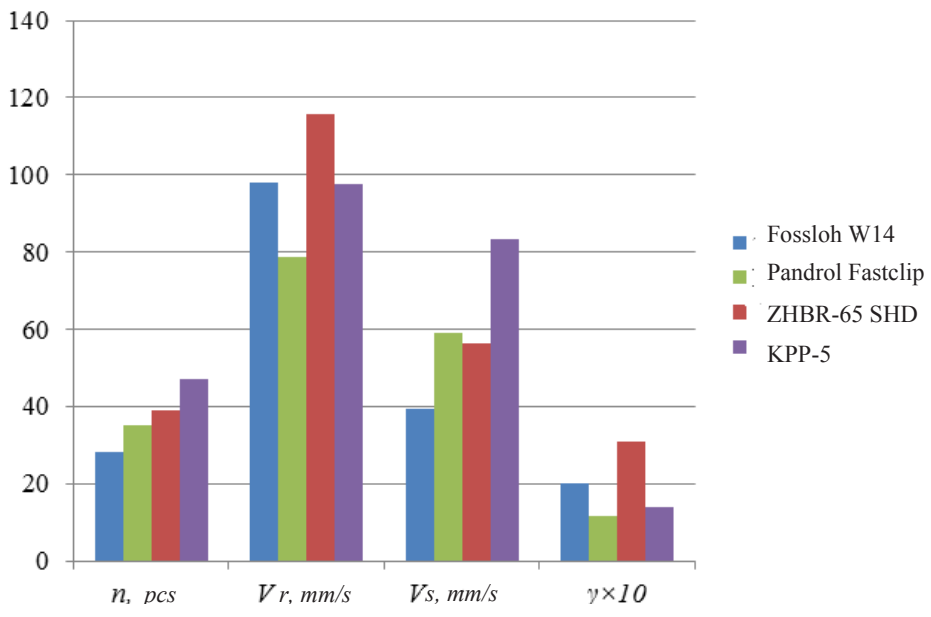
Comparing the response of track structures in the areas of interface on the area Ar of the power spectrum and attenuation coefficient β of amplitude of vibration speed of rail vibrations in relation to the sleepers fluctuations, it can be concluded that the fastening Fossloh W 14 at a speed of electric train of 85 km/h damps vibrations better than the fastening d ZHBR-65SHD (Pic. 2a, b). From comparison to the same parameters of sections with fastenings Pandrol Fastclip and KPP-5 it follows that the best damping properties that is the best ability to dampen vibration, has a track section with fastening Pandrol Fastclip (Pic. 2c, d).

Now a computerized car laboratory KVL-P2.1 (track measuring car № 056) is used on the railways of Kazakhstan, where collection, decoding, storage and correlation with data standards, obtained by means of measurement of the car [7–9], are automated.

Table 1 shows the technical status data of railway track as a result of the passage of the track measuring car and vibrodiagnostics of areas of conjugation of track structures with different types of rail fastenings.

Pic. 3 shows the correlation diagram of the final number of derogations of the 2nd degree and the assessment criteria resulting from vibration





Pic. 3. The relationship of the final number of derogations of the 2nd degree and results of vibration diagnostics of the track superstructure on the sites of conjugation of various designs of rail fastenings.

diagnostics of track superstructure on the conjugation areas. The above diagrams show that the assessment criteria adopted during the vibration diagnostics, adequately reflect the state of the track defined by the results of the passage of a track measuring car.

Conclusions. *Implementation of the proposed methodology of vibration diagnostics will make it possible to produce a rapid analysis of a railway track in areas with different types of rail fastenings on dynamic parameters and allow to make optimal decisions when planning the maintenance and repair of the track, taking into account the impact of circulating rolling stock.*

Made optimal design decisions will lead to an increase in service life and reduction of the costs of current maintenance of track and improvement of safety of rail transport on the whole.

REFERENCES

1. Kalay, S., Samuels, J. Railway Track & Structures, 2002, № 3, pp. 13–16. http://cargovibes.eu/_Uploads/dbsAttachedFiles/D0301_APT_M27.pdf. Last accessed 27.06.2016.

2. EN13146–3:2002 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads. [Electronic resource]: https://webshop.ds.dk/Files/Files/Products/M242496_attachPV.pdf. Last accessed 27.06.2016.

3. EN13481–6:2002 Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems – Part 6: Special fastening systems for attenuation of vibration. [Electronic resource]: http://catalogue.normdocs.ru/content?id=com.normdocs.bsi.card.dd.env.13481–6.2002. Last accessed 27.06.2016.

4. ISO 2017–2 Mechanical vibration and shock – Resilient mounting systems – Part 2: Technical information to be exchanged for the application of isolation vibration associated with railways systems. [Electronic resource]: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=93&ics2=100&ics3=&csnumber=36647. Last accessed 27.06.2016.

5. NS8176:1999 Vibration and shock – Measurement of vibration in buildings from land based transport and guidance for evaluation of its effects on human beings. [Electronic resource]: http://www.aucklandcouncil.govt.nz/EN/planspoliciesprojects/plansstrategies/unitaryplan/Documents/Section32report/Appendices/Appendix%203.43.2.pdf. Last accessed 27.06.2016.

6. Shakhunyants, G. M. Railway track [*Zheleznodorozhnyj put'*]. Moscow, Transport publ., 1987, 236 p.

7. Instructions for decoding tapes and assessment of the state of the track on readings of a track measuring car TSNII-2 and measures to ensure traffic safety [*Instrukcija po rasshifrovke lent i ocenke sostojanija rel'sovoj kolei po pokazanijam puteizmeritel'nogo vagona CNII-2 i meram po obespecheniju bezopasnosti dvizhenija poezdov*]. Moscow, Transport publ., 1997, 42 p.

8. Instruction for the current maintenance of railway track (CP-774) [*Instrukcija po tekushhemu soderzhaniju zheleznodorozhnogo puti (CP-774)*]. Approved by Railway Ministry dated 01.06.2000.

9. Method of automatic assessment of the state of the track gauge according to the instruction CPU-515. NPC Infotrans 1998 [*Metodika avtomaticheskoj ocenki sostojanija rel'sovoj kolei po Instrukcii CP-515. NPC Infotrans 1998 g.*]. Approved by CPU MPS30.10.1998.

Information about the authors:
Zamuhovsky, Aleksandr V. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, miit.ppx@gmail.com.
Zhangabylova, Aygul M. – Ph.D. external student at the department of Track and track economy of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tyntyshpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan, zhangabylova82@mail.ru.

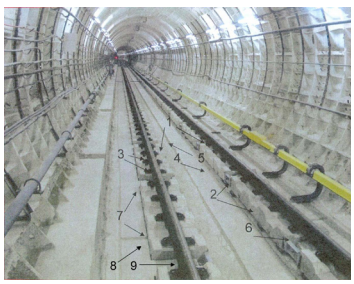
Article received 27.06.2016, accepted 25.08.2016.

Т

НАУКА И ТЕХНИКА • SCIENCE AND ENGINEERING

МЕТРОПОЛИТЕН 42

Виброзащитный путь готов жить 70 лет.



КОНТЕЙНЕРЫ 52

Транспортабельность на стойках.

УДАРНЫЕ МАШИНЫ 62

Дорожным работам нужна универсальность.

МОДЕРНИЗАЦИЯ 70

Вырезающее устройство: до и после перемен.

СОРТИРОВОЧНАЯ ГОРКА 78

Снова ветер: уточнения.

ЛОКОМОТИВ 92

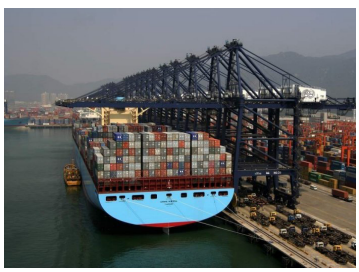
«Лабиринт» помог оптимизации.

METRO 42

The life of the track protected against vibrations could be as long as 70 years.

CONTAINERS 52

Transportability is based on the pillars.



IMPACT MACHINERY 62

Track works request uniformity.

MODERNIZATION 70

Transformation of the cutting unit: before and after.

GRAVITY YARD 78

The wind and its impact: refinement.

LOCOMOTIVE 92

The «Labyrinth» has contributed to optimization.

УДК 625.142.22, 143.56

Путь с лежнями для тоннелей метрополитенов

Галина КРАВЧЕНКО
Galina M. KRAVCHENKO





Николай КРАВЧЕНКО
Nikolay D. KRAVCHENKO

Кравченко Николай Дмитриевич *– доктор технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Кравченко Галина Михайловна *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» МИИТ, Москва, Россия.*

Track on Longitudinal Concrete Beams for Metro Tunnels
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 48)

Изложены конструктивные особенности и технология устройства виброзащитного пути, в котором в качестве подрельсового основания используются продольно ориентированные железобетонные балки, называемые лежнями. Показаны преимущества этой конструкции по существенным показателям в сравнении с другими конструкциями, применяемыми в метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, тоннель, виброзащитный путь, лежни, регулировка, ширина колеи, рельсовое скрепление.

С увеличением объемов строительства метрополитенов в городах страны предпочтение при благоприятных условиях отдается вариантам мелкого заложения, которые не менее чем в три раза дешевле проектов глубокого заложения. Но на сооружения, расположенные на поверхности тоннеля мелкого заложения, передаются значительные вибрации от проходящих поездов, негативно влияющие на их прочностные показатели и состояние здоровья людей, проживающих в домах вблизи от трассы метро [1].

Ещё в советское время в соответствии с постановлением Госстроя СССР тогдашнему МПС (в тот период метрополитены были в подчинении этого министерства) поручалось организовать разработку конструкции виброзащитного пути для подземных тоннелей. Во ВНИИЖТ организовали лабораторию с целевым заданием. В итоге виброзащитный путь с лежневым железобетонным подрельсовым основанием (сокращённо ВЗЛП) был разработан [2, 3].

Полигонные испытания ВЗЛП проведены в условиях экспериментального кольца ВНИИЖТ, а эксплуатационные – в кривых радиуса 500 м Киевского метро-

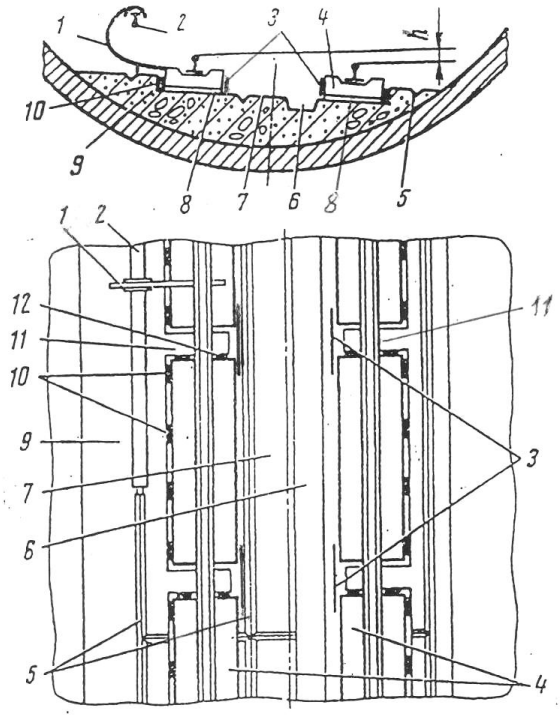


Рис. 1. Общая схема виброзащитного пути с лежневым железобетонным подрельсовым основанием: 1– кронштейн контактного рельса; 2 – контактный рельс (с защитным коробом); 3 – съёмные боковые накладки; 4 – железобетонные лежни; 5 – водосборные канавки; 6 – водоотводный лоток; 7 – пешеходная дорожка; 8 – подлежневые амортизирующие прокладки; 9 – путевой бетонный слой; 10 – боковые амортизирующие прокладки; 11 – продольные упоры; 12 – амортизирующая прокладка продольного упора; h – возвышение наружного рельса.

политена [3]. На основании положительных результатов опытные участки конструкции виброзащитного пути перевели при приёмке в постоянную эксплуатацию из разряда опытных в разряд типовых. Специалисты Киевского метрополитена полностью отказались от дальнейшего использования в тоннелях-новостройках деревянных шпал. Вместо пути с деревянными шпалами начали строить ВЗЛП.

В 2000 году Новосибирский метрополитен освоил виброзащитный путь с возможностью использования в тоннелях как мелкого, так и глубокого заложения. И с учетом более раннего киевского и новосибирского опыта в 2003 году Госстрой России окончательно утвердил виброзащитный путь как универсальный по уровням заложения.

На рис. 1 приведен общий вид ВЗЛП, который принципиально отличается от отечественных и зарубежных конструкций тем, что в качестве подрельсового основания, раздельно для каждой рельсовой нити, используются продольно ориентированные железобетонные балки, называемые лежнями. К ним промежуточными рельсовыми скреплениями прикреплены рельсы.

Лежни не имеют жёсткой связи с подлежневым основанием и между собой в поперечном горизонтальном направлении. Это и обеспечивает раздельно каждой рельсовой нити вместе с лежнями возможность свободного перемещения в поперечном горизонте.

Перемещению лежней вместе с рельсами в продольном направлении оказывают сопротивление продольные упоры, которые размещены раздельно под каждой рельсовой нитью между торцами соседних лежней и постоянно находятся в жесткой связи с подлежневым основанием.

ОАО «Метрогипротранс» в 1993 году по техническому заданию ВНИИЖТ и при непосредственном его участии, а также опыту Киева разработал проектную документацию ВЗЛП для тоннелей столичного метро. Она была утверждена в конце декабря руководством Московского метростроя и Московского метрополитена.

Однако вскоре «Метрогипротранс» принял другой вариант пути, предложенный московской фирмой «АБВ» без технико-экономического обоснования. Виброзащитный путь ВЗЛП [5], тем не менее, выгодно отличается от пути фирмы «АБВ» по следующим показателям [6, 7]:

– продлением жизненного цикла железобетонных лежней до 70 лет;

– снижением не менее чем в 3,8 раза (в ценах 2006 года) стоимости элементов верхнего строения пути;

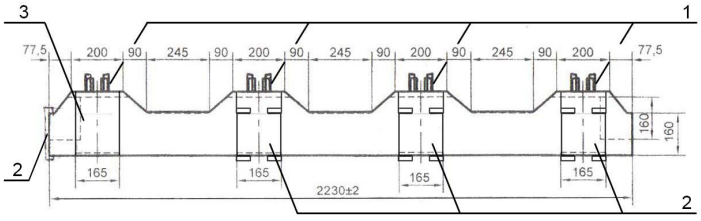


Рис. 2. Железобетонный лежень в сочетании с анкерным безрезьбовым рельсовым промежуточным скреплением АРС: 1 – металлические анкера скрепления АРС: 2 – унифицированные прокладки амортизирующие на контакте с боковыми и продольными упорами; 3 –площадка для размещения прокладки.

– исключением вырубки путевого бетонного слоя при замене подрельсового основания (лежней);

– повышением эффективности виброзащиты [8, 9];

– исключением резьбовых соединений в элементах промежуточных рельсовых скреплений;

– снижением не менее чем в 4,5 раза трудовых затрат при текущем содержании пути;

– существенным упрощением плавности регулировки ширины рельсовой колеи в переходных кривых;

– использованием только отечественных элементов верхнего строения железнодорожного пути;

– снижением до 7 единиц съёмных деталей в узле скрепления АРС против 36 в узле скрепления ВГС-2 пути фирмы «АБВ»;

– исключением необходимости утилизации лежней по истечении их жизненного цикла, так как вероятно их применение по другому назначению (возможно, например, устройство вместе со свежеприготовленным бетоном фундаментов некоторых сооружений, пешеходных тротуаров, пешеходных дорожек и др.).

По опыту магистральных железных дорог стоимость утилизации одной железобетонной шпалы обходится в несколько раз дороже стоимости ее изготовления. В Подмосковье на специально построенном заводе утилизацию железобетонных шпал производят дроблением бетона с целью повторного его использовании, например, в качестве основания под щебеночный балласт.

Технология утилизации приводит к образованию весьма измельчённых пылеобразных частиц, распространяющихся в воздухе на большие расстояния от источника дробления бетона. Нахождение людей в запыленной зоне крайне негативно сказывается на состоянии их здоровья. В настоящее время специалисты предлагают запретить утилизацию шпал методом дробления.

В объединенном научно-исследовательском и испытательном центре «Перспективные технологии» (МИИТ) разработаны и запатентованы варианты унифицированного виброзащитного пути для двухпутных тоннелей, а также для однопутных и двухпутных мостов [5].

На каждом лежне предусмотрены четыре подрельсовые площадки под рельсы Р65. Расстояние между осями подрельсовых площадок 625 мм выбрано из расчёта эпюры шпал 1600 шт/км как для прямых, так и кривых участков железнодорожного пути. Длина лежня принята 2230 мм, а расстояние между соседними торцами лежней 270 мм, что в совокупности кратно стандартной длине рельсов. Лежни изготавливают из бетона, соответствующего по прочности классу не ниже марки В40.

Боковыми упорами лежней являются бетонные вертикальные поверхности, выступающие от подлежневого основания в сторону верхней поверхности лежней. Армирование боковых упоров производится в увязке с армированием подлежневых площадок. На подлежневых площадках и боковых упорах следует укладывать бетон по прочности не ниже класса В20.

Между лежнями и бетонными продольно-боковыми упорами предусмотрена установка унифицированных амортизирующих электроизолирующих прокладок. Места их размещения приведены на рис. 1 и 2. Общий вид в боковых и продольных направлениях унифицированных амортизирующих электроизолирующих прокладок представлен на рис. 3. По направлению движения графиковых пассажирских поездов унифицированные амортизирующие

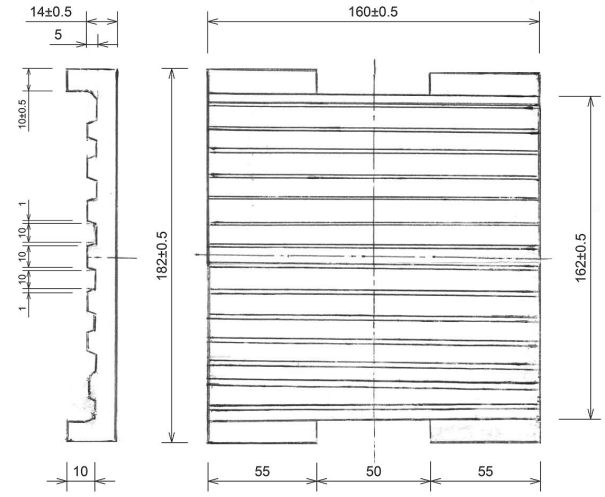


Рис. 3. Общий вид унифицированных электроизолирующих прокладок, предназначенных для установки между боковыми, продольными упорами и лежнями.

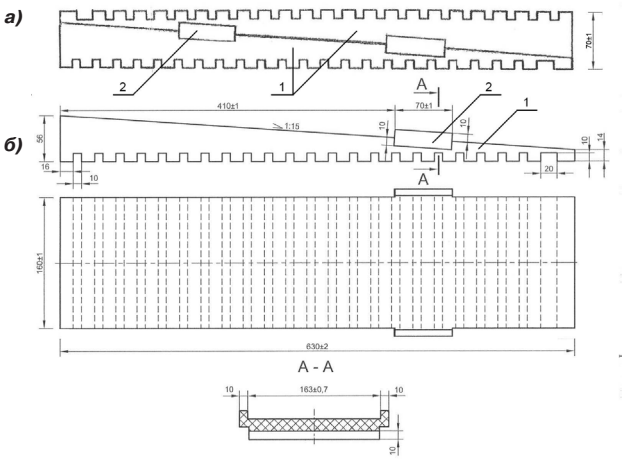


Рис. 4. Общий вид подлежневой амортизирующей прокладки (а) и клинообразного электроизолирующего элемента подлежневой прокладки (б): 1 – клинообразный элемент подлежневой прокладки; 2 – приливы.

прокладки размещают между первыми торцами лежней и продольными упорами.

В качестве промежуточного рельсового скрепления предусмотрено бесподкладочное безрезьбовое анкерное скрепление АРС, получившее широкое распространение в пути с железобетонными шпалами магистральных железных дорог России.

В нижней поверхности каждого лежня под подрельсовыми площадками на всю его ширину предусмотрены 10-миллиметровые углубления шириной 165 мм для размещения в этих зонах электроизолирующих амортизирующих подлежневых прокладок. Каждая прокладка состоит из двух однотипных клинообразных элементов (рис. 4). С целью исключения при эксплуатации смещения в продольном направлении одного клинообразного элемента относительно другого со стороны боковых удлинённых их поверхностей предусмотрены приливы. Для исключения перемещения одного элемента относительно другого их необходимо устанавливать под лежнем так, чтобы со стороны оси пути располагалась утончённая торцевая часть первого (нижнего), а также утолщённая часть второго (верхнего) клинообразных элементов.

Материалом для изготовления клинообразных элементов подлежневых амортизирующих прокладок является специально подобранная по показателям твёрдости, жёсткости, прочности и испытанная в лабораторных условиях электроизолирующая резина.

В зоне обеих рельсовых нитей со стороны оси пути в местах продольных упоров ставят прижимные накладки. Их используют для прижатия в поперечном горизон-

тальном направлении лежней к боковым упорам.

Стабильное положение прижимных накладок при эксплуатации может обеспечиваться с использованием устройств с резьбовыми или безрезьбовыми соединениями.

На рис. 5 представлен общий вид ВЗЛП в сочетании с резьбовым промежуточным рельсовым скреплением ЖБР на перегоне между ст. Шипиловская и ст. Зябликово Московского метрополитена. Скрепление ЖБР, как и АРС, получило широкое распространение [10] в пути с железобетонными шпалами магистральных железных дорог России. Однако безрезьбовое крепление АРС выгодно отличается от резьбового скрепления ЖБР.

В соответствии с пунктом 5.7.3 СНиП 32–02–2003 «Метрополитены» нормативами предусмотрено, что ширина рельсовой колеи должна составлять, в мм:

• на прямых и кривых участках радиусом 1200 м и более	1520
• на кривых участках радиусом от 600 до 1200 м	1524
• то же от 400 до 600 м	1530
• от 125 до 400 м	1535
• от 100 до 125 м	1540

При этом отклонения от нормы ширины колеи на прямых и кривых участках не должны превышать 2 мм.

Известно, что в кривых участках пути износ боковой рабочей поверхности головки рельсов происходит главным образом по наружной рельсовой нити [11].

При нынешних максимальных скоростях движения поездов метрополитенов плавность отвода ширины рельсовой колеи не должна превышать 1 мм на 1 погонный метр рельсовой нити. В этих случаях отвод плавности ширины колеи не более 2 мм на погонный метр пути целесообразно производить по одной наружной рельсовой нити. Причем в виброзащитном пути не требуется установка в узлах скрепления регулировочных прокладок.

В пути с известными железобетонными подрельсовыми основаниями [12, 13] обеспечивать названный отвод ширины рельсовой колеи с принятой плавностью – как на уширение, так и на сужение по приведенному образцу с использованием разнотипных по размеру регулировочных прокладок – практически не представляется возможным.

К сожалению, при строительстве и эксплуатации пути обычно переходят напрямую к ширине рельсовой колеи в соответствии с данными пунктов СНиП 32–02–2003. Игнорирование нормативных данных по отводам ширины рельсовой колеи, переводных и круговых кривых приводит к чрезмерно большой интенсивности износа боковой рабочей поверхности головки рельса и гребней колес подвижных составов.

Виброзащитный путь с лежневым железобетонным подрельсовым основанием (ВЗЛП) существенно упрощает регулировку ширины рельсовой колеи с нормируемым отводом не более 1 мм на погонный метр пути (при отводе одной рельсовой нити). При лежневом подрельсовом основании плавность отвода обеспечивается перемещением лежней вместе с рельсами в поперечном горизонтальном направлении на нужные величины перемещений рельсовых нитей.

Специалистами научно-исследовательского и испытательного центра «Перспективные технологии» запатентована технологическая последовательность осуществления плавного отвода ширины рельсовой колеи при использовании подрельсового основания в виде железобетонных лежней [5].

С учётом изложенного пункт 5.7.3 СНиП 32–02–2003 «Метрополитены» следует отменить как не соответствующий возможности отвода ширины рельсовой колеи с нормируемой величиной [7]. Виброзащитный путь позволяет обеспечить регулировку ширины рельсовой колеи с нормируемым отводом не более 2 мм на погонный метр по оси пути при максимально допускаемых скоростях движения поездов в отечественных метрополитенах.

Отвод ширины рельсовой колеи в переходных кривых следует начинать с ширины колеи 1520 мм от начала первой (по проекту) переходной кривой и далее с нормируемым отводом уширения до начала круго-

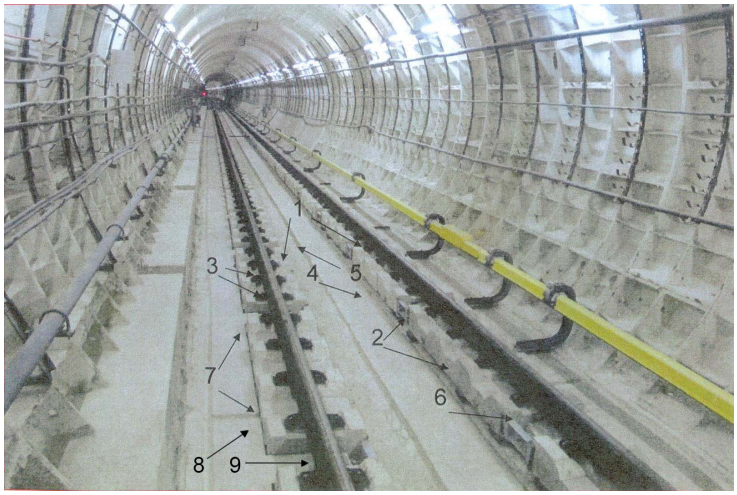


Рис. 5. Общий вид виброзащитного пути с лежневым железобетонным подрельсовым основанием на перегоне от ст. Шипиловская до ст. Зябликово Московского метрополитена: 1 – железобетонные лежни; 2 – амортизирующие подлежневые прокладки; 3 –промежуточное рельсовое скрепление ЖБР; 4 – пешеходная дорожка; 5 – водоотводный лоток; 6 – боковая прижимная накладка; 7 – боковая амортизирующая прокладка; 8 – боковой упор; 9 – продольный упор.

вой кривой в соответствии с проектом. На всей длине круговой кривой ширина рельсовой колеи постоянна. С конца круговой кривой и до конца второй переходной кривой – сужение рельсовой колеи с нормируемым отводом и выходом на прямой участок пути.

Представленная конструкция виброзащитного пути обеспечивает снижение уровня вибрации на 18 дБ. И есть ресурс, который позволяет снизить уровень вибрации ещё на 3–4 дБ.

Кроме того, в зонах перехода с податливого пути с земляным полотном на податливый виброзащитный путь динамическая нагрузка на элементы пути и подвижного состава снижается не менее чем в 1,5 раза по сравнению с переходом на жёсткий путь тоннеля или моста.

Названные в статье аргументы, полагаем, свидетельствуют о целесообразности более полного использования конструкции ВЗЛП в метрополитенах.

ЛИТЕРАТУРА.

1. СН 2.2.4/2.1.8 566–96. Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях / 2.2.4. Физические факторы производственной среды; 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды.

2. Кравченко Н. Д. Новые конструкции железнодорожного пути для метрополитенов.– М.: Транспорт. – 1994. – 143 с.

3. Кравченко Н. Д. Выбор рациональной конструкции подрельсового основания для специфических условий эксплуатации железнодорожного пути // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова.– М.: Интекст, 2006.– С. 262–272.

4. Карпущенко Н. И., Величко Д. В. Обеспечение надежности железнодорожного пути // Труды СГУПС.– Новосибирск, 2008.– 128 с.

5. Патент 2415987. Российская Федерация. МПК E0182/00. Железнодорожный путь для мостов и тоннелей / Кравченко Н. Д., Круглов В. М., Аксенов Ю. Н., Богачев А. Ю. Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.04. 2011.

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

7. Гусев Б., Кравченко Н., Кравченко Г. Виброзащитный железнодорожный путь для скоростного городского транспорта // Труды конференции AFES2005, 23–30 March.– International academy of engineering, Russian academy of engineering, Prydniprovsky center of international academy of engineering, Hong Kong polytechnic university, city university of Hong Kong, Hong Kong university of science engineering, Hong Kong, SAR China.– 2005.– С. 174–179.

8. Коган А. Я. Аналитическая оценка уровня вибраций пути под проходящими поездами, сформированными из однотипных экипажей// Вестник ВНИИЖТ.– 2013.– № 3.– С. 3–10.

9. Ромен Ю. С. Факторы, обуславливающие процессы взаимодействия системы колесо-рельс при движении поезда в кривых // Вестник ВНИИЖТ.– 2015.– № 1.– С. 17–26.

10. Евдокимов Б. А. Влияние жесткости скреплений на стабильность пути в зоне стыков // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова.– М.: Интекст, 2006.– С. 245–256.

11. Яковлев В. Ф., Андреева Л. А., Дудкин Е. П., Козловский М. Ю. Определение параметров рельсовой колеи в кривых малого радиуса // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова.– М.: Интекст, 2006.– С. 200–203.

12. Лысюк В. С., Каменский В. Б., Башкатова Л. В. Надежность железнодорожного пути / Под ред. В. С. Лысюка.– М.: Транспорт, 2001.– 286 с.

13. Воробьев Э. В., Никонов А. М., Сеньковский А. А., Ефремов Ю. В., Сидраков Ф. Ф. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения.– М.: Маршрут, 2005.– 533 с.

Координаты авторов: **Кравченко Н. Д.**– (495) 684–2159, **Кравченко Г. М.**– kravch_galina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.04.2016, принята к публикации 06.07.2016.

TRACK ON LONGITUDINAL CONCRETE BEAMS FOR METRO TUNNELS

Kravchenko, Nikolay D., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Kravchenko, Galina M., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

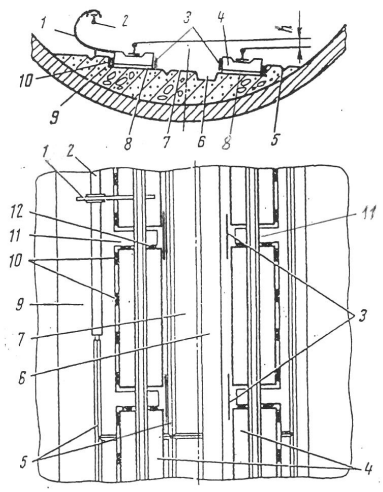
The article describes the design features and technology of laying of a vibroprotective track, wherein longitudinally oriented reinforced concrete beams (or sills) without transversal connectors, are used as a rail base. The advantages of this design as compared by substantial indicators with other constructions, used in metro, are shown.

Keywords: metro, tunnel, vibration protection track, longitudinal concrete beams, sills, control, gauge width, rail fastening.

Background. *With increase in the volume of metro construction in the cities of the country under favorable conditions, preference is given to embodiments of subsurface that are no less than three times cheaper than deep level projects. But on the facilities located on the surface of shallow tunnel, significant vibration from passing trains is transferred, affecting their strength performance and health of people living in houses near metro tracks [1].*

Even in Soviet times, in accordance with the decision of USSR State Committee for Construction the Ministry of Railways (in that period metro was subordinated to this ministry) was instructed to organize the development of a design of vibroprotective track for underground tunnels. In VNIIZhT [Russian research institute of railways] a laboratory with that special objective was organized. As a result, vibroprotective track with longitudinally oriented concrete beams (abbreviated VPTLCB) was developed [2, 3].

VPTLCB field tests were conducted in experimental ring of VNIIZhT and maintenance – in the curves of radius of 500 m of Kiev metro [3]. Based on the positive results experimental sections of construction of a vibroprotective track were accepted and transferred into operation from the category of test into standard. Kiev metro specialists completely abandoned the use of wooden sleepers in new tunnels. Instead of a track with wooden sleepers the construction of VPTLCB began.



Pic. 1. General scheme of a vibroprotective track with LOC-beams reinforced concrete rail base: 1– bracket of a contact rail; 2 – contact rail (with protection box); 3 – removable side pads; 4 – reinforced LOC-beams; 5 – drainage grooves; 6 – drainage gutter; 7 – a footpath; 8 – under-beam damping pads; 9 – track concrete layer; 10 – lateral dampening pads; 11 – longitudinal stops; 12 – damping pad of longitudinal stop; h – elevation of the outer rail.

In 2000, Novosibirsk metro mastered a vibroprotective track with an ability to use in tunnels, both of shallow and deep level. And in view of the earlier experience of Kiev and Novosibirsk metro Russian Gosstroy [then ministry of construction] finally approved vibroprotective track as universal solution regardless of laying levels.

Objective. *The objective of the authors is to consider a design of a vibroprotective track using longitudinal concrete beams without transversal connectors laid on concrete foundation and to prove its engineering advantages.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, comparison, modeling.*

Results. *Pic. 1 is an overall view of VPTLCB which is fundamentally different from domestic and foreign structures in which as a rail base, separately for each rail line longitudinally oriented concrete beams (or sills), are used. Rails are fastened to them using intermediate rail fastenings.*

Concrete beams do not have a rigid connection with an under-beam foundation and between each other in a laterally horizontal direction. [The so described longitudinally oriented concrete beams are shortly called after in the article LOC-beams – Ed. note]. So each separate rail line joint to a LOC-beam has a possibility of free movement in the lateral horizon.

Longitudinal supports, which are placed separately under each rail line between ends of adjacent LOC-beams and which are in a tight connection with under-beam foundation, resist movement of LOC-beams with rails in the longitudinal direction.

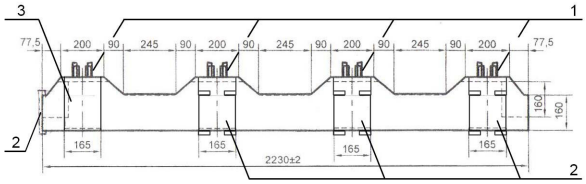
JSC Metrogiprotrans [Metro design institute] in 1993 under the technical project of VNIIZhT and with its direct participation, as well as using practices of Kiev metro, developed a project documentation of VPTLCB for tunnels of Moscow metro. It was approved in late December by senior management of Moscow Metrostroy [Metro construction company] and Moscow metro.

However, Metrogiprotrans adopted soon another track option, proposed by Moscow company «ABV» without a feasibility study. Vibration-protection track VPTLCB [5], however, compares favorably with the track of the company «ABV» basing on the following parameters [6, 7]:

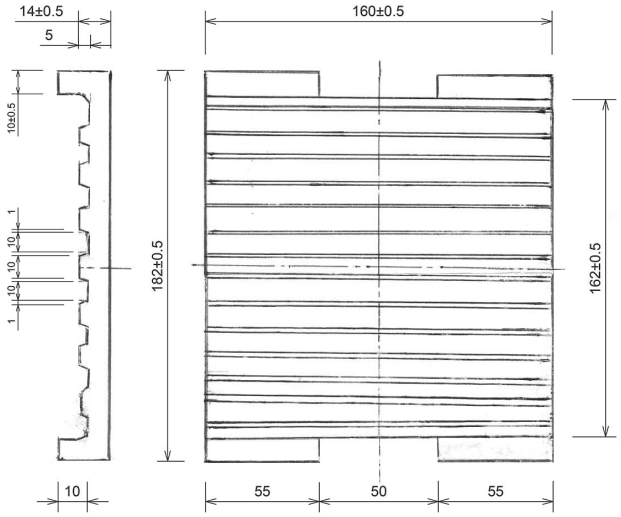
– extension of a life cycle of LOC-beams to 70 years;

– reduction by not less than 3,8 times (in 2006 prices) of the costs of the elements of track superstructure;

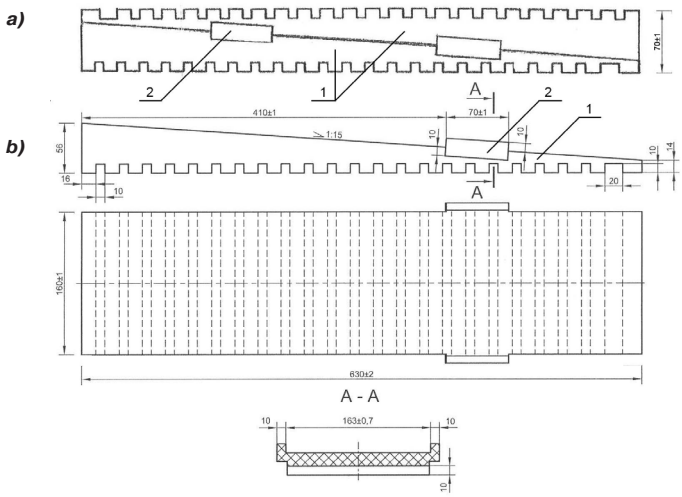
– exclusion of cutting-out of a track concrete layer when substituting a rail base (LOC-beams);



Pic. 2. Reinforced LOC-beams combined with the anchor threadless intermediate fastening ARS: 1 – metal fastening anchors ARS; 2 – uniform pads damping on the contact with lateral and longitudinal stops; 3 – site to place a pad.



Pic. 3. General view of unified electrical insulating gasket to be installed between lateral, longitudinal stops and LOC-beams.



Pic. 4. General view of under-beam dampening gasket (a) and wedge-shaped element electrically insulting element of under-beam gasket (b): 1 – wedge-shaped element of under-beam gasket; 2 – tides.

– increase in efficiency of vibration protection [8, 9];

– exclusion of threaded fastenings in the elements of intermediate rail fastenings;

– reduction by not less than 4,5 times the labor costs for the current track maintenance;

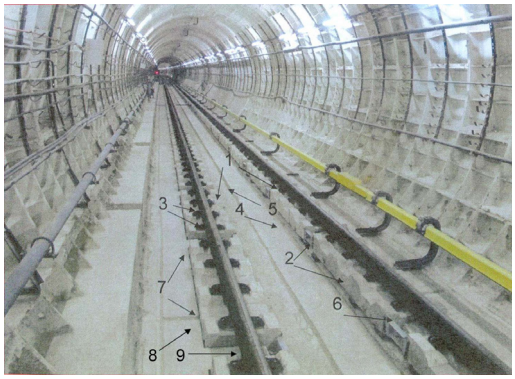
– substantial simplification of the smooth adjustment of the gauge width in turnout curves;

–the use of only the domestic elements of track superstructure;

– reduction of up to 7 units of the number of removable parts in the fastening assembly ARS versus 36 in the fastening assembly VGS- 2 of the company «ABV»;

–exclusion of the need for recycling of LOC-beams at the end of their life cycle as it is possible to use them for another purpose (it is possible, for example, to arrange them with a freshly prepared concrete foundations of some facilities, sidewalks, walkways, etc.).

According to the experience of the main railways, the cost of disposal of one concrete sleeper is several times more expensive than the cost of its manufacture. In Moscow region on a specially built factory utilization of concrete sleepers is produced by crushing concrete with the aim of re-using it, for example, as a base under the crushed stone ballast.



Pic. 5. General view of a vibroprotective track with LOC-beams on the haul from station Shipilovskaya to station Zyablikovo of Moscow Metro:
1 – reinforced LOC-beams; 2 – damping under-beam gaskets; 3 – intermediate rail fastenings ZHBR; 4 – footpath; 5 – drainage gutter; 6 – lateral clamping pad; 7 – lateral damping gasket; 8 – side stop; 9 – longitudinal stop.

The utilization technology leads to formation of highly crushed dust particles that spread in the air over long distances from the source of concrete crushing. The presence of people in a dusty area has a very negative impact on their health. Currently, experts propose to ban utilization of sleepers by crushing method.

The joint research and test center «Advanced Technologies» (MIIT) embodiments of a unified vibroprotective track for double-track tunnels, as well as for single-track and double-track bridges were developed and patented [5].

On each LOC-beam four rail seats for rails R65 are provided. The distance between the axles of rail seats of 625 mm is selected on the basis of sleeper density as 1600 pcs / km, for both direct and curved sections of railway track. The length of a LOC-beam is taken equal to 2230 mm and the distance between adjacent ends of LOC-beams is 270 mm, which as a whole is multiple of the standard length of the rails. The LOC-beams are made of concrete, corresponding in strength to class no lower than grade B40.

Side stops of LOC-beams are concrete vertical surfaces, protruding from under-beam base to the upper surface of LOC-beams. Reinforcement of side stops is made in conjunction with reinforcement of under-beam sites. On under-beam platforms and side stops should be laid concrete with strength not less than class B20.

Between LOC-beams and concrete longitudinal-side stops the setting of uniform electrically insulating damping gaskets is provided. Their locations are shown in Pic. 1 and 2. The general view of uniform electrically insulating damping gaskets in lateral and longitudinal directions is shown in Pic. 3. Along the direction of movement of scheduled passenger trains uniform electrically insulating damping gaskets are placed between the first ends of LOC-beams and longitudinal stops.

As an intermediate rail fastening is provided unlined threadless anchor fastening ARS, which is widely used on the track with concrete sleepers of main railways of Russia.

In the lower surface of each LOC-beam under rail seats and along its entire width 10-mm sockets with a width of 165 mm are provided in order to place in these areas electrically insulating damping under-beam gaskets. Each gasket consists of two similar wedge-shaped elements (Pic. 4). In order to avoid shift during operation in the longitudinal direction of one wedge-shaped element relative to the other from their lateral elongated surfaces, tides are provided. To exclude the shift of one element relative to one another they should be installed under a LOC-beam in such a way that from the track center the thinned end portion of the first (the lower), and thickened portion of the second (upper) wedge-shaped elements were located.

The material for manufacture of the wedge-shaped elements of under-beam pads is electrically insulting rubber, specially selected according to indicators of hardness, toughness, durability and laboratory tested.

In the area of both rail lines clamping pads are put from the track center in the field of longitudinal stops. They are used for pressuring LOC-beams in the transverse horizontal direction to the side stops.

The stable position of clamping pads during operation can be achieved with the use of devices with threaded or unthreaded connections.

Pic. 5 is an overall view of VPTLCB in conjunction with a threaded intermediate rail fastenings ZHBR on the haul between stations Shipilovskaya and Zyablikovo of Moscow metro. Fastening ZHBR as ARS, is widespread [10] in the track with concrete sleepers of main railways of Russia. However, threadless fastening ARS compares favourably with the threaded fastening ZHBR.

In accordance with paragraph 5.7.3 of SNiP [Russian designing & construction standard] 32–02–2003 «Metro» the regulations stipulate that the width of the track gauge must be in mm:

• *on straight and curved sections of 1200 m radius and more*	*1520*
• *in curves of radius between 600 and 1200 m*	*1524*
• *the same from 400 to 600 m*	*1530*
• *from 125 to 400 m*	*1535*
• *from 100 to 125 m*	*1540*

In this case deviations from the norm in gauge width on straight and curved sections should not exceed 2 mm.

It is known that in curved sections the wear of side working surface of a rail head takes place mainly on the outer rail line [11].

At current maximum speeds of metro trains movement the smoothness of retraction of the rail gauge width shall not exceed 1 mm per 1 linear meter of rail line. In these cases, withdrawal of smoothness of gauge of no more than 2 mm per 1 linear meter of track should be performed on one outer rail line. Moreover, in the vibration protection track installation of adjusting shims in fastening assemblies is not required.

On the track with certain concrete rail seat [12, 13] it is almost impossible to provide the named withdrawal of rail gauge width with taken smoothness – both broadening and narrowing on the model given by using different types of adjusting shims in size.

Unfortunately, during construction and operation of the track it is usually transferred directly to the width of the rail gauge in accordance with the data of paragraphs of SNIP 32–02–2003.

Ignoring normative data on withdrawal of width of the rail gauge, on turnout and circular curves leads to excessive high wear and tear intensity of side working surface of the rail head and wheel flanges of rolling stock.

VPTLCB greatly simplifies adjustment of the track width with controlled withdrawal of no more than 1 mm per 1 linear meter of the track (when retracting one rail line). In case of under-beam base the smoothness of withdrawal is provided with displacement of LOC-beams together with rails in the transverse horizontal direction to the desired values of displacement of rail lines.

Specialists of research and test center «Advanced Technologies» patented technological sequence of the smooth withdrawal of the track width using the rail base in the form of LOC-beams [5].

Taking into account the above, paragraph 5.7.3 of SNIP 32–02–2003 «Metro» should be abolished as not corresponding to an opportunity of withdrawal of the track width with a normalized value [7]. Vibroprotective track allows adjustment of the track width with controlled withdrawal of no more than 2 mm per 1 linear meter along the track center at the maximum permissible speed of trains in domestic metro.

Withdrawal of gauge width in turnout curves should begin with a width of 1520 mm from the beginning of the first (project) turnout curve and then with a normalized withdrawal to broadening before the start of the circular curve in accordance with the project. On the entire length of the circular curve the width of the track is constant. From the end of the circular curve to the end of the second turnout curve, narrowing of the track should be made with controlled withdrawal and entering the straight section of track.

Conclusion. *Presented design of vibration protection track reduces vibration level by 18 dB. And there is a resource that can reduce vibration by another 3–4 dB.*

In addition, in areas of transition from an adjustable track with a roadbed on an adjustable vibration protection track the dynamic load on the elements of track and rolling stock reduces by at least 1,5 times in comparison with the transition to a hard track of a tunnel or a bridge.

The arguments, named in the article, we believe, indicate the feasibility of a fuller use of VPTLCB design in metro.

REFERENCES

1. SN2.2.4 / 2.1.8 566–96. Sanitary norms. Industrial vibration, vibration in residential and public buildings / 2.2.4. Physical factors of the working environment; 2.1.8. Physical factors of environment [*SN2.2.4/2.1.8 566–96. Sanitarnye normy. Proizvodstvennaja vibracija, vibracija v pomeshhenijah zhilyh i obshhestvennyh zdanijah / 2.2.4. Fizicheskie faktory proizvodstvennoj sredy; 2.1.8. Fizicheskie faktory okruzhajushhej prirodnoj sredy*].

2. Kravchenko, N. D. New construction of a railway track for metro [*Novye konstrukcii zheleznodorozhnogo puti dlja metropolitenov*]. Moscow, Transport publ., 1994, 143 p.

3. Kravchenko, N. D. Choice of a rational design of rail base for specific operating conditions of a railway track [*Vybor racional'noj konstrukcii podrel'sovogo osnovanija dlja specificheskih uslovij jekspluatacii zheleznodorozhnogo puti*]. In: Life line of professor V. F. Yakovlev. Ed. by V. A. Sidyakov. Moscow, Intekst publ., 2006, pp. 262–272.

4. Karpuschenko, N. I., Velichko, D. V. Provision of railway track reliability [*Obespechenie nadezhnosti zheleznodorozhnogo puti*]. *Trudy SGUPS*, Novosibirsk, 2008, 128 p.

5. Patent 2415987. The Russian Federation. IPC E0182 / 00. Railway track for bridges and tunnels [*Patent 2415987. Rossijskaja Federacija. MPK E0182/00. Zheleznodorozhnyj put' dlja mostov i tonnelej*]. Kravchenko, N. D., Kruglov, V. M., Aksenov, Yu. N., Bogachev, A. Yu. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation on 10.04. 2011.

6. Kravchenko, N. D., Bashlykov, A. V., Kurilo, Yu. A. Low-maintenance railway track of land sections with a reinforced concrete base for industrial transport [*Maloobsluzhivaemyj zheleznodorozhnyj put' nazemnyh uchastkov s zhelezobetonnym osnovaniem dlja promyshlennogo transporta*]. *Promyshlennyj transport XXI*, 2013, Iss. 1, pp. 45–48.

7. Gusev, B., Kravchenko, N., Kravchenko, G. Vibration protection track for high speed urban transport [*Vibrozashhitnyj zheleznodorozhnyj put' dlja skorostnogo gorodskogo transporta*]. Proceedings of Conference AFES 2005. 23 March – 30 March, 2005. Hong Kong, SAR China, 2005, pp. 174–179.

8. Kogan, A. Ya. Analytical assessment of the level of vibration of a track under passing trains, formed from the same type of vehicles [*Analiticheskaja ocenka urovnja vibracij puti pod prohodjashhimi poezdami, sformirovannymi iz odnotipnyh ekipazhej*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2013, Iss. 3, pp. 3–10.

9. Romen, Yu. S. Factors causing the interactions of the system wheel-rail in train motion in curves [*Faktory, obuslavlivajushhie processy vzaimodejstvija sistemy koleso-rel's pri dvizhenii poezda v krivyh*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2015, Iss. 1, pp. 17–26.

10. Evdokimov, B. A. Influence of stiffness of fastenings on track stability [*Vlijanie zhestkosti skreplenij na stabil'nost' puti v zone stykov*]. In: Life line of professor V. F. Yakovlev. Ed. by V. A. Sidyakov. Moscow, Intekst publ., 2006, pp. 245–256.

11. Yakovlev, V. F., Andreeva, L. A., Dudkin, E. P., Kozlovsky, M. Yu. Defining the parameters of track gauge in curves of small radius [*Opredelenie parametrov rel'sovoj kolei v krivyh malogo radiusa*]. In: Life line of professor V. F. Yakovlev. Ed. by V. A. Sidyakov. Moscow, Intekst publ., 2006, pp. 200–203.

12. Railway track reliability [*Nadezhnost' zheleznodorozhnogo puti*]. Ed. by V. S. Lysiuk. Moscow, Transport publ., 2001, 286 p.

13. Vorobiev, E. V., Nikonov, A. M., Senkovskiy, A. A., Efremov, Yu. V., Sidrakov, F. F. Technical operation of railways and traffic safety [*Tehnicheskaja jekspluatacija zheleznyh dorog i bezopasnost' dvizhenija*]. Moscow, Marshrut publ., 2005, 533 p.

Information about the authors:

Kravchenko, Nikolay D. – D.Sc. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7 (495) 684–2159.

Kravchenko, Galina M. – Ph.D. (Eng.), associate professor of the department of Engineering science, design, standardization and certification of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kravch_galina@mail.ru.

Article received 20.04.2016, accepted 06.07.2016.

УДК 656.073.7

Технологии перевозки контейнеров с использованием грузоподъёмных стоек



Игорь РЯБОВ
Igor M. RYABOV

Вера ГОРИНА
Vera V. GORINA



Рябов Игорь Михайлович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные перевозки» Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ), Волгоград, Россия.*
Горина Вера Валерьевна *– магистрант 1 курса, кафедра «Автомобильные перевозки» ВолгГТУ, Волгоград, Россия.*

Technology of Container Transportation using Load-Lifting Pillars
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 58)

Статья посвящена решению проблемы, связанной с низкими темпами развития контейнерных перевозок из-за недостатка специальных терминальных комплексов, постройка которых требует больших капиталовложений, а также специализированной доставочной техники. Обосновывается необходимость более пристального внимания к совершенствованию технологии контейнерных перевозок как наиболее перспективного способа доставки грузов в прямом и смешанном сообщениях. Дается описание новой конструкции транспортабельного контейнера с грузоподъёмными стойками, использование которого позволит улучшить организацию контейнерных перевозок.

Ключевые слова: транспортабельный контейнер, контейнерные перевозки, грузоподъёмные стойки, терминальные комплексы, доставка грузов.

При осуществлении перевозок на дальние расстояния перспективным способом доставки утвердили себя контейнерные перевозки, которые позволяют выполнять бесперегрузочную доставку товаров от отправителя к получателю в опломбированном контейнере, тем самым исключив дополнительные погрузочно-разгрузочные работы непосредственно для грузов [1, 2]. Контейнерная технология перевозок грузов позволяет решить проблему комплексной механизации и автоматизации перегрузочных операций и становится, по сути, одним из важнейших направлений технического прогресса на транспорте [3, 4].

Контейнерные перевозки как прогрессивная технология доставки грузов берут свое начало с 1960-х годов, когда был разработан первый морской унифицированный контейнер [8]. Размеры и характеристики приспособлений для запора дверей, устройств для закрепления контейнера на подвеске кранов-фиттингов (fittings) и другие параметры были определены Международной организацией по стандартизации ИСО (ISO) [10]. При стандартной ширине и высоте контейнера 2,44 м в отношении



Рис. 1. Морской контейнерный терминал.

длины используется модульный принцип конструирования. Созданы специальные контейнеры, соответствующие стандарту ИСО: складывающиеся (collapsable); разборные (demountable); разовые (expandable); контейнеры для перевозки сыпучих (bulk), наливных (tank containers), скоропортящихся («рифферов» – insulated and refrigerated) и других грузов. Контейнер стал выражать унифицированную единицу грузовой массы и единицу транспортной работы в интермодальных перевозках [5, 6]. Соотношение контейнеров, соответствующих стандартам ИСО, к прочим – 86% к 14%.

Достоинства системы контейнерных перевозок перекрывают их недостаток – дополнительные затраты на создание и содержание парка контейнеров и специализированного подвижного состава, а также на перевозку порожних контейнеров и содержание обслуживающего персонала контейнерной индустрии. Применение контейнеров позволяет повысить производительность труда в среднем в 4–6 раз, а на морском транспорте – до 30 раз, в 7–10 раз снизить себестоимость перегрузочных работ, в 1,5–2 раза сократить затраты на тару и упаковку, повысить сохранность перевозимой продукции, ускорить на 25–30% доставку грузов.

Техническую базу системы контейнерных перевозок составляют: парк контейнеров, подвижной состав, используемый для перевозки контейнеров, перегрузочное оборудование и постоянные сооружения перегрузки и выгрузки контейнеров, сосредоточенные в пунктах первоначального отправления. На железнодорожном транспорте контейнерные терминалы представляют собой специализированные станции. На морском и речном транспорте это комплексы устройств, включающие открытые площадки для накопления и группировки мелких отправок контейнеров, сортировочные площадки, железнодорожные подъездные пути, автопроезды, склады затарки и растарки контейнеров, весовые устройства (рис. 1) [9].

Существующая контейнерная технология доставки грузов включает следующие этапы:

1) загрузка грузов в контейнер у грузоотправителя и пломбирование;

2) погрузка контейнера на автомобиль-контейнеровоз;

3) перевозка контейнера на терминальный комплекс;



Рис. 2. Снятие контейнера с транспортного средства.

4) снятие контейнера с автомобиля-контейнеровоза и штабелирование;

5) хранение на терминальном комплексе до подачи магистрального транспорта;

6) погрузка контейнера на магистральный транспорт;

7) перемещение контейнера на магистральном транспорте на второй терминальный комплекс;

8) выгрузка контейнера с магистрального транспорта и штабелирование;

9) хранение на терминальном комплексе;

10) погрузка контейнера на автомобиль-контейнеровоз;

11) перевозка контейнера на площадку грузополучателя;

12) снятие контейнера;

13) проверка пломбы, снятие пломбы и выгрузка грузов из контейнера;

14) подача автомобиля-контейнеровоза;

15) погрузка порожнего контейнера на автомобиль-контейнеровоз;

16) перевозка порожнего контейнера на автомобиле-контейнеровозе грузоотправителю или на терминальный комплекс.

Контейнеры можно разгружать (загружать) двумя способами: со съёмом и без съёма их с автомобиля-контейнеровоза. При использовании первого способа простои подвижного состава уменьшаются, и выгружать грузы из контейнера удобнее. Загрузка груза может выполняться непосредственно в цехах с доставкой туда контейнеров внутризаводским транспортом и механизмами. У клиента организуется обменный контейнерный пункт [7]. Но этот способ редко применяется вследствие отсутствия у многих клиентов дорогостоящих специальных средств, позволяющих снимать контейнер с автомобиля (рис. 2).

Принятая технология контейнерных перевозок имеет существенный недостаток, который заключается в большом количестве этапов (16 этапов) и в том, что для выполнения многих операций необходимы контейнерные терминалы и специализированные полуприцепы-контейнеровозы, которых в РФ недостаточно, и это сужает возможности использования самих контейнеров.

Для решения данной проблемы нами предлагается новая конструкция транспортабельного контейнера (рис. 3), с грузоподъёмными стойками, которые позволяют осуществлять операции погрузки и выгрузки контейнера на полуприцеп-контейнеровоз или на платформу универ-

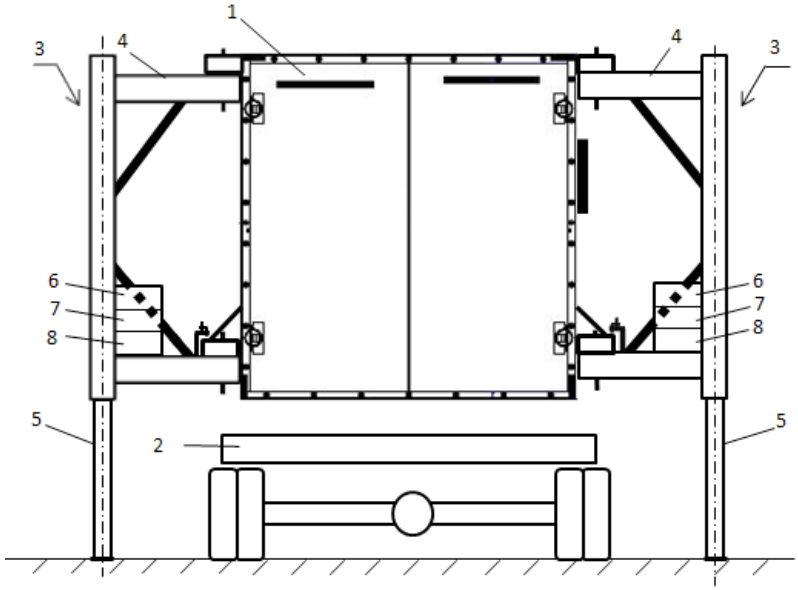


Рис. 3. Новая конструкция транспортабельных контейнеров, вид сбоку:
1 – корпус контейнера; 2 – платформа автотранспортного средства; 3 – грузоподъёмные стойки; 4 – силовой корпус; 5 – телескопический выдвижной элемент; 6 – гидронасос; 7 – ёмкость с рабочей жидкостью; 8 – дросселирующий распределитель.

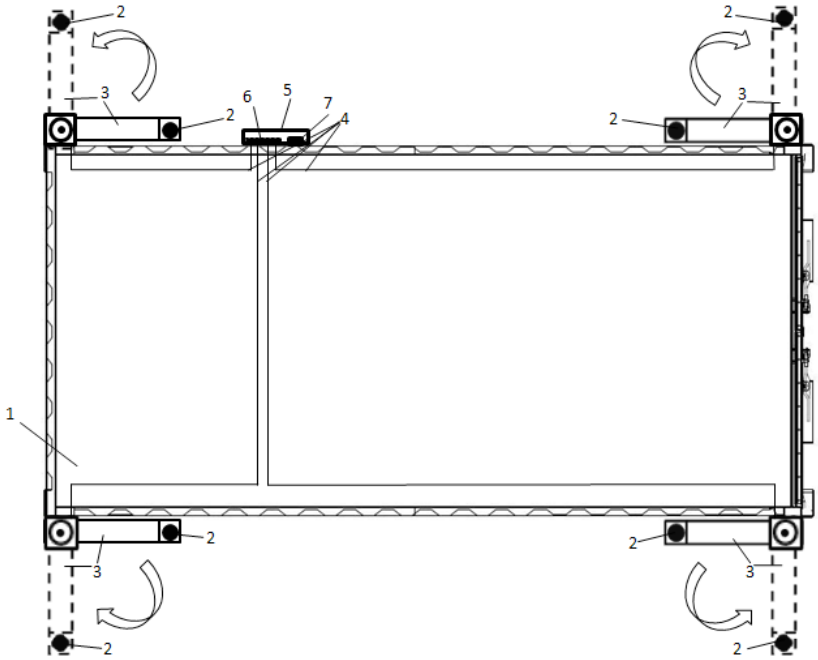


Рис. 4. Вид сверху транспортабельного контейнера:
1 – корпус контейнера; 2 – грузоподъёмные стойки; 3 – силовой корпус; 4 – провода; 5 – шкаф; 6 – пульт управления; 7 – электрический кабель.

сального транспортного средства, что расширяет возможности использования таких контейнеров.

Данный контейнер помогает сократить более чем в 2 раза число технологических этапов, поскольку он может их выполнить самостоятельно, а это еще и приводит к значительному экономическому эффекту.

На рис. 4 изображен вид сверху предлагаемого транспортабельного контейнера с грузоподъёмными стойками; на рис. 5

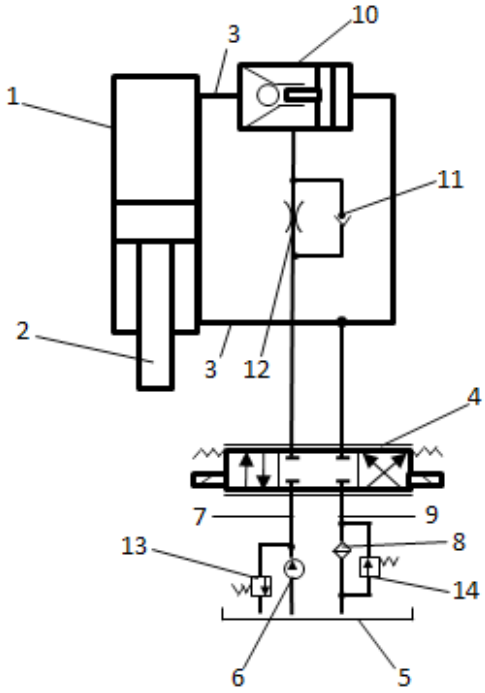


Рис. 5. Гидравлическая схема грузоподъёмной стойки: 1 – гидроцилиндр; 2 – выдвижной шток; 3 – шланги: 4 – дросселирующий распределитель; 5 – ёмкость с рабочей жидкостью; 6 – гидронасос; 7 – напорная магистраль; 8 – фильтр; 9 – магистраль слива; 10 – гидрозамок; 11 – обратный клапан; 12 – дроссель; 13 – предохранительный клапан нагнетания; 14 – предохранительный клапан слива.

показана гидравлическая схема грузоподъёмной стойки; на рис. 6 – вид спереди на пульт управления.

Грузоподъёмные стойки 2 (рис. 4) закреплены на боковых стенках контейнера 1 в прямоугольных рамах 3, установленных по углам контейнера с возможностью поворота вокруг вертикальной оси на 90 градусов и фиксирования в крайних положениях.

Для сохранения габарита контейнера по ширине грузоподъёмные стойки устанавливаются на торцевых стенках контейнера с возможностью поворота вокруг вертикальной оси на 180 градусов и фиксирования в крайних положениях.

Каждая грузоподъёмная стойка оснащена собственным источником гидропитания, все агрегаты которого закреплены на силовом корпусе стойки. Дросселирующие распределители каждой грузоподъёмной стойки соединены проводами с пультом управления, который установлен в закрепленном на корпусе контейнера шкафу. В шкафу размещен также электрический кабель с разъёмом и подключаемые к нему зажимы типа «крокодил».

Грузоподъёмные стойки позволяют поднять контейнер над железнодорожной платформой и опустить на платформу автотранспортного средства, которым контейнер доставляется в пункт назначения. На погрузо-разгрузочной площадке пункта назначения грузоподъёмные стойки контейнера могут самостоятельно снять его

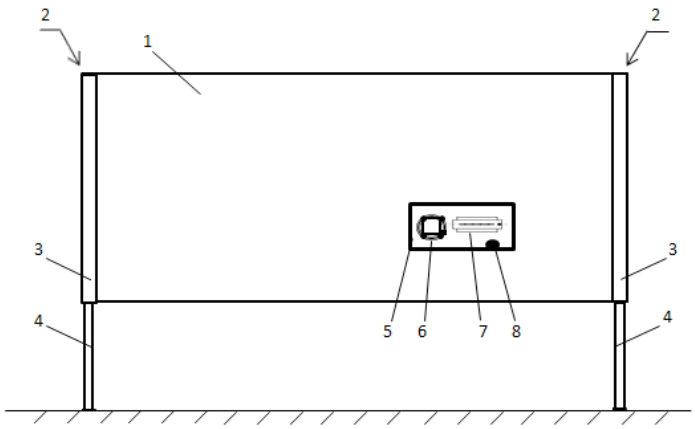


Рис. 6. Вид сбоку на пульт управления транспортабельным контейнером: 1 – корпус контейнера; 2 – грузоподъёмная стойка; 3 – силовой корпус; 4 – телескопический выдвижной элемент; 5 – шкаф; 6 – электрический кабель; 7 – пульт управления; 8 – указатель положения контейнера относительно горизонтальной плоскости.

с платформы автотранспортного средства, а также опустить контейнер на площадку или установить на оптимальной высоте, удобной для выгрузки-загрузки грузов. Аналогично осуществляется погрузка контейнера обратно на железнодорожную платформу. Обычно используют четыре грузоподъёмные стойки, которые закрепляют по углам. Однако для контейнеров повышенной вместимости количество таких стоек может быть увеличено до шести-восьми, при этом добавочные стойки закрепляют в средней части корпуса модуля-контейнера.

Горизонтальность положения контейнера перед началом работы, а также в процессе подъёма и опускания достигается регулированием скорости подъёма грузоподъёмных стоек с пульта управления 7 (рис. 6) по установленному на нем указателю положения, например, простой ампулой уровня 8, которая используется на многих приборах. В горизонтальном положении пузырёк воздуха находится в центре ампулы уровня, а при отклонении корпуса контейнера от горизонтального положения пузырёк воздуха смещается от центра ампулы уровня тем больше, чем больше отклонение. Могут также использоваться системы автоматического вывешивания автомобильных кранов.

Грузоподъёмные стойки могут быстро складываться, раскладываться и транспортируются вместе с контейнером, что расширяет возможности его использования и сокращает время, затрачиваемое на погрузку и разгрузку. Управление всеми грузоподъёмными стойками контейнера осуществляется с пульта одним оператором. Электрический кабель с разъёмом и подключаемые к нему зажимы типа «крокодил» обеспечивают возможность подключения грузоподъёмных стоек контейнера к стационарному источнику питания или аккумулятору автомобиля, что расширяет возможности использования транспортабельного контейнера.

Следует отметить, что все погрузо-разгрузочные операции с транспортабельными контейнерами новой конструкции поддаются автоматизации, что сокращает время их выполнения.

Разработанная конструкция транспортабельного контейнера может быть изготовлена на любом машиностроительном заводе, а также на предприятиях по ремонту контейнеров.

Таким образом, совершенствование технологии контейнерных перевозок за счет использования разработанного транспортабельного контейнера в прямом и смешанном сообщениях позволяет не только обеспечить доставку без терминальных комплексов, но и сократить время выполнения многих технологических операций, что будет способствовать расширению контейнерных перевозок и повышению эффективности функционирования транспорта в РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками: учебник для вузов / ВолгГТУ.– 2-е изд. доп.– Волгоград, 2000.– 304 с.
2. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений.– 2-е изд., стер.– М.: Академия, 2004.– 288 с.
3. Горев А. Э., Олещенко Е. М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений.– М.: Академия, 2006.– 256 с.
4. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б., Куликов А. В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов.– М.: Горячая линия – Телеком, 2006.– 560 с.
5. Гудков В. А., Ширяев С. А., Тарновский В. Н. Автотранспортные и погрузочно-разгрузочные средства: учеб. пособие / ВолгГТУ.– Волгоград, 1996.– 98 с.
6. Гудков В. А., Ширяев С. А., Ганзин С. В. Автоматизированные системы управления автомобильными перевозками: учеб. пособие.– Волгоград: ВолгГТУ, 1993.– 119 с.
7. Гудков В. А., Миротин Л. Б., Ширяев С. А., Гудков Д. В. Основы логистики: учебник для вузов / Под ред. В. А. Гудкова.– М: Горячая линия – Телеком, 2004.– 351 с.
8. Контейнеризация перевозок 2016. [Электронный ресурс]: http://studopedia.ru/2_103288_konteynerizatsiya-perevozok.html. Доступ 04.05.2016.
9. Москвиченко И. М., Балабанов А. О., Постан М. Я. Транспортная логистика и интермодальные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений.– Одесса: Астропринт, 2004.– 67 с.
10. Ширяев С. А., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: учебник для вузов.– М.: Горячая линия.– Телеком, 2007.– 848 с.
11. Лёвин С. Б. Формулы эффективности контейнеризации грузопотоков // Мир транспорта.– 2015.– № 2.– С. 74–85.

Координаты авторов: **Рябов И. М.**– rjabov1603@mail.ru, **Горина В. В.**– im_ia@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 04.05.2016, принята к публикации 20.06.2016.

TECHNOLOGY OF CONTAINER TRANSPORTATION USING LOAD-LIFTING PILLARS

Ryabov, Igor M., *Volgograd State Technical University (VSTU), Volgograd, Russia.*
Gorina, Vera V., *Volgograd State Technical University (VSTU), Volgograd, Russia.*

ABSTRACT

The article is devoted to solving problems related to the slow pace of development of container transportation due to lack of specialized terminal complexes, construction of which requires large capital investments, as well as specialized delivery equipment. The article substantiates the need for greater attention to improvement of container transportation technology as the most promising way to deliver cargo in direct and mixed traffic. A description of a new design of a transportable container with load-lifting pillars is given, the use of which will improve the organization of container transportation.

Keywords: transportable container, container transportation, load-lifting pillars, terminal complexes, cargo delivery, direct and mixed traffic.

Background. *In long-distance transportation container transportation is considered as a promising way to conduct reloading-free delivery of goods from a consignor to a consignee in a sealed container, thereby eliminating additional loading-unloading operations directly for goods [1, 2]. Container technology of cargo transportation allows to solve a problem of complex mechanization and automation of transshipping operations, and becomes, in fact one of the major directions of technological progress in transport [3, 4].*

Objective. *The objective of the authors is to consider container transportation and to offer a new design of a transportable container with load-lifting pillars.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, modeling, economic evaluation, mathematical calculation.*

Results. *Container transportation as a progressive technology of goods delivery originates from the 1960s, when the first marine standardized container [8] was developed. The size and characteristics of devices for door latch, devices for securing the container to the suspension of cranes-fittings and others have been defined by the International Organization for Standardization ISO (ISO) [10]. With a standard width and a height of a container of 2,44 m, to fix a length a modular construction principle is used. Special containers have been created conforming to ISO standard: collapsable; demountable; expandable; bulk, tank containers, containers for transportation of insulated and refrigerated and other goods. The container began to express a unified unit of cargo weight and the unit of transport work in intermodal transportation [5, 6]. Ratio of containers corresponding to ISO standards in relation to others – 86% to 14%.*

Advantages of container transport systems neutralize their disadvantages, which are additional costs of creation and maintenance of a fleet of containers and specialized rolling stock, as well as transportation of empty containers and service staff of the container industry. The use of containers allows to increase productivity by an average of 4–6 times, and maritime transport – up to 30 times, to reduce by 7-10 times the cost of cargo handling works, reduce by 1,5–2 times costs on packaging, increase the safety of transported products, accelerate by 25–30% cargo delivery.

The technical base of container transportation system are: container fleet, rolling stock used for the carriage of containers, reloading equipment and permanent installations for transshipment and unloading of containers, concentrated in the areas of initial departure. In rail transport, container terminals are specialized stations. In sea and river transport they



Pic. 1. Marine container terminal.



Pic. 2. Removal of a container from a vehicle.

are complexes of equipment, including outdoor areas for accumulation and grouping of small shipments of containers, sorting platforms, railway approach roads, driveways, warehouses of loading and unloading of containers, weighing devices (Pic. 1) [9].

The existing container technology of cargo delivery includes the following steps:

1) loading of cargo in a container at consignor's site and sealing;

2) loading of a container on a container car;

3) transportation of a container to a terminal complex;

4) removal of a container from a container car and stacking;

5) storage at the terminal complex before the main transport is delivered;

6) loading of a container on the main transport;

7) transportation of a container by the main transport to the second terminal complex;

8) unloading of a container from the main transport and stacking;

9) storage at the terminal complex;

10) loading of a container to a container car;

11) transportation of a container to a site of a consignee;

12) removal of a container;

13) checking of a seal, removal of seals and unloading of cargo from a container;

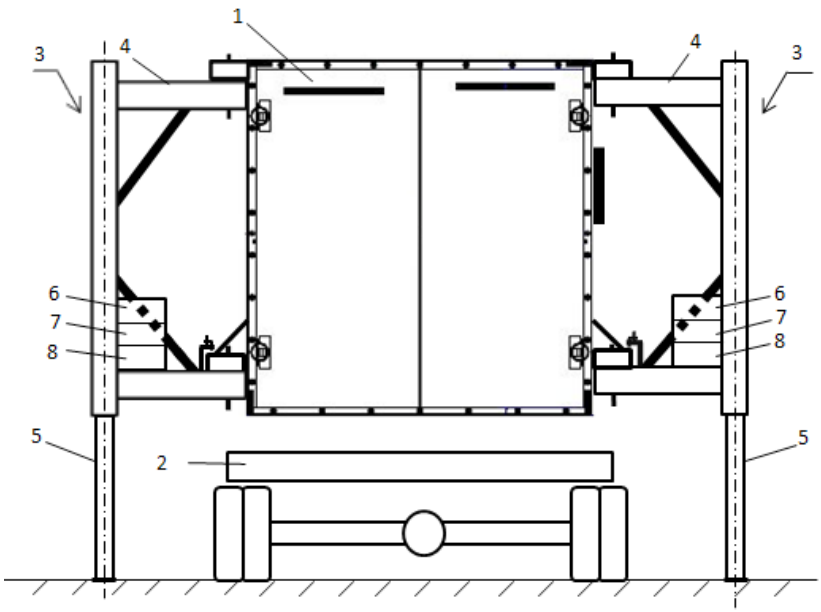
14) delivery of a container car;

15) loading of an empty container on a container car;

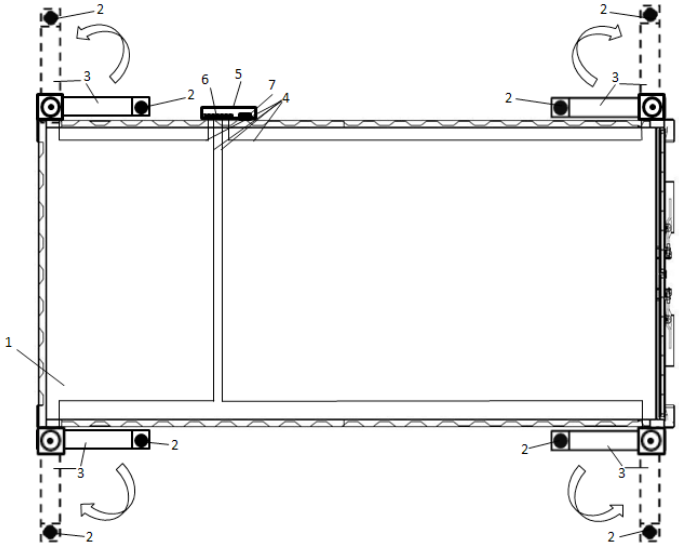
16) transportation of an empty container by a container car to a consignor or a terminal complex.

The containers can be unloaded (loaded) in two ways: with removal and without their removal from a container car. When using the first method idle hours of rolling stock decrease and it is more convenient to unload goods from a container. Cargo loading can be carried out directly in shops with delivery of containers there by internal transport of a plant and mechanisms. An exchange container point is located at client's site [7]. But this method is rarely used because many customers do not have expensive special tools to remove a container from a vehicle (Pic. 2).

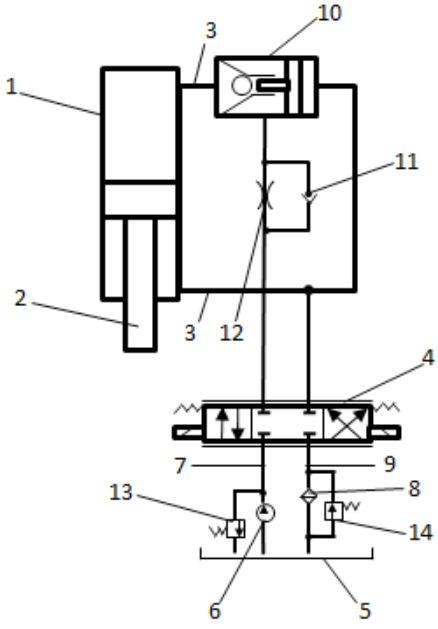
Adopted container transportation technology has a significant drawback, which is a large number of stages (16 stages) and a greater number of relevant container terminals and specialized semi-trailers, the number of which is not enough in Russia, and it



Pic. 3. New design of transportable containers, side view: 1 – container body; 2 – platform of a vehicle; 3 – load-lifting pillars; 4 – power body; 5 – telescopic sliding element; 6 – hydraulic pump; 7 – storage tank with working fluid; 8 – throttling direction control valve.



Pic. 4. Top view of a transportable container:
1 – container body; 2 – load-lifting pillars; 3 – power body; 4 – wires; 5 – cabinet unit; 6 – control unit; 7 – electric cable.



Pic. 5. The hydraulic circuit of a load-lifting pillar:
1 – hydraulic cylinder; 2– retractable rod; 3 – hoses: 4 – throttling direction control valve; 5 – storage capacity with working fluid; 6 – hydraulic pump; 7 – pressure line; 8 – filter; 9 – drain pipe; 10 – pilot controlled check valve; 11 – return valve; 12 – choke; 13 – safety charge valve; 14 – safety discharge valve.

reduces the possibility of the use of containers themselves.

To solve this problem, we propose a new design of a transportable container (Pic. 3), with load-lifting pillars that allow to conduct operations of loading and unloading of containers on semi-trailer container car or on a platform of a universal vehicle that extends the use of such containers.

The container helps to reduce by more than 2 times the number of process steps, because it can perform them on its own, but it also results in a significant economic effect.

Pic. 4 shows a top view of a proposed transportable container with load-lifting pillars; Pic. 5 shows a hydraulic circuit of a load-lifting pillar; Pic. 6 is a front view of a control panel.

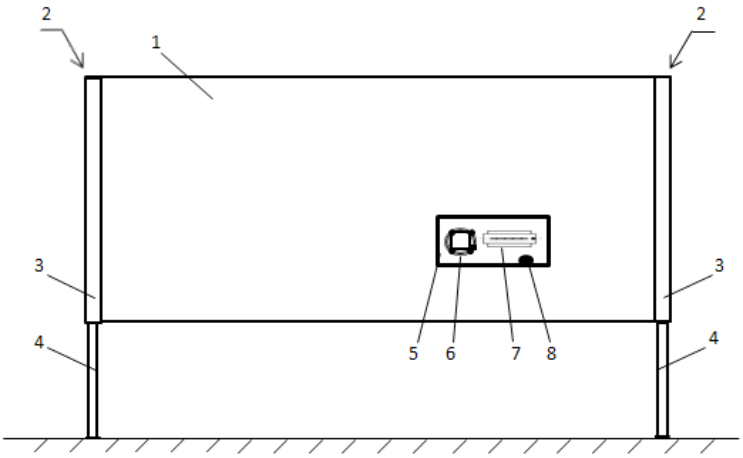
Load-lifting pillars 2 (Pic. 4) are mounted on the side walls of the container 1 in rectangular frames 3 mounted on the container corners with a possibility of rotation around a vertical axis by 90 degrees and fixing in extreme positions.

To maintain the width dimension of the container load-lifting pillars are mounted on the end walls of the container with a possibility of rotation around a vertical axis by 180 degrees and fixing in extreme positions.

Each load-lifting pillar is equipped with its own source of hydraulics, all the units of which are secured on the power body of a pillar. Throttling direction control valves of each load-lifting pillar are wired to a control panel that is installed in the cabinet unit secured to the container body. In the cabinet unit there is also an electrical cable available with a connector and «crocodile» type clips connected to it.

Load-lifting pillars allow to raise a container above a train platform and to put it on a platform of a vehicle, which delivers a container to the destination. On loading-unloading platform of destination load-lifting pillars of a container can independently remove it from a vehicle platform and to lower a container to a site or to place it at the optimum height convenient for unloading-loading of cargoes. Usually, container back loading is carried out on the railway platform. Typically, four load-lifting pillars are used that are fixed in the corners. However, the number of such pillars for high capacity containers can be increased to six or eight, additional pillars are secured to the middle part of the body of a container module.

The horizontal position of a container before the start of its use, as well as in the process of lifting and lowering is achieved by regulation of speed of lifting of load-lifting pillars from the control panel 7 (Pic. 6) according to the position pointer mounted on it, for



Pic. 6. Side view to a control unit of a transportable container:
1 – container body;
2 – load-lifting pillar;
3 – power body;
4 – telescopic sliding element; 5 – cabinet unit; 6 – electrical cable; 7 – control panel; 8 – container's position indicator relative to the horizontal plane.

example, a level vial 8, which is used in many devices. In the horizontal position the air bubble is in the middle of the level vial, and at a deviation of a container body from the horizontal position the air bubble is displaced from the center of the level vial greater, the greater is the deviation. Systems of automatic posting of truck cranes can also be used.

Load-lifting pillars can quickly be folded, fold out and transported with the container, which extends the possibilities of its use and reduces time spent on loading and unloading. The control of all load-lifting pillars of a container is performed by a single operator from a control unit. Electric cable with connector and clamps of «crocodile» type connected to it make it possible to connect load-lifting pillars of a container to a stationary power supply device or a vehicle battery that extends the use of a transportable container.

It should be noted that all the loading-unloading operations on transportable containers of the new design are amenable to automation, that reduces the time for their execution.

The developed design of a transportable container can be made on any machine-building plant, as well as enterprises on repair of containers.

Conclusion. *Thus, improvement of container transportation technology through the use of a developed transportable container in direct and mixed message allows not only to ensure delivery without terminal complexes, but also to reduce the execution time of many process operations, which will contribute to the expansion of the container transportation and improvement of transport efficiency in the Russian Federation.*

REFERENCES

1. Velmozhin, A. V., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B. Technology, organization and management of freight road transportation: a textbook for high schools [*Tehnologija, organizacija i upravlenie gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami: uchebnik dlja vuzov*]. VSTU, 2nd ed. enl. Volgograd, 2000, 304 p.

2. Gorev, A. E. Cargo road transportation: educational guide for university students [*Gruzovye avtomobil'nye perevozki: ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij*]. 2nd ed., ster. Moscow, Academia publ., 2004, 288 p.

3. Gorev, A. E., Oleshchenko, E. M. Organization of road transportation and traffic safety: educational guide for university students [*Organizacija avtomobil'nyh perevozok i bezopasnost' dvizhenija: ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij*]. Moscow, Academia publ., 2006, 256 p.

4. Velmozhin, A. V., Gudkov, V.A., Mirotin, L. B., Kulikov, A. V. Cargo road transportation: textbook for high schools [*Gruzovye avtomobil'nye perevozki: uchebnik dlja vuzov*]. Moscow, Gorjachaja linija – Telekom publ., 2006, 560 p.

5. Gudkov, V. A., Shiryaev, S. A., Tarnovsky, V. N. Road and handling equipment: educational guide [*Avtotransportnye i pogruzochno-razgruzochnye sredstva: ucheb. posobie*]. VSTU. Volgograd, 1996, 98 p.

6. Gudkov, V. A., Shiryaev, S. A., Ganzin, S. V. Automated road transportation management systems: educational guide [*Avtomatizirovannye sistemy upravlenija avtomobil'nymi perevozkami: ucheb. posobie*]. Volgograd, VSTU, 1993,119 p.

7. Gudkov, V. A., Mirotin, L. B., Shiryaev, S. A., Gudkov, D. V. Fundamentals of logistics: textbook for universities [*Osnovy logistiki: uchebnik dlja vuzov*]. Ed. by V. A. Gudkov. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom publ., 2004, 351 p.

8. Containerization 2016. [Electronic resource]: http://studopedia.ru/2_103288_konteynerizatsiya-perevozok.html. Last accessed 04.05.2016.

9. Moskvichenko, I. M., Balabanov, A.O., Postan, M. Ya. Transport logistics and intermodal transport: educational guide for students. [*Transportnaja logistika i intermodal'nye perevozki: ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij*]. Odessa, Astroprint publ., 2004, 67 p.

10. Shiryaev, S. A., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B. Transport and handling equipment: a textbook for high schools [*Transportnye i pogruzochno-razgruzochnye sredstva: uchebnik dlja vuzov*]. Moscow, Gorjachaja linija.– Telekom publ., 2007, 848 p.

11. Lievin, S. B. Efficiency Formulas of Cargo Flows Containerization. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 2, pp. 74–85..

Information about the authors:
Ryabov, Igor M. – D.Sc. (Eng.), professor of the department of Road transportation of Volgograd State Technical University (VSTU), Volgograd, Russia, rjabov1603@mail.ru.
Gorin, Vera V. – Master's student of the 1st year, the department of Road transportation of Volgograd State Technical University (VSTU), Volgograd, Russia, im_ia@mail.ru.

Article received 04.05.2016, accepted 20.06.2016.

УДК 62-93

Виброударные технологии для строительно-дорожных машин



Андрей АБРАМОВ
Andrey D. ABRAMOV

Татьяна ТЮНЮКОВА
Tatiana K. TYUNYUKOVA





Евгений ИЖБУЛДИН
Evgeny A. IZHBULDIN

Абрамов Андрей Дмитриевич *– доктор технических наук, доцент, декан факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС), Новосибирск, Россия.*
Тюнюкова Татьяна Константиновна *– кандидат технических наук, доцент СГУПС, Новосибирск, Россия.*
Ижбулдин Евгений Александрович *– аспирант СГУПС, Новосибирск, Россия.*

Vibro-Impact Technologies for Road Construction Machinery
(текст статьи на англ. яз.– English text of the article – p. 67)

С развитием технических средств расширяется область применения виброударных машин и технологий. Одновременно повышаются требования к надежности устройств и продукции, массогабаритным и стоимостным показателям. В статье представлены конструктивные схемы универсальных ударных машин, путем смены насадок перенастраиваемых под специфику совмещаемых операций, предложен синтез виброударных технологий для различных отраслей промышленности, в том числе ремонта путевых и строительно-дорожных машин.

Ключевые слова: ручные электромагнитные ударные машины, виброударные технологии, ремонт транспортных и строительно-дорожных машин, обработка металлических и неметаллических конструкций.

В строительном производстве при проведении монтажных, специальных строительных работ, эксплуатации и ремонте строительных и дорожных машин широко используются технологии, основанные на силовом воздействии на обрабатываемый материал.

Основными факторами, определяющими возможность реализации таких технологий в эксплуатации предприятий (ЭП), служат низкие затраты на их реализацию и относительная простота, чему в наибольшей мере отвечают легкий, в том числе ручной, механизированный инструмент и в первую очередь машины ударного действия, способные генерировать мощные силовые импульсы.

Проведенные исследования позволили создать ряд виброударных технологий, соответствующих рассматриваемым требованиям, основные из которых приведены на рис. 1.

В целях достижения максимальной энергии единичного удара при минимальных массогабаритных параметрах инстру-



Рис. 1. Структура технологических операций.

мента разработан размерный ряд низкочастотных ручных машин ударного действия с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) возвратно-поступательного действия [1, 2]. На рис. 2 представлена их принципиальная схема, в которой реализована пружинная схема возврата бойка.

Рабочий ход бойка осуществляется за счет магнитной силы, создаваемой катушкой 3, а возврат в исходное положение выполняется упругой силой пружин растяжения или сжатия 1. Форсировка ЛЭМД достигается увеличением тока в рабочем полупериоде синусоидального напряжения (220 В, 50 Гц) и пропуске 8–10 периодов. Таким образом, действующее значение тока, потребляемого из сети, не превышает допустимой величины.

Выбор энергии единичного удара определяется технологическими требованиями. Для ручных машин она может составлять 40–60 Дж при частоте ударов 80–100 в мин. Оценку уровня энергетических показателей ЛЭМД и их конструктивных особенностей можно провести при рассмотрении конкретных реализаций машин и технологий.

Базовым представителем (прототипом) размерного ряда низкочастотных электромагнитных машин ударного действия является опрессовыватель контактных соединений, общий вид которого представлен на рис. 3 [3].

Основное назначение опрессовывателя – оконцевание многопроволочных жил проводов и кабелей сечением до 240 мм^2 в трубчатых наконечниках при их обжатии из круглой формы в шестигранник. Опрессовыватель, например УИМ-1, представляет собой оригинальную конструкцию ручного инструмента, защищенную авторскими свидетельствами и патентами, которая не имеет аналогов в России и за рубежом.

Одним из основных показателей эффективности машин ударного действия является удельная энергия единичного удара, то есть энергия, отнесенная к массе устройства, достигающая в опрессовывателе 10 Дж/кг и выше, тогда как удельная

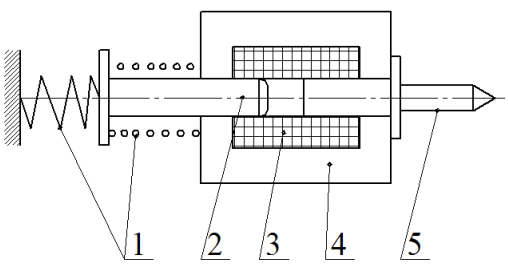


Рис. 2. Принципиальная схема однокатушечного молотка: 1 – пружина растяжения или сжатия, 2 – боек, 3 – катушка, 4 – корпус, 5 – индентор.

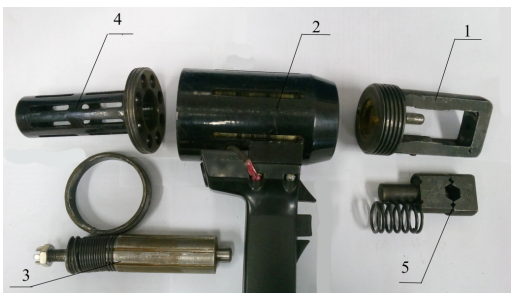


Рис. 3. Конструктивные элементы опрессовывателя контактных соединений: 1 – матрицедержатель, 2 – корпус с катушкой, 3 – якорь-боек с возвратной пружиной, 4 – корпус возвратного механизма, 5 – матрица и пуансон.

Таблица 1

Характеристики и обмоточные данные ЛЭМД

Энергия удара, Дж	50
Масса бойка, кг	0,8
Диаметр бойка, мм	30
Длина катушки, мм	70
Высота намотки, мм	16
Сечение обмотки, мм^2	2,32
Число витков	300
Потребляемая мощность, кВт	0,8
Масса двигателя, кг	3,8

энергия удара других известных машин и прессов не превышает 5 Дж/кг. Основные технические характеристики опрессовывателя приведены в таблице 1.

Опрессовыватель является универсальной машиной, переналаживаемой за счет смены технологических насадок. Так, например, он может применяться для аналогичных по энергозатратам и технологии выполнения операциям 1–4, приведенным на рис. 1.

Для запассовки стальных грузовых канатов и строп используются втулки, изготовленные из алюминиевых труб, предварительно деформированных до формы овала, с толщиной стенок от 5 до 7,5 мм. Втулки устанавливаются на пряди соединяемых канатов и опрессовываются до круглой формы.

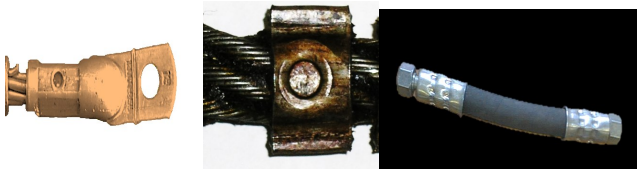
Таким же образом выполняется оконцевание тросовых щеточных узлов путевых снегоуборочных, щебнеочистительных, балластоуплотнительных машин и электробалластеров. В барабане ротора – питателя снегоуборочной машины установлены кассеты, в которые запрессовываются щетки. Они изготовлены из стальных канатов диаметром 40 мм. В настоящее время при ремонте роторов питателей концы щеток, для предотвращения их расплетания, опрессовываются в стальных разрезных гильзах. В зависимости от условий эксплуатации замена щеток из-за срыва гильз производится 1–2 раза в месяц. Опрессовывание ударом позволяет использовать для оконцевания щеток неразрезные гильзы, чем достигается качество ремонта, неуступающее качеству заводского изготовления щеток.

В подавляющем большинстве дорожно-строительных и путевых машин используются гидравлические и пневматические силовые приводы, при эксплуатации которых возникает необходимость ремонта гибких связей – резинотехнических рукавов. Эта операция также является разновидностью рассмотренных технологий. Опрессованные элементы машин показаны на рис. 4.

На железнодорожном транспорте применяются пневматические тормоза, конструктивно выполненные в виде рычажной системы, состоящей из тяг и пальцев диаметром 24–50 мм. В процессе эксплуатации происходит интенсивный износ средней части пальца, что вызывает необходимость восстановления изношенной поверхности.

Известные методы восстановления пополнением металла в местах износа требуют существенных затрат и не могут быть реализованы в дорожных путевых ремонтных мастерских. В этом случае увеличение наружного диаметра пальца в месте износа достигается его раздачей, путем забивки стержня в предварительно просверленное направляющее отверстие с энергией удара, достигающей 60 Дж, и предварительным разогревом пальца.

Меньших энергозатрат требует операция вырезки отверстий в тонколистовых элементах и многослойных панелях, выполнение которой осуществляется сверлением конусными сверлами или вырезкой прессами при относительном перемещении матрицы и пуансона, устанавливаемых



а) б) в)

Рис. 4. Опрессованные элементы машин: а) контактный наконечник, б) щеточный элемент ротора-питателя, в) резинометаллический рукав высокого давления.

с противоположных сторон конструктивного элемента.

Вырезка неприменима для обработки отверстий в объемных элементах с замкнутыми контурами, а сверлением невозможно обработать отверстие в слоистых панелях из-за вспучивания слоев попадающей между ними стружкой.

Альтернативой является технологический процесс, сочетающий в себе операции пробивки и вырезки [4, 5], схема которого приведена на рис. 5.

Обработка отверстия выполняется винтовым (ленточным) сверлом, имеющим торцевое и два боковых режущих лезвия. Технический процесс состоит из трех последовательно выполняемых операций I–III. При ударе бойка сверху (I) пробивается лидирующее отверстие, форма которого показана на рис. 5б), после чего сверло ввертывается в обрабатываемый элемент (II). Финишная размерная обработка отверстия осуществляется боковыми лезвиями сверла при его обратном ходе относительно неподвижной матрицы.

Схема работы ударного узла двухкатушечной машины ударного действия для обработки отверстий приведена на рис. 6. Сверло 1 размещается в храповике 2, обеспечивающем принудительный поворот сверла под действием удара, передаваемого через хвостовик 3. Назначение хвостовика состоит в удерживании сверла у торца якоря-бойка 4 при его обратном ходе относительно матрицы 5. В корпусе ЛЭМД расположены силовая (СК) и возвратная (ВК) катушки.

Наименьшей трудоемкостью обладают техпроцессы обработки поверхностей с целью улучшения их эксплуатационных свойств, выполняемые поверхностным пластическим деформированием – калибрование и упрочнение поверхностным наклепом.

Наиболее эффективным является ударное деформирование. Снижение требуемой энергии удара, по сравнению с ранее рассмотренными операциями, достигается за счет существенно меньших натягов при калибровании (без раздачи заготовки), или деформирования поверхности без изменения формы заготовки. Для рассматриваемых операций достаточной является энергия удара 2–4 Дж, что позволяет повысить частоту ударов ЛЭМД до 50 Гц.

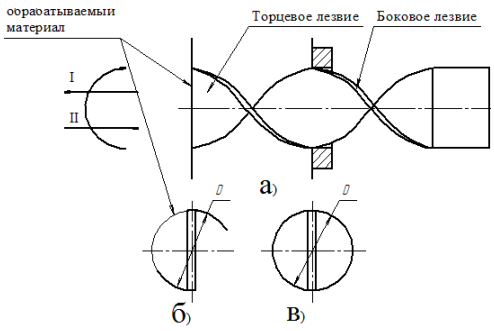


Рис. 5. Схема обработки отверстия: а) рабочее положение сверла и матрицы; б), в) – формы вырезания отверстий.

Исследование виброударного пластического упрочнения (ВПУ) показало, что при обработке поверхности вала (сталь 45) сферическим индентором диаметром 10 мм образуется зона пластического деформирования вокруг отпечатка диаметром 3,1 мм, глубиной 2,2 мм. Анализом зависимостей между величиной опорной поверхности и износом установлено, что минимальный износ достигается при относительной площади контакта 30–60% и глубине отпечатка до 0,02 мм, позволяющих получить максимальную маслоемкость поверхности.

Для всех рассмотренных технологических процессов определены требуемые уровни энергий единичных ударов и методом подобия рассчитаны основные параметры электромагнитных двигателей, приведенных в таблице 2 [6].

На основе полученных результатов разработан размерный ряд геометрически подобных ручных электромагнитных машин с удельной энергией единичного удара, превышающей 10 Дж/кг.

Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство. Обработка заготовок ударом открывает возможности для создания новых, комбинированных технологий. Так,

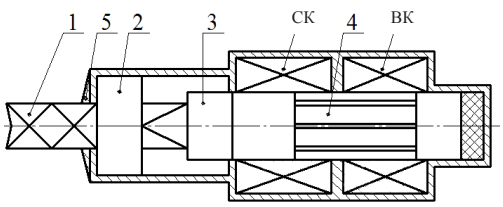


Рис. 6. Схема ручной машины ударного действия для обработки отверстий.

Таблица 2

Коэффициенты подобия и основные параметры ЛЭМД размерного ряда

Операция	Виброударное упрочнение поверхности, калибрование	Вырезка отверстий в панелях	Опрессовка контактных наконечни-ков	Опрессовка стальных канатов, раздача
Энергия удара, Дж	10	20	40 оригинал*	60
Коэффициент подобия:				
Энергии удара	0,25	0,50	1,00	1,50
Линейных размеров	0,63	0,79	1,00	1,14
Сечений меди и стали	0,40	0,62	1,00	1,30
Числа витков	1,59	1,26	1,00	0,88
Масса бойка, кг	0,12	0,25	0,50	0,75
Диаметр бойка, мм	19	24	30	34
Длина катушки, мм	36	46	58	66

*параметры оригинала (опрессовыватель ОЭМ-1) приведены в таблице 1.

например, для снижения усталостных повреждений, возникающих на валах под напрессованными на них подшипниками, муфтами, шестернями или на осях и ступицах колёс подвижного состава вследствие фреттинг-изнашивания, применяется фрикционная металлизация (ФМ) поверхности медью и ее сплавами [7], при этом создается промежуточный слой толщиной 4–6 мкм, сопоставимый с высотой микронеровностей защищаемой поверхности. Он в полтора-два раза снижает коэффициент сухого трения и уменьшает возможность заедания соединяемых элементов при сборочно-разборочных работах. Так как на качество медного слоя наибольшее влияние оказывает удельное давление в зоне контакта детали и индентора, то представляется целесообразным создать импульсный режим его нагружения, с колебанием прилагаемой нагрузки под действием электромагнитной силы или удара.

Возможны также варианты совмещения ФМ и ВПУ при диаметральном расположении фрикционного и ударного инденторов или при ударном воздействии на обрабатываемую поверхность составного индентора.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения ряда однотипных мобильных универсальных ручных электромагнитных машин для реализации широкого круга технологий, связанных с ударным воздействием на материал. Такие технологии находят применение как при ремонте путевых и строительно-дорожных машин, так и в других отраслях производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каргин В. А. Низкочастотные электромагнитные двигатели // Электромагнитные импульсные системы. – Новосибирск: СО АН СССР, 1989.– С. 27–33.

2. Абрамов А. Д. Создание размерного ряда ручных редкоударных электромагнитных машин для транспортного строительства: монография. Отв. ред. В. А. Каргин.– Новосибирск: СГУПС, 2012.– 153 с.

3. Каргин В. А. Рациональный выбор основных параметров опрессовывателей // Вопросы исследования силовых импульсных систем. – Новосибирск: НЭТИ, 1982.– С. 89–92.

4. Патент на полезную модель РФ № 79484. Способ создания отверстий в тонколистовых металлах и пакетах, собранных из тонколистовых материалов и устройство для его реализации / А. Д. Абрамов, В. А. Каргин, Т. К. Тюнюкова. Опубл 15.09.08. Бюл. № 27.– С. 6.

5. Тюнюкова Т. К. Совершенствование технологического процесса изготовления слоистых деталей комбинированными методами обработки / Дис... канд. техн. наук. – Новосибирск: СГУПС, 2006.– 132 с.

6. Патент на полезную модель РФ № 63993. Устройство для управления электромагнитным двигателем возвратно-поступательного движения / В. А. Каргин, А. Д. Абрамов, В. Г. Елагин. Опубл. 10.06.07. МПК H02P7/00.

7. Манаков А. Л. Повышение эксплуатационной стойкости деталей машин методом фрикционной металлизации / Автореф. дис... канд. техн. наук.– Новосибирск: СГУПС, 2006.– 17 с.

Координаты авторов: **Абрамов А. Д.** – abramov@stu.ru, **Тюнюкова Т. К.** – tatiabest@mail.ru, **Ижбулдин Е. А.** – izhbuldin@ngs.ru.

Статья поступила в редакцию 16.02.2016, принята к публикации 21.03.2016.

VIBRO-IMPACT TECHNOLOGIES FOR ROAD CONSTRUCTION MACHINERY

Abramov, Andrey D., *Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia.*
Tyunyukova, Tatiana K., *Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia.*
Izhbuldin, Evgeny A., *Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia.*

ABSTRACT

With development of technical means the application scope of vibro machines and technologies is expanding. Simultaneously, demand on reliability of devices and products, weight- size and cost indicators is increasing. The article presents a design scheme of universal impact machines, which through changing fixtures are adjustable to the specifics of overlapping operations. The synthesis of vibro-impact technologies for various industries is proposed, comprising technology for repairing of track and road construction machinery.

Keywords: hand-held electromagnetic impact machines, vibro-impact technologies, repair of transport and road construction machinery, processing of metallic and nonmetallic structures.

Background. *In the construction industry during the installation, special construction, operation and maintenance of construction and road machines, the technologies, based on the force action on the processed material, are widely used,.*

The main factors determining the feasibility of such technology in the operation of companies (hereinafter – OC), the low cost of their implementation and a relative simplicity, which best meet light, including manual, mechanized tools, primarily impact machines, capable of generating powerful force pulses.

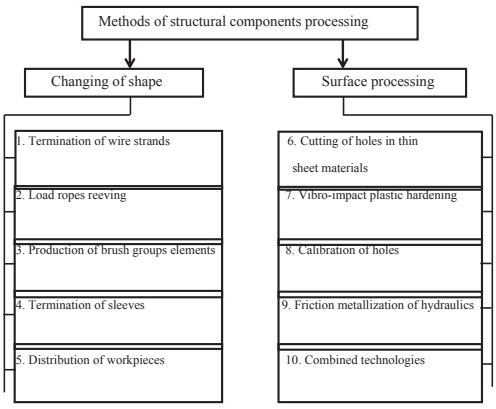
Objective. *The objective of the authors is to study vibro-impact technologies, applied for road construction machines, and to suggest some approaches to their development for their wider operation for various purposes.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, calculation, mathematical modeling, comparative method.*

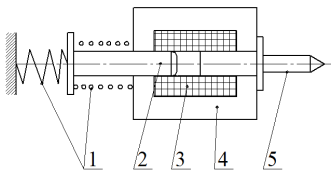
Results. *The research allowed to develop a number of vibro-impact technologies that meet the requirements under consideration, the main of which are shown in Pic. 1.*

In order to achieve maximum energy of a single impact with minimal weight and size parameters of a tool a size range of low-frequency hand-held impact machines with reciprocating linear electromagnetic motors (hereinafter – LEM) [1, 2] is developed. Pic. 2 is their schematic diagram, in which a spring scheme of a pane return is implemented.

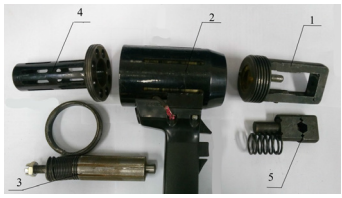
The driving of the pane is carried out by the magnetic force generated by the coil 3, origin return is performed by an elastic force of compression or tension spring 1. Forcing of LEM is achieved by increasing the current in the working half-period of sinusoidal voltage (220 V, 50 Hz) and passing 8–10 periods. Thus, the current value of the current drawn from the network does not exceed a permissible value.



Pic. 1. Structure of process operations.



Pic. 2. Schematic diagram of a single-coil hammer: 1 – spring of tension or compression, 2 – pane, 3 – coil, 4 – housing, 5 – indenter.



Pic. 3. Components of a crimping tool of contact connections: 1 – die plate, 2 – housing with a coil, 3 – anchor – pane with return spring, 4 – body of return mechanism, 5 – matrix and punch.

Selection of a single impact energy is determined by technological requirements. For hand-held machines it can be 40–60 J at a frequency of impacts of 80–100 impacts / min. Assessment of the level of energy performance of LEM and their design features can be made when considering the specific implementations of machines and technologies.

The basic representative (prototype) of a size range of low-frequency electromagnetic impact machines is a crimping tool of contact connections, the general form of which is shown in Pic. 3 [3].

The main purpose of a crimping tool – termination of stranded wires and cables up to 240 mm² in tubular

Table 1

Features and winding data of LEM

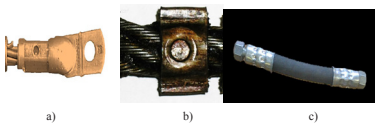
Impact energy, J	50
Pane weight, kg	0,8
Pane diameter, mm	30
Coil length, mm	70
Winding height, mm	16
Winding cross-section, mm²	2,32
Number of coils	300
Consumed power, kW	0,8
Motor weight, kg	3,8

Table 2

The coefficients of similarity and basic parameters of LEM of a size range

Operation	Vibro-impact surface hardening, calibration	Cutting of holes in panels	Crimping of contact tips	Crimping of steel ropes, distribution
Impact energy, J	10	20	40 original*	60
Similarity coefficient of:				
Impact energy	0,25	0,50	1,00	1,50
Linear dimensions	0,63	0,79	1,00	1,14
Cross-sections of copper and steel	0,40	0,62	1,00	1,30
Number of coils	1,59	1,26	1,00	0,88
Pane weight, kg	0,12	0,25	0,50	0,75
Pane diameter, mm	19	24	30	34
Coil length, mm	36	46	58	66

*parameters of the original (crimping tool OEM– 1) are shown in Table 1.



Pic. 4. Crimped machine elements: a) contact tip, b) brush element of a rotor – feeder, c) rubber steel sleeve of high pressure.

tags in their pressing from a round shape to a hexagon shape. Crimping tool, for example, UIM – 1, is an original design of a hand tool, protected by copyrights and patents, which has no analogues in Russia and abroad.

One of the main indicators of the effectiveness of impact machines is specific energy of individual impact, i.e. energy per mass unit, reaching 10 J / kg and above in a crimping tool, while the specific energy of the impact of other known machines and presses is less than 5 J / kg. Main specifications of a crimping tool are shown in Table 1.

Crimping tool is a multipurpose machine, readjusted by changing technological fixtures. For example, it can be used for performing operations similar in technology and energy costs for operations 1–4, shown in Pic. 1.

For reeving of steel wire ropes and cords bolsters are used made of aluminum tubes, pre-deformed into oval, with a wall thickness from 5 to 7,5 mm. Bolsters are mounted on strands of connected cables and crimped to a circular shape.

Likewise is performed termination of rope brush groups of track snow-removal, ballast cleaning, ballast compactors and electric ballasting machines. In the rotor drum – feeder of a snow-removal machine cassettes are installed, in which brushes are pressed. They are made of steel wire ropes of 40 mm diameter. Currently, in the repair of rotors feeders, ends of brushes, to prevent their stripping-down, are crimped in steel split sleeves. Depending on operating conditions, replacement of brushes for failure sleeves is made 1–2 times a month. Crimping with an impact allows to use for termination of brushes uncut sleeves, with which the quality of the repair is achieved, which is comparable to the quality of factory-built brushes.

In the vast majority of road construction and track machines hydraulic and pneumatic actuators are used, during operation of which it is necessary to repair the flexible connections – rubber hoses. This operation is also a type of considered technologies. Crimped machine elements are shown in Pic. 4.

In rail transport, pneumatic brakes are used, structurally executed in a form of a lever system consisting of rods and fingers with a diameter of 24–50 mm. During operation, there is an intensive wear of a middle part of a finger, which necessitates restoration of the worn surface.

Known methods of recovery with metal completion in places of wear require significant costs and cannot be implemented in road track repair workshops. In this case, the increase in the outer diameter of the finger in place of wear is reached with its distribution by driving the rod in a pre-drilled pilot hole with an impact energy of up to 60 J, and preheating of a finger.

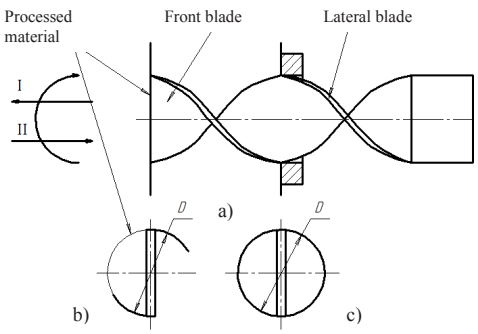
Less energy is required for cutting of holes in the thin sheet elements and multi-layer panels, the performance of which is made by drilling with cone drill bits or cutting out with presses with relative movement of the matrix and the punch installed on opposite sides of the component.

Cutting is inapplicable to process holes in volume elements of the closed loop, and a hole in the layered panels cannot be processed by drilling due to swelling of layers with chip scraps falling between them.

The alternative is a process that combines punching and cutting operation [4, 5], the circuit is shown in Pic. 5.

Hole processing is executed with screw (tape) drill, having a front and two lateral cutting blades. The technical process is divided into three series of operations I–III. When pane impact on the top (I) a leading hole breaks, which shape is shown in Pic. 5b), and then the drill is screwed into the processed element (II). Finishing sized hole processing is carried out with lateral blades of the drill when its return motion relative to the fixed matrix.

The scheme of the impact node of two-coil impact machine for holes processing is shown in Pic.6. The drill 1 is located in the ratchet-wheel 2, providing forced



Pic. 5. The scheme of hole processing: a) operating position of a drill and a matrix; b), c) – form of holes cutting.

rotation of the drill when the impact is transmitted through a shank end 3. The purpose of a shank end is to hold a drill at the end of the anchor – pane 4 when return stroke relative to the die plate 5. In the housing of LEM there are power (PC) and return (RC) coils.

The least labor-intensive processes are technologies to process surfaces in order to improve their operational properties, performed by surface plastic deformation – calibration and hardening with surface cold working.

The most effective is the impact deformation. Reducing the required impact energy as compared to the previously discussed operations is achieved by substantially smaller rods in the calibration (without distribution of a workpiece), or surface deformation without changing a shape of a workpiece. For these operations impact energy of 2–4 J is sufficient, which allows to increase the frequency of LEM impacts to 50 Hz.

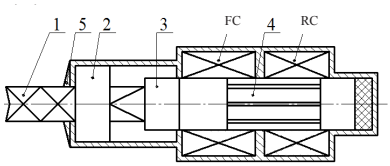
The study of vibro-impact plastic hardening (hereinafter – VPH) has shown that when processing of the shaft surface (steel 45) with a spherical indenter of 10 mm in diameter plastic deformation zone is formed around a footprint with a diameter of 3,1 mm, a depth of 2,2 mm. Analysis of the dependence between the amount of bearing surface and wear found that minimum wear is achieved with relative contact area of 30 to 60% and the depth of indentation to 0,02 mm, allowing to get the maximum oil absorption of a surface.

For all the above processes the required energy levels of single impacts are defined and, by the similarity method, the basic parameters of electromagnetic motors are calculated, shown in Table 2 [6].

Based on the results, a size range of geometrically similar hand-held electromagnetic machines with specific energy of a single impact, greater than 10 J / kg, is developed.

It is necessary to pay attention to an important fact. Processing of workpieces by impact opens up opportunities to create new, combined technologies. For example, to reduce fatigue damage occurring on the shafts under bearings pressed on them, clutches, gears or on axles and hubs of wheels of rolling stock due to fretting, wear frictional metallization (hereinafter – FM) of surface by copper and its alloys [7] is applied, creating a thick intermediate layer 4–6 microns, comparable to the height of the microroughness of protected surface. It reduces by one and a half – twice the coefficient of dry friction and reduces the possibility of jamming of connected elements in assembly – disassembly works. Since the quality of the copper layer is greatly influenced by in specific pressure in the contact area of the spare part and the indenter, it seems appropriate to create a pulse mode of loading, it with the applied load fluctuation under an electromagnetic force or impact.

There are also options for combining FM and VPH at diametrical location of friction and impact indenters or under impact onto the surface of the composite indenter.



Pic. 6. Scheme of a hand-held impact machine for holes processing.

Conclusion. *Thus, we can conclude the possibility of using a number of similar universal mobile hand-held electromagnetic machines to implement a wide range of technologies related to the impact effect on the material. These technologies are used in the repair of both track and road construction machinery, and in other industries.*

REFERENCES

1. Kargin, V. A. Low-frequency electromagnetic motors [*Nizkochastotnye elektromagnitnye dvigateli*]. *Electromagnetic pulse system*. Novosibirsk, SO AN SSSR, publ.,1989, pp. 27–33.

2. Abramov, A. D. Creation of a size range of electromagnetic low speed impact hand-held electromagnetic machines for transport construction: monograph [*Sozdanie razmernogo rjada ruchnyh redkoudarnyh elektromagnitnyh mashin dlja transportnogo stroitel'stva: monografija*]. A. D. Abramov; ed. V. A. Kargin. Novosibirsk, STU publ., 2012, 153 p.

3. Kargin, V. A. Rational choice of the main parameters of a crimping tool [*Racional'nyj vybor osnovnyh parametrov opressovyvatelej*]. *Voprosy issledovanija silovyh impul'snyh sistem*. Novosibirsk, NETI, 1982, pp. 89–92.

4. RF patent for utility model № 79484. The process of creating holes in the thin sheet metal and packages collected from thin sheet materials and device for its implementation [*Patent na poleznuju model' RF № 79484. Sposob sozdanija otverstij v tonkolistovyh metallah i paketah, sobrannyh iz tonkolistovyh materialov i ustrojstvo dlja ego realizacii*]. A. D. Abramov, V. A. Kargin, T. K. Tyunyukova. 15.09.08 publ. Bull. № 27. – 6.

5. Tyunyukova, T. K. Perfection of technological process of manufacturing laminated components by combined processing methods [*Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa izgotovlenija sloistyh detalej kombinirovannymi metodami obrabotki*]. Ph.D. (Eng.) thesis. Novosibirsk, STU publ., 2006, 132 p.

6. A utility model patent of the Russian Federation № 63993. An apparatus for controlling the electromagnetic reciprocating motor [*Patent na poleznuju model' RF № 63993. Ustrojstvo dlja upravlenija elektromagnitnym dvigatelem vozvratno – postupatel'nogo dvizhenija*]. V. A. Kargin, A. D. Abramov, V. G. Elagin. Publ. 10.06.07. IPC H02P7 / 00.

7. Manakov, A. L. Increasing operational durability of machine parts by friction metallization: Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis [*Povyshenie ekspluatacionnoj stojkosti detalej mashin metodom frikcionnoj metallizacii: Avtoref. dis... kand. tehn. nauk*]. Novosibirsk, STU publ., 2006, 17 p.

Information about the authors:
Abramov, Andrey D. – D.Sc. (Eng.), associate professor, dean of the faculty of Management of transport and technological complexes of Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia, abramov@stu.ru.
Tyunyukova, Tatiana K. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia, tatiabest@mail.ru.
Izhbuldin, Evgeny A. – Ph.D. student of Siberian Transport University (STU), Novosibirsk, Russia, izhbuldin@ngs.ru.

Article received 16.02.2016, accepted 21.03.2016.

УДК 621.8:625.144.5:625.173.7

Модернизация скребково-цепного устройства щебнеочистительных машин

Виктор КОВАЛЬСКИЙ
Viktor F. KOVALSKY



Дмитрий ФЕДАСОВ
Dmitry S. FEDASOV



Маргарита ЧАЛОВА
Margarita Yu. CHALOVA

Ковальский Виктор Федорович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Федасов Дмитрий Сергеевич *– аспирант МИИТ, Москва, Россия.*
Чалова Маргарита Юрьевна *– кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.*

Modernization of a Scraper-Chain Device of Ballast Cleaners
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 74)

Повышение производительности современных путевых машин ведет к росту мощности приводов исполнительных устройств. В статье предлагается один из способов модернизации цепного скребкового рабочего органа путевых щебнеочистительных машин нового поколения. Разработана методика и приведены сравнительные результаты расчётов до и после модернизации, исходя из которых явно прослеживается энергетический выигрыш предлагаемого технического решения.

Ключевые слова: путевая щебнеочистительная машина, модернизация, скребково-цепной рабочий орган, удельная энергоёмкость, сила сопротивления.

Известные конструкции и способы модернизации вырезающих устройств щебнеочистительных машин сводятся в основном к увеличению мощности машины с целью повышения ее рабочей скорости и частоты вращения приводной звездочки баровой цепи. Однако такой вариант повышения производительности помимо завышенных энергозатрат характеризуется и высоким износом узлов машины.

Следует отметить, что общее сопротивление движению баровой цепи определяется как сумма следующих составляющих [1]:

– сопротивление балласта резанию P_1;

– сопротивление от сил трения балласта о балласт в зоне вырезки P_2;

– сопротивление от сил трения скребков о балласт в зоне вырезки P_3;

– сопротивление балласта перемещению по желобу P_4;

– сопротивление от трения скребковой цепи о поверхность желобов P_5.

Согласно методике расчета [1], важную роль в определении мощности и удельной

энергоемкости играет коэффициент заполнения межскребкового пространства [2].

В ходе модернизации вырезающего устройства предлагается любым из доступных способов заменить трение скольжения на трение качения или же полностью исключить его. Самыми подходящими для этой цели составляющими служат:

– сопротивление от сил трения скребков о балласт в зоне вырезки P_3;

– сопротивление балласта перемещению по желобу P_4;

– сопротивление от трения скребковой цепи о поверхность желобов P_5.

Снизить силу трения скребков о балласт, как показывают наши исследования, можно за счет установки роликовых опор в нижней части скребков. В этом случае сила P_3 может быть записана в виде:

$$P_3 = f_{1.1}(k_к, R) G_ц \frac{B}{L_ц}; \quad (1)$$

$$f_{1.1} = \frac{k_к}{R}, \quad (2)$$

где B – ширина баровой цепи, м;

$k_к$ – коэффициент трения качения стали по грунту (ввиду отсутствия экспериментальных данных для коэффициента трения качения «щебень-сталь» выбрана близкая по свойствам пара «асфальт-сталь» – 6 мм [3]), мм;

R – радиус опорного ролика (исходя из конструктивных соображений для скребков машины ЩОМ-1200 модернизированного вырезающего устройства принимаем R = 24 мм), мм;

$L_ц$ – общая длина цепи, м;

$G_ц$ – сила тяжести цепи, кН.

Силу сопротивления перемещению балласта по желобу можно существенно уменьшить за счет установки ленточных конвейеров на днище и боковую стенку рабочего желоба, скорость лент которых синхронизируется со скоростью движения скребковоцепного вырезающего устройства. В этом случае данная сила может быть определена по формуле:

$P_4 = \rho g S_{скр} K_{зап}(B, h, k_р, V_м, V_ц, S_{скр}) L_ж \sin\alpha_ж$. (3)

Здесь коэффициент заполнения межскребкового пространства определяется по следующей зависимости [3]:

$$K_{зап}(B, h, k_р, V_м, V_ц, S_{скр}) = \frac{BhV_м k_р}{V_ц S_{скр}}, \quad (4)$$

где ρ – плотность разрыхленного балласта, т/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$S_{скр}$ – площадь скребка, м^2;

h – толщина вырезаемого слоя щебня, м;

$k_р$ – коэффициент разрыхления щебеночного балласта;

$V_м$ – рабочая скорость движения (подачи) машины, м/с;

$V_ц$ – скорость баровой цепи, м/с;

$L_ж$ – длина рабочего желоба, м;

$\alpha_ж$ – угол наклона желоба в рабочем положении, рад.

Сила трения цепи по поверхности желобов при оборудовании их транспортерами становится равной нулю ($P_5 = 0$).

Проведем сравнение результатов.

Для удобства расчета были выведены общие двухпараметрические (зависимые от скорости вращения баровой цепи и скорости подачи – движения машины) формулы расчета мощности и удельной энергоёмкости процесса – как в случае с модернизированным вырезающим устройством, так и для серийно выпускаемой щебнеочистительной машины нового поколения ЩОМ-1200.

Мощность на звездочке привода скребково-цепного рабочего органа до модернизации:

$$N_{зв} = \frac{B}{\eta_{скр}}\left(k_1 k_\beta k_2 h V_м + 0{,}5\rho g f_2 B h V_м k_р + \right.$$
$$+\frac{f_1 G_ц V_ц}{L_ц} + \rho g L_ж \left(\sin\alpha_ж + \right.$$
$$\left.\left. + f_1 \cos\alpha_ж\right) h V_м k_р + \frac{2 f_1^1 G_ц L_ж \cos\alpha_ж V_ц}{L_ц B}\right) +$$
$$+\frac{\rho f_1^1 G_ц L_ж \cos\alpha_ж V_ц}{\eta_{скр}}\left(H_ж + V_ц^2\right). \quad (6)$$

Аналогичная мощность после модернизации:

$$N_{зв} = \frac{B}{\eta_{скр}}\left(k_1 k_\beta k_2 h V_м + 0{,}5\rho g f_2 B h V_м k_р + \right.$$
$$\left. + \frac{f_{1.1} G_ц V_ц}{L_ц} + \rho g L_ж \sin\alpha_ж h V_м k_р\right) +$$
$$+\frac{\rho B h V_м k_р}{\eta_{скр}}\left(H_ж + V_ц^2\right). \quad (7)$$

Таблица 1

Значения коэффициентов до модернизации

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Размерность
Расчетное удельное сопротивление балласта резанию	k_1	700	кН/м^2
Коэффициент, учитывающий угол резания	k_β	0,83	–
Коэффициент разрыхления щебня в шпальных ящиках	k_2	0,7	–
Коэффициент разрыхления загрязненного щебня	$k_р$	1,3	–
Коэффициент трения стали по балласту	f_1	0,45	
Коэффициент трения балласта по балласту	f_2	0,85	–
Коэффициент трения стали по стали при сильном абразиве	f_1^1	0,2	–
Плотность разрыхленного балласта	ρ	1,6	т/м^3
Ускорение свободного падения	g	9,8	м/с^2
КПД скребкового рабочего органа	$\eta_{скр}$	0,6	–
Высота подъёма вырезанного щебня по желобу	$H_ж$	5,9	м
Длина рабочего желоба	$L_ж$	11,8	м
Ширина вырезки щебня	B	3,9	м
Толщина вырезаемого щебня	h	0,4	м
Сила тяжести цепи	$G_ц$	50	кН
Общая длина цепи	$L_ц$	30	м
Площадь скребка	$S_{скр}$	0,09	м^2
Угол наклона желоба в рабочем режиме	$\alpha_ж$	0,523	рад

Таблица 2

Значения коэффициентов после модернизации

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Размерность
Расчетное удельное сопротивление балласта резанию	k_1	700	кН/м^2
Коэффициент, учитывающий угол резания	k_β	0,83	–
Коэффициент разрыхления щебня в шпальных ящиках	k_2	0,7	–
Коэффициент разрыхления загрязненного щебня	$k_р$	1,3	–
Отношение коэффициента трения к радиусу ролика	$f_{1.1}$	0,25	–
Коэффициент трения качения для пары «асфальт-сталь»	$k_к$	6	мм
Радиус опорного ролика	R	24	мм
Коэффициент трения балласта по балласту	f_2	0,85	–
Плотность разрыхленного балласта	ρ	1,6	т/м^3
Ускорение свободного падения	g	9,8	м/с^2
КПД скребкового рабочего органа	$\eta_{скр}$	0,6	–
Высота подъёма вырезанного щебня по желобу	$H_ж$	5,9	м
Длина рабочего желоба	$L_ж$	11,8	м
Сила тяжести цепи	$G_ц$	50	кН
Общая длина цепи	$L_ц$	30	м
Площадь скребка	$S_{скр}$	0,09	м^2
Угол наклона желоба в рабочем режиме	$\alpha_ж$	0,523	рад
Ширина вырезки щебня	B	3,9	м
Толщина вырезаемого щебня	h	0,4	м

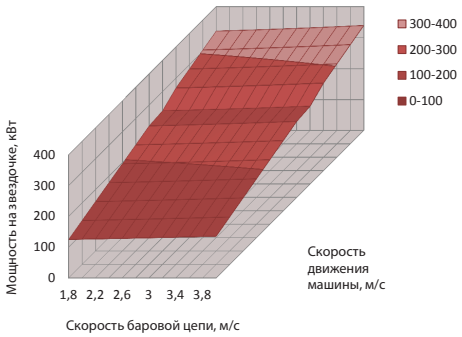


Рис. 1. Мощность на звездочке с учетом модернизации.

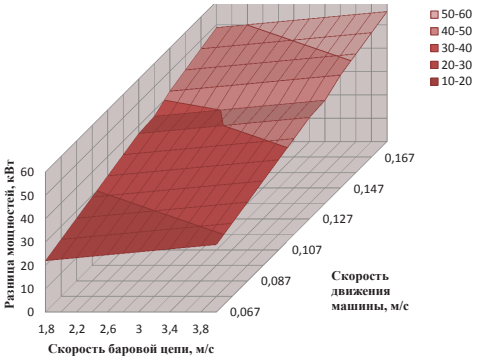


Рис. 3. Удельная энергоемкость с учетом модернизации.

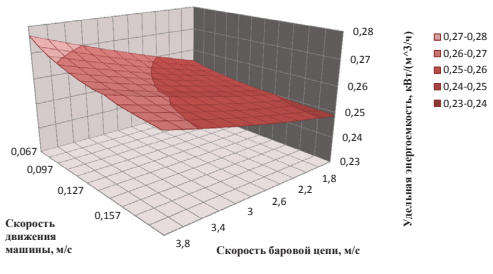


Рис. 2. Разница мощностей до и после модернизации.

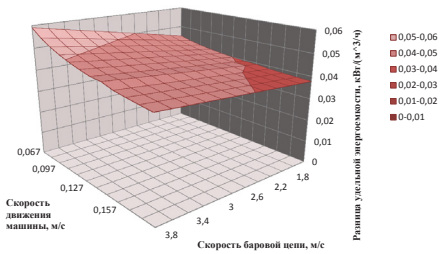


Рис. 4. Разница удельных энергоемкостей до и после модернизации.

Формула удельной энергоемкости в этом случае:

$$e = \frac{N_{зв}}{BhV_м k_р}.$$

Исходя из технической характеристики ЩОМ-1200 в расчетах варьировались скорости машины и баровой цепи от 0,067 до 0,167 м/с и от 1,8 до 3,8 м/с соответственно. Результаты расчетов представлены на рис. 1–4.

Анализ полученных зависимостей показывает, что в результате предложенных технических решений имеется возможность снижения мощности двигателя привода вращения скребково-цепного рабочего органа путевой щебнеочистительной машины ЩОМ-1200 на 50 кВт, а удельной энергоемкости – на 21%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Расчет параметров щебнеочистительных машин // Мир транспорта.– 2012.– № 3.– С. 34–36.

2. Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Совершенствование метода расчета параметров скребково-цепного исполнительного устройства щебнеочистительных машин нового поколения // Путь и путевое хозяйство.– 2014.– № 10.– С. 30–31.

3. Онищенко О. Г., Коробко Б. А., Ващенко К. М. Структура, кинематика и динамика механизмов.– Полтава: ПолтНТУ, 2010.– 274 с.

4. Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Методика и результаты оценки производительности путевых щебнеочистительных машин // Приводы и компоненты машин.– 2012 – № 1.– С. 7–8.

5. Plasser & Theurer. [Электронный ресурс]: https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme/maschinensysteme-rm-802-frm-802.html. Доступ 18.04.2016.

6. Ковальский В. Ф., Неклюдов А. Н., Ковальский С. В., Чалова М. Ю. Машины для очистки балластной призмы.– Ярославль: МИИТ, 2012.– 166 с.

7. Railway strategies. [Электронный ресурс]: http://www.railwaystrategies.co.uk/article-page.php?contentid=4666&issueid=181&se=1&searchphrase=ballast%20cleaner. Доступ 18.04.2016.

8. Попович М. В., Бугаенко В. М., Волковойнов Б. Г. Путевые машины.– М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2009.– 820 с.

9. Соломонов С. А., Попович М. В., Бугаенко В. М. Путевые машины.– М.: Желдориздат, 2000.– 756 с.

10. Американская железнодорожная энциклопедия. [Электронный ресурс]: http://lokomo.ru/mehanizmy/mashiny-dlya-ochistki-schebnya.html. Доступ 18.04.2016.

Координаты авторов: **Ковальский В. Ф.**– kovalskij@miit.ru, **Федасов Д. С.**– fedasovds@gmail.com, **Чалова М. Ю.**– margarita_chalova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.04.2016, принята к публикации 17.07.2016.

MODERNIZATION OF A SCRAPER-CHAIN DEVICE OF BALLAST CLEANERS

Kovalsky, Viktor F., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Fedasov, Dmitry S., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Chalova, Margarita Yu., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

Increase in productivity of modern track machines leads to power growth of actuators' drives. The article offers a way towards modernization of a chain scraper working body of the new generation of ballast cleaners. The developed techniques and the comparative results of the calculations before and after modernization, leading to power gain, show the advantages of the proposed engineering solutions.

Keywords: track ballast cleaner, modernization, scraper-chain actuator, specific energy, resistance force.

Background. *Known designs and methods of modernization of cutting tools of ballast cleaning devices are generally reduced to increase in the power of the machine to increase its operating speed and the rotation speed of a driving star gear of a bar chain. However, this option in addition to the improvement of performance is characterized by excessive energy consumption and high wear of machine components.*

It should be noted that the total resistance to movement of the bar chain is defined as a sum of the following components: [1]

– Ballast resistance to cutting P_1;

– The resistance from ballast friction forces on ballast in the cutting zone P_2;

– Resistance of scraper friction forces on ballast in the cutting zone P_3;

– Ballast resistance to movement along the gutter P_4;

– Resistance from friction of a scraper chain on the surface of gutters P_5.

According to the method of calculation [1], an important role in determining the performance and specific energy consumption is played by a coefficient of filling between-scrapper space [2].

Objective. *The objective of the authors is to sugget and to substantiate engineering solutions regarding modernization of a scraper-chain device of ballast cleaners.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, mathematical calculation, modeling, comparative analysis, graph construction.*

Results. *In the course of modernization of a cutting tool any of the availbale methods suggest to replace sliding friction to rolling friction or completely eliminate it. The most suitable components for this purpose are:*

– Resistance from the scraper friction forces on ballast in the cutting zone P_3;

– Ballast resistance to movement along the gutter P_4;

– Resistance from friction of a scraper chain on the surface of gutters P_5.

To reduce the friction force of the scrapers on ballast, as shown by our study, it is possible to install roller bearings at the bottom of scrapers. In this case, the force P_3 can be written as:

$$P_3 = f_{1.1}(k_r, R) G_c \frac{B}{L_c}; \qquad (1)$$

$$f_{1.1} = \frac{k_r}{R}, \qquad (2)$$

where B – width of a bar chain, m;

k_r – coefficient of rolling friction of steel on the ground (in the absence of experimental data for the rolling friction coefficient «ballast-steel» the pair «asphalt-steel» – 6 mm [3]), the closest on the properties, is selected, mm;

R – the radius of a supporting roller (based on design considerations for scrapers of the machine SCHOM-1200 of upgraded cutting tool we take R = 24 mm), mm;

L_c – total length of a chain, m;

G_c – gravity force of a chain, kN.

Resistance force to ballast movement along the gutter can be significantly reduced through the installation of belt conveyors on the bottom and side wall of the working gutter, belt speed of which is synchronized with the speed of scraper-chain cutting tool. In this case, the force can be determined by the formula:

$$P_4 = \rho g S_{scr} K_{fil}(B, h, k_l, V_m, V_u, S_{scr}) L_g \sin \alpha_g. \qquad (3)$$

Here the coefficient of filling of between-scraper space is determined by the following dependence [3]:

$$K_{fil}\left(B, h, k_p, V_m, V_c, S_{scr}\right) = \frac{B h V_m k_l}{V_c S_{scr}}, \qquad (4)$$

where ρ – loosened ballast density t / m³;

g – acceleration due to gravity, m / s²;

S_{scr} – area of a scraper, m²;

h – thickness of the cut layer of ballast, m;

k_l – coefficient of loosening of the ballast;

V_m – operating speed of movement of the machine, m / s;

V_c – speed of a bar chain, m/s;

L_g – length a working gutter, m;

α_g – angle of slope of a gutter in the operational position, rad.

The friction force of a chain on gutters' surface if they are equipped with conveyors becomes zero ($P_5 = 0$).

Let's compare the results.

For the sake of convenience of calculations common two-parameter (depending on the speed of rotation of a bar chain and feed rate – movement of the machine) formulas for calculating power and energy intensity of the process were derived – as is the case with upgraded cutting tool, and for commercially available ballast cleaners of new generation SCHOM-1200.

Power on the star gear of a scraper-chain working body before modernization:

$$N_{sg} = \frac{B}{\eta_{scr}}\Big(k_1 k_\beta k_2 h V_m + 0{,}5\rho g f_2 B h V_m k_l + \frac{f_1 G_c V_c}{L_c} + \rho g L_g \big(\sin\alpha_g + f_1 \cos\alpha_g\big) h V_m k_l + \frac{2 f_1^1 G_c L_g \cos\alpha_g V_c}{L_c B}\Big) + \frac{\rho f_1^1 G_c L_g \cos\alpha_g V_c}{\eta_{scr}}\left(H_g + V_c^2\right). \qquad (6)$$

A similar power after modernization:

Table 1

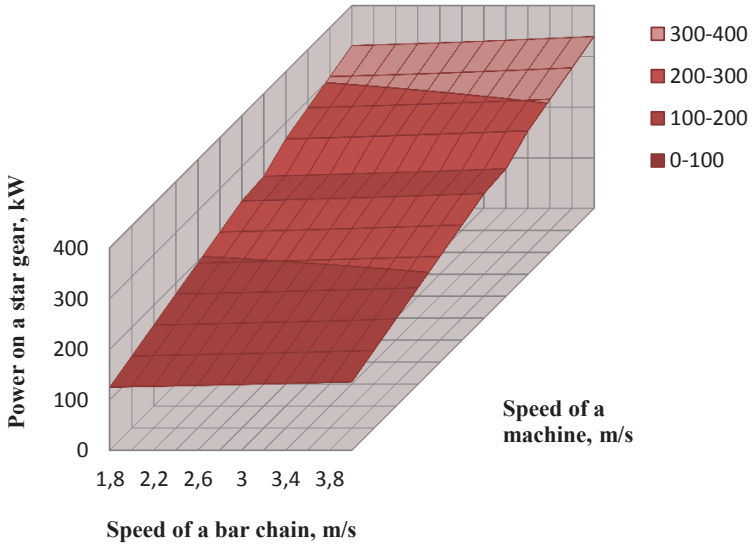
The values of coefficients before modernization

Parameter name	Notation	Value	Dimension
Calculated ballast resistivity to cutting	k_1	700	kN/m^2
Coefficient, taking into account the angle of cutting	k_β	0,83	–
Coefficient of loosening of ballast in sleeper boxes	k_2	0,7	–
Coefficient of loosening of contaminated ballast	k_1	1,3	–
Coefficient of steel friction on ballast	f_1	0,45	
Coefficient of ballast friction on ballast	f_2	0,85	–
Coefficient of steel friction on steel in case of a strong abrasive	f_1^1	0,2	–
Density of loosened ballast	ρ	1,6	t/m^3
Acceleration due to gravity	g	9,8	m/s^2
Efficiency of the scraper working body	η_{scr}	0,6	–
Lifting height of the cut ballast on the gutter	H_g	5,9	m
Length of a working gutter	L_g	11,8	m
Width of ballast cutting	B	3,9	m
Thickness of cut ballast	h	0,4	m
Gravity force of a chain	G_c	50	kN
Total length of a chain	L_c	30	m
Area of a scraper	S_{scr}	0,09	m^2
Angle of slope of a gutter in the working mode	α_g	0,523	rad

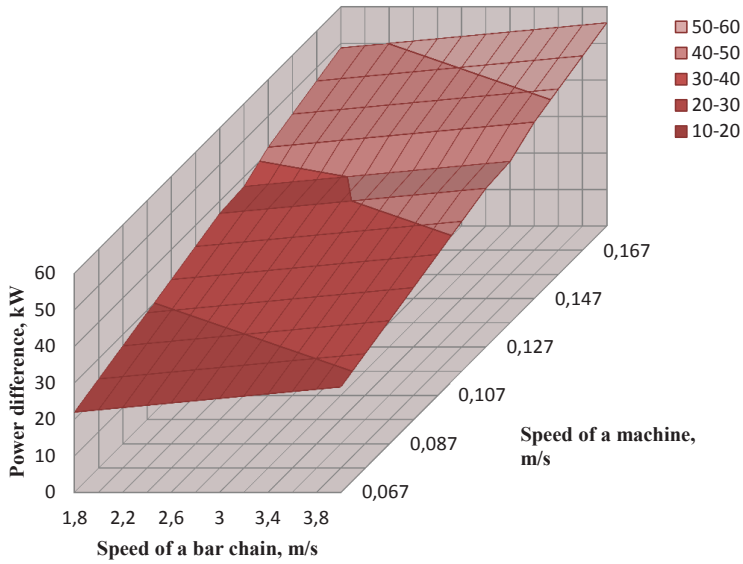
Table 2

The values of coefficients after modernization

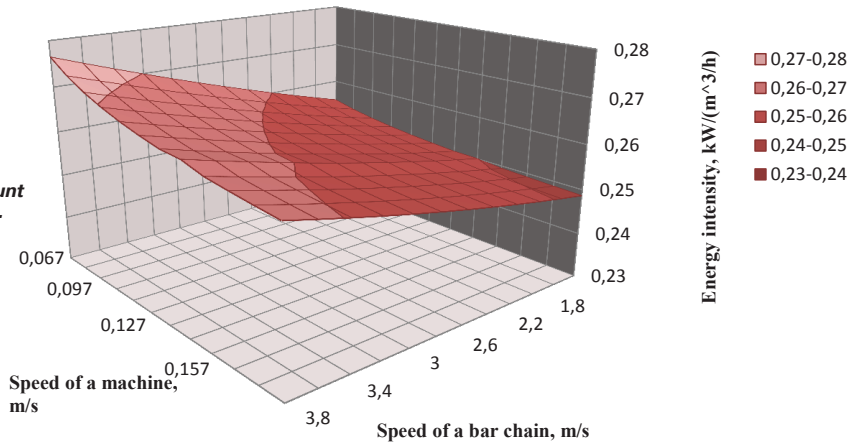
Parameter name	Notation	Value	Dimension
Calculated ballast resistivity to cutting	k_1	700	kN/m^2
Coefficient, taking into account the angle of cutting	k_β	0,83	–
Coefficient of loosening of ballast in sleeper boxes	k_2	0,7	–
Coefficient of loosening of contaminated ballast	k_1	1,3	–
Ratio of a friction coefficient to a radius of a roller	$f_{1.1}$	0,25	–
Coefficient of rolling friction for the pair «asphalt-steel»	k_r	6	mm
Radius of a supporting roller	R	24	mm
Coefficient of ballast friction on ballast	f_2	0,85	–
Density of loosened ballast	ρ	1,6	t/m^3
Acceleration due to gravity	g	9,8	m/s^2
Efficiency of the scraper working body	η_{scr}	0,6	–
Lifting height of the cut ballast on the gutter	H_g	5,9	m
Length of a working gutter	L_g	11,8	m
Gravity force of a chain	G_c	50	kN
Total length of a chain	L_c	30	m
Area of a scraper	S_{scr}	0,09	m^2
Angle of slope of a gutter in the working mode	α_g	0,523	rad
Width of ballast cutting	B	3,9	m
Thickness of cut ballast	h	0,4	m



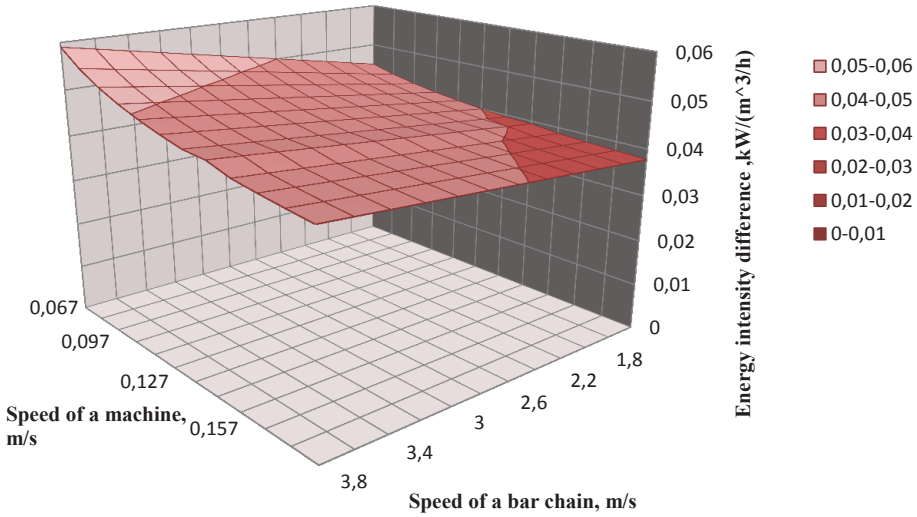
Pic. 1. Power on a star gear with account of modernization.



Pic. 2. Power difference before and after modernization.



Pic. 3. Energy intensity with account of modernization.



Pic. 4. Energy intensity difference before and after modernization.

$$N_{sg} = \frac{B}{\eta_{scr}}\left(k_1 k_\beta k_2 h V_m + 0,5\rho g f_2 B h V_m k_l + \right.$$
$$+ \frac{f_{1.1} G_c V_c}{L_c} + \rho g L_g \sin\alpha_g h V_m k_l \Big) +$$
$$+ \frac{\rho B h V_m k_l}{\eta_{scr}}\left(H_g + V_c^2\right). \qquad (7)$$

The formula of energy intensity in this case:

$$e = \frac{N_{sg}}{B h V_m k_l}.$$

Based on technical characteristics SCHOM-1200 in the calculation speed of the machine and a bar chain varied from 0,067 to 0,167 m / s and from 1,8 to 3,8 m / s, respectively. The calculation results are presented in Pic. 1–4.

Conclusion. *Analysis of the obtained dependencies shows that as a result of the proposed technical solutions it is possible to reduce the power of a motor of a rotation drive of a scraper-chain working body of a track ballast cleaner SCHOM-1200 by 50 kW, and energy intensity – by 21%.*

REFERENCES

1. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Computation of Parameters of Ballast Cleaners. *World of Transport and Transportation*, Vol.10, 2012, Iss. 3, pp. 34–36.

2. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Improving the method of calculation of parameters of a scraper-chain actuator of new generation ballast cleaner [*Sovershenstvovanie metoda rascheta parametrov skrebkovo-cepnogo ispolnitel'nogo ustrojstva shhebneochistitel'nyh mashin novogo pokolenija*]. *Put' i putevoe hozjajstvo*, 2014, Iss. 10, pp. 30–31.

3. Onishchenko, O. G., Korobko, B. A., Vashchenko, K. M. Structure, kinematics and dynamics of mechanisms [*Struktura, kinematika i dinamika mehanizmov*]. Poltava, PoltNTU publ., 2010, 274 p.

4. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Methodology and results of evaluation of performance of track ballast cleaners [*Metodika i rezul'taty ocenki proizvoditel'nosti putevyh shhebneochistitel'nyh mashin*]. *Privody i komponenty mashin*,2012, Iss. 1, pp. 7–8.

5. Plasser & Theurer. [Electronic resource]: https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme/maschinensysteme-rm-802-frm-802.html._Last accessed 18.04.2016.

6. Kovalsky, V. F., Neklyudov, A. N., Kovalsky, S. V., Chalova, M. Yu. Machines for cleaning ballast section [*Mashiny dlja ochistki ballastnoj prizmy*]. Yaroslavl, MIIT publ., 2012, 166 p.

7. Railway strategies. [Electronic resource]: http://www.railwaystrategies.co.uk/article-page.php?contentid=4666&issueid=181&se=1&searchphrase=ballast%20cleaner. Last accessed 18.04.2016.

8. Popovich, M. V., Bugaenko, V. M., Volkovoynov, B. G. Track machines [*Putevye mashiny*]. Moscow, TMC on education on railway transport, 2009, 820 p.

9. Solomonov, S. A., Popovich, M. V., Bugaenko, V. M. Track machines [*Putevye mashiny*]. Moscow, Zheldorizdat, 2000, 756 p.

10. American railway encyclopedia [*Amerikanskaja zheleznodorozhnaja enciklopedija*]. [Electronic resource]: http://lokomo.ru/mehanizmy/mashiny-dlya-ochistki-schebnya.html. Last accessed 18.04.2016.

Information about the authors:
Kovalsky, Viktor F. – D.Sc. (Eng.), professor, head of the department of Track, construction machines and robotic systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kovalskij@miit.ru.
Fedasov, Dmitry S. – Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, fedasovds@gmail.com.
Chalova, Margarita Yu. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, margarita_chalova@mail.ru.

Article received 18.04.2016, accepted 17.07.2016.

УДК 656.21.001.2

Расчёт времени движения и скорости вагона на промежуточном участке сортировочной горки при попутном ветре

Андрей ГОРДИЕНКО
Andrey A. GORDIENKO





Хабибулла ТУРАНОВ
Khabibulla T. TURANOV

Туранов Хабибулла Туранович *– доктор технических наук, профессор Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия.*
Гордиенко Андрей Александрович *– кандидат технических наук, ассистент кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» УрГУПС, Екатеринбург, Росси.*

Calculation of Time of Movement and Speed of a Car on the Intermediate Section of the Hump Yard under Tail Wind
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 86)

Динамика скатывания вагона с сортировочной горки на железнодорожной станции изучается в разных ее аспектах. В том числе этой темы неоднократно касались и авторы (см., в частности, «МТ», 2015, № 6). Однако в ранее сделанных расчетах не доставало оценок времени движения и скорости вагона на промежуточном участке горки при воздействии попутного ветра малой величины. Публикуемая статья восполняет этот пробел, знакомит с результатами вычислений, математическими и графическими зависимостями, позволяющими сделать определенные обобщения и выводы.

Ключевые слова: принцип Даламбера, классические формулы пути и скорости тел, железнодорожная станция, сортировочная горка, промежуточный участок, попутный ветер, время и скорость скатывания вагона.

Результаты аналитических исследований движения вагона по уклону сортировочной горки, когда сила аэродинамического сопротивления $\overline{F}_{\text{гв}}$ попутного ветра зависит от квадрата скорости, т.е. $\overline{F}_{\text{гв}} = f(\overline{v}^2_{\text{гв}})$ (где $\overline{v}_{\text{гв}}$ – относительная скорость ветра по отношению к вагону), изложены в [1–5]. При этом в [3–5] приведены данные вычислительных экспериментов с построением графических зависимостей скорости скатывания вагона от уклона горки. Однако аналитические формулы для определения скорости вагона при его движении по уклону сложны для практического использования. Именно потому в [6–16] исследованы случаи, когда сила аэродинамического сопротивления $\overline{F}_{\text{гв}}$ попутного ветра малой величины (например, при попутном ветре 2–4 м/с) линейно зависит от наветренной площади вагона с грузом, $F_{\text{гв}} = f(A_{\text{нав}})$. Такой подход широко применяется в задачах крепления грузов на вагонах [17], в которых принято, что удельное давление, приходящееся на 1 м^2 площади вагона с грузом, равно 0,5 кН/м^2.

В [6–8] сделаны попытки построения упрощённой математической модели движения вагона на скоростных участках горки и первой тормозной позиции при воздействии попутного ветра малой величины, но в них допущены некоторые неточности при представлении диаграммы скорости попутного ветра и скорости движения вагона по уклону. Эти неточности, по сути, не повлияли на результаты вычислений времени движения и скорости скатывания вагона, изложенные в [9, 10], что связано с незначительным углом уклона горки ψ_0, поскольку $\cos\psi_0 \approx 1$ [11].

В [12] показаны силовые соотношения, возникающие в системе «вагон-путь», они рассмотрены отдельно для участка горки до и после стрелочного перевода. В [13–15] исследовано движение вагона на участке первой тормозной позиции с затормаживанием при воздействии попутного ветра малой величины. При этом решена задача определения скорости вагона и его тормозного пути в зависимости от времени торможения, в том числе до остановки вагона.

Несмотря на значительное количество работ по изучению динамики скатывания вагона с горки, до сих пор отсутствуют примеры расчёта времени движения и скорости скатывания вагона на промежуточном участке (далее – ПР участке) сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины. Данная статья призвана сделать реальный шаг в этом направлении.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

В нашем случае движение вагона на ПР участке горки при попутном ветре, согласно [16], разделено на два этапа: на первом вагон движется до стрелочного перевода, на втором – после стрелки по кривому участку.

Требуется получить пример расчёта времени и скорости вагона по упрощённой методике, где по известной величине ПР участка горки $l_j = x(t_k)$ можно было бы найти время t_k, в течение которого происходит движение с заданной начальной скоростью до и после стрелочного перевода, а по величине времени – скорость вагона $v_{ek}(t_k)$. Здесь и далее, согласно [12], $k = 4$ соответствует учёту только сопротивления среды $F_{\text{ср.}}$ на ПР участке горки до стрелки

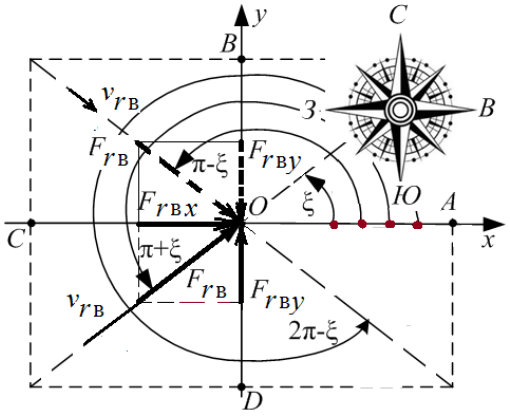


Рис. 1. Диаграмма попутного ветра юго-восточного или северо-восточного направлений.

и $k = 41$ – учёту воздействия сопротивления среды $F_{\text{ср.}}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{r\text{в}y}$; $k = 4$ с – учёту воздействия сопротивлений всякого рода (среды, стрелки, кривых, снега и инея) $F_{\text{с.}}$ на ПР горки после стрелки, $k = 41$ с – учёту воздействия сопротивлений всякого рода $F_{\text{с.}}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{r\text{в}y}$ и $k = 42$ с – одновременному учёту воздействия сопротивлений всякого рода $F_{\text{с.}}$, поперечной переносной силы инерции I_{ey} и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{r\text{в}y}$ (воздействия различных сопротивлений при движении вагона по кривому участку пути). Здесь и далее $j = 4$ соответствует случаю, когда $k = 4, 41, 42$, а $j = 4$ с – когда $k = 4$ с, 41 с, 42 с.

Общие подходы к решению задачи [12, 16] заключаются в следующем.

1. При рассмотрении движения вагона с сортировочной горки используются основной принцип Даламбера в координатной форме [23] и классические формулы скорости и пути из курса физики.

2. В условиях задачи и принятых предпосылках фигурирует случай, когда вагон по уклону сортировочной горки входит на ПР участок с заданной начальной скоростью v_{0k}. При входе одиночного вагона считаем, что он преимущественно будет испытывать воздействие внешних сил в виде собственной тяжести с грузом G, проекции силы аэродинамического сопротивления попутного ветра малой величины $F_{r\text{в}}$ (например, юго-восточного или северо-восточного направлений) по продольной оси Ox и поперечной оси Oy

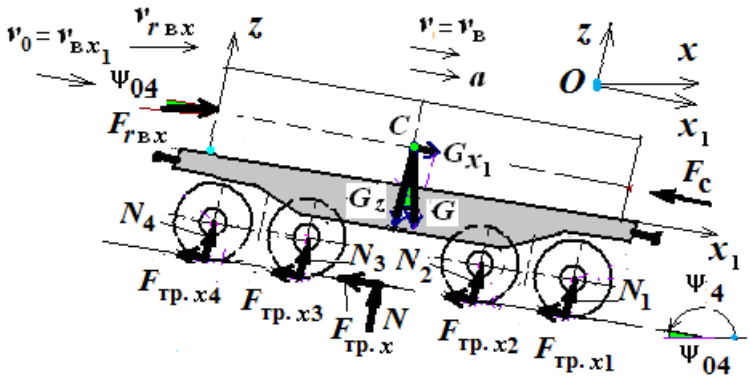


Рис. 2. Упрощённая расчётная модель движения вагона по профилю ПР участка горки при воздействии попутного ветра.

в виде $F_{rвх}$ и $F_{rвy}$, т.е. $\overline{F}_{rвх}, \overline{F}_{rвy} \in \overline{F}_{rв}$) (рис. 1), имея в виду, что в ней проекции силы аэродинамического сопротивления приняты зависящими только от площади наветренной поверхности вагона с грузом, как это бывает при решении задачи крепления грузов на вагонах [7].

На рис. 1 обозначено: $\overline{v}_{rв}$ – абсолютная скорость попутного ветра; $\varpi + \xi$ – направляющий угол вектора абсолютной скорости ветра $\overline{v}_{rв}$ относительно горизонтали (ось Ox) для юго-западного направления; $\overline{F}_{rв}$ – сила воздействия попутного ветра; $F_{rв.x}$ и $F_{rв.y}$ – проекции силы воздействия $\overline{F}_{rв}$ попутного ветра на Ox и Oy, т.е. $(\overline{F}_{rв.x}, \overline{F}_{rв.y}) \in \overline{F}_{rв}$. Заметим, что если ветер северо-восточного направления, то сила $F_{rвy}$ имеет противоположное направление.

3. При формировании расчётной модели движения вагона на ПР участке горки до стрелки принято предположение, что колёсные пары по рельсовым нитям движутся при чистом качении колёс относительно поверхности катания рельсовых нитей $F_{тр.к}$ и трения скольжения гребней колёс о боковую поверхность рельсовой нити $F_{тр.ск}$ при учёте воздействия проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{rвy}$, т.е. $F_{тр.x} = F_{\tau} = F_{тр.к} + F_{тр.ск}$. При движении вагона по кривому участку пути после стрелки кроме сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ следует учесть ещё воздействие поперечной переносной силы инерции I_{ey} и проекции силы $F_{rвy}$ на направления последней силы.

В соответствии с этим упрощённая расчётная модель движения вагона на ПР участке горки представлена на рис. 2, где O – начала подвижной системы координат Ox_1yz, жёстко связанной с вагоном; Ox – ось по горизонтали; ψ_{04} – угол уклона (спуска) ПР участка горки; $v_{rвх}$ – относительная скорость воздуха; $v_0 = v_{вх1}$ – начальная скорость вагона; $v_в$ –скорость вагона; $F_{с.} = F_{ср.}$ – сила сопротивления среды до стрелки, а после стрелки $F_{с.}$ – сила сопротивления всякого рода; N и $F_{тр.x}$ – нормальная и касательная составляющие реакции связей (рельсовых нитей). Причём $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ и $F_{тр.x} = F_{тр.x1} + F_{тр.x2} + F_{тр.x3} + F_{тр.x4}$ выступают как параллельные силы.

Таким образом, с использованием основного принципа Даламбера и классических формул пути и скорости тела по известной величине ПР горки $l_k = x(t_k)$ и в согласии с [16] определены время t_k, в течение которого вагон движется с заданной начальной скоростью v_{0k} до начала стрелочного перевода, а по величине времени t_k – скорость вагона $v_{ek}(t_k)$. Аналогично находятся время движения t_{kc} и скорость вагона $v_{ekc}(t_{kc})$ после стрелки до начала второй тормозной позиции.

УПРОЩЁННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Отметим, что представленные ниже формулы выведены нами ранее [12]. Оригинальными же результатами являются вычисленные величины сил, способствующие и/или препятствующие движению вагона на ПР участке горки, а также значения ускорений, времени движения и скорости скатывания вагона. Упрощённую последовательность расчёта скорости вагона на ПР участке до и после стрелочного перевода при воздействии попутного ветра аналогично [12, 16] можно представить следующим образом.

1. Рассмотрим случай проектирования горочной горловины на 24 пути. При проектировании сортировочной горки полную длину ПР участка l_k принимают согласно рекомендациям [24]. Например, уклон горки 9 промилле, $\psi_{04} = 0{,}009$ рад. ($\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$), длина участка до стрелки $l_4 = 20{,}001$ м, а после стрелки – $l_{4c} = 21{,}271$ м.

2. Рассчитывают проекции силы воздействия попутного ветра на вагон, например, юго-западного направления, по продольной Ox и поперечной Oy_1 оси (на рис. 2 ось Oy_1 не показана) в виде (2) [12], кН:

$$F_{гвх} = 0{,}5A_т, F_{гвб} = 0{,}5A_б, \qquad (1)$$

где 0,5 – удельное давление на 1 м^2 площади, кН/м^2 [17]; $A_т$ – площадь торцевой поверхности вагона с грузом, м^2; $A_б$ – площадь боковой поверхности вагона с грузом, м^2. Допустим, если $A_т = 6{,}384$ и $A_б = 27{,}36$ м^2, то $F_{гв.x} = 3{,}192$ и $F_{гв.y} = 13{,}68$ кН.

3. Рассчитывают «сдвигающую» силу $F_{сд.x1}$ (т.е. проекцию силы тяжести вагона с грузом G_{x1} и силы воздействия попутного ветра $F_{гв.x}$ на направление скатывания вагона по оси Ox_1) – см. рис. 2 и (3) [12]:

$$F_{сд.x1} = G\sin(\psi_{0k}) + F_{гвх}\cos(\psi_{0k}), \qquad (2)$$

где G – сила тяжести вагона с грузом с учётом инерции вращающихся масс, кН.

Например, если $G = 908$ кН, $\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$, $F_{гв.x} = 3{,}192$ кН, $\cos(\psi_{04}) = 1$, то $F_{сд.x1} = 11{,}364$ кН.

4. Определяют силу трения качения $F_{тр.к}$ в зависимости от проекции силы тяжести вагона с грузом G_z и силы сопротивления попутного ветра $F_{гв.x}$ на направление оси Oz (см. рис. 2) как касательную составляющую реакции связи (рельсовых нитей) $F_τ$, которая согласно закону Кулона равна (см. (7) [12]):

$$F_{тр.к} = f_0\left(G\cos(\psi_{04}) + F_{гвх}\sin(\psi_{04})\right), \qquad (3)$$

где f_0 – некоторый приведённый коэффициент трения качения, учитывающий количество колёс в тележках, трение качения (по кольцам подшипника и колеса по рельсу) (обычно принимают $f_0 = 0{,}0001$) [1–5].

Допустим, если $f_0 = 0{,}0001$, $G = 908$ кН – сила тяжести вагона с грузом с учётом инерции вращающихся масс (колёсных пар) (без учёта этой инерции $G = 794$ кН при силе тяжести груза $G_{гр} = 650$ кН), $\cos(\psi_{04}) = 1$, $F_{гв.x} = 3{,}192$ кН, $\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$, то $F_{тр.x1} = F_{тр.к} = 0{,}094$ кН.

5. Находят силу трения скольжения $F_{тр.ск}$ от воздействия проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву} = F_{гв.б}$ с учётом данной силы как касательную составляющую реакции связи (рельсовых нитей) $F_τ$, которую согласно закону Кулона определяют из выражения (10б [12]):

$$F_{трб.x} = F_{тр.ск} = f_{ск0}F_{гву} = f_{ск0}F_{гбу}, \qquad (4)$$

где $f_{ск0}$ – коэффициент трения скольжения гребней колёс о боковую поверхность рельсовой нити (обычно принимают до $f_{ск0} = 0{,}25$) [12–14]. Например, если $f_{ск0} = 0{,}2$, $F_{гв.y} = F_{гбу} = 13{,}68$ кН, то $F_{трб.\,x} = F_{тр.ск} = 2{,}736$ кН.

6. На основе (3) и (4) вычисляют силу трения вдоль движения вагона как сумму сил трения качения $F_{тр.к}$ и сил трения скольжения $F_{тр.ск}$ с учётом воздействия проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гв.y}$ в виде

$$F_{тр.x1} = F_τ = F_{тр.к} + F_{тр.ск}. \qquad (5)$$

К примеру, если $F_{тр.к} = 0{,}094$, $F_{тр.ск} = 2{,}736$ кН, то $F_{тр.\,x1} = 2{,}954$ кН.

7. Определяют силы сопротивления движению вагона от среды $F_{ср.}$ в виде (10б) [12]:

$$F_{ср.} = k_{ср.}k_{нв.}G, \qquad (6)$$

где $k_{ср.}$ – коэффициент, учитывающий долю силы тяжести G при учёте сопротивления среды (обычно в пределах 0,0001–0,0005 при скорости попутного ветра от 2 до 4 м/с) [25, с. 182]; $k_{нв.}$ – коэффициент, учитывающий неточность вычислений $k_{ср.}$ (обычно принимают до 1). Скажем, если $k_{ср.} = 0{,}0003$, $k_{нв.} = 0{,}8$ и $G = 908$ кН, то $F_{ср.} = 0{,}218$ кН.

8. Вычисляют «удерживающие» силы $F_{удк.x1}$, оказывающие сопротивление движению вагона на ПР участке горки до и после стрелочного перевода в виде (см. (12) [16]):

$$F_{удк.x1} = F_{тр.к} + F_{ср.} + F_{тр.ск}; \qquad (7)$$

$$\begin{aligned} F_{удк.x1} &= f_0\left(G\cos(\psi_{04}) + F_{гвх}\sin(\psi_{04})\right) + \\ &+ (k_{ср.} + k_{стр.} + k_{с.и.} + k_{кр.})k_{нв.}G + \\ &+ f_{ск0}(I_{еу} + F_{гвб}\cos(\alpha_4)). \end{aligned} \qquad (8)$$

Здесь по-прежнему $k = 4$ соответствует воздействию только сопротивления среды $F_{ср.}$ на ПР участке горки до стрелки и $k = 41$ – учёту воздействия сопротивления среды $F_{ср.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$; $k = 4$ с – учёту воздействия сопротивлений всякого рода $F_{с.}$,

$k = 41$с – учёту воздействия сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$ и $k = 42$ с – учёту воздействия различных сопротивлений при движении вагона по кривому участку пути, кН. В (8) обозначено: α_4 – угол поворота кривых на ПР участке (обычно принимают в зависимости от количества пути на горочной горловине); $k_{стр.}$, $k_{с.и.}$ и $k_{кр.}$ – коэффициенты, учитывающие долю силы тяжести G, а также сопротивления стрелки, снега и инея, кривых (обычно принимают $k_{стр.} = 0{,}00015$, $k_{с.и.} = 0{,}00015$ (по данным [25] доходит до 0,00025) и $k_{кр.} = 0{,}00011$); I_{ey} – поперечная переносная сила инерции (чаще 3 кН и более).

9. По величинам «сдвигающей» $F_{сд.x1}$ и «удерживающей» $F_{удk.x1}$ сил вычисляют силу F_k, способствующую движению вагона на ПР участке до и после стрелочного перевода, кН:

$$F_k = F_{сд.x1} - F_{удk.x1}. \qquad (9)$$

Например, если $F_{сд.x1} = 11{,}364$ кН; $F_{уд4.x1} = 0{,}312$ кН, то $F_4 = 11{,}052$ кН – сила, при воздействии которой происходит движение вагона с ускорением на ПР участке до стрелки с учётом только сопротивления среды $F_{ср.}$, а с добавлением еще и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{уд41.x1} = 3{,}048$ кН, то есть $F_{41} = 8{,}316$ кН.

После стрелочного перевода значения этих сил с учётом воздействия только сопротивлений всякого рода $F_{с.}$, вычисленные по (2) и (8), таковы: $F_{сд.x1} = 11{,}364$ кН, $F_{уд4с.x1} = 0{,}611$ кН, $F_{4с} = 10{,}753$ кН; с учётом воздействия сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона – $F_{уд41с.x1} = 3{,}3$ кН, $F_{41с} = 8{,}064$ кН; с учётом воздействия различных сопротивлений и движения вагона по кривому участку пути – $F_{уд42с.x1} = 3{,}763$ кН, $F_{42с} = 7{,}6$ кН.

10. По значению силы F_k и массы вагона M с учётом инерции вращающихся частей находят ускорение вагона a_k при движении на рассматриваемом участке горки с ускорением, м/с^2 (см. (14) [12]):

$$a_k = \frac{F_k 10^3}{M}. \qquad (10)$$

Допустим, если $M = 5{,}484 \cdot 10^4$ кг – масса вагона с грузом с учётом инерции вращающихся частей вагона и $F_4 = 11{,}052$ кН, то ускорение вагона, при котором происходит ускоренное движение до стрелки при наличии сопротивления среды: $a_4 = 0{,}119$ м/с^2 (если учесть воздействие сопротивления среды и проекции ветра на боковую сторону вагона, то при $F_{41} = 8{,}316$ кН – $a_{41} = 0{,}09$ м/с^2). При движении вагона после стрелки по кривому участку пути при воздействии сопротивления всякого рода $F_{с.}$: $F_{4с} = 10{,}753$ кН и $a_{4с} = 0{,}116$ м/с^2; при воздействии сопротивления всякого рода $F_{с.}$ с учётом воздействия проекции ветра на боковую сторону вагона при $F_{41с} = 8{,}064$ кН – $a_{41с} = 0{,}087$ м/с^2; при воздействии сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ с учётом движения вагона по кривой $F_{42с} = 7{,}6$ кН – $a_{42с} = 0{,}082$ м/с^2.

11. Вычисляют время t_k, в течение которого происходит прямолинейное равноускоренное движение вагона на ПР участке горки длиной l_k, м (см. (16) [12]):

$$t_k = \frac{-v_{0k} + \sqrt{v_{0k}^2 - 2a_k l_j}}{a_k}, \qquad (11)$$

где v_{0k} – начальная скорость вагона (при входе на ПР участок), м/с.

По данным расчётов предыдущих участков, согласно разработанной нами программы проектирования по всей длине сортировочной горки, примем $v_{04} = 5{,}933$ м/с с учётом воздействия только сопротивления среды $F_{ср.}$ на ПР участке до стрелки, а с учётом воздействия сопротивления среды и проекции ветра на боковую сторону вагона – $v_{041} = 5{,}575$ м/с. При движении вагона после стрелки $v_{04с} = 6{,}323$ м/с с учётом воздействия только сопротивления всякого рода $F_{с.}$, при воздействии сопротивления всякого рода и проекции ветра на боковую сторону вагона $v_{041с} = 5{,}889$ м/с, а при воздействии сопротивлении всякого рода с учётом движения вагона по кривой $v_{042с} = 6{,}14$ м/с.

Например, если $v_{04} = 5{,}993$ м/с, $a_4 = 0{,}119$ м/с^2, $l_4 = 20{,}001$ м, то время скатывания вагона на ПР участке до стрелки при воздействии только сопротивления среды – $t_4 = 3{,}264$ с и при воздействии сопротивления среды и проекции ветра на боковую сторону вагона (т.е. $v_{041} = 5{,}575$ м/с и $a_{41} = 0{,}09$ м/с^2) – $t_{41} = 3{,}489$ с. При движении после стрелки, если $v_{04с} = 6{,}323$ м/с, $a_{4с} = 0{,}116$ м/с^2, $l_{4с} = 21{,}271$ м, то время скатывания вагона при воздействии только сопро-

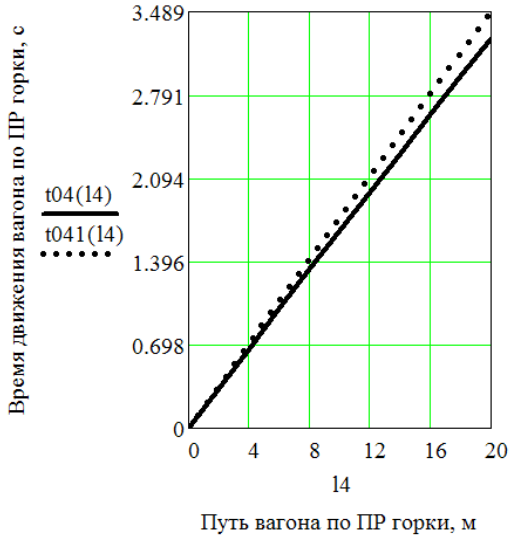


Рис. 3. Графическая зависимость времени движения вагона на промежуточном участке горки до стрелки от пройденного пути.

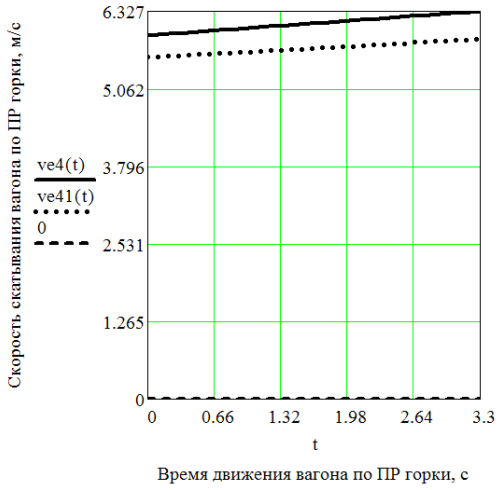


Рис. 4. Графическая зависимость скорости скатывания вагона на ПР участке горки до стрелки от времени движения.

тивлений всякого рода – t_{4c} = 3,266 с, при воздействии еще и проекции ветра на боковую сторону вагона (v_{041c} = 5,889 м/с и a_{41c} = 0,087 м/с^2) – t_{41c} = 3,521 с, а при воздействии сопротивлений всякого рода с учётом движения по кривому участку горки (v_{042c} = 6,14 м/с и a_{42c} = 0,082 м/с^2) – t_{42c} = 3,388 с.

При необходимости можно построить графическую зависимость $t_k = f(l_k)$.

12. Определяют скорость вагона на ПР участке горки до и после стрелки v_k по классической формуле курса физики, м/с (см. (13) [12]):

$$v_{ek}(t) = v_{0k} + a_k t. \qquad (12)$$

К примеру, для заданных исходных данных: v_{04} = 5,933 м/с, a_4 = 0,119 м/с^2, t_4 = 3,264 с на ПР участке до стрелочного перевода скорость вагона $v(t_4)$ = 6,323 м/с или 22,76 км/ч с учётом воздействия только сопротивления среды $F_{ср.}$; при v_{041} = 5,575 м/с, a_{41} = 0,09 м/с^2, t_{41} = 3,489 с с учётом воздействия сопротивления среды $F_{ср.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $v(t_{41})$ = 5,889 м/с или 21,2 км/ч. При движении после стрелочного перевода скорость вагона (v_{04c} = 6,323 м/с, a_{4c} = 0,116 м/с^2, t_{4c} = 3,266 с) $v(t_{4c})$ = 6,7 м/с или 24,1 км/ч с учётом только сопротивлений всякого рода $F_{c.}$, с учётом воздействия сопротивлений всякого рода $F_{c.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона (v_{041c} = 5,899 м/с, a_{41c} = 0,087 м/с^2, t_{41c} = 3,521 с) $v(t_{41c})$ = 6,19 м/с или 22,3 км/ч, а при воздействии сопротивлений всякого рода F_c с учётом движения вагона по кривой (v_{042c} = 6,14 м/с, a_{42c} = 0,00046 м/с^2, t_{42c} = 2,642 с) $v(t_{42c})$ = 6,42 м/с или 23,1 км/ч.

ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ И СКОРОСТИ СКАТЫВАНИЯ

Для примера покажем графические зависимости времени движения от длины пройдённого пути при l4 = 0,2...20 м и скорости скатывания вагона на ПР участке горки в любой момент времени t до стрелки при t = 0, 0,1...2.5 с (рис. 3 и 4).

Время движения вагона $t_k(l_k)$ в зависимости от длины участка сортировочной горки l_j при учёте воздействия только сопротивления среды $F_{ср.}$, а также сопротивления среды $F_{ср.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$ (то есть при j = 4, чему соответствуют k = 4; 41), которое следует из выражения (11).

Скорость скатывания вагона на ПР участке горки в любой момент времени t равноускоренного движения до стрелки вычисляют по (12):

ve4(t) = v04 + a4 • t – скорость вагона $v(t)$ при учёте воздействия только сопротивления среды $F_{ср.}$, м/с;

ve41(t) = v041 + a41 • t – скорость вагона $v(t)$ при учёте воздействия сопротивления среды $F_{ср.}$ и проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$, м/с.

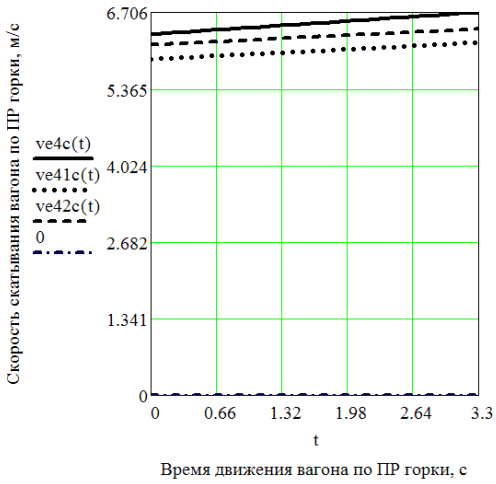


Рис. 5. Графическая зависимость скорости скатывания вагона на промежуточном участке горки после стрелки от времени движения.

Как видно, при равноускоренном движении вагона на ПР участке до стрелки при учёте сопротивления среды и ветра скорость его скатывания увеличивается линейно.

Скорости скатывания в любой момент времени t движения вагона равноускоренно после стрелки находят тем же способом (12):

ve4c(t) = v04c + a4c • t – скорость вагона $v(t)$ при воздействии только сопротивлений всякого рода (среды, стрелки, кривых, снега, инея) $F_{с.}$, м/с;

ve41c(t) = v041c + a41c • t – скорость $v(t)$ при воздействии сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ и с учётом проекции ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$, м/с;

ve42c(t) = v042c + a4c • t – скорость $v(t)$ при воздействии сопротивлений всякого рода $F_{с.}$ и с учётом движения вагона по кривому участку горки $F_{гву}$, м/с.

Результаты вычислений представлены на рис. 5.

Как следует из рис. 5, скорости скатывания вагона после стрелки при одновременном учёте воздействия сопротивлений всякого рода (среды, стрелок, снега, инея, кривых, ветра) тоже увеличиваются линейно.

Обобщая результаты расчетов с учётом воздействия только сопротивления среды $F_{ср.}$ и ветра, можно отметить, что если время движения вагона до стрелки, например, при $k = 4$ составляет $t_4 = 3{,}264$ с, скорость $v(t_4) = 6{,}323$ м/с или 22,76 км/ч при скорости входа на участок $v_{04} = 5{,}933$ м/с, а при $k = 41$: $t_{41} = 3{,}489$, $v(t_{41}) = 5{,}889$ м/с или 21,2 км/ч, $v_{041} = 5{,}575$ м/с, то аналогичные данные после стрелки с учётом воздействия сопротивлений всякого рода (среды, стрелок, снега, инея, кривых) $F_{ср.}$ и ветра при $k = 4$ с будут равны: $t_{4c} = 3{,}266$ с, $v(t_{4c}) = 6{,}7$ м/с или 24,1 км/ч, а при $k = 41$ с: $v_{041c} = 5{,}589$ м/с, $t_{41c} = 3{,}521$ с, $v(t_{41c}) = 6{,}2$ м/с или 22,3 км/ч.

Результаты расчетов показывают, что независимо от того, движется ли вагон до стрелки или после нее, при воздействии только сопротивления среды $F_{ср.}$ или же совместно с проекцией ветра на боковую сторону вагона $F_{гву}$, либо сопротивлений всякого рода (среды, стрелки, снега, инея, кривых) $F_{с.}$ с учётом прохождения по кривому участку горки происходит равноускоренное движение вагона. При этом время движения практически не меняется: с $t_4 = 3{,}264$ с (при $k = 4$) до $t_{4c} = 3{,}266$ с (при $k = 4$ с), а скорости скатывания вагона увеличиваются с $v_{04} = 5{,}933$ м/с до $v(t_{4c}) = 6{,}7$ м/с (при $k = 4$) и с $v_{041c} = 5{,}575$ м/с до $v(t_{41c}) = 6{,}2$ м/с (при $k = 4$ с).

ВЫВОДЫ

1. Силовые соотношения, которые имеют место в системе «вагон-путь» на ПР участке при воздействии попутного ветра малой величины с учётом различных видов сопротивлений (среды, стрелки, снега, инея, кривых, ветра) до и после стрелки, позволили определить ускорение вагона при его движении по уклону сортировочной горки.

2. Предложенная упрощённая последовательность расчёта дает возможность по известному значению длины ПР участка горки до и после стрелки l_j найти время движения вагона t_k при различных условиях (воздействие только сопротивлений всякого рода, проекции ветра на боковую сторону вагона и др.), а затем и скорость его скатывания в конце участка $v_k(t_k)$.

3. Расчётами установлено, что на ПР участке горки при воздействии попутного ветра малой величины независимо от учёта различных видов сопротивлений (среды, стрелки, снега и инея, кривых, ветра) до и после стрелки происходит

равноускоренное движение вагона, что означает увеличение скорости его выхода с данного участка по сравнению со скоростью входа на него.

ЛИТЕРАТУРА

1. Turanov, K. T. The dynamics of the wagon rolling down the hump profile under the impact of fair wind. Direct Research Journals of Engineering and Information Technology (DRJEIT). Vol. 2(2). pp. 17–24. May 2014. JSSN2354–4155 (http://directresearchpublisher.org/drjet /archive/ 2014/May/pdf/ Turanov.pdf).

2. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Analitical Determination of Conditions of Wagon Rolling Doun Marshslling Hump Profiles. *Open Acces Library Journal*, 2, e1912. doi: http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101912. pp. 1–11.

3. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Уточнённые математические модели скорости скатывания вагона по уклону горки при воздействии силы тяжести и попутного ветра // Транспорт: наука, техника, управление.– 2015.– № 1.– С. 15–21.

4. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Упрощённые математические модели движения вагона по уклону горки при воздействии силы тяжести и попутного ветра // Транспорт: наука, техника, управление.– 2015.– № 3.– С. 20–24.

5. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Исследование движения вагона на прямом участке горки при воздействии попутного ветра // Транспорт: наука, техника, управление.– 2015.– № 4.– С. 44–49.

6. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Математическая модель времени скатывания вагона на первом скоростном участке сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины // Бюллетень транспортной информации.– 2015.– № 6.– С. 17–23.

7. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Аналитическое определение времени скатывания вагона на втором скоростном участке сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины // Наука и техника транспорта.– 2015.– № 2.– С. 73–81.

8. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Определение времени и скорости скатывания вагона перед первой горочной тормозной позицией сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины // Транспорт: наука, техника, управление.– 2015.–№ 7.– С. 25–30.

9. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Новая методика расчёта времени и скорости скатывания вагона на первом скоростном участке сортировочной горки // Бюллетень транспортной информации.– 2015.– № 8. – С. 37–43.

10. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Пример расчёта времени и скорости скатывания вагона на втором скоростном участке сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины по новой методике // Наука и техника транспорта.– 2015.– № 3.– С. 63–70.

11. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А., Плахотич И. С. Новая методика расчёта времени и скорости вагона при его движении на участке первой тормозной позиции сортировочной горки при воздействии попутного ветра // Транспорт: наука, техника, управление.– 2015.– № 11.– С. 26–30.

12. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Myagkova, A. Analytical Description of Wagon Motion on the Second Speed Section of the Marshalling Hump with Switch Zone under the Impact of Fair Wind. Journal of Multidisciplinary Engineering Scince and Technology (JMEST), Vol. 2, Issue 11, November – 2015. ID: JMESTN42351205. Berlin, Germany. JSSN: 3159–0040 (Online).

13. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А., Плахотич И. С. Математическое описание движения вагона с торможением на участке первой тормозной позиции сортировочной горки при воздействии попутного ветра малой величины // Транспорт Урала.– 2015.– № 4.– С. 10–15.

14. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Plakhotich, I. S. Simplified Analytical Description of Wagon Movement with Braking Action on the Marshalling Hump Section of the First Braking Position under the Impact of Fair Wind. Science and Technology, Vol. 5, No. 4, December 2015, pp. 57–62. e-JSSN: 2163–2677. (ID: 104000150) doi: 10.5923/j.scit.201504.01).

15. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А., Плахотич И. С. Пример расчёта скорости вагона на участке первой тормозной позиции сортировочной горки с затормаживанием при воздействии попутного ветра // Бюллетень транспортной информации.– 2015.– № 12.– С. 24–29.

16. Туранов Х. Т., Гордиенко А. А. Движения вагона на сортировочной горке при попутном ветре // Мир транспорта.– 2015.– № 6.– С. 36–48.

17. Приложение 3 к СМГС «Технические условия размещения и крепления грузов». [Электронный ресурс]; http://osjd.org/doco/public/ru. Доступ 31.12.2015.

18. Рудановский В. М. Об определении удельных сопротивлений движению вагонов на путях с переменным уклоном // Вестник ВНИИЖТ.–1969.– № 1.– С. 46–50.

19. Старшов И. П. Определение воздушного сопротивления движению вагонов на сортировочных горках // Вестник ВНИИЖТ.– 1970.– № 6.– С. 16–20.

20. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок / Под ред. Е. А. Сотникова.– М.: Транспорт, 1975.– 104 с.

21. Устенко А. Б., Рудановский В. М., Фонарев Н. М. Оценка надежности и эффективности систем прицельного регулирования скорости движения вагонов на сортировочных горках // Повышение надежности технических средств на станциях: Сб. науч. трудов.– М.: Транспорт, 1984.– С. 21–35.

22. Кобзев В. А., Шмаль В. А. Особенности расчёта спускной части сортировочных горок методом покоординатного спуска // Наука и техника транспорта.– 2014. – № 1.– С. 17–20.

23. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики.– Т. II. Динамика.– М.: Наука, 1983.– 640 с.

24. Земблинов С. В., Страковский И. И. Альбом схем элементов станций и узлов.– М.: МПС, 1963.– 89 с.

25. Образцов В. Н. Станции и узлы.– Ч. II.– М.: Трансжелдориздат, 1938.– 492 с.

26. Кирьянов Д. В. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0.– СПб.: БХВ-Петербург, 2012.– 432 с.

Координаты авторов: **Туранов Х. Т.** – khturanov@yandex.ru, **Гордиенко А. А.** – gordiii89@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 31.12.2015, принята к публикации 16.05.2016.

CALCULATION OF TIME OF MOVEMENT AND SPEED OF A CAR ON THE INTERMEDIATE SECTION OF THE HUMP YARD UNDER TAIL WIND

Turanov, Khabibulla T., *Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.*
Gordienko, Andrey A., *Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.*

ABSTRACT

The dynamics of the car rolling from a hump yard at a railway station is studied in its various aspects. The authors have also touched upon this topic repeatedly (see, in particular, World of Transport and Transportation, 2015, Iss. 6). However, earlier reports lacked estimates of time of movement and speed of a car on the intermediate section of the hump yard under the influence of tail wind of low speed. The published article fills this gap, introduces the results of calculations, mathematical and graphical dependencies enabling to make certain generalizations and conclusions.

Keywords: principle of D'Alembert, classical formulas of path and velocity of bodies, railway station, hump yard, intermediate section, tail wind, time and speed of car's rolling.

Background. *The results of analytical studies of the car driving on the slope of the hump yard, when the force of aerodynamic tail wind resistance* $\bar{F}_{rw}$ *depends on the square of velocity, i.e.* $\bar{F}_{rw} = f(\bar{v}_{rw}^2)$ *(where* $\bar{v}_{rw}$ *is relative wind speed in relation to the car) are set forth in [1–5]. In [3–5], there are data of numerical experiments with construction of graphical dependences of car's rolling speed from the slope of the hump yard. However, the analytical formulas for determining car speed when it is moving on the slope are complicated for practical use. That is exactly why in [6–16] cases are studied where the airdynamic resistance force* $\bar{F}_{rw}$ *of tail wind of small value (for example, with tail wind of 2–4 m / s) depends linearly on the windward area of the car with a load* $F_{rw} = f(A_{ww})$.

This approach is widely used in fastening of loads on cars [17], in which it is assumed that the specific pressure per 1 m² of area of the car with load is equal to 0,5 kN / m².

In [6–8] attempts were made to construct a simplified mathematical model of car movement under the influence of tail wind of small value, but in them there are some inaccuracies in the presentation of diagram of tail wind speed and speed of car movement on the slope. These inaccuracies, in fact, did not affect the results of calculation on time of movement and speed of car's rolling, as set out in [9, 10], which is associated with a slight angle of inclination of the hump ψ_0, *since* $\cos\psi_0 \approx 1$ *[11].*

In [12] force relations are shown that arise in the system of «car-track», they are considered separately for the hump section before and after the turnout switch. In [13–15] car movement on the section of the first brake position with braking when exposed to tailwind of small value. In this the problem of determining car speed and braking distance according to braking time, including before the car stops, is solved.

Despite the large number of studies on dynamics of car's rolling from the hump, there are still no examples of calculation of travel time and speed of car's rolling on an intermediate section (hereinafter – INT section) of the hump yard when exposed to tailwind of small value. This article aims to make a real step in this direction.

Objective. *The objective of the authors is to calculate time of movement and speed of a car, when it moves on an intermediate section of the hump yard under tail wind.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, graph construction, mathematical calculation.*

Results.

Approaches to task solution

In this case, movement of car on INT section of the hump under tail wind according to [16] is divided into two phases: in the first one a car moves to the turnout switch, in the second – after the switch on the curved section.

It is necessary to receive a sample calculation of time and car speed by the simplified procedure where for the known value of INT section of the hump $l_j = x(t_k)$ *it will be possible to find time* t_k, *during which motion occurs at a predetermined initial speed before and after the turnout switch, and for the time value – car speed* $v_{ek}(t_k)$. *Hereinafter, according to [12], k = 4 corresponds to accounting of only environment resistance* F_{env} *on INT section of the hump to the switch and k = 41 to accounting of impact of environment resistance* F_{env} *and wind projection on a lateral side of the car* F_{rwy}; *k = 4c – to accounting of impact of resistance of any kind (environment, switches, curves, snow and frost)* F_r *on INT section of the hump after the switch, k = 41c – to accounting of impact resistance of any kind* F_r *and wind projection on a lateral side of the car* F_{rwy} *and k = 42 s – to simultaneous accounting of impact of resistance of any kind* F_r, *transverse inertial forces* I_{ey} *and wind projection on a lateral side of the car* F_{rwy} *(impact of different resistances when the car is moving on a curved section of the track). Hereinafter, j = 4corresponds to the case when k = 4, 41, 42, and j = 4s – when k = 4s, 41s, 42s.*

General approaches to task solution [12, 16] are as follows

1. In considering car movement from the hump yard the basic principle of D'Alembert in coordinate form [23] and the classic formula of speed and path from the physics course are used.

2. In the context of the tasks and taken assumptions a case arises where the car along the slope of the hump yard enters INT section with a given initial speed v_{0k}. *When a single car enters, we believe that it will be mainly influenced by external forces in the form of its own weight with load G, projection of aerodynamic drag force of tailwind of small value* F_{rw} *(e.g., south-east or north-east direction) along the longitudinal axis Ox and the transverse axis Oy as* F_{rwx} *and* F_{rwy}, *i.e.* $\bar{F}_{rwx}, \bar{F}_{rwy} \in \bar{F}_{rw}$ *) (Pic. 1), bearing in mind that in its projection of aerodynamic drag forces are taken as dependent only on the area of the windward surface of the car with cargo, as is in the case of dealing with the problem of fastening cargo on cars [7].*

Pic. 1 indicates: $\bar{v}_{rw}$ *– absolute speed of tailwind;* $\varpi + \xi$ *– directional angle of vector of absolute speed of wind* $\bar{v}_{rw}$ *relative to the horizontal (axis Ox) for south-west direction;* $\bar{F}_{rw}$ *– force of impact of tail wind;* $F_{rw.x}$ *and* $F_{rw.y}$ *– projections of impact force* $\bar{F}_{rw}$ *of a tail wind on Ox and Oy, i.e.* $(\bar{F}_{rw.x}, \bar{F}_{rw.y}) \in \bar{F}_{rw}$ *. Note that if the wind is of north-east direction, then the force* F_{rwy} *has an opposite direction.*

3. When forming the calculation model of movement of the car on INT section of the hump to the switch an assumption is made that the wheel sets on rail strands move under pure rolling of the wheels relative to the tread surface of rail lines $F_{rol.fr.}$ *and sliding friction of wheel flanges on the side surface of the rail line* $F_{sl.fr.}$ *by taking into account the impact of wind projection on a lateral side of the car* F_{rwy}*, i.e.* $F_{fr.x} = F_{\tau} = F_{rol.fr.} + F_{sl.fr.}$*. When the car is moving on a curved section of the track after the switch in addition to resistance of any kind* F_r *it is necessary also to take into account the impact of transverse inertial force* I_{ey} *and projections of force* F_{rwy} *on the direction of the latter force.*

In line with this simplified calculation model of movement of the car on INT section of the hump is shown in Pic. 2, where O is origin of the moving coordinate system Ox_1yz*, rigidly connected with the car; Ox is axis in horizontal direction;* ψ_{04} *is angle of slope (descent) of INT section of the hump;* v_{rwx} *is relative air speed;* $v_0 = v_{wx1}$ *is initial speed of the car;* v_w *is the speed of the car;* $F_r = F_{env.}$ *is force of resistance of environment before the switch and after the switch* F_r *is force of resistance of any kind; N and* $F_{fr.x}$ *are normal and tangential components of the reaction of links (of rail lines). And* $N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ *and* $F_{rr.x} = F_{fr.x1} + F_{fr.x2} + F_{fr.x3} + F_{fr.x4}$ *act as parallel forces.*

Thus, using the basic principle of D'Alembert and the classic formulas of path and speed of the body with the known value of INT section of the hump $l_k = x(t_k)$ *and in accordance with [16] are identified time* t_k*, in which the car is moving at a given initial speed* v_{0k} *to the beginning of the switch turnout and lwith the value of time* t_k *– car speed* $v_{ek}(t_k)$*. Similarly, time of movement* t_{kc} *and car speed* $v_{ekc}(t_{kc})$ *after the switch to the beginning of the second brake position are found.*

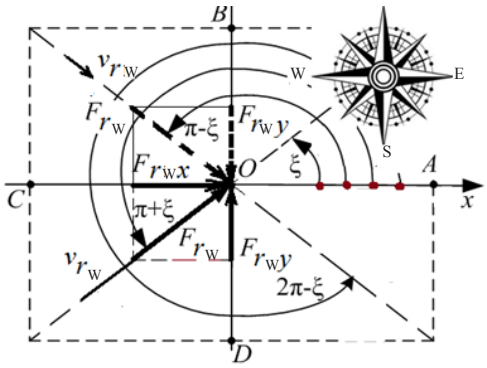
Simplified sequence of actions

Note that the following formulas were determined by us earlier [12]. The original results are calculated values of forces that promote and / or impede car movement on INT section of the hump, as well as the values of acceleration, time, motion and rolling speed of the car. A simplified sequence of calculating the car speed on INT section before and after the switch turnout under tail wind, as in [12, 16] can be represented as follows.

1. Let's consider a case of hump neck designing on track 24. When designing a hump yard the full length of INT section l_k *is taken according to the recommendations [24]. For example, the slope of the hump 9 ppm,* $\psi_{04} = 0{,}009$ *rad. (*$\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$*), the length of the section to the switch* $l_4 = 20{,}001$ *m, and after the switch –* $l_{4c} = 21{,}271$ *m.*

2. The projections of the impact force of a tail wind on the car, such as the south-western direction, along the longitudinal Ox and transverse Oy_1 *axis (in Pic. 2* Oy_1 *axis is not shown) in the form (2) [12], kN:*

$$F_{rwx} = 0{,}5A_e; \quad F_{rwl} = 0{,}5A_l, \qquad (1)$$



Pic. 1. Diagram of tailwind of south-east and north-east directions.

where 0,5 is specific pressure per 1 m^2 *of the area, kN/*m^2 *[17];* A_e *is area of end surface of a car with cargo,* m^2*;* A_l *is area of lateral surface of a car with cargo,* m^2*. For example, if* $A_e = 6{,}384$ *and* $A_l = 27{,}36$ m^2*, then* $F_{rw.x} = 3{,}192$ *and* $F_{rw.y} = 13{,}68$ *kN.*

3. The «shearing» force $F_{sh.x1}$ *is calculated (i.e., the projection of gravity force of the car with cargo* G_{x1} *and impact force of a tail wind* $F_{rw.x}$ *on the direction of car rolling on the axis* Ox_1*) – see Pic. 2 and (3), [12]:*

$$F_{sh.x1} = G\sin(\psi_{0k}) + F_{rwx}\cos(\psi_{0k}), \qquad (2)$$

where G is gravity force of a car with cargo, taking into account the inertia of rotating masses, kN.

For example, if G = 908 kN, $\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$*,* $F_{rw.x} = 3{,}192$ *kN,* $\cos(\psi_{04}) = 1$*, then* $F_{sh.x1} = 11{,}364$ *kN.*

4. Rolling friction force $F_{fr.rol}$ *is determined depending on the projection of gravity force of the car with a cargo* G_z *and a tail wind resistance force* $F_{rw.x}$ *on the direction of Oz axis (see Pic. 2) as the tangential component of reaction of connection (of rail lines)* F_{τ}*, which according to the Coulomb's law is (see (7), [12]):*

$$F_{fr.rol.} = f_0\left(G\cos(\psi_{04}) + F_{rwx}\sin(\psi_{04})\right); \qquad (3)$$

where f_0 *is some resulted rolling friction coefficient, taking into account the number of wheels in bogies, rolling friction (on bearing's rings and wheel on the rail) (usually take* $f_0 = 0{,}0001$*) [1–5].*

For example, if $f_0 = 0{,}0001$*, G = 908 kN – gravity force of a car with cargo taking into account the inertia of rotating masses (wheel sets) (excluding this inertia G = 794 kN at gravity force of cargo* $G_{cargo} = 650$ *kN),* $\cos(\psi_{04}) = 1$*,* $F_{rw.x} = 3{,}192$ *kN,* $\sin(\psi_{04}) = 0{,}009$*, then* $F_{fr.x1} = F_{fr.rol.} = 0{,}094$ *kN.*

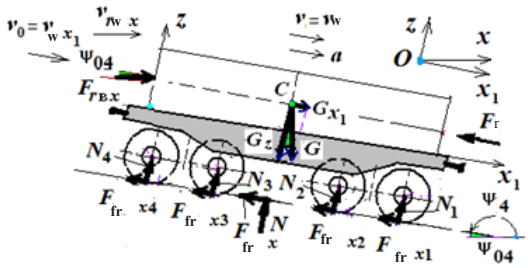
5. Sliding friction force $F_{fr.sl.}$ *from the influence of wind projection on a lateral side of the car* $F_{rwy} = F_{rw.l}$ *with account of this force as a tangential component of reaction of connection (of rail lines)* F_{τ}*, which according to Coulomb's law is determined by the expression (10b [12]):*

$$F_{\text{fr.l.x}} = F_{\text{fr.sl.}} = f_{\text{sl0}}F_{rwy} = f_{\text{sl0}}F_{rly}, \qquad (4)$$

where f_{sl0} *is coefficient of sliding friction of wheel flanges on the lateral surface of a rail line (usually take up to* $f_{sl0} = 0{,}25$*) [12–14]. For example, if* $f_{sl0} = 0{,}2$*,* $F_{rw.y} = F_{rly} = 13{,}68$ *kN, then* $F_{fr.l.x} = F_{fr.sl} = 2{,}736$ *kN.*

6. Based on (3) and (4) is calculated the frictional force along the car movement as the sum of rolling friction forces $F_{fr.rol}$ *and sliding friction forces* $F_{fr.sl}$*, taking into account the impact of wind projection on the lateral side of the car* $F_{rw.y}$ *in the form*

$$F_{\text{fr.x1}} = F_{\tau} = F_{\text{fr.rol}} + F_{\text{fr.sl}}. \qquad (5)$$



Pic. 2. Simplified calculation model of car movement on the profile of INT section of the hump under tail wind.

For example, if $F_{fr.rol.} = 0{,}094$, $F_{fr.sl.} = 2{,}736$ kN, then $F_{fr.x1} = 2{,}954$ kN.

7. Determine the Forces of resistance to movement of the car from the environment $F_{env.}$ as (10b) [12]:

$$F_{env.} = k_{env.} k_{in.} G, \qquad (6)$$

where $k_{env.}$ is coefficient, taking into account the share of gravity force G at accounting of environmental resistance (usually within 0,0001–0,0005 at a speed of tail wind from 2 to 4 m/s) [25, p. 182]; $k_{in.}$ is coefficient, taking into account the inaccuracy of calculations $k_{env.}$ (usually taken up to 1). For example, if $k_{env.} = 0{,}0003$, $k_{in.} = 0{,}8$ and G = 908 kN, then $F_{env.} = 0{,}218$ kN.

8. The «holding» forces $F_{shk.x1}$ are calculated resisting the movement of the car on INT section of the hump before and after the switch turnout in the form (see (12), [16]):

$$F_{shk.x1} = F_{fr.rol.} + F_{env.} + F_{fr.sl.}; \qquad (7)$$

$$F_{shk.x1} = f_0 \left(G\cos(\psi_{04}) + F_{rwx}\sin(\psi_{04}) \right) + (k_{env.} + k_{sw.} + k_{s.f.} + k_{cur.}) k_{in.} G + f_{sl0}(I_{ey} + F_{rew6}\cos(\alpha_4)). \qquad (8)$$

Here again k = 4 corresponds to the impact of only resistance of environment $F_{env.}$ on INT section of the hump to the switch and k = 41 – to accounting of impact of resistance of environment $F_{env.}$ and wind projection on a lateral side of the car F_{rwy}; k = 4c – to accounting of resistance of any kind $F_{r.}$; k = 41c – to accounting of impact of resistance of any kind $F_{r.}$ and wind projection on a lateral side of the car F_{rwy} and k = 42c – to accounting of impact of different resistances when the car is moving on a curved section of the track, kN. In (8) there are following indications: α_4 is rotation angle of curves on INT section (are usually taken depending on the number of tracks on the hump neck); $k_{sw.}$, $k_{s.f.}$ and $k_{cur.}$ – coefficients, taking into account the share of gravity force G, as well as resistance of the switch, snow and frost, curves (usually are taken $k_{sw.} = 0{,}00015$, $k_{s.f.} = 0{,}00015$ (according to [25] it comes to 0,00025) and $k_{cur.} = 0{,}00011$); I_{ey} – transverse inertial force (often 3 kN and more).

9. Using the value of «shearing» $F_{sh.x1}$ and «holding» $F_{holk.x1}$ forces is calculated force F_k, which facilitates the movement of the car on INT section before and after the switch turnout, kN:

$$F_k = F_{sh.x1} - F_{hol.k.x1}. \qquad (9)$$

For example, if $F_{sh.x1} = 11{,}364$ kN; $F_{hol4.x1} = 0{,}312$ kN, then $F_4 = 11{,}052$ kN – force, under which impact the car moves with acceleration on INT section before the switch, taking into account only the resistance of environment $F_{env.}$, and with addition of wind projection on a lateral side of the car $F_{sh41.x1} = 3{,}048$ kN, i.e. $F_{41} = 8{,}316$ kN.

After the switch turnout the values of these forces with account of influence of only resistance of any kind $F_{r.}$, calculated by (2) and (8), are such: $F_{sh.x1} = 11{,}364$ kN, $F_{sh4c.x1} = 0{,}611$ kN, $F_{4c} = 10{,}753$ kN; taking into account resistance of any kind $F_{r.}$ and wind projection on a lateral side of the car – $F_{sh41c.x1} = 3{,}3$ kN, $F_{41c} = 8{,}064$ kN; taking into account the influence of various resistances and movement of the car on a curved section of the track – $F_{sh42c.x1} = 3{,}763$ kN, $F_{42c} = 7{,}6$ kN.

10. According to the value of force F_k and the mass of the car M taking into account the inertia of rotating parts is calculated acceleration of the car a_k when moving on the considered section of the hump with acceleration, m / s² (see (14), [12]):

$$a_k = \frac{F_k 10^3}{M}. \qquad (10)$$

For example, if $M = 5{,}484 \cdot 10^4$ kg – mass of the car with cargo, taking into account the inertia of rotating parts of the car and $F_4 = 11{,}052$ kN, then acceleration of the car, when takes places accelerated movement before the switch in the presence of resistance of environment: $a_4 = 0{,}119$ m/s² (if consider the impact of resistance of environment and wind projection on a lateral side of the car, then at $F_{41} = 8{,}316$ kN – $a_{41} = 0{,}09$ m/s²). When the car moves after the switch on a curved section under the influence of resistance of any kind $F_{r.}$: $F_{4c} = 10{,}753$ kN and $a_{4c} = 0{,}116$ m/s²; under the influence of resistance of any kind $F_{r.}$ With account of impact of wind projection on lateral side of the car at $F_{41c} = 8{,}064$ kN – $a_{41c} = 0{,}087$ m/s²; under the influence of resistance of any kind $F_{r.}$ With account of movement of the car on a curved section $F_{42c} = 7{,}6$ kN – $a_{42c} = 0{,}082$ m/s².

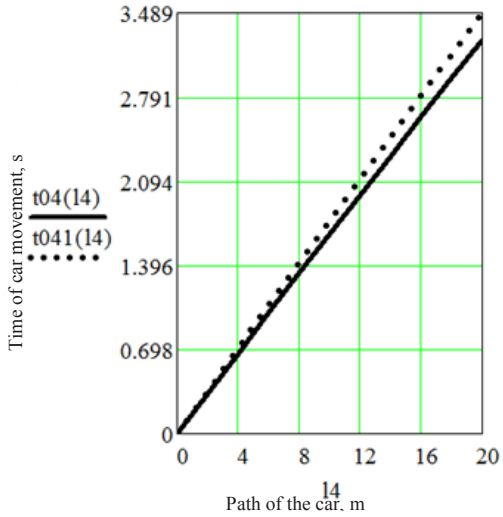
11. Time t_k, during which occurs rectilinear uniformly accelerated motion of the car on INT section with the length of l_k, m (see (16), [12]):

$$t_k = \frac{-v_{0k} + \sqrt{v_{0k}^2 - 2a_k l_j}}{a_k}, \qquad (11)$$

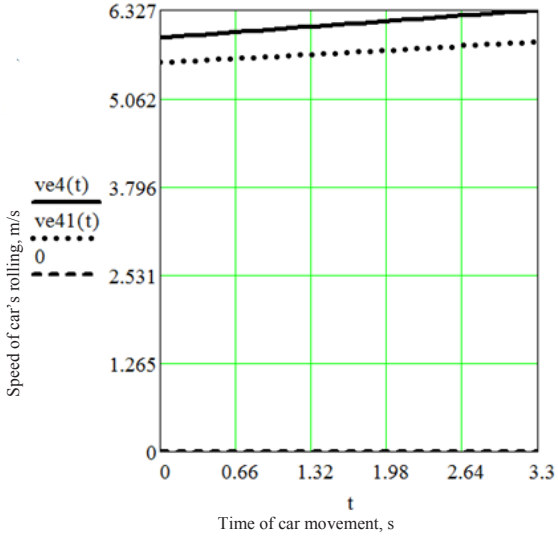
where v_{0k} is initial speed of the car (at the entrance to INT section), m/s.

According to the calculations of the previous sections, according to the design program which we have developed for the entire length of the hump yard, we assume that $v_{04} = 5{,}933$ m/s with account of the influence of only resistance of the environment $F_{env.}$ on INT section to the switch, but with account of the influence of resistance of environment and wind projection on lateral side of the car – $v_{041} = 5{,}575$ m/s. During movement of the car after the switch $v_{04c} = 6{,}323$ m/s with account of influence of only resistance of any kind $F_{r.}$, under the influence of resistance of any kind and wind projection on lateral side of the car $v_{041c} = 5{,}889$ m/s, and under the influence of resistance of any kind with account of movement of the car on a curved section $v_{042c} = 6{,}14$ m/s.

For example, if $v_{04} = 5{,}993$ m/s, $a_4 = 0{,}119$ m/s², $l_4 = 20{,}001$ m, the time of car's rolling on INT section to the switch under the influence of only resistance of environment – $t_4 = 3{,}264$ s and under the impact of resistance of environment and wind projection on



Pic. 3. Graphic dependence of car movement on the intermediate section of the hump to the switch on the distance covered.



Pic. 4. The graphic dependence of speed of car's rolling on INT section of the hump to the switch on time of movement.

lateral side of the car (i.e. v_{041} = 5,575 m/s and a_{41} = 0,09 m/s²) – t_{41} = 3,489 s. During movement after the switch, if v_{04c} = 6,323 m/s, a_{4c} = 0,116 m/s², l_{4c} = 21,271 m, then time of car's rolling under the influence of resistance of any kind – t_{4c} = 3,266 s, under the influence of also wind projection on lateral side of the car (v_{041c} = 5,889 m/s and a_{41c} = 0,087 m/s²) – t_{41c} = 3,521 s, and under the influence of resistance of any kind with account of movement on a curved section of the hump (v_{042c} = 6,14 m/s and a_{42c} = 0,082 m/s²) – t_{42c} = 3,388 s.

If necessary, it is possible to construct a graphic dependence $t_k = f(l_k)$.

12. Speed of the car on INT section of the hump before and after the switch v_k is determined according to the classical formula of physics course, m/s (see (13), [12]):

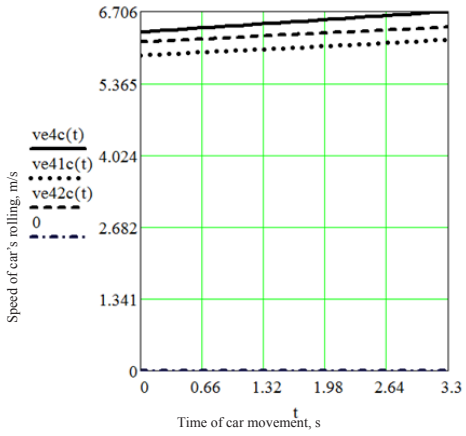
$$v_{ek}(t) = v_{0k} + a_k t. \qquad (12)$$

For example, for set initial data: v_{04} = 5,933 m/s, a_4 = 0,119 m/s², t_4 = 3,264 s on INT section to the switch turnout the speed of the car $v(t_4)$ = 6,323 m/s or 22,76 km/h with account of only resistance of environment $F_{env.}$; at v_{041} = 5,575 m/s, a_{41} = 0,09 m/s², t_{41} = 3,489 s with account of influence of resistance of environment $F_{env.}$ and wind projection on lateral side of the car $v(t_{41})$ = 5,889 m/s or 21,2 km/h. During movement after the switch turnout the speed of the car (v_{04c} = 6,323 m/s, a_{4c} = 0,116 m/s², t_{4c} = 3,266 s) $v(t_{4c})$ = 6,7 m/s or 24,1 km/h with account of only resistance of any kind F_r, with account of influence of resistances of any kind F_r and wind projection on lateral side of the car (v_{041c} = 5,899 m/s, a_{41c} = 0,087 m/s², t_{41c} = 3,521 s) $v(t_{41c})$ = 6,19 m/s or 22,3 km/h, but under the influence of resistances of any kind F_r, with account of movement of the car on a curved section (v_{042c} = 6,14 m/s, a_{42c} = 0,00046 m/s², t_{42c} = 2,642 s) $v(t_{42c})$ = 6,42 m/s or 23,1 km/h.

Graphic dependence of time and speed of rolling

We show as an example graphic dependencies of time of motion on the length of distance covered at l4: = 0,2..20 m – and speed of car's rolling on INT section of the hump at any time moment t to the switch at t = 0, 0,1…2,5 s. (Pic. 3 and 4).

Time of car movement $t_k(l_k)$ depending on the length of section of the hump yard l_k with account of only resistance of environment $F_{env.}$, as well as resistance of environment $F_{env.}$ and wind projection on lateral side of the car F_{rwy} (i.e. at j = 4, which



Pic. 5. The graphic dependence of speed of car's rolling on the intermediate section of the hump after the switch on time of movement.

corresponds to k = 4; 41), which follows from (11):

The speed of car's rolling on INT section of the hump at any time moment t of uniformly accelerated movement to the switch is calculated according to (12):

ve4(t) = v04 + a4·t – car speed v(t) with account of only resistance of environment $F_{env.}$, m/s;

ve41(t) = v041 + a41·t – car speed v(t) with account of impact of resistance of environment $F_{env.}$ and wind projection on lateral side of the car F_{rwy}, m/s.

As can be seen, in case of uniformly accelerated movement of the car on INT section to the switch with account of resistance of environment and wind its rolling speed increase linearly.

Rolling speed at any time moment t of car movement uniformly accelerated after the switch is found by the same method (12):

ve4c(t) = v04c + a4c·t – car speed v(t) under the influence of only resistance of any kind (environment, switch, curves, snow, frost) F_r, m/s;

ve41c(t) = v041c + a41c·t – speed v(t) under the influence of resistance of any kind F_r and with account of wind projection on lateral side of the car F_{rwy}, m/s;

ve42c(t) = v042c + a4c·t – speed v(t) under the influence of resistance of any kind F_r and with account of car movement on a curved section of the hump $F_{rwy.f}$, m/s.

The calculation results are shown in Pic. 5.

As follows from Pic. 5, speed of car's rolling after the switch at simultaneous account of resistance of any kind (environment, switches, snow, frost, curves, wind) increase also linearly.

Summarizing the calculation results with account of only resistance of environment $F_{env.}$ and wind, it can be noted, that if time of car movement to the switch, for example, at k = 4 is t_4 = 3,264 s, speed $v(t_4)$ = 6,323 m/s or 22,76 km/h at speed of car entrance to the section v_{04} = 5,933 m/s, and at k = 41: t_{41} = 3,489, $v(t_{41})$ = 5,889 m/s or 21,2 km/h, v_{041} = 5,575 m/s, then similar data after the switch with account of resistance of any kind (environment, switches, snow, frost, curves) $F_{env.}$ and wind at k = 4c will be: t_{4c} = 3,266 c, $v(t_{4c})$ = 6,7 m/s or 24,1 km/h, and at k = 41c: v_{041c} = 5,589 m/s, t_{41c} = 3,521 s, $v(t_{41c})$ = 6,2 m/s or 22,3 km/h.

The calculation results show that regardless of whether a car moves to the switch or after it, under the influence of only resistance of environment $F_{env.}$ or together with wind projection on lateral side of the car $F_{rwy.}$, or resistances of any kind (environment, switch, snow, frost, curves) F_r with account of car passing on the curved section of the hump occurs uniformly accelerated car movement. At the same time time of movement remains practically unchanged: from t_4 = 3,264 s (at k = 4) to t_{4c} = 3,266 s (at k = 4c), and speeds of car rolling increase from v_{04} = 5,933 m/s to $v(t_{4c})$ = 6,7 m/s (at k = 4) and from v_{041c} = 5,575 m/s to $v(t_{41c})$ = 6,2 m/s (at k = 4c).

Conclusions.

1. Power ratios that occur in the system «car-track» on INT section under tail wind of small value with account of different kinds of resistance (environment, switch, snow, frost, curves, wind) to and after the switch, allowed to determine acceleration of the car at its movement on the slope of the hump yard.

2. The proposed simplified sequence of calculation makes it possible using the known value of the length of INT section of the hump to and after the switche l_j to find time of car movement t_k under different conditions (influence of only resistances of any kind, wind projection on lateral side of the car etc.), and then speed of its rolling at the end of the section $v_k(t_k)$.

3. Calculation found that on INT section of the hump under tail wind of small value regardless of accounting of different kinds of resistance (environment, switch, snow and frost, curves, wind) before and after the switch occurs uniformly accelerated motion of the car, which means the increase of speed of its exit from this section compared to the speed of entrance into this section.

REFERENCES

1. Turanov, K. T. The dynamics of the wagon rolling down the hump profile under the impact of fair wind. *Direct Research Journals of Engineering and Information Technology (DRJEIT)*, May 2014, Vol. 2(2), pp. 17–24.

2. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Analytical Determination of Conditions of Wagon Rolling Down Marshaling Hump Profiles. *Open Access Library Journal*, 2015, Iss. 2, pp. 1–11.

3. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. The specified mathematical models of speed of car's rolling on the slope of the hump under the influence of gravity force and tailwind [*Utochnjonnye matematicheskie modeli skorosti skatyvanija vagona po uklonu gorki pri vozdejstvii sily tjazhesti i poputnogo vetra*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2015, Iss. 1, pp. 15–21.

4. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. The specified mathematical models of speed of car's rolling on the slope of the hump under the influence of gravity force and tailwind [*Utochnjonnye matematicheskie modeli skorosti*

skatyvanija vagona po uklonu gorki pri vozdejstvii sily tjazhesti i poputnogo vetra]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2015, Iss. 3, pp. 20–24.

5. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Research of car movement on the straight section of the hump under tail wind [*Issledovanie dvizhenija vagona na prjamom uchastke gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2015, Iss. 4, pp. 44–49.

6. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Mathematical model of time of car rolling on the first speed section of the hump yard under tail wind of small value [*Matematicheskaja model' vremeni skatyvanija vagona na pervom skorostnom uchastke sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra maloj velichiny*]. *Bulletin of Transport Information*, 2015, Iss. 6, pp. 17–23.

7. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Analytical determination of time of car from rolling on the second speed section of the hump yard under tail wind of small value [*Analiticheskoe opredelenie vremeni skatyvanija vagona na vtorom skorostnom uchastke sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra maloj velichiny*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2015, Iss. 2, pp. 73–81.

8. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Determination of time and speed of car rolling before the first hump braking position of the hump yard under tail wind of small value [*Opredelenie vremeni i skorosti skatyvanija vagona pered pervoj gorochnoj tormoznoj poziciej sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra maloj velichiny*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2015, Iss. 7, pp. 25–30.

9. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. New method of calculating time and speed of car rolling on the first speed section of the hump yard [*Novaja metodika raschjota vremeni i skorosti skatyvanija vagona na pervom skorostnom uchastke sortirovochnoj gorki*]. *Bulletin of Transport Information*, 2015, Iss. 8, pp. 37–43.

10. Turanov, K. T., Gordienko A. Example of calculation of time and speed of car's rolling at the second speed section of the hump yard under tail wind of small value using a new technique [*Primer raschjota vremeni i skorosti skatyvanija vagona na vtorom skorostnom uchastke sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra maloj velichiny po novoj metodike*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2015, Iss. 3, pp. 63–70.

11. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Plakhotich, I. S. The new method of calculating time and speed of the car when driving on a section of the first braking position of the hump yard under tail wind [*Novaja metodika raschjota vremeni i skorosti vagona pri ego dvizhenii na uchastke pervoj tormoznoj pozicii sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie*, 2015, Iss. 11, pp. 26–30.

12. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Myagkova, A. Analytical Description of Wagon Motion on the Second Speed Section of the Marshalling Hump with Switch Zone under the Impact of Fair Wind. *Journal of Multidisciplinary Engineering Scince and Technology (JMEST)*, Vol. 2, November 2015, Issue 11.

13. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Plakhotich, I. S. The mathematical description of movement of the car with braking at the site of the first braking position of the hump yard under tail wind of small value [*Matematicheskoe opisanie dvizhenija vagona s tormozheniem na uchastke pervoj tormoznoj pozicii sortirovochnoj gorki pri vozdejstvii poputnogo vetra maloj velichiny*]. *Transport Urala*, 2015, Iss. 4, pp. 10–15.

14. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Plakhotich, I. S. Simplified Analytical Description of Wagon Movement with Braking Action on the Marshalling Hump Section of the First Braking Position under the Impact of Fair Wind. *Science and Technology*, Vol. 5, December 2015, No. 4, pp. 57–62.

15. Turanov, K. T., Gordienko, A. A., Plakhotich, I. S. Example of calculation of speed of the car at the site of the first braking position of the hump yard with braking action under tail wind [*Primer raschjota skorosti vagona na uchastke pervoj tormoznoj pozicii sortirovochnoj gorki s zatormazhivaniem pri vozdejstvii poputnogo vetra*]. *Bulletin of transport information*, 2015, Iss. 12, pp. 24–29.

16. Turanov, K. T., Gordienko, A. A. Car movement at hump yard under tail wind. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 6, pp. 36–48.

17. Appendix 3 to SMGS «Specifications Cargo Stowage and Securing» [*Prilozhenie 3 k SMGS «Tehnicheskie uslovija razmeshhenija i kreplenija gruzov»*]. [Electronic resource] http://osjd.org/doco/public/ru. Last accessed 31.12.2015.

18. Rudanovsky, V. M. Determination of specific resistance to movement of cars on tracks with a variable slope [*Ob opredelenii udel'nyh soprotivlenij dvizheniju vagonov na putjah s peremennym uklonom*]. *Vestnik VNIIZhT*,1969, Iss. 1, pp. 46–50.

19. Starshov, I. P. Determination of air resistance to movement of cars on hump yards [*Opredelenie vozdushnogo soprotivlenija dvizheniju vagonov na sortirovochnyh gorkah*]. *Vestnik VNIIZhT*, 1970, Iss. 6, pp. 16–20.

20. The resistance to movement of freight cars when rolling from humps [*Soprotivlenie dvizheniju gruzovyh vagonov pri skatyvanii s gorok*]. Ed. by E. A. Sotnikov. Moscow, Transport publ., 1975, 104 p.

21. Ustenko, A. B., Rudanovsky, V. M., Fonarev, N. M. Evaluation of reliability and efficiency of the systems of target speed control of cars on hump yards [*Ocenka nadezhnosti i effektivnosti sistem pricel'nogo regulirovanija skorosti dvizhenija vagonov na sortirovochnyh gorkah*]. *Improving reliability of technical equipment at the stations: Collection of scientific works*. Moscow, Transport publ., 1984, pp. 21–35.

22. Kobzev, V. A., Schmal, V. A. Features of calculation of the sloping part of hump yards by drain by coordinate-wise descent method [*Osobennosti raschjota spusknoj chasti sortirovochnyh gorok metodom pokoordinatnogo spuska*]. *Nauka i tehnika transporta*, 2014, Iss. 1, pp. 17–20.

23. Loitsyansky, L. G., Lurie, A. I. Course of theoretical mechanics. Vol. II Dynamics [*Kurs teoreticheskoj mehaniki. T. II. Dinamika*]. Moscow, Nauka publ., 1983, 640 p.

24. Zemblinov, S. V., Strakovsky, I. I. Album of schemes of elements of stations and junctions [*Al'bom shem elementov stancij i uzlov*]. Moscow, MPS publ., 1963, 89 p.

25. Obraztsov, V. N. Stations and junctions [*Stancii i uzly*]. Part II. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1938, 492 p.

26. Kiryanov, D. V. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0. St. Petersburg, BVH-Petersburg publ., 2012, 432 p. ●

Information about the authors:
Turanov, Khabibulla T. – D.Sc. (Eng.), professor of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia, khturanov@yandex.ru.
Gordienko, Andrey A. – Ph.D. (Eng.), teaching assistant at the department of Stations, junctions and cargo work of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia, gordiii89@yandex.ru.

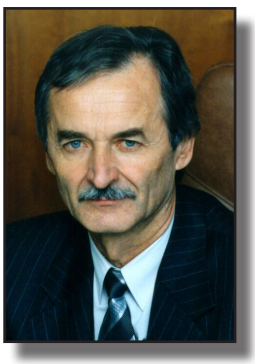
Article received 31.12.2015, accepted 16.05.2016.

УДК 656.223

Оптимизация оборота локомотивов с помощью системы «Лабиринт»



Сергей ВАКУЛЕНКО
Sergey P. VAKULENKO



Пётр КОЗЛОВ
Petr A. KOZLOV

Вакуленко Сергей Петрович *– кандидат технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Козлов Пётр Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ, президент научно-производственного холдинга СТРАТЕГ (Современные транспортные технологии государства), Москва, Россия.*

Optimization of Locomotives' Turnover with a «Labyrinth» System
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 100)

Проблема рационального использования локомотивов является довольно острой. Здесь нужно найти наилучший компромисс. При избыточном числе локомотивов меньше задержки поездов, но большие локомотивные затраты. При недостаточном – наоборот. Предлагается модель расчёта оптимальных режимов оборота поездных локомотивов при обслуживании поездопотока. Модель содействует дальнейшему развитию динамической транспортной задачи. Выдаются параметры движения поездов и использования локомотивов, строятся графики работы каждого из них. Дается оценка влияния числа локомотивов на мобильность поездов.

Ключевые слова: железная дорога, локомотив, поездопоток, модель, оптимизация, транспортная задача.

Рассчитать оптимальное число локомотивов при заданных стоимостных параметрах крайне трудно. Обычно расчёты сопровождаются ручными графиками оборота на весьма ограниченный период. Но если рассматривать полигон с несколькими сотнями локомотивов и период в несколько суток, то вариантов оборота локомотивов будет огромное множество. Нужна оптимизационная модель.

Здесь описывается система оптимизации оборота локомотивов «Лабиринт». Базой для построения модели служила динамическая транспортная задача [1]. При своем решении эта задача сводится к статической методом размножения во времени [2]. Проблема уже обсуждалась авторами в печати [3, 4]. Материал этой статьи представляет собой дальнейшее развитие предлагаемого подхода. Описываемая ранее модель превратилась в систему оптимизации оборота локомотивов, которая может стать оптимизирующим блоком в соответствующих АСУ.

МОДЕЛЬНЫЕ СЕКТОРА

Схема станции представляется в модели в виде трех частей – сектора входа (ин-

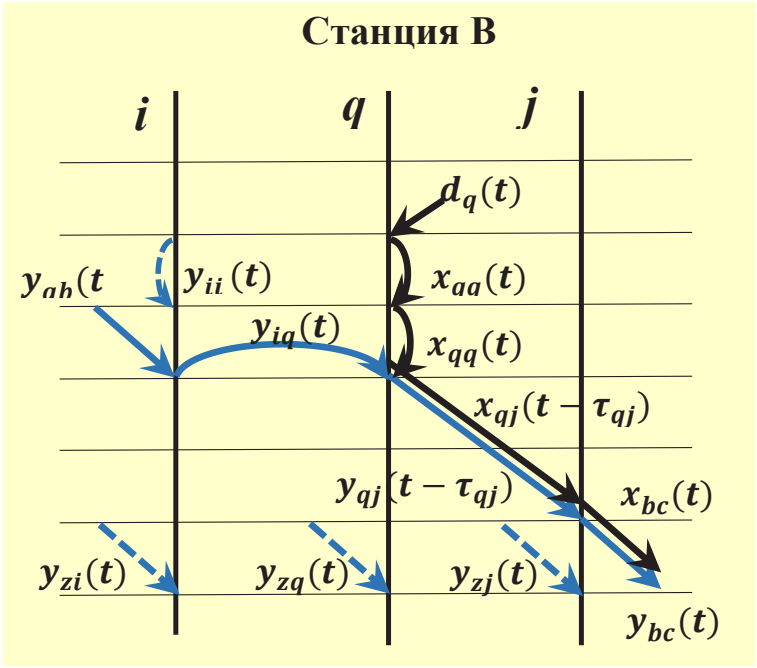


Рис. 1. Схема соединения локомотива с составом: i – сектор входа, j – сектор выхода, q – пункт зарождения составов.

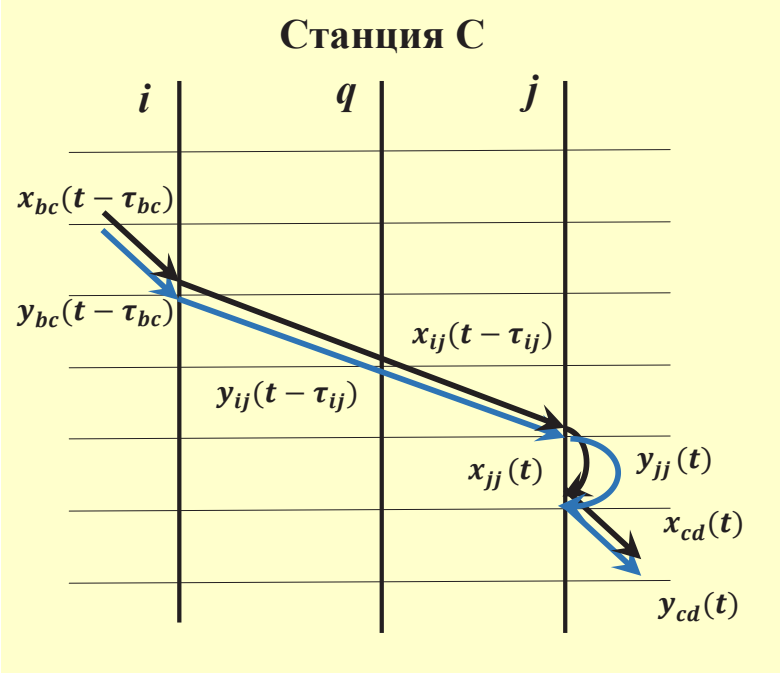


Рис. 2. Схема проследования поезда транзитом.

декс *i*), сектора выхода (индекс *j*) и пункта зарождения составов (индекс *q*).

В сектор входа прибывают поезда (составы с локомотивами) или локомотивы резервом. Из сектора выхода отправляются поезда (локомотивы с составами) или локомотивы резервом. В пункте зарождения составы появляются в соответствии с расписанием отправления поездов. Соединение локомотива с составом происходит в этом же пункте. На рис. 1 показан процесс соединения локомотива с составом. Локомотив прибыл в данном случае резервом с предыдущей станции (переменная $y_{ab}(t-\tau_{ab})$). Затем локомотив переходит в пункт *q*. Если здесь имеется состав (переменная $x_{qq}(t)\neq 0$), то локомотив соединяется с составом, образуя новый поезд. Поезд переходит в сектор отправления – переменные $y_{qj}(t-\tau_{qj})$ и $x_{qj}(t-\tau_{qj})$ – может затем отправиться на следующую станцию (переменные $y_{bc}(t)$ и $x_{bc}(t)$).

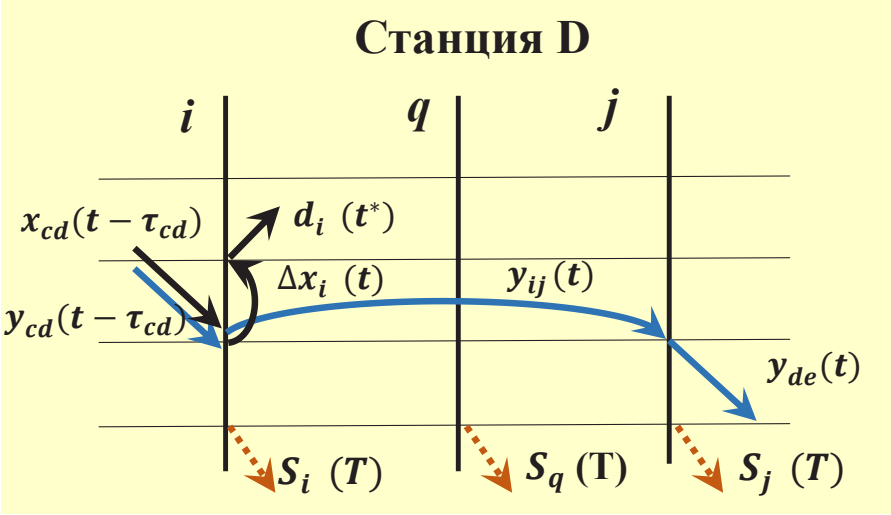


Рис. 3. Схема прибытия поезда на конечную станцию. Обратная дуга $\Delta x_i(t)$ – опоздание.

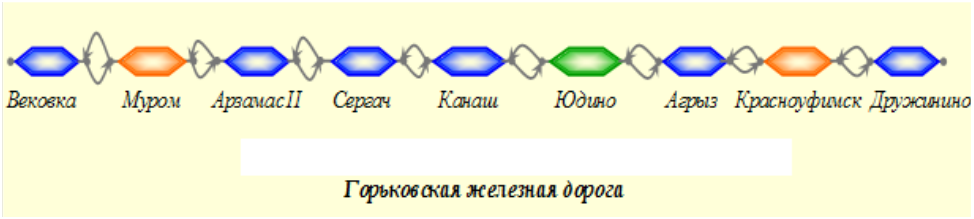


Рис. 4. Схема участка обращения локомотивов.

Если локомотив не нужен, то он ожидает во входном секторе (переменная $y_{ii}(t)$).

В модели вводится понятие пул свободных локомотивов (индекс z). Локомотивы в нем могут появляться в начале расчётного периода или по мере надобности. Во втором случае можно проводить эксперименты по определению числа необходимых локомотивов при заданных параметрах пропуска поездопотока. Локомотивы из пула могут поступать на станцию во все части (переменные $y_{zi}(t)$, $y_{zq}(t)$, и $y_{jq}(t)$).

Время перемещения из пункта в пункт обозначается символом τ. Например, $y_{ab}(t-\tau_{ab})$ будет обозначать число локомотивов, прибывших на станцию Б в момент t, но вышедших со станции А на время хода τ_{ab} раньше.

Проследование поезда станции транзитом отображается как совместное движение локомотива и состава (рис. 2).

Здесь совместно прибывают состав (переменная $x_{bc}(t-\tau_{bc})$) и локомотив (переменная $y_{bc}(t-\tau_{bc})$). Совместно они переходят из сектора входа в сектор выхода (переменные $x_{ij}(t-\tau_{ij})$ и $y_{ij}(t-\tau_{ij})$). Из-за невозможности отправить поезд возникают простои (переменные $x_{jj}(t)$ и $y_{jj}(t)$). Отправление поезда отображается переменными $x_{cd}(t)$ и $y_{cd}(t)$.

Для каждого поезда задается время прибытия без задержек. Прибытие фиксируется переменной $d_i(t^*)$ (рис. 3).

Если поезд прибыл позже, то формируется переменная опоздания $\Delta x_i(t)$. В этом случае локомотив либо уходит резервом (переменные $y_{ij}(t)$ и $y_{de}(t)$), либо остается в ожидании в секторе входа или выхода (переменные $y_{ii}(t)$ или $y_{jj}(t)$, см. рис.1).

В динамической транспортной задаче для потока должны быть заданы исток и сток. Для потоков, которые ко времени Т не дошли до своих стоков, вводятся искусственные стоки (переменные $S(T)$).

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Динамика составов в секторе входа

$x_{ab}(t-\tau_{ab}) = x_{ij}(t) + \Delta x_i(t) + d_i(t) + S_i(T)$, при $0 \le t \le T$.

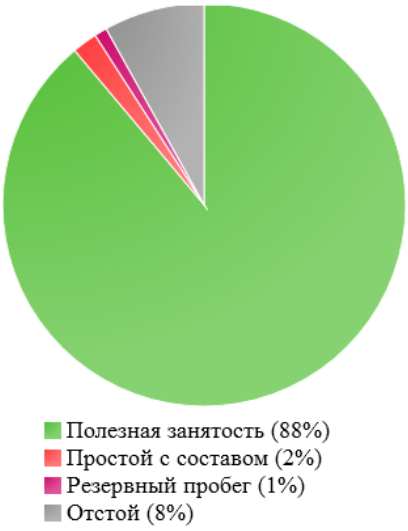


Рис. 5. Использование локомотивов.

Таблица 1

Параметры работы локомотивов

Локомотив	Полезная занятость	Отстой	Простои с составом	Резервный пробег	Число поездов
2461	[5] 16:08	01:36	04:00	00:00	6
2453	[5] 16:08	03:04	02:48	00:00	6
2496	[5] 16:00	04:16	02:16	00:00	8
2507	[5] 15:36	02:56	03:20	00:00	6
2559	[5] 15:36	01:52	02:40	00:32	5
2454	[5] 15:20	01:12	06:24	00:00	6

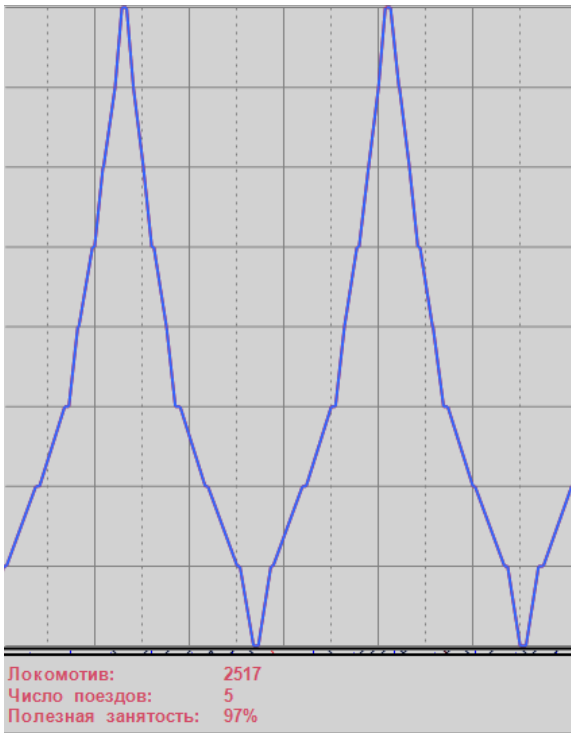


Рис. 6. График оборота локомотива без резервных пробегов.

Динамика составов в секторе выхода станции

$$x_{jj}(t) = x_{jj}(t\text{-}1) + x_{qj}(t-\tau_{qj}) + x_{ij}(t-\tau_{ij}) - x_{bc}(t) - S_j(T).$$

Отображение опоздания поездов

$$\Delta x_i(t) = x_{ab}(t-\tau_{ab}) - x_{ij}(t) - d_i(t),$$

$$\Delta x_i(t\text{-}1) = \Delta x_i(t) - d_i(t).$$

Здесь $\Delta x_i(t)$ – число опаздывающих поездов на шаге t.

Отображение ожидания составами локомотива

$$x_{qq}(t) = x_{qq}(t\text{-}1) + d_q(t) - x_{qj}(t) - S_q(T).$$

Баланс локомотивов в секторе входа

$$y_{ii}(t) = y_{ii}(t\text{-}1) + y_{zi}(t) - y_{ij}(t) - y_{iq}(t) + y_{ab}(t-\tau_{ab}).$$

Новый локомотив либо прибывает с предыдущей станции, либо привлекается из пула.



Рис. 7. Параметры продвижения поездопотока.

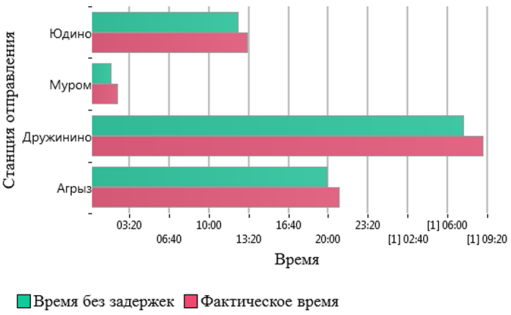


Рис. 8. Задержки поездов по отдельным струям потока.

Динамика локомотивов в секторе выхода

$$y_{jj}(t) = y_{ii}(t\text{-}1) + y_{ij}(t-\tau_{ij}) + y_{zj}(t) + y_{qj}(t-\tau_{qj}) - y_{bc}(t).$$

Баланс локомотивов в пункте зарождения составов

$$y_{iq}(t) + y_{zq}(t) = y_{qj}(t).$$

Дополнительные ограничения

Невозможность выхода состава в сектор выхода без локомотива

$$x_{qj}(t) = y_{qj}(t).$$

Состав в секторе выхода может быть только с локомотивом

$$x_{jj}(t) \le y_{jj}(t).$$

Невозможность отправления состава без локомотива

$$x_{ab}(t) \le y_{ab}(t).$$

Функционал

$$\sum_{t=0}^{T}\Big(c^c \sum_{k}^{k}(x_{jj}(t) + x_{qq}(t)) + c^o \sum_{k}^{k}\Delta x_i^k(t) + c_\beta^c \sum_{k}(y_{ii}^k(t) + y_{ij}^k(t) + y_{jj}^k(t)) + \sum_{\eta} c_\eta (y_\eta(t) - x_\eta(t))\Big) \to .$$

$$\to \min$$

Здесь:

– η – номер участка,

– k – номер станции,

– c^c – стоимость одного часа простоя состава,

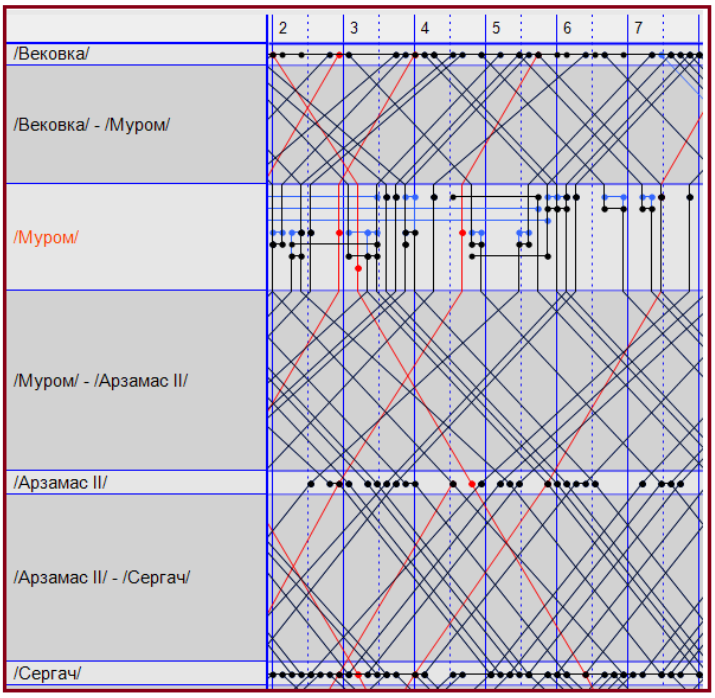


Рис. 9. График исполненного движения поездов.

– c^o – стоимость одного часа ожидания поезда на станции,

– c^c_β – стоимость одного часа использования локомотива.

Стоимости c^c, c^o, c^c_β приведены к одному такту моделирования.

– c_η – стоимость одного локомотивокилометра, умноженная на длину участка η.

Содержательный смысл слагаемых функционала

$c^c \sum_k (x^k_{jj}(t) + x^k_{qq}(t))$ – стоимость простоя составов на станциях (все затраты измеряются течение одного такта).

$c^o \sum_k \Delta x^k_i(t)$ – штраф за опоздание поезда.

$c^c_\beta \sum_k (y^k_{ii}(t) + y^k_{ij}(t) + y^k_{jj}(t))$ – стоимость использования локомотива. Технические операции на станции отображаются переменной $y^k_{ij}(t)$.

$\sum_\eta c_\eta (y_\eta(t) - x_\eta(t))$ – стоимость резервного пробега локомотива. Здесь из общих поездных затрат вычитается стоимость перемещения состава.

МОДЕЛЬ УЧАСТКА ОБРАЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Тестирование осуществлялось на участке Горьковской железной дороги Дружинино–Вековка (рис. 4).

Проведен ряд расчётов. Ниже приводятся некоторые результаты одного из них. Расчётный период был девять суток. Первые и двое последних – отбрасывались как переходные, чтобы учитывались только устойчивые периоды.

Параметры использования локомотивов на рис. 5.

Здесь видно, что резервный пробег сведен к минимуму. При ручном управлении достичь таких результатов невозможно, ибо число вероятных движений локомотивов за несколько суток миллиарды. Простой с составом включает в себя технические операции и простой под обгоном.

Можно посмотреть параметры работы каждого локомотива (таблица 1).

Содержимое таблицы можно упорядочивать по любому столбцу. Из каждой строчки можно выйти на график работы того или иного локомотива. При этом значительное число локомотивов вообще не имеет порожних пробегов (рис. 6).

В полезную занятость не входят простои с составом под обгоном. Аналогичная информация выдается и по движению поездов (рис. 7).

Как можно увидеть, ожидание составами локомотивов также сведено к минимуму.

Модель выдает информацию по движению поездов по каждому направлению (рис. 8).

Можно посмотреть исполненный график движения и параметры каждого поезда (рис. 9).

Модель позволяет проводить различные эксперименты, в том числе – расчёт оптимального числа локомотивов при заданных стоимостных параметрах, определение наилучшего расположения локомотивов на начало расчётного периода при заданной структуре поездопотока, оценку влияния числа локомотивов на продвижение поездов и др.

Для использования в оперативном планировании модель следует подключить к соответствующим информационным системам.

Для дополнительного исследования полученных результатов (см., напр., [4]) была построена имитационная модель этого же участка с теми же поездопотоками и технологическими нормативами. Управление оборотом локомотивов реализовано максимально близко к реальному диспетчерскому управлению, когда диспетчер принимает решение в оперативной обстановке, стремясь найти наиболее эффективные решения. Оценить влияние принятого решения на более или менее длительную перспективу диспетчер, конечно, не может из-за огромной многовариантности.

Многочисленные эксперименты показали, что обеспечить такой высокий уровень полезного использования локомотивов при ручном управлении невозможно (рис. 10). Здесь даже при 150 локомотивах возникают большие задержки поездов. Средняя полезная занятость составляет только порядка 75%. Задержки несколько

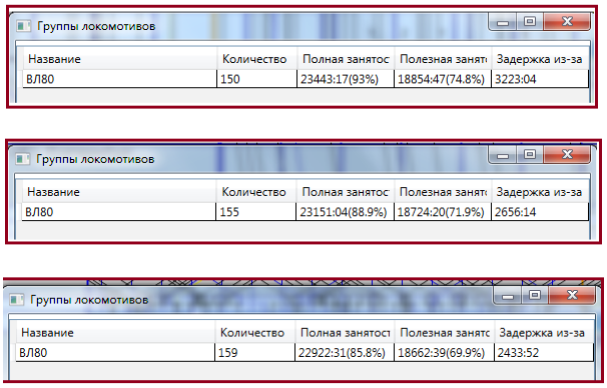


Рис. 10. Параметры работы локомотивов (имитационная модель). Разницу в таких результатах можно понять, если сравнить наиболее типичные графики оборота в оптимизационной модели (рис. 6) и в имитационной модели (рис. 11).

снижаются при увеличении числа локомотивов до 155 и 160.

На основе динамической транспортной задачи оптимизировать одновременно процесс продвижения поездопотока и технического обслуживания нельзя, поскольку потоки в этих процессах различные. Для них надо задавать пункты производства и потребления с ритмами их работы. В модели «Лабиринт» элементами потока являются составы, локомотивы прикрепляются к ним соответствующими ограничениями. А в задаче техобслуживания рассматриваются потоки локомотивов. Поэтому предлагается трехэтапное решение (рис. 12).

Расчетным периодом является предельное время работы локомотива без техобслуживания (обычно 4 суток). Первый этап – это расчет с помощью программы «Лабиринт» на весь период. Затем сервисная программа СП-1 определяет пункты остановки поездов по предельному времени работы локомотивов и формирует множество пунктов и моментов отправления для динамической транспортной задачи.

Затем формируется динамическая транспортная задача ДТЗЗ-Л, где элементами потока будут локомотивы, пунктом назначения искусственный сток, а депо обслуживания – транзитными пунктами (рис. 13).

Обозначения на рис. 13:

$u_{ij}^{k}(t)$ – поток локомотивов k-го типа от местонахождения до пункта технического обслуживания,

$u_{ij}^{k}(t)$ – локомотивы в ожидании обслуживания,

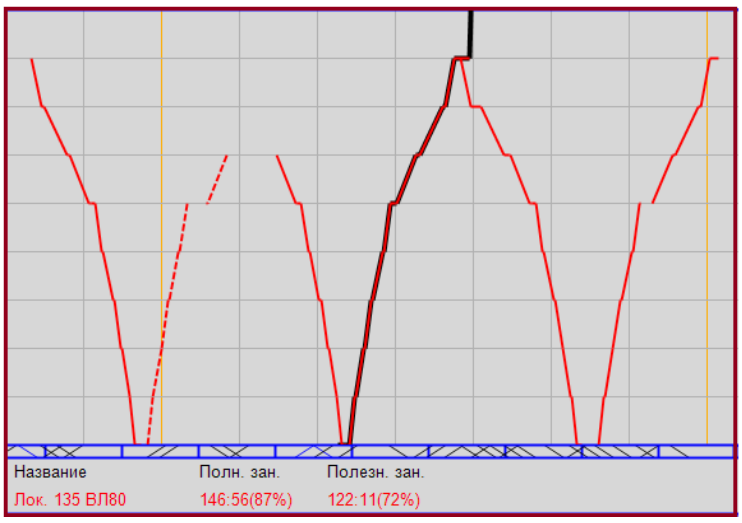


Рис. 11. Типичный график оборота локомотива в имитационной модели (пунктиром – резервные пробеги, разрывы – простои локомотива в ожидании состава)

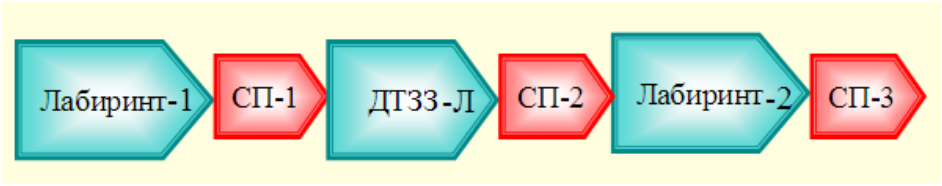


Рис. 12. Схема расчета оптимального оборота локомотивов с учетом техобслуживания (СП-1, СП-2, СП-3 – сервисные программы).

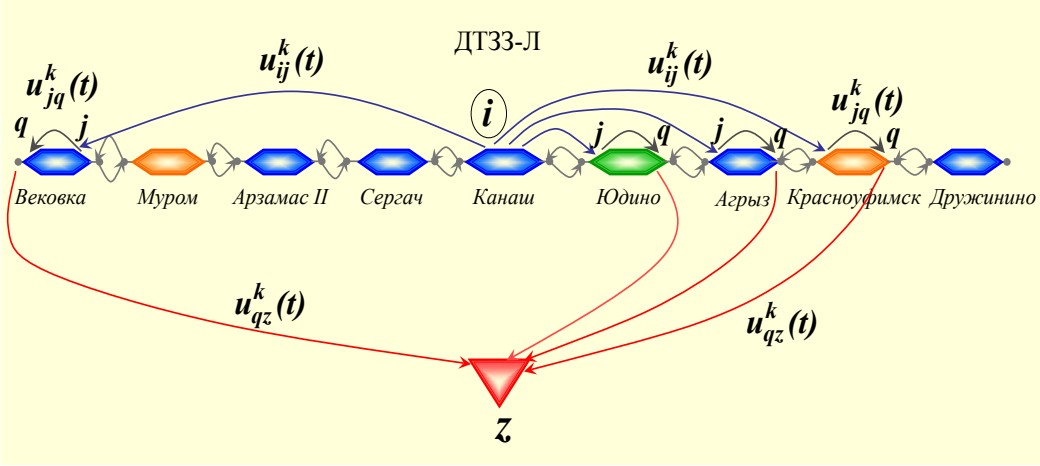


Рис. 13. Построение расчётной сети для ДТЗЗ-Л.

$u_{qz}^k(t)$ – поток по дуге до фиктивного стока z,

c_{ij}^k – стоимость движения локомотива до пункта технического обслуживания,

c_{jj}^k – стоимость простоя локомотива в ожидании обслуживания,

$c_{jz}^k = 0$ – для локомотивов всех типов.

Пути следования локомотивов к истоку обязательно проходят через все депо возможного обслуживания. Критерием является минимум суммарных затрат на резервные пробеги и простои в ожидании техобслуживания. Задача будет многопродуктовая, ибо различные локомотивы могут обслуживаться в разных депо.

После расчёта сервисная программа СП-2 определяет станции обслуживания и моменты времени готовности локомотивов. Эти множества, а также множества станций и моментов остановки поездов будут исходной информацией для второго расчёта модели «Лабиринт».

Сервисная программа СП-3 формирует общие результаты расчетов.

На каждом из трех этапов реализуется процесс строгой оптимизации. Строгого доказательства оптимальности совмещенного процесса нет. Но он, по всей вероятности, будет либо оптимальным, либо близким к этому.

Совмещённый процесс можно преобразовать в автоматизированную процедуру и превратить его в оптимизирующий блок в локомотивном АСУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов П. А., Миловидов С. П. Оптимизация структуры транспортных потоков в динамике при приоритете потребителей // Экономика и математические методы.– Т. XVIII.– Вып. 3. – М., 1982.– С. 521–531.

2. Козлов П. А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии / Дис... док. техн. наук.– Липецк: ЛПИ, 1986.– 377 с.

3. Козлов П. А., Вакуленко С. П. Расчет оптимальных режимов работы локомотивов при обслуживании поездопотоков // Транспорт Урала.– 2016.– № 1.– С. 3–8.

4. Вакуленко С. П. Модель расчета оптимальных режимов работы поездных локомотивов // Новая наука: опыт, традиции, инновации.– 2016.– № 8–2.– С. 97–104.

Координаты авторов: **Вакуленко С. П.** – vakulenko@miit.ru, **Козлов П. А.** – laureate_k@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.06.2016, принята к публикации 16.08.2016.

OPTIMIZATION OF LOCOMOTIVES' TURNOVER WITH A «LABYRINTH» SYSTEM

Vakulenko, Sergey P., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Kozlov, Petr A., *Research and industrial holding company Strateg, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The problem of rational use of locomotives is quite acute. Here it is necessary to find the best compromise. In case of excess of locomotives there are less delays of trains, but locomotive costs are higher. In case of insufficient number of locomotives the situation is reversed. A model for calculating the optimal modes of turnover of train locomotives serving train flow is offered. The model promotes the further development of the dynamic transport task. The parameters of trains movement and the use of locomotives are provided, work schedules for each of them are built. The impact of the number of locomotives on the train's mobility is estimated.

Keywords: railway, locomotive, train flow, model, optimization, transport task.

Background. *It is extremely difficult to calculate the optimum number of required locomotives basing on the given cost parameters. Usually the calculations are accompanied by hand-held schedules of turnover for a very limited period and under certain specific assumptions. But if we consider a network with several hundred locomotives and period of several days, the options of locomotives' turnover will be numerous. An optimization model is necessary.*

Objective. *The objective of the authors is to consider the issue of optimization of locomotives' turnover with the use of «Labyrinth» system.*

Methods. *The authors use general scientific and mathematical methods, graph construction, comparative analysis.*

Results. *The system of optimization locomotives' turnover «Labyrinth» is described in the article. The model is based on a dynamic transport task [1]. When solving, this task reduces to the static task by the method of reproduction over time [2]. The problem has been discussed by the authors in previous publications [3]. The material of this article is a further development of the proposed approach. A previously described model has become a system of optimization of locomotives' turnover, which can become an optimizing unit in the corresponding automated control systems.*

The station scheme is represented in the model as divided into three parts – input sector (index i), output sector (index j) and point of origin of gathered sets of railway wagons (index q).

The input sector englobes trains (sets of railway wagons with locomotives) or locomotives in reserve. The output sector is the point of departure of trains (locomotives with sets of railway wagons) or locomotives in reserve. At the point of origin sets of railway cars appear in accordance with train departure timetable. The coupling of a locomotive with a set of railway wagons occurs at the same point. Pic. 1 shows a process of coupling of a locomotive with a set of railay wagons. The locomotive arrived in this case as a reserve unit from the previous station (variable $y_{ab}(t-\tau_{ab})$). Then the locomotive goes to point q. If here there is a set of wagons (variable $x_{qq}(t)\neq 0$), then the locomotive is coupled with the set, making up a new train. The train goes to the departure sector (variables $y_{qj}(t-\tau_{qj})$ and $x_{qj}(t-\tau_{qj})$ and can then depart to the next station c (variables $y_{bc}(t)$ and $x_{bc}(t)$).

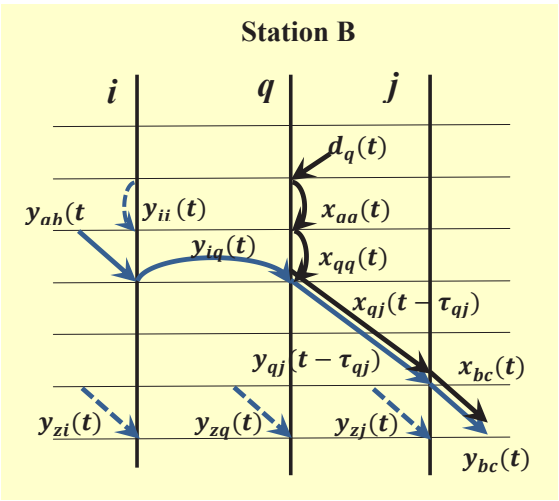
If the locomotive is not needed, it is waiting in the input sector (variable $y_{ii}(t)$).

The model introduces the concept of the pool of free locomotives (index z). Locomotives may appear there in the early calculation period or as required. In the second case, the experiments can be carried out to determine the number of locomotives required for the given parameters of handling of train flow. Locomotives may come from a pool to the station to all the sectors (variables $y_{zi}(t)$, $y_{zq}(t)$, and $y_{zj}(t)$).

The time of movement from point to point is denoted by τ. For example, $y_{ab}(t-\tau_{ab})$ will denote the number of locomotives arrived at the station B at time t, but departed from the station A earlier providing for the travel time τ_{ab}.

Movement of a train from a station in transit is displayed as the joint movement of the locomotive and the set of wagons (Pic. 2).

Here the set of wagons (variable $x_{bc}(t-\tau_{bc})$) and locomotive (variable $y_{bc}(t-\tau_{bc})$) arrive together. They



Pic. 1. Scheme of connection of a locomotive with a train: i – input sector, j – output sector, q – point of origin of compositions.

move from the input sector to the output sector together (variables $x_{ij}(t-\tau_{ij})$ and $y_{ij}(t-\tau_{ij})$). Due to impossibility to send the train delays occur (variables $x_{jj}(t)$ and $y_{jj}(t)$).

For each train arrival time without delays is set. Arrival is fixed by a variable $d_i(t^*)$ (Pic. 3).

If the train arrived later, the variable of delay $\Delta x_i(t)$ appears. In this case, locomotive either is left in reserve (variables $y_{ii}(t)$ and $y_{de}(t)$), or is waiting in the input or output sector (variables $y_{ii}(t)$ or $y_{jj}(t)$, see Pic. 1).

In the dynamic transport task for the flow source and drain should be specified. For flows, which to the time T did not come to their drains, artificial drains (variables $S_i(T)$) are introduced.

Basic equations

Dynamics of compositions in the input sector

$x_{ab}(t-\tau_{ab}) = x_{ij}(t) + \Delta x_i(t) + d_i(t) + S_i(T)$, at $0 \le t \le T$.

Dynamics of set of wagons in the output sector of the station

$x_{jj}(t) = x_{jj}(t-1) + x_{qj}(t-\tau_{qj}) + x_{ij}(t-\tau_{ij}) - x_{bc}(t) - S_j(T)$.

Display of train delay

$\Delta x_i(t) = x_{ab}(t-\tau_{ab}) - x_{ii}(t) - d_i(t)$,

$\Delta x_i(t-1) = \Delta x_i(t) - d_i(t)$.

Here $\Delta x_i(t)$ – number of delaying trains at the step t.

Display of sets of wagons waiting for a locomotive

$x_{qq}(t) = x_{qq}(t-1) + d_q(t) - x_{qj}(t) - S_q(T)$.

Balance of locomotives in the input sector

$y_{ii}(t) = y_{ii}(t-1) + y_{zi}(t) - y_{ij}(t) - y_{iq}(t) + y_{ab}(t-\tau_{ab})$.

A new locomotive either arrives from the previous station, or is taken from the pool.

Dynamics of locomotives in the input sector

$y_{jj}(t) = y_{ii}(t-1) + y_{ij}(t-\tau_{ij}) + y_{zj}(t) + y_{qj}(t-\tau_{qj}) - y_{bc}(t)$.

Balance of locomotives at the point of origin of sets of wagons

$y_{iq}(t) + y_{zq}(t) = y_{qj}(t)$.

Additional restrictions

Impossibility for sets of wagons to exit to the output sector without locomotive exit

$x_{qj}(t) = y_{qj}(t)$.

The set of wagons in the output sector can be only with the locomotive

$x_{jj}(t) \le y_{jj}(t)$.

Impossibility of train departure without the locomotive

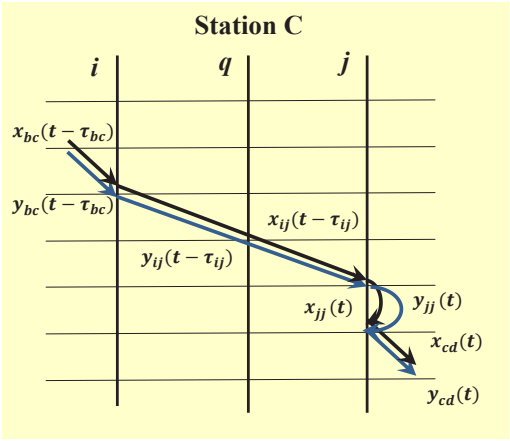
$x_{ab}(t) \le y_{ab}(t)$.

Functional

$$\sum_{t=0}^{T}\left(c^c \sum_k (x_{jj}^k(t) + x_{qq}^k(t)) + c^o \sum_k \Delta x_i^k(t) + c_\beta^c \sum_k (y_{ii}^k(t) + y_{ij}^k(t) + y_{jj}^k(t)) + \sum_\eta c_\eta (y_\eta(t) - x_\eta(t))\right) \to \min.$$

Here:

– η – number of a section,



Pic. 2. Scheme of train movement in transit.

– k – number of a station,

– c^c – cost of one hour of lay-over of the set of wagons,

– c^o – cost of one hour of train waiting at the station,

– c^c_β – cost of one hour of locomotive use.

Costs c^c, c^o, c^c_β are reduced to one simulation time-step.

– c_η – cost of one locomotive-kilometer, multiplied by the length of the section η.

Conceptual meaning of terms of the functional

$c \sum^k (x_{jj}(t) \quad x_{qq}^k(t))$ – cost of lay-over of sets of wagons at the stations (all costs are measures for one time-step).

$c^o \sum_k \Delta x_i^k(t)$ – penalty for train late arrival.

$c_\beta^c \sum_k (y_{ii}^k(t) + y_{ij}^k(t) + y_{jj}^k(t))$ – cost of locomotive use.

Technical operations at the station are represented by the variable $y_{ij}^k(t)$.

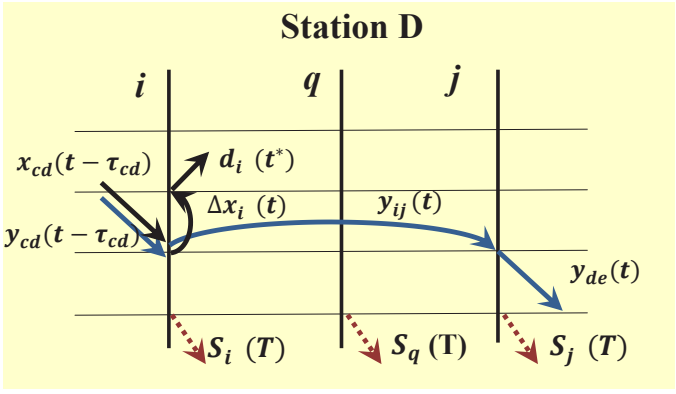
$\sum_\eta c_\eta (y_\eta(t) - x_\eta(t))$ – cost of reserve run of locomotive.

Here, the cost of set of wagons movement is deducted from general train expenses.

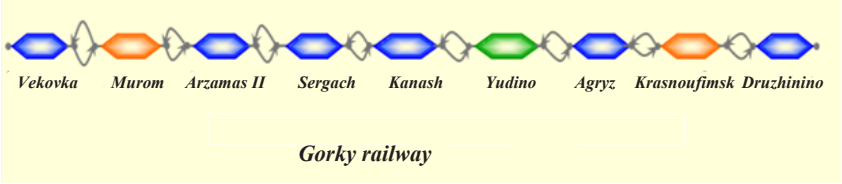
Model of the section of locomotives' handling

Testing was carried out at the section of the Gorky Railway Druzhinino–Vekovka (Pic. 4).

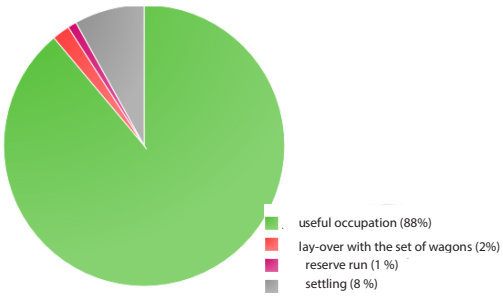
A number of calculations were carried out. The following are some of the results of one of them.



Pic. 3. Scheme of train arrival at the terminal station. Backward arc $\Delta x_i(t)$ – delay.



Pic. 4. The scheme of circulation of locomotives.

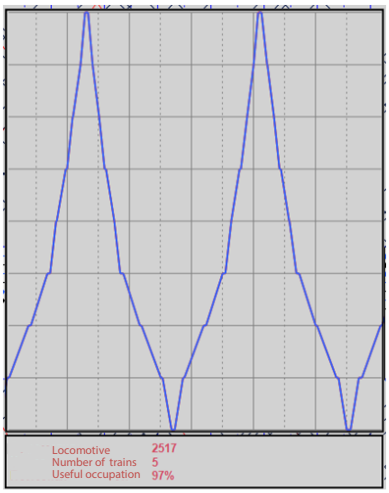


Pic. 5. Operation of locomotives.

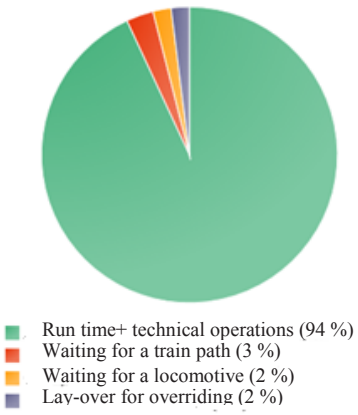
Table 1

Parameters of locomotives' work

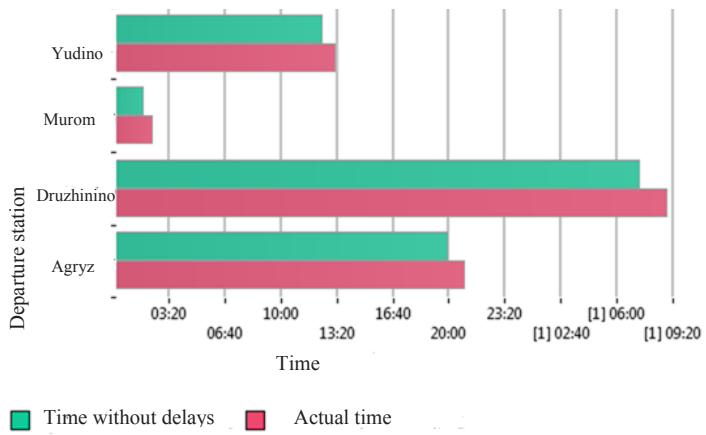
Locomotive	Useful operation	Settling	Lay -over with the set of wagons	Reserve run	Number of trains
2461	[5] 16:08	01:36	04:00	00:00	6
2453	[5] 16:08	03:04	02:48	00:00	6
2496	[5] 16:00	04:16	02:16	00:00	8
2507	[5] 15:36	02:56	03:20	00:00	6
2559	[5] 15:36	01:52	02:40	00:32	5
2454	[5] 15:20	01:12	06:24	00:00	6



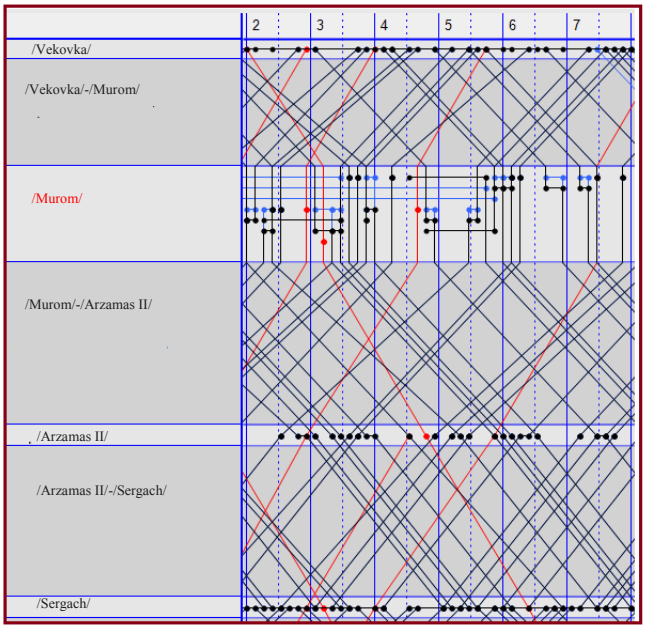
Pic. 6. The graph of locomotive turnover without reserve runs.



Pic. 7. Parameters of progress of a train flow.



Pic. 8. Train delays on individual jets of a flow.



Pic. 9. The graph of implemented motion of trains.

Estimated period was nine days. The first and the last two were rejected as transient to take into account only the stable periods.

Parameters of use of locomotives are shown in Pic. 5.

We can see here, that reserve run is minimized. In case of manual control it is not possible to achieve such results, because the number of possible movements of locomotives for a few days are billions. Lay-over with the set of wagons includes technical operations and lay-over for overriding.

It is possible to see the parameters of work of each locomotive (Table 1).

The contents of the table can be sorted by any column. From each line, it is possible to come to the work schedule of any locomotive. A considerable number of the locomotives do not have empty runs (Pic. 6).

The useful operation does not include lay-over with the set of wagons for overriding. The same information is displayed for the movement of trains (Pic. 7).

As we can see, sets' of wagons waiting for locomotives is also minimized.

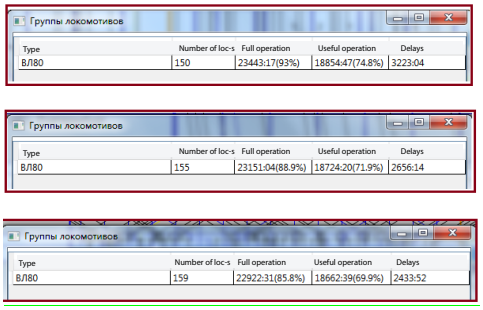
The model provides information on movement of trains in each direction (Pic. 8).

It is possible to see the implemented graph of motion and parameters of each train (Pic. 9).

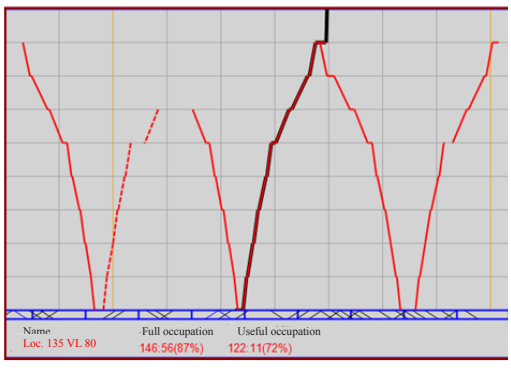
The model allows to carry out various experiments, including – calculation of the optimal number of locomotives for the given cost parameters, determining the best location of the locomotive at the beginning of calculation period for a given structure of a train flow, assessment of impact of the number of locomotives on progress of trains, etc.

For use in operational planning the model should be connected to the appropriate information systems.

For additional study of achieved results (see, e.g., [4]) an imitation model of the same section was built with the same train flows and technological standards. Locomotive turnover control was simulated as close to real dispatch management as possible, simulating making a decision in an operational environment, seeking to find the most effective solutions. Of course,



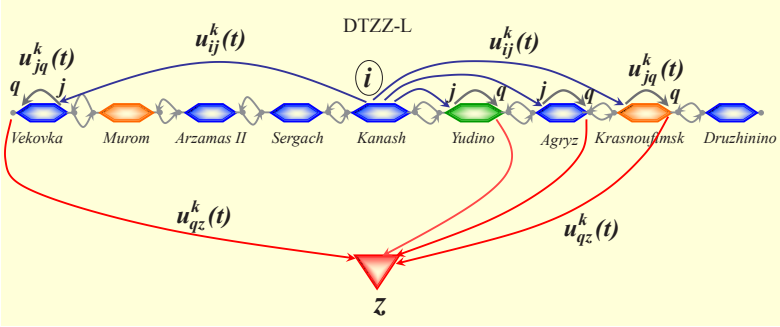
Pic. 10. Parameters of locomotive operation (simulation model). The difference in such results can be understood by comparing the most typical turnover graphs in the optimization model (Pic. 6) and in the simulation model (Pic. 11).



Pic. 11. Typical graph of locomotive turnover in the simulation model (dotted line – backup runs, breaks – locomotive idle time in anticipation of set of wagons).



Pic. 12. The scheme for calculating the optimal turnover of locomotives with regard to maintenance (SP-1, SP-2, SP-3 – service programs).



Pic. 13. Construction of the calculation network for DTZZ-L.

the dispatcher can not evaluate the influence of the decision taken for a more or less long-term perspective because of the huge multivariance.

Numerous experiments have shown that it is impossible to provide such a high level of useful use of locomotives during manual control (Pic. 10). Here, even with 150 locomotives, there are large train delays. The average useful operation is only about 75%. The delays decrease somewhat with the increase in the number of locomotives to 155 and 160.

On the basis of a dynamic transport task, it is not possible to optimize simultaneously the process of advancing the train flow and maintenance, since the flows in these processes are different. For them, it is necessary to set up production and consumption points with the rhythms of their work. In the Labyrinth model, flow elements are sets of wagons, locomotives are attached to them by appropriate constraints. And in the maintenance task, flows of locomotives are considered. Therefore, a three-step solution is proposed (Pic. 12).

The calculation period is the maximum operating time of the locomotive without maintenance (usually 4 days). The first stage is the calculation with the help of the Labyrinth program for the whole period. Then the SP-1 service program determines the stopping points for trains according to the limiting operating time of the locomotives and generates a number of points and departure moments for the dynamic transport task.

Then the dynamic transport task DTZZ-L is formed, where the elements of the flow are locomotives, the destination is the artificial drain, and the service depot is the transit point (Pic. 13).

Notation used in Pic. 13:

$u_{ij}^k(t)$ *– flow of locomotives of k-type locomotives from the location to the maintenance point,*

$u_{jj}^k(t)$ *– locomotives awaiting maintenance,*

$u_{qz}^k(t)$ *– flow along an arc to a fictitious drain z,*

c_{ij}^k *– cost of movement of the locomotive to the point of maintenance,*

c_{jj}^k *– cost of locomotive idle time in anticipation of maintenance,*

$c_{jz}^k = 0$ *– for locomotives of all types.*

The routes of the locomotive to the source necessarily pass through the entire depot of possible maintenance. The criterion is the minimum of total costs for backup runs and downtime in anticipation of maintenance. The task will be multi-product, because different locomotives can be serviced in different depots.

After the calculation, SP-2 service program determines the service stations and moments of readiness of locomotives. These sets, as well as the set of stations and stopping times of trains, will be the initial information for the second calculation of the Labyrinth model.

The SP-3 service program generates common calculation results.

Conclusion. *Each of the three stages within a Labyrinth method a process of strict optimization is implemented. There is no strict proof of the optimality of the combined process. But it, in all likelihood, will be either optimal or close to it.*

The combined process can be transformed into an automated procedure and turned into an optimizing unit in a locomotive automated control system.

REFERENCES

1. Kozlov, P. A., Milovidov, S. P. Optimization of transport flows structure in flow dynamics at the priority of consumers [*Optimizacija struktury transportnyh potokov v dinamike pri prioritete potrebitelej*]. *Ekonomika i matematicheskie metody*. Vol. XVIII, Iss. 3, Moscow, 1982, pp. 521–531.

2. Kozlov, P. A. Theoretical foundations, organizational forms, methods of optimization of flexible transport service of ferrous metallurgy plants [*Teoreticheskie osnovy, organizacionnye formy, metody optimizacii gibkoj tehnologii transportnogo obsluzhivanija zavodov chernoj metallurgii*]. D.Sc. (Eng.) thesis. Lipetsk, LPI publ., 1986, 377 p.

3. Kozlov, P. A., Vakulenko, S. P. Calculation of optimal modes of locomotives operation when serving train flows [*Raschet optimal'nyh rezhimov raboty lokomotivov pri obsluzhivanii poezdopotokov*]. *Transport Urala*, 2016, Iss. 1, pp. 3–8.

4. Vakulenko, S. P. Model of calculation of optimal operation modes of train locomotives [*Model rascheta optimalnyh rezhimov raboty poezdnyh locomotivov*]. *Novaya nauka: opyt, traditsii, innovatsii*, 2016, № 8–2, pp. 97–104.

Information about the authors:
Vakulenko, Sergey P. – Ph.D. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, vakulenko@miit.ru.
Kozlov, Petr A. – D.Sc. (Eng.), professor, laureate of the state prime of the Russian Federation, president of research and industrial holding company Strateg, Moscow, Russia, laureate_k@mail.ru.

Article received 22.06.2016, accepted 16.08.2016.

ЭКОНОМИКА • ECONOMICS

СТРАТЕГИЯ 106

Порядок определяет результат.



ТАРИФЫ 116

«Опять от меня сбежала бесхозная электричка».

МАЛЫЙ БИЗНЕС 124

Эффект коммуникаций для рекламных акций.



ЛОГИСТИКА 134

Модель расчёта при кластерной форме.

STRATEGY 106

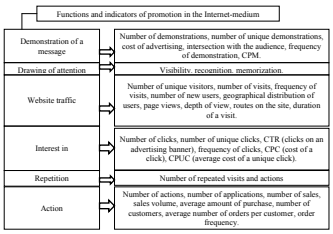
The order determines the results.

TARIFFS 116

Searching for disappeared commuter train.

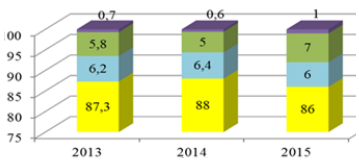
SMALL BUISNESS 124

Communication effect for publicity.



LOGISTICS 134

Cluster calculation model.



УДК 338.47:656

Экономические аспекты стратегического управления транспортным комплексом



Татьяна ГОРБАЧИК

Горбачик Татьяна Владимировна *– директор департамента экономики и финансов Министерства транспорта Российской Федерации, Москва, Россия.*

Tatiana V. GORBACHIK

Economic Aspects of Transport Complex Strategic Management

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 112)

Предложенные в статье методические подходы к формированию целевой модели стратегического управления направлены на создание системы прогнозно-аналитических, плановых и программных документов, призванных обеспечить развитие транспортного комплекса и содействующих этому механизмов.

Ключевые слова: экономика, стратегическое управление, стратегическое планирование, транспортный комплекс, системный подход.

Для повышения конкурентоспособности транспортной системы России необходимы эффективные инструменты стратегического управления, обеспечивающие получение доступных, качественных и безопасных транспортных услуг для потребителей и формирование внетранспортных макроэкономических эффектов в долгосрочной перспективе.

В Минтрансе России за последние десять лет сложилась и постоянно развивается система государственного стратегического управления транспортным комплексом[1]. Элементами системы являются стратегические документы разного уровня и назначения, определяющие основные положения государственной транспортной политики, процедуры долгосрочного и среднесрочного прогнозирования, планирования, бюджетирования и администрирования, которые поддерживаются информационно-аналитическими средствами и компетенциями государственных служащих, а также привлекаемых экспертов.

Переход к стратегическому управлению обусловлен потребностью акценти-

[1] Транспортный комплекс включает все виды транспорта (кроме трубопроводного и космического).



Рис. 1. Система стратегических документов развития транспорта США и Евросоюза.

ровать внимание Минтранса на учете экономических, социальных, технологических, технических аспектов внешней среды с целью своевременного реагирования на происходящие изменения и вызовы. Иначе говоря, в фокусе внимания должны находиться не столько внутренние проблемы транспортной отрасли, сколько проблемы соответствия уровня ее развития перспективным социально-экономическим потребностям Российской Федерации и ее регионов.

Теоретическим и методологическим аспектам стратегического управления в течение последних 40 лет было посвящено немало исследований и монографий как внутри страны, так и за рубежом. Наибольший вклад в становление и развитие этого раздела управления внесли Ф. Абрамс, И. Ансофф [6], Дж. Куинн [8], К. Эндрюс [1], Э. Чандлер [2], М. Портер [9], Г. Хамел [4], А. Томпсон [10]. Именно с их работ началась классическая теория стратегического планирования и управления.

В зарубежной практике стратегического управления на транспорте применяются разнообразные модели, при этом можно выделить общие подходы к его организации. Прежде всего стратегическое управление рассматривается как важнейшая функция всех органов государственного управления транспортом. Стратегические документы различного формата, имеющие определенные сроки действия, принимаются во всех экономически развитых и развивающихся странах (рис. 1).

Современная система стратегических документов США и Евросоюза включает в первую очередь разработку и принятие таких долгосрочных концептуальных документов, как долгосрочные планы развития транспортных систем до 2040 года в США или «Дорожная карта для единого европейского транспортного пространства» до 2050 года [5]. Подобного рода документы свидетельствуют о понимании значения реализуемых в настоящее время транспортных проектов для формирования инфраструктуры будущего, которая должна соответствовать потребностям общества к середине века. Далее следуют стратегические документы, определяющие развитие транспорта на 5–15 лет. К такого рода документам относятся стратегические планы департамента транспорта США на 5 лет и Белые книги по транспорту Евросоюза на очередные 10 лет. Для решения важнейших транспортных проблем формируются программы, предполагающие реализацию в национальных или континентальных масштабах инвестиционных проектов, как, например, программа формирования Трансъевропейской транспортной сети (TEN-T). Иначе говоря, основной формой реализации всех стратегий являются инвестиционные проекты различного уровня.

Стратегии развития транспорта обычно формируются на основе общеэкономических стратегий и являются их составной



Рис. 2. Целевая модель стратегического управления развитием транспортного комплекса.

частью. Так, в Евросоюзе основные направления транспортной политики определены в «Стратегии устойчивого развития ЕС», а также в заявлении Еврокомиссии о будущем транспорта [3].

Следует отметить, что сложившаяся система стратегического управления как в России, так и за рубежом формировалась на практике по мере возникновения новых вызовов и возможностей. В связи с этим для нее характерны определенные недостатки, к числу которых можно отнести:

– несогласованность в полной мере количественных и качественных параметров стратегических документов, которые принимались в разное время и исходя из различных установок;

– разноформатность стратегических документов (концепций, стратегий, программ) развития отраслей, нечеткость их позиционирования в общей государственной системе стратегического управления;

– недостаточная взаимосвязь документов отраслевого и регионального развития и их увязки с системами размещения производительных сил и территориального планирования;

– несбалансированность всех видов ресурсов развития транспорта (финансовых, в том числе бюджетных, материальных, административных, научно-технических и др.);

– отсутствие четкой системы развертывания долгосрочных решений в комплекс средне- и краткосрочных задач и мер, согласованных между собой и закрепленных в соответствующих целевых программах и планах.

Имеющиеся недостатки и проблемы развития системы стратегического управления не позволяют в полной мере задействовать возможности данного инструмента. В этой связи особую актуальность представляет разработка предложений по повышению эффективности системы стратегического управления в транспортном комплексе, которая должна быть сформирована на общей правовой, методологической и организационной основе.

Правовую основу создаваемой системы государственного стратегического управления формирует федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации». В нем понятие «государственное стратегическое планирование» рассматривается как синоним понятия «государственное стратегическое управление». Вместе с тем стратегическое управление включает значительно больший набор функций и процедур.

Закон предусматривает разработку и реализацию системы отраслевых и региональных документов государственного стратегического планирования, взаимосвязанных по целям, задачам, срокам и ресурсам. При этом предусматривается, что в каждом отраслевом стратегическом документе определены цели, приоритеты и задачи, направленные на обеспечение устойчивого социально-экономического

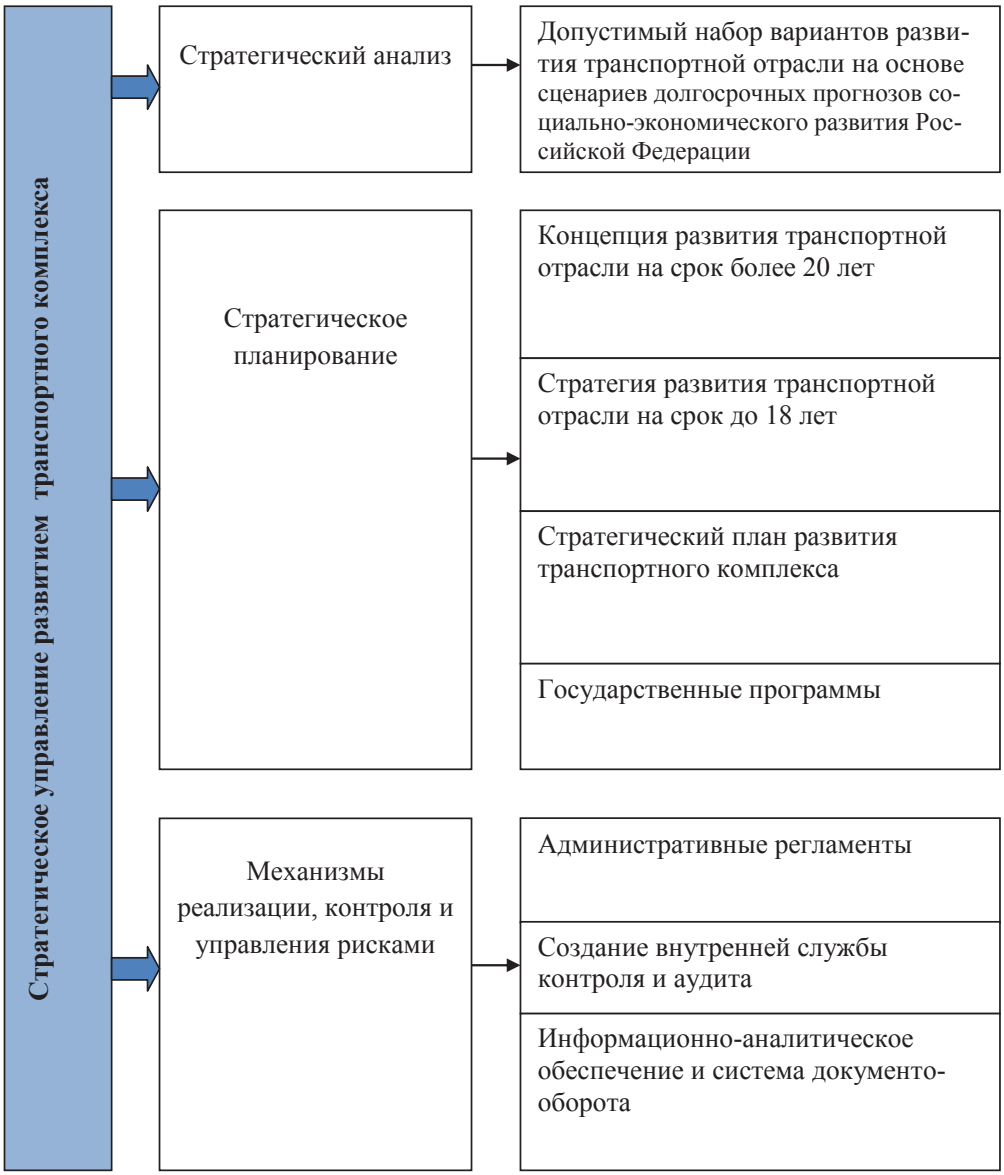


Рис. 3. Система государственного стратегического управления развитием транспортного комплекса.

развития и национальной безопасности, способы их эффективного достижения в соответствующей отрасли, полномочия и функции федеральных органов и органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Таким образом, закон позволяет сформировать целевую модель стратегического управления развитием транспортного комплекса, включающую федеральный и региональный уровни (рис. 2).

Целевая модель должна определять цели (задачи), функции и структуру создаваемой системы стратегического управления.

Целями создания системы государственного стратегического управления развитием транспортного комплекса являются:

– формирование системы приоритетов устойчивого и сбалансированного развития отрасли на основе стратегии социально-

экономического развития Российской Федерации и ее макрорегионов;

– определение оптимальной траектории перехода от текущего состояния транспортной системы к желаемому состоянию;

– концентрация и эффективное распределение материальных, финансовых, организационных, информационных, трудовых и иных ресурсов для достижения запланированных целей;

– консолидация усилий государства, бизнеса, инновационных структур и институтов гражданского общества для достижения целей развития транспорта.

К основным функциям системы относятся:

– определение внутренних и внешних условий, а также возможностей и ограничений развития транспорта для базовых сценариев социально-экономического развития России и обеспечения национальной безопасности;

– обоснованный выбор путей и способов достижения целей, обеспечивающих наибольшую эффективность использования привлекаемых ресурсов;

– формирование комплекса мер и проектов, обеспечивающих достижение целей развития отрасли;

– определение ресурсов, необходимых для достижения целей и решения задач развития транспорта;

– разработка и реализация системы отраслевых документов государственного стратегического планирования;

– координация планируемых действий по развитию транспортной системы между федеральным и региональным уровнями государственной власти, бизнесом и обществом;

– осуществление мониторинга и контроля реализации стратегических документов;

– научно-техническое, информационное и кадровое обеспечение государственного стратегического планирования развития отрасли.

В структуре системы стратегического управления развитием транспортного комплекса следует выделять подсистемы стратегического анализа, планирования, реализации и контроля (рис. 3).

Главная цель разработки концепции – формирование общей идеи будущего в виде миссии и стратегических целей развития транспортного комплекса, основных направлений, правил и требований, которыми следует руководствоваться при принятии всех решений и действий.

Стратегия должна стать обобщающей моделью действий, необходимых для достижения поставленных целей при различных вариантах социально-экономического развития. С одной стороны, стратегия – это конкретизация концепции, совокупность не столько желаемых, сколько осуществимых целей, задач, средств и этапов их достижения. С другой стороны, реализация стратегии позволяет осуществить перевод системы из существующего состояния в желаемое на основе конкретного плана действий.

Понятия «концепция» и «стратегия» – это разные временные горизонты. Концепция развития транспортной системы должна разрабатываться на срок более 20 лет, а стратегия, опирающаяся на различные виды прогнозов, соответственно на период до 18 лет[2] .

В настоящее время основным концептуальным документом развития транспортного комплекса является Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, которая представляет собой синтез концепции и стратегии.

Инструментом реализации стратегических документов выступают государственные программы. Формат и структура государственной программы «Развитие транспортной системы» [7] позволяют развернуть стратегические решения в интегрированный комплекс долго-, средне- и краткосрочных задач и мер, согласованных между собой и закреплённых в федеральных и ведомственных целевых программах и планах развития транспортной отрасли. Это помогает в значительной мере сбалансировать основные виды ресурсов развития, прежде всего финансовые, на средне- и краткосрочный периоды.

[2]Постановление правительства Российской Федерации от 11 ноября 2015 г. № 1218 «О порядке разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период».

Однако следует отметить, что государственная программа по своему формату является инструментом бюджетного планирования и охватывает не все меры и ресурсы по развитию транспортной системы. Ряд государственных мер, а также частных инициатив включены в другие государственные программы (в частности, региональные государственные программы) и остаются за пределами сферы ответственности Минтранса России, что нарушает целостность государственного стратегического управления развитием транспортного комплекса.

Результатом процесса планирования служит стратегический план. По своей сути – это порядок реализации стратегии развития транспортного комплекса, то есть наиболее приемлемой из возможных траекторий развития. Стратегический план представляет собой рабочий инструмент достижения поставленных целей органом исполнительной власти, определяющий ответственных исполнителей и сроки исполнения мероприятий. Примером его является действующий сейчас план деятельности Министерства транспорта Российской Федерации на 2016–2021 годы.

Одним из главных компонентов модели всегда остаются механизмы реализации, мониторинга, контроля и управления рисками. Они должны опираться на инструменты прямого государственного управления и регулирования, разработанные и апробированные мировой и отечественной практикой.

Реализация стратегических документов – это процесс, в котором можно выделить два аспекта. Первый – четкое доведение документов стратегического планирования до государственных структур федерального и регионального уровней, референтных групп (населения, пользователей услуг, отраслевых общественных объединений, целевых аудиторий, экспертов). Второй – разработка и реализация среднесрочных (детализированных ежегодных) планов работы структурных подразделений Минтранса России и подведомственных служб и агентств по выполнению стратегических мероприятий.

Таким образом, стратегическое управление предполагает наличие отработанных механизмов мониторинга, анализа показателей деятельности подразделений министерства и других участников с точки зрения достижения поставленных целей и принятия оптимальных решений.

Предложенная целевая модель системы государственного стратегического управления развитием транспортного комплекса представляет основу для разработки ее организационного проекта, включающего административные регламенты и процедуры выполнения всех функций процесса его участниками, систему документооборота, информационного и научно-аналитического обеспечения. Реализация названных задач позволит повысить качество стратегического управления и на этой базе обеспечить эффективное развитие транспортного комплекса, направленное на долгосрочный рост экономики страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andrews K. R. The Concept of Corporate Strategy. 3 Sub Edition. Homewood, III: R.D Irwinб, 2987, 132 p.
2. Chandler A. D. Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. Cambridge, MA: MIT Press, 1962, 480 p.
3. Communication from the Commission: A sustainable future for transport: Towards an integrated, technology-led and user friendly system, COM (2009)279, Brussels, 17.6.2009, 26 p.
4. Hamel G., Prahalad C. K. Competing for the Future: Breakthrough Strategies for Seizing Control of Your Industry and Creating Markets of Tomorrow. Boston: Harvard Business School Press, 1994, 362 p.
5. White paper Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system, COM (2011) 144 final. Brussels, 28.3.2011, 30 p.
6. Ансофф И. Стратегическое управление.– М.: Экономика, 1989.– 519 с.
7. Государственная программа «Развитие транспортной системы». Утверждена постановлением правительства Российской Федерации от 15.04. 2014 № 319 // Собрание законодательства РФ.– 2014.– № 18.
8. Минцберг Г. Стратегический процесс / Г. Минцберг, Дж. Б. Куинн, С. Гошал.– СПб.: Питер, 2001.– 688 с.
9. Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей конкурентов.– М.: Альпина Паблишер, 2011.– 454 с.
10. Томпсон А. Стратегический менеджмент. Концепции и ситуации для анализа.– М.: Вильямс, 2007.– 928 с.

Координаты авторов: **Горбачик Т. В.** – efut2012@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 07.07.2016, принята к публикации 22.08.2016.

ECONOMIC ASPECTS OF TRANSPORT COMPLEX STRATEGIC MANAGEMENT

Gorbachik, Tatiana V., *Ministry of Transport, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The methodological approaches to development of a target model of strategic management, offered in the article, are aimed at creating of an interconnected system of forecasting and analysis, planning and program documents of transport complex development and their implementation mechanisms.

Keywords: strategic management, strategic planning, transport complex.

Background. *To improve the competitiveness of Russian transport system effective tools of strategic management are required, providing access to affordable, high-quality and safe transport services for consumers and formation of non-transport macro-economic effects in the long term.*

The Ministry of Transport of Russia over the past decade has developed the system of state strategic control of transport complex that has been constantly evolving[1]. Elements of the system are strategic documents of different levels and purposes, determining the main provisions of the state transport policy, long-term and medium-term forecasting procedures, planning, budgeting and administration, supported by information and analytical tools and competencies of civil servants, as well as of invited experts.

Transition to strategic management is forced by the need to focus the attention of the Ministry of Transport of Russia on accounting of economic, social, technological, technical aspects of the external environment in order to timely respond to changes and challenges. In other words, the focus should be not so much on internal problems of the transport sector, but on compliance problems of transport development with promising socio-economic needs of the Russian Federation and its regions.

Theoretical and methodological aspects of strategic management for the past 40 years have been the subjects of many specific studies and monographs both domestically and abroad. The largest contribution to the formation and development of this section of management has been made by F. Abrams, I. Ansoff [6], J. Quinn [8], K. Andrews [1], E. Chandler [2] M. Porter [9], G. Hamel [4], A. Tompson [10]. Their works laid the foundations of classical theory of strategic planning and management.

Objective. *The objective of the author is to consider economic aspects of strategic management, applied in the transport complex.*

Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation method, graph construction.*

Results. *In foreign practice of transport strategic management a variety of models is used, and it is possible to identify common approaches to its organization. First of all, strategic management is considered as the most important function of all public transport control bodies. Strategic documents of various formats, having certain periods of validity shall be adopted in all developed and developing countries (Pic. 1).*

The modern system of the US and EU strategic documents include, in particular, the development and adoption of long-term conceptual documents, such as long-term visions of development of transportation systems in the USA till 2040 or «Roadmap to a Single European Transport Area» [5]. Such documents show understanding of the value of currently being implemented transport projects for the formation of the infrastructure of the future, which should correspond to the needs of society by the mid-century. The were followed by strategic documents determining the development of transport for 5–15 years. Such instruments include strategic plans of the US Department of transportation for 5 years and the White books on transport of the European Union for the next 10 years. To address the critical transportation problems, programs are formed, involving the implementation of investment projects on national or continental scale, such as the program of formation of the Trans-European Transport Network (TEN-T). Thus, the basic form of the implementation of all strategies is investment projects at various levels.

Transport development strategies are usually formed on the basis of general economic policies and are an integral part of them. For example, in the EU the main transport policy areas are identified in the «EU Sustainable Development Strategy», as well as in the statement of the European Commission on the future of transport [3].

It should be noted that the current strategic management system both in Russia and abroad, has been shaped out following new challenges and opportunities. In this regard, it is characterized by some drawbacks, which include:

– inconsistency in the full of quantity and quality of strategic documents, which were adopted at different times and according to different settings;

– multiformat of strategic documents (concepts, strategies, programs) of development of industries, their blurred positioning in the general state system of strategic management;

– insufficient interconnection of documents of sectoral and regional development, and of their linking with systems of productive forces and territorial planning;

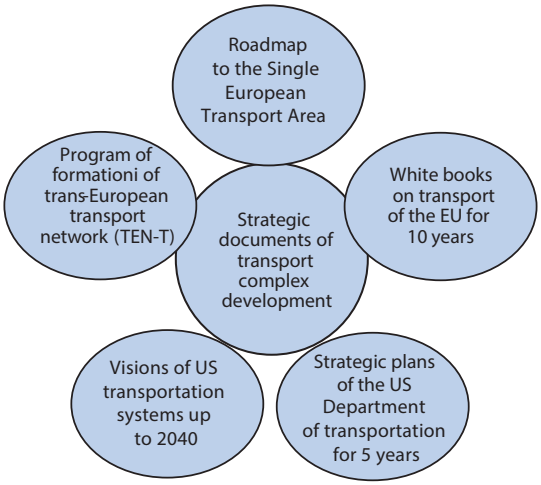
– imbalances of all kinds of resources of transport development (finance, including budget, material, administrative, scientific, technical and other);

– lack of a clear deployment system of long-term solutions into the complex of medium- and short-term objectives and measures agreed between them and set out in the relevant target programs and plans.

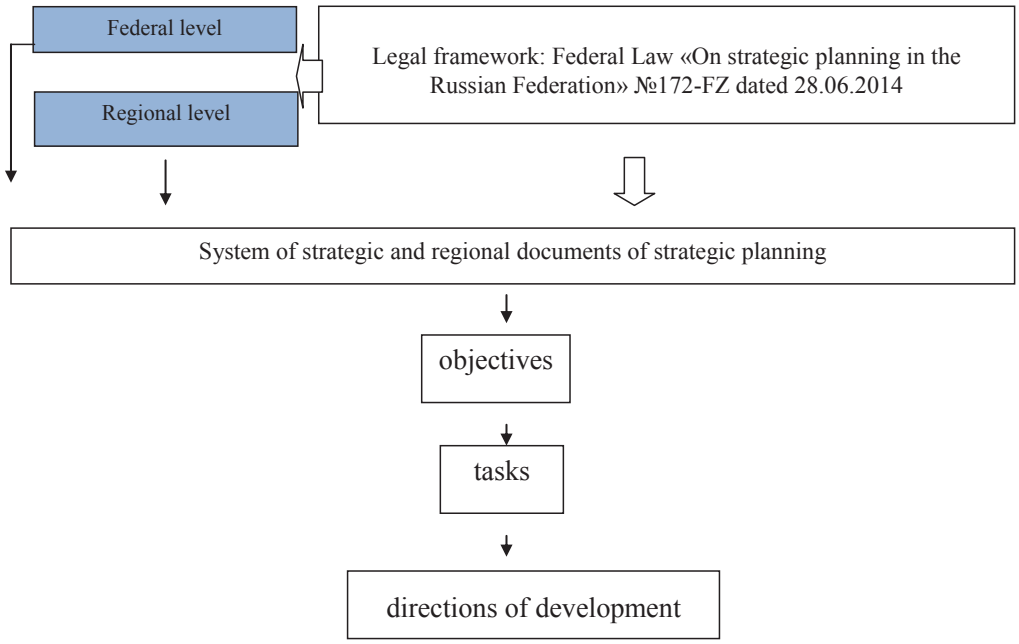
Drawbacks and strategic management system development problems do not allow to fully exploit the potential of this tool. In this connection special importance is given to the development of proposals to improve the effectiveness of strategic management system in the transport sector, which should be formed on the overall legal, methodological and organizational basis.

The legal framework of created state strategic management system is the federal law «On strategic

[1] Transport complex includes all modes of transport (except pipeline and spacecraft).



Pic. 1. The system of strategic documents for transport development of USA and the EU.



Pic. 2. The target model for strategic management of transport complex development.

planning in the Russian Federation»[2]. It should be noted that in the federal law the concept of «state strategic planning» is regarded as a synonym for «state strategic management». However, strategic management involves a much larger set of functions and procedures.

The law provides for development and implementation of a system of sectoral and regional instruments of state strategic planning, interrelated according to goals, objectives, terms and resources. It is envisaged that each sectoral policy document defines the goals, priorities and objectives aimed at ensuring sustainable socio-economic development and national security, methods of their effective achievement in the industry, as well as powers and functions of the federal bodies of state power and bodies of state power of subjects of the Russian Federation.

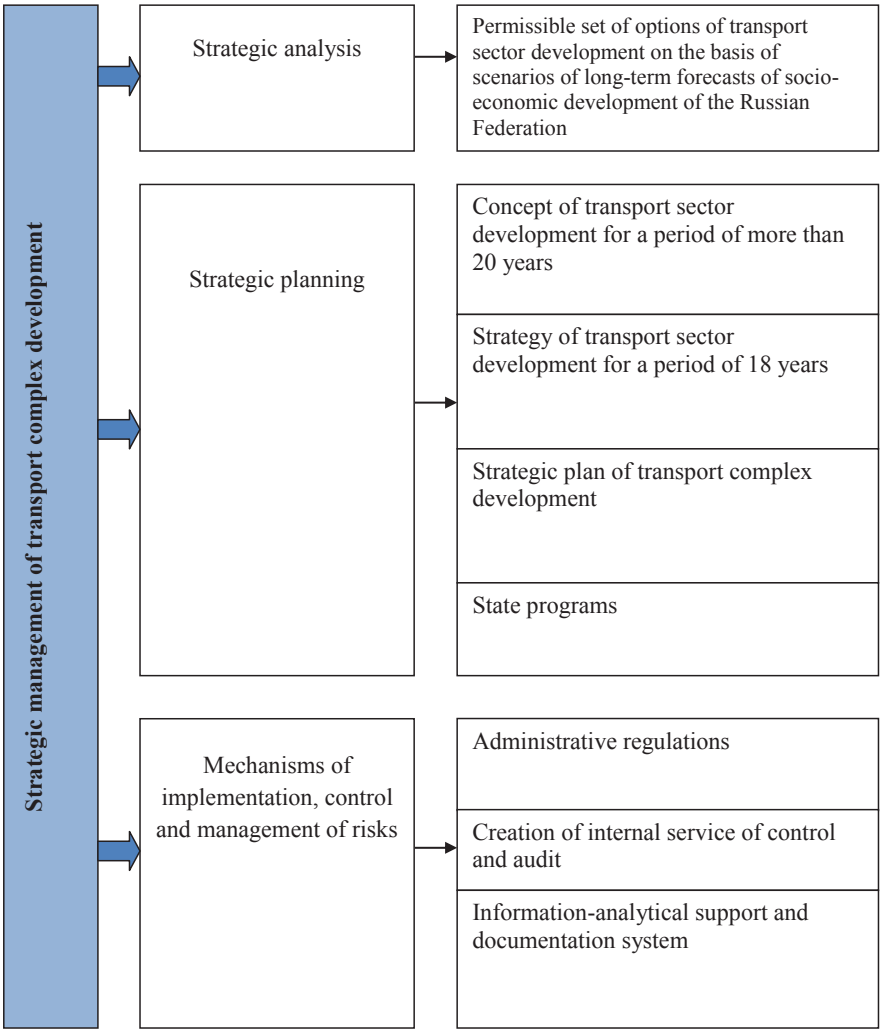
Thus, the law allows to create a Target model of strategic management of transport complex development, which includes federal and regional levels (Pic. 2).

The target model must determine the purpose (task), the functions and the structure of the created system of strategic management.

The objectives of establishing a system of state management of transport complex development are:

– creation of a system of priorities for sustainable and balanced development of the industry on the basis of socio-economic development of the Russian Federation and its macro-regions;

[2] Federal Law № 172 dated 28.06.2014 «On strategic planning in the Russian Federation».



Pic. 3. The system of state strategic management of transport complex development.

– definition of the optimal trajectory of the transition from the current state of the transport system to the desired state;

– concentration and efficient allocation of material, financial, organizational, informational, labor and other resources to achieve the planned objectives;

– consolidation of efforts of government, business, innovation organizations and civil society to achieve the goals of transport development.

The main functions of the system include:

– definition of internal and external conditions, as well as the opportunities and constraints for transport development for basic scenarios of socio-economic development of Russia and national security;

– an informed choice of ways and means to achieve the objectives that ensure the most efficient use of resources involved;

– formation of a set of measures and projects, ensuring the achievement of the purposes of the industry development;

– identification of resources needed to achieve the goals and to solve the tasks of transport development;

– development and implementation of a system of sectoral documents of state strategic planning;

– coordination of planned activities for development of the transport system between federal and regional levels of state power, business and society;

– monitoring and control of implementation of strategic documents;

– scientific, technical, informational support and staffing of state strategic planning of development of the industry.

The structure of the system of strategic management of transport complex development includes subsystems of strategic analysis, planning, implementation and control (Pic. 3).

The main objective of development of the concept is development of the general idea of the future in the form of mission and strategic goals of the transport complex development, main directions, rules and regulations to be followed in all decisions and actions.

The strategy should become a generalizing model of actions needed to achieve these goals within different types of socio-economic

development. On the one hand, the strategy is a concretization of the concept, the collection first of all of achievable (and not so much of desirable) goals, objectives, means and steps to achieve them. On the other hand, the implementation of the strategy makes it possible to transfer the system from the current state to the desired on the basis of a concrete action plan.

The terms of «concept» and «strategy» should be developed for different time horizons. The concept of development of the transport system should be developed for more than 20 years, and the strategy based on the various kinds of projections, respectively, for 18 years[3].

Currently, the main conceptual document of transport complex development is Transport strategy of the Russian Federation for the period until 2030, which is a synthesis of concepts and strategies.

The tool for implementation of strategic documents resides now in state programs. The format and structure of the state program «Development of transport system» [7] allow us to deploy strategic solutions in an integrated set of long-, medium- and short-term objectives and measures agreed between them and set out in the respective federal and departmental target programs and development plans of the transport sector. This allowed largely to balance the main types of development resources, especially financial, for the medium and short term period.

However, it should be noted that the state program in its current format is a tool for budgeting and does not cover all the measures and resources for development of the transport system. A number of state measures, as well as private initiatives are included in other state programs (in particular in regional state programs) and remain outside the sphere of responsibility of the Ministry of Transport of Russia, thus impeding the integrity of the state strategic management of transport complex development.

The result of the planning process is a strategic plan. The strategic plan is a plan for implementation of the transport complex development strategy, that is the most appropriate of the possible development paths. The strategic plan is a working tool for achieving the goals set by executive authority, identifying responsible agencies and deadlines of activities. An example of such a plan is the current Plan of activities of the Ministry of Transport of the Russian Federation for 2016–2021 years.

Mechanisms of implementation, monitoring, control and risk management should be core elements of the model. They must rely on direct state control and regulation instruments developed and tested by world and domestic practice.

The implementation of strategic documents is a process in which two aspects can be distinguished. The first one is a clear bringing of strategic planning documents to knowledge of state agencies at federal and regional levels, reference groups (public, service users, trade associations, target audiences, experts). The second one is development and implementation of medium-term (detailed annual) work plans of the structural subdivisions of the Ministry of Transport of Russia and the subordinate services and agencies in the implementation of strategic measures.

Thus, strategic management requires a presence of developed mechanisms of monitoring, performance analysis of departments of the Ministry and other stakeholders in terms of achieving the set goals and making the best decisions.

Conclusion. *The proposed target model of the system of state strategic management of transport complex development is a basis for the development of its organizational project, including administrative regulations and procedures of performance of all functions of the system by participants, document management system, information and scientific and analytical support. This will improve the quality of strategic management and on this basis will ensure the effective development of transport complex, aimed at long-term growth of the economy.*

[3] Order of the Government of the Russian Federation dated 11.11.2015 № 1218 «On the order of development, adjustment, implementation of monitoring and control of realization of the forecast of socio-economic development of Russia for a long term period».

REFERENCES

1. Andrews, K. R. The Concept of Corporate Strategy. 3 Sub Edition. Homewood, III: R.D Irwin, 1987, 132 p.

2. Chandler, A. D. Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. Cambridge, MA: MIT Press, 1962, 480 p.

3. Communication from the Commission: A sustainable future for transport: Towards an integrated, technology-led and user friendly system, COM (2009)279, Brussels, 17.6.2009, 26 p.

4. Hamel, G., Prahalad, C. K. Competing for the Future: Breakthrough Strategies for Seizing Control of Your Industry and Creating Markets of Tomorrow. Boston, Harvard Business School Press, 1994, 362 p.

5. White paper Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system COM (2011) 144 final, Brussels, 28.3.2011, 30 p.

6. Ansoff, I. Strategic management [*Strategicheskoe upravlenie*]. Moscow, Ekonomika publ., 1989, 519 p.

7. State program «Development of transport system», approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated 15.04.2014 № 319 [*Gosudarstvennaja programma «Razvitie transportnoj sistemy» utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 15.04. 2014 № 319*] // Official gazette of the Russian Federation, 2014. № 18.

8. Mintzberg, H., Lampel, J., Ghoshal, S., Quinn, J. B. Strategic process [*Strategicheskij process*]. St. Petersburg, Piter publ., 2001, 688 p.

9. Porter, M. Competitive strategy. The method of analysis of competitors' industries [*Konkurentnaja strategija. Metodika analiza otraslej konkurentov*]. Moscow, Alpina Publisher, 2011, 454 p.

10. Thompson, A. A. Strategic management. Concepts and situations for analysis [*Strategicheskij menedzhment. Koncepcii i situacii dlja analiza*]. Moscow, Williams publ., 2007, 928 p.

Information about the author:
Gorbachik, Tatiana V. – Director of the Department of Economics and Finance of the Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, Russia, efut2012@gmail.com.

Article received 07.07.2016, accepted 22.08.2016.

УДК 06.71.09

Формирование железнодорожных тарифов на пригородные пассажирские перевозки



Ольга ЛЕОНОВА

Леонова Ольга Геннадьевна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры «Антикризисное управление предприятием и персоналом» Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*

Olga G. LEONOVA

Formation of Railway Tariffs for Commuter Passenger Transportation
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 121)

Автором рассматриваются актуальные проблемы пригородных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Установление тарифов на такие перевозки является болезненным вопросом отрасли, так как оставляет целый ряд нерешенных вопросов на законодательном уровне, которым в основном и посвящена статья. В ней приводятся статистические данные за 2014–2015 годы, нормативные документы, регулирующие пригородные пассажирские перевозки, и факты, подтверждающие существующие проблемы тарифообразования.

Ключевые слова: тарифы, пригородные пассажирские перевозки, железнодорожный транспорт, пригородные компании, законодательство, социальный запрос, государственное регулирование.

Безубыточное функционирование пригородных пассажирских железнодорожных перевозок с учётом их социальной направленности невозможно без участия государства. Выпадающие доходы пригородных пассажирских компаний связаны с льготным проездом граждан и обеспечением доступности транспортных услуг для населения конкретного региона.

На законодательном уровне нет нормы, указывающей на компенсацию выпадающих доходов пригородным компаниям, что негативно сказывается на развитии рынка пригородных пассажирских железнодорожных перевозок и деятельности пригородных пассажирских компаний.

1.

За 2014 год в 28 регионах Российской Федерации компенсация выпадающих доходов перевозчиков составила менее 50%, в том числе в четырех регионах менее 10%. В пяти регионах субсидии на компенсацию пригородными компаниями были не предусмотрены [1]. Выпадающие доходы пригородных пассажирских компаний в 2015 году составили около 12,3 млрд рублей, из региональных бюджетов было компенсировано только 9,8 млрд. Ежегодные недополучен-

ные компенсации приводят к растущему убытку компаний [2].

Формирование эффективной модели финансирования отрасли и поддержка тарифного регулирования деятельности перевозчиков на законодательном уровне являются неотъемлемыми элементами системы тарифообразования на пригородные пассажирские железнодорожные перевозки и с целью привлечения частных инвестиций в отрасль. Частные инвесторы готовы вкладывать денежные средства в проекты, гарантирующие окупаемость и получение прибыли. Гарантия возможна только с изменениями в законодательной базе, закрепленными на долгосрочную перспективу.

На осуществление пригородных пассажирских железнодорожных перевозок сегодня приходится около 0,2% пассажирооборота по частным перевозчикам, 0,1% по ОАО «РЖД» и 99,7% по зависимым и дочерним обществам холдинга.

Государственная поддержка пригородного железнодорожного сообщения осуществляется за счет льготного тарифа на использование железнодорожной инфраструктуры. Правительство Российской Федерации продлило до 31 декабря 2030 года действие коэффициента 0,01 на этот тариф при перевозках пассажиров в пригородном сообщении. По данным СМИ установление льготного тарифа для перевозчиков за использование инфраструктуры железнодорожного транспорта и введение нулевой ставки НДС для пригородных пассажирских компаний позволили снизить их расходы в 2015 году на сумму около 8 млрд рублей [5].

Принимаемые антикризисные меры в железнодорожной отрасли негативным образом сказываются на мобильности населения. Критической точкой стала отмена пригородных поездов в январе 2015 года, когда отменили 300 пригородных поездов в Нижегородской, Орловской, Воронежской Самарской, Кировской и Тверской областях, а в Псковской и Вологодской областях пригородное железнодорожное сообщение было полностью остановлено [2].

После возникшего инцидента Федеральная антимонопольная служба была наделена целым рядом полномочий по регулированию отношений в сфере пригородных железнодорожных перевозок, в том числе правом устанавливать порядок разрешения споров между пригородными пассажирскими компаниями и регионами в части регулирования тарифов.

Установление тарифов на пригородные пассажирские перевозки является болезненным вопросом для отрасли. В настоящее время пригородные пассажирские компании представляют регионам расчёты экономически обоснованного уровня тарифов, которые утверждают субъекты Российской Федерации. Тарифы, предлагаемые перевозчиками, как правило, выше, чем те, которые устанавливают в регионах.

Ключевой проблемой тарифообразования специалисты по пригородным пассажирским перевозкам считают необоснованность и непрозрачность расходов пригородных пассажирских компаний, особенно в части определения оплаты за услуги ОАО «РЖД», которые составляют около 80% от общих расходов компаний. К расходам сторонних организаций относятся ставки по аренде, управлению и эксплуатации, техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам подвижного состава, которые не регулируются нормативными документами.

2.

Острым остается и вопрос о возмещении выпадающих доходов компании, так как с каждым годом суммы, выставленные регионам, растут, несмотря на уменьшение пассажирооборота и количества поездов в пригородном железнодорожном сообщении.

Наглядным примером ситуации является деятельность ОАО «Северная пригородная пассажирская компания». В 2014 году его выставленные выпадающие доходы составляли 659,4 млн рублей, а в 2015 году – 959,25 млн. В плане компании на 2015 год было заявлено 1405,83 млн рублей. При этом ее пассажирооборот уменьшился с 381,714 млн пасс.-км в 2014 году до 311,944 млн пасс.-м в 2015 году. Средний рост тарифа на 2015 год по сравнению с 2014 годом составил 17% [7]. Как и у большинства пригородных пассажирских компаний, основной причиной убыточности акционерного общества в годовом отчете названо неполное возмещение расходов

компании обслуживаемыми субъектами Российской Федерации.

На примере ОАО «Северная пригородная пассажирская компания» отмечается сохранение зонных тарифов на пригородные пассажирские перевозки, что также не является целесообразным, так как несовместимо с применением различной стоимости перевозок по нескольким субъектам Российской Федерации.

В 2015 году в стране отправлено 926624 тысяч пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении, это 95,34% по сравнению с 2014 годом.

Пассажирооборот железнодорожного транспорта в пригородном сообщении в Российской Федерации в 2014 году составил 71,8%, а в 2015 году 63,2% в разрезе общего пассажирооборота по пригородному сообщению. В то же время возросла доля автобусного транспорта с 28,1% до 36,7% за аналогичный период, что указывает на растущую конкуренцию автобусного сообщения [3].

Основными причинами снижения пассажирооборота на пригородном железнодорожном транспорте являются общее текущее состояние экономики, снижение уровня жизни населения, старение пассажирского парка транспортных средств, растущая конкуренция автотранспорта и автобусных перевозок.

Большое влияние на окончательный выбор определенного вида транспорта населением оказывают неценовые факторы транспортной конкуренции: надежность, безопасность, удобство расписания и скорость перевозки.

Дальнейшее совершенствование качества предоставляемых услуг пригородными пассажирскими компаниями становится методом повышения конкурентоспособности с целью формирования лояльного отношения своих пассажиров и привлечения новых потенциальных клиентов.

Перспективы развития пригородного железнодорожного транспорта за скоростными перевозками, за которые пассажир будет готов заплатить с целью экономии времени.

В Санкт-Петербурге появились скоростные пригородные поезда «Ласточка», курсирующие в четырех направлениях от города. Данный вид поездов предусматривает возможность передвижения лиц с ограниченными возможностями. Вагоны оснащены мягкими сиденьями и оборудованы климатическими установками, которые обеспечивают отопление и охлаждение воздуха, над сиденьями имеются восемь розеток переменного тока 220 В, предусмотрены туалеты.

Электропоезд «Ласточка» состоит из пяти вагонов, общая длина состава достигает 130 метров, поезд может развивать скорость до 160 км/ч, тогда как средняя скорость обычного электропоезда в пригородном сообщении не превышает 60 км/ч [8].

Из информационной справки по вопросу установления тарифов, подлежащих государственному регулированию на территории Санкт-Петербурга на 2016 год, видно, что стоимость проезда на скоростном поезде «Ласточка» несильно отличается от обычного поезда, что также повлияло на положительные отзывы пассажиров в адрес нового поезда, пущенного в пригородах Санкт-Петербурга.

ОАО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания» предложило установить следующие тарифы на 2016 год:

– на поезда «Ласточка» в размере 46 рублей за первые 20 км, далее 2,30 рубля за каждый последующий километр;

– на остальные пригородные поезда – 41,40 рубля за первые 20 км, далее 2,07 рубля за каждый последующий километр.

Специалистами Комитета по тарифам Санкт-Петербурга в основе расчёта тарифов были приняты объёмные показатели на уровне заявленных ОАО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания» на 2016 год. За счёт уменьшения валовой выручки от деятельности по железнодорожным перевозкам пассажиров в пригородном сообщении на 12% по сравнению с 2015 годом комитетом предложены следующие предельные максимальные тарифы на услуги ОАО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания» по железнодорожным перевозкам пассажиров в пригородном сообщении на территории Санкт-Петербурга на 2016 год:

– тариф на проезд пассажиров за первые 20 км вне зависимости от дальности поездки без учёта курсирования поездов «Ласточка» в размере 40 рублей (рост 5,3%);

– тариф на проезд пассажиров за первые 20 км вне зависимости от дальности поездки по маршруту курсирования поездов «Ласточка» в размере 45 рублей;

– проезд пассажиров за каждый последующий километр после 20-го без учета курсирования поездов «Ласточка» в размере 2 рублей за 1 км (рост 5,3%);

– проезд пассажиров за каждый последующий километр после 20-го на маршрутах поездами «Ласточка» в размере 2,25 рубля за 1 км.

Таким образом, стоимость проезда в поезде повышенной комфортности «Ласточка» превышает стоимость проезда в обычном электропоезде на 12,5%. И данный пример подтверждает стремление компании завысить тарифы на перевозку пассажиров.

3.

К особенностям установления тарифов на пригородные пассажирские перевозки железнодорожным транспортом в регионах относятся:

1. Методика ФСТ не обязывает регион устанавливать тариф, а только подтверждать экономически обоснованные затраты и оплачивать компаниям убытки.

2. Регион устанавливает тариф для населения в силу постановления № 239 правительства Российской Федерации. По размеру экономически обоснованных затрат компании проводится экспертиза исполнительными органами власти субъекта.

3. Тариф может быть только один, на уровне экономически обоснованных затрат компании.

4. В законодательстве отсутствует прямая юридическая норма, обязывающая регион устанавливать тариф.

5. Тариф устанавливается по постановлению № 239 «при условии возмещения потерь в доходах, возникающих вследствие регулирования тарифов, за счёт соответствующих бюджетов Российской Федерации».

Расчёт тарифов на пригородные пассажирские перевозки осуществляется в соответствии с разработанной методикой расчёта экономически обоснованного тарифа на пригородные пассажирские перевозки железнодорожным транспортом, приказ ФСТ России от 28 сентября 2010 г. № 235-т/1-т.

Методика имеет ряд недостатков, так как не отражает:

– расчёт ставок на услуги ОАО «РЖД»;

– порядок согласования и установления тарифов для перевозчиков на уровне субъекта, который они обслуживают;

– расчёт доли расходов, зависящих от объёмов работы;

– расчёт тарифов на поезда повышенной комфортности и скорости, абонементные билеты;

– способ установления единого тарифа для нескольких субъектов, обслуживаемых одной пригородной пассажирской компанией.

Существующая методика тарифов не создает предпосылок для конкурентных условий на рынке пригородных пассажирских перевозок, так как не обеспечивает равный доступ компаниям-перевозчикам частных форм собственности к инфраструктурным объектам, которые принадлежат государству.

Несовершенство законодательной базы ведет к непониманию и сложности расчёта тарифов, что в свою очередь сказывается на недовольстве граждан, считающих тарифы на пригородный пассажирский транспорт завышенными.

Отдельного внимания заслуживает проблема ежегодной индексации тарифа, который, на мой взгляд, должен быть ограничен предельным значением.

Если брать во внимание европейский опыт, то расходы населения на транспорт не должны превышать 5% от общих расходов потребления домашних хозяйств, что также прописано в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [10]. Росстатом подсчитано, что в структуре расходов на конечное потребление домашних хозяйств различных социально-экономических категорий в Российской Федерации на транспорт приходится около 18%. С каждым годом эти цифры растут: если в 2003 году расходы на транспорт составляли 9%, в 2006 году – 12%, в 2010 году – 15%, то с 2013 года – уже 18% [3].

Не вызывает сомнений, что в существующих условиях при определении размеров бюджетного финансирования перевозочной деятельности предприятий пассажирского транспорта запрашиваемые пассажирскими предприятиями размеры бюджетных компенсаций должны быть обоснованы. Требуется четкое знание того, что конкретно

должны компенсировать органы государственной власти: расходы пассажирских предприятий по перевозке льготных категорий пассажиров, то есть выпадающие доходы от этих перевозок, или покрывать убытки пригородных пассажирских компаний.

Отрицательный финансовый результат большинства пригородных пассажирских компаний, низкий спрос населения на услуги пригородного железнодорожного транспорта, недостатки существующей методики расчёта тарифов указывают на неэффективность работы данного вида транспорта.

Проводимая на региональном уровне тарифная политика в области пригородного железнодорожного транспорта в последние годы приобрела экономическую направленность. В связи с отсутствием методики построения пассажирского тарифа обоснованность тарифной политики и ее глубина регулируются субъективными решениями органа исполнительной власти субъекта РФ. Такая ситуация не способствует нормализации работы пассажирского транспорта и уровня тарифов для населения.

Мероприятия в области развития пригородного железнодорожного транспорта должны быть направлены на решение существующих проблем отрасли: повышение роста мобильности населения и доступности услуг, обновление транспортных средств и улучшение инвестиционного климата, обеспечивающего приток частных вложений в отрасль, разработку эффективной модели взаимодействия всех субъектов транспортного рынка, закрепление методов и положений, регулирующих деятельность пригородного железнодорожного транспорта на законодательном уровне.

Основную роль в обеспечении доступности услуг на пригородном железнодорожном транспорте играет величина тарифа на перевозку. Поэтому приоритетным направлением развития тарифов на пригородный пассажирский транспорт является разработка более совершенной методики определения экономически обоснованного уровня затрат, а также обеспечение государственного регулирования отрасли и полной, законодательно закрепленной компенсации выпадающих доходов пригородных пассажирских компаний.

ИСТОЧНИКИ

1. AK&M Online News «РЖД урегулируют потери доходов пригородных пассажирских компаний». [Электронный ресурс]: http://www.akm.ru/rus/news/2016/february/05/ns_5421950.htm. Доступ 15.07.2016.

2. СМИ об РЖД. Газета «Транспорт России». Статья: «Пригородные перевозки: безубыточность – миф или реальность?». [Электронный ресурс]: http://press.rzd.ru/smi/public/ru? STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&refererLayerId=5049&id=291520. Доступ 13.07.2016.

3. Росстат. Перевозки пассажиров по видам транспорта. [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#. Доступ 13.07.2016.

4. Приказ ФСТ РФ от 28.09.2010 №235-т/1 «Об утверждении Методики расчета экономически обоснованных затрат, учитываемых при формировании цен (тарифов) на услуги субъектов естественных монополий в сфере перевозок пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении в субъектах Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.10.2010 N18754).

5. Транспортный портал Gudok.ru. Статья «Господдержка пригородного сообщения за счет льготного тарифа на использование железнодорожной инфраструктуры продлена на 15 лет». [Электронный ресурс]: http://www.gudok.ru/news/? ID=1344799. Доступ 15.07.2016.

6. Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 1995 г. № 239 о мерах по упорядочению государственного регулирования цен (тарифов).

7. Официальный сайт ОАО «Северная пригородная пассажирская компания». Годовой отчет компании за 2015 год. [Электронный ресурс]: http://sevppk.ru/godovoj_otchet_obcshestva. Доступ 18.07.2016.

8. Официальный сайт ОАО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания». Скоростной поезд «Ласточка». [Электронный ресурс]: http://pass.rzd.ru/static/public/ru/rzd/%7B%7B_orderLink%7D%7D/static/portal/ru/rzd/%7B%7B_cabinetLink%7D%7D? STRUCTURE_ID=5349. Доступ 15.07.2016.

9. Федеральная служба по тарифам: Приказ от 28 сентября 2010 г. № 235-т/1 «Об утверждении методики расчета экономически обоснованных затрат, учитываемых при формировании цен (тарифов) на услуги субъектов естественных монополий в сфере перевозок пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении в субъектах Российской Федерации»

10. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утв. правительством Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.

11. Поручение Председателя Правительства Российской Федерации Владимира Путина в 2011 году субъектам Российской Федерации. Конференция 06.05.2011 года. «Стратегия социально–экономического развития Юга России до 2020 года. Программа на 2011–2012 годы». [Электронный ресурс]: http://archive.premier.gov.ru/events/news/15104/. Доступ 15.07.2016

Координаты автора: **Леонова О. Г.** – olga-global@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 03.08.2016, принята к публикации 26.08.2016.

FORMATION OF RAILWAY TARIFFS FOR COMMUTER PASSENGER TRANSPORTATION

Leonova, Olga G., *Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

ABSTRACT

The author considers current problems of suburban passenger transportation by rail. The establishment of tariffs for such transportation is a sensitive issue of the industry, since it leaves several unsolved outstanding issues at the legislative level, which the article is devoted mainly to. It contains analysis of Russian statistics for the years 2014–2015, the regulations governing commuter passenger transportation, and the evidences of existing problems of tariff formation.

Keywords: tariffs, commuter passenger transportation, railway transport, commuter companies, legislation, social demand, state regulation.

Background. *Break-even operation of commuter passenger transportation by rail, taking into account their social focus, is impossible without the participation of the state. Lost income of suburban passenger companies are associated with a reduced travel tariffs for citizens and provision of availability of transport services for the population of a particular region.*

At the legislative level, there is no norm, indicating the compensation for lost income to commuter companies, which adversely affects the development of the market of suburban passenger rail transportation and activities of suburban passenger companies.

Objective. *The objective of the author is to consider the process of formation of railway tariffs for commuter passenger transportation, using the example of St. Petersburg area.*

Methods. *The author uses general scientific methods, economic approach, comparison, analytical method.*

Results.

1.

During 2014 in 28 regions of Russia compensation of shortfall in income of carriers accounted to less than 50%, including in four regions to less than 10%. In five regions subsidies for compensation to commuter companies were not provided [1]. Shortfall in income of suburban passenger companies in 2015 amounted to about 12,3 billion rubles, from the regional budget only 9,8 billion were compensated. Annual lost compensations lead to a growing loss of companies [2].

Formation of an effective model of industry funding and support for the activities of carriers tariff regulation at the legislative level are essential elements of the system of tariff formation for suburban passenger rail transportation and for attraction of private investment into the sector. Private investors are ready to invest money in projects that guarantee payback and profit. The warranty is only possible with the changes in the legal framework laid down for a long term

Commuter passenger rail transportation now accounts for about 0,2% of passenger turnover for private carriers, 0,1% for JSC Russian Railways and 99,7% for subsidiaries and affiliates of the holding company.

State support for suburban rail communication is conducted at the expense of a preferential tariff for the use of railway infrastructure. The Russian government has extended until December 31, 2030 the action of coefficient 0,01 for this tariff during transportation of passengers in suburban traffic. According to media reports the establishment of preferential tariffs for carriers for the use of railway infrastructure and the introduction of a zero VAT rate for commuter passenger companies have reduced their spending in 2015 by about 8 billion rubles [5].

Accepted anti-crisis measures in the railway industry have a negative impact on population mobility. The critical point was the abolition of commuter trains in January 2015, when 300 suburban trains were cancelled in Nizhniy Novgorod, Oryol, Voronezh, Samara, Kirov and Tver regions, and in Pskov and Vologda regions suburban rail traffic stopped completely [2].

After this incident Federal Antimonopoly Service was given a number of powers to regulate relations in the field of commuter rail transportation, including the right to establish a procedure for resolving disputes between suburban rail companies and regions with regard to regulation of tariffs.

The establishment of tariffs for suburban passenger transportation is a sensitive issue for the industry. Currently, suburban passenger companies provide regions with calculations of economically justified level of tariffs, which are then approved by the regional entities of the Russian Federation. Tariffs offered by carriers, are generally higher than those set in the regions.

The key problem of tariff formation resides, according to experts of suburban passenger transportation, in unsoundness and non-transparency of costs of suburban passenger companies costs, especially in terms of determining payment for services of JSC Russian Railways, which make up about 80% of total companies' costs. The expenses of external organizations are rates on lease, management and operation, maintenance, repair and overhaul of rolling stock that are not governed by regulations.

2.

A question of compensation for shortfall in income of the company is still vital, since each year the amounts, set by the regions are growing, despite the decrease in passenger turnover and the number of trains in suburban railway traffic.

A good example of the situation is the work of JSC North Suburban Passenger Company. In 2014 its shortfall in income amounted to 659,4 million rubles, and in 2015 to 959,25 million rubles In the company's plan for 2015 1 405,83 million rubles were announced. Moreover, its passenger turnover decreased from 381,714 million passenger-kilometers in 2014 to 311, 944 million passenger-kilometers in 2015. The average tariff increase for 2015 compared to 2014 year amounted to 17% [7]. Like in most suburban passenger companies, the main cause of loss of the company in the annual report is linked to only partial reimbursement of the company's cost by served regions of the Russian Federation.

For example, JSC North Suburban Passenger Company is characterized by preservation of zone tariffs for suburban passenger transportation, which is also not advisable as incompatible with the use of different transportation cost in several subjects of the Russian Federation.

In 2015, the country transported 926624 thousand passengers by public rail transport in suburban traffic, it is 95,34% in comparison with 2014.

Passenger turnover of rail transport in suburban traffic in the Russian Federation in 2014 amounted to 71,8%, while in 2015 it was 63,2% in the context of the total passenger turnover in suburban traffic. The share of bus transport increased from 28,1% to 36,7% over the same period, indicating the growing competition of bus traffic [3].

The main reasons for decrease in passenger turnover in suburban rail transport is the general current state of the economy, the decline in living standards of the population, the aging passenger fleet of vehicles, the growing competition of road transport and bus transportation.

Final choice of a particular mode of transport by population is considerably affected by non-price factors of transport competition: reliability, safety, convenience of schedule and transportation speed.

Further improvement of the quality of services of suburban passenger companies becomes the method of increasing the competitiveness in order to create loyal attitude of its passengers and to attract new potential customers.

Prospects of development of suburban rail transport is seen in high-speed transportation, for which the passenger is willing to pay more in order to save time.

In St. Petersburg, rapid commuter trains «Lastochka» («Swallow» in English) were put into operation, running in four directions from the town. This type of train is suitable for passengers with disabilities. The cars are equipped with soft seats and equipped with climate control units that provide heating and cooling of air, above the seats there are eight AC outlets 220 V, trains are equipped with toilets.

Electric train «Lastochka» is comprised of five cars, the overall length of the train is 130 meters, the train can reach speeds of up to 160 km / h, while the average speed of a conventional electric train in suburban traffic does not exceed 60 km / h [8].

From the information note on setting tariffs, subject to state regulation in the territory of St. Petersburg for 2016, it follows that the cost of travel by train «Lastochka» is not much different from the usual train, that also influenced the positive reviews of passengers about the new train, commissioned in the suburbs of St. Petersburg.

JSC North-West Suburban Passenger Company has proposed to set the following tariffs for 2016:

– For «Lastochka» trains in the amount of 46 rubles for the first 20 km, then 2,30 rubles per each additional kilometer;

– For the rest of suburban trains-41,40 rubles for the first 20 km, then 2,07 rubles per each additional kilometer.

Experts of the Committee on tariffs of St. Petersburg based the calculation of tariffs on volumetric indicators at the level of claimed by «Northwest Suburban Passenger Company» for 2016. Due to the decrease in gross proceeds from the activity of rail passenger transportation in the suburban traffic by 12% compared to 2015 the Committee offered the following limit maximum tariffs for services of JSC North-West Suburban Passenger Company for rail passenger transportation in suburban traffic in the territory of St. Petersburg for 2016:

– tariff for transportation of passengers for the first 20 kilometers, regardless of the distance of travel, not taking into account «Lastochka» trains in the amount of 40 rubles (5,3% growth);

– tariff for transportation of passengers and for the first 20 kilometers, regardless of the distance of travel along the route of the train «Lastochka» in the amount of 45 rubles;

– transportation of passengers for each additional kilometer after the 20th, not taking into account the train «Lastochka» in the amount of 2 rubles per 1 km (5,3% growth);

– Transportation of passengers for each additional kilometer after the 20th on routes by trains «Lastochka» in the amount of 2,25 rubles per 1 km.

Thus, the cost of travel in the more comfortable train «Lastochka» is greater than the cost of travel in an ordinary electric train by 12,5%. And this example confirms the company's commitment to set higher tariffs for transportation of passengers.

3.

The special features of establishment of tariffs for suburban passenger transportation by rail in the regions include:

1. Method of FTS does not oblige a region to set a tariff, but only to confirm the economically justified costs and to compensate the losses of the company.

2. The region sets a tariff for population in compliance with the Regulation № 239 of the Russian Government. The size of the economically justified costs of the company shall be examined by executive bodies of the subject of the Russian Federation.

3. The tariff may be only one, at the level of economically justified expenses of the company.

4. In the legislation there is no direct legal norm, which obliges the region to establish the tariff.

5. The tariff is set under the Regulation № 239 «subject to reimbursement of losses in revenue resulting from tariff regulation, at the expense of the relevant budgets of the Russian Federation».

Calculation of tariffs for suburban passenger transportation is carried out in accordance with the established methodology of calculation of economically justified tariffs for suburban passenger transportation by rail, order of FTS of Russia dated September 28, 2010 № 235-t / 1-t

The technique has several disadvantages, as it does not reflect:

– Calculation of rates for services of JSC Russian Railways;

– The procedure for agreeing and setting tariffs for carriers at the level of a region of the Russian Federation, which they serve;

– Calculation of the share of the costs, depending on the volume of work;

– Calculation of tariffs on trains of increased comfort and speed, season tickets;

– Method of establishing a single tariff for multiple subjects, served by one of suburban passenger companies.

The current methodology of tariffs does not create prerequisites for competitive conditions in the market of suburban passenger traffic, as it does not provide equal access to carriers-companies of private forms of ownership to infrastructure facilities, which are state-owned.

Imperfect legal framework leads to confusion and complexity of the calculation of tariffs, which in turn affects the discontent of citizens who consider tariffs for suburban passenger transport exaggerated.

The problem of annual tariff indexation deserves special attention, which, in my opinion, should be limited to the limit value.

If we take into account the European experience, the public transport costs should not exceed 5% of total household consumption expenditure, which is also set in the transport strategy for the period up to 2030 [10]. Rosstat [Federal statistics service] estimated that in the structure of final consumption expenditure of households of different socio-economic categories in the Russian Federation transport accounts for about 18%. These numbers grow every year: if in 2003 the transport costs

accounted for 9%, in 2006 they reached 12%, in 2010 – 15%, from 2013 – already 18% [3].

There is no doubt that in the current circumstances in the determination of the size of budget financing of transportation activities of enterprises of passenger transport requested by the passenger enterprises amounts of budget compensation must be justified. It requires a clear knowledge of what specifically the public authorities intend to compensate: the cost of passenger companies on transportation of privileged categories of passengers, i.e. shortfall in income from such transportation, or to cover losses of suburban passenger companies.

The negative financial result of the majority of suburban passenger companies, low public demand for suburban rail transportation, the shortcomings of the existing methodology for calculating tariffs indicate the inefficiency of this type of transport.

Held at the regional level tariff policy in the field of suburban rail transport has gained an economic focus in recent years. In the absence of a technique of construction of a passenger tariff, validity of the tariff policy and its depth is governed by subjective decisions of executive authority of a region. This situation does not promote the normalization of the passenger transport and the level of tariffs for the population.

Conclusion. *Activities in the area of suburban railway transportation development should be focused on solution of existing problems in the industry: increase in growth of population mobility and accessibility of services, renewal of vehicles and improvement of the investment climate, ensuring the inflow of private investment into the sector, development of an effective model of interaction between all actors of the transport market, establishment of methods and regulations governing the activities of the suburban rail transport at the legislative level.*

The main role in ensuring the availability of services in commuter rail transport is played by a value of tariff for transportation. Therefore, a priority for the development of tariffs for suburban passenger transport is the development of improved methods for determining the economically justified level of costs, as well as ensuring the state regulation of the industry and a full, legally fixed compensation of shortfall in income of suburban passenger companies.

REFERENCES

1. RZD regulates loss of income of suburban passenger companies [*AK&M Online News Stat'ja «RZhD uregulirujut poteri dohodov prigorodnyh passazhirskih kompanij»*]. [Electronic resource]: http://www.akm.ru/rus/news/2016/february/05/ns_5421950.htm. Last accessed 15.07.2016.

2. Suburban transportation: break-even functioning – Myth or Reality? [*SMI ob RZhD. Gazeta «Transport Rossii». Stat'ja: «Prigorodnye perevozki: bezubytochnost' – mif ili real'nost'?»*]. *Transport of Russia*. [Electronic resource]: http://press.rzd.ru/smi/public/ru? STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&referLayerId=5049&id=291520. Last accessed 13.07.2016.

3. Rosstat. Passenger transportatin by modes of transport [*Rosstat. Perevozki passazhirov po vidam transporta*]. [Electronic resource]: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/#. Last accessed 13.07.2016.

4. FTS Order dated 28.09.2010 N235-t / 1 «On approval of the Methodology of calculating economically justified costs taken into account in the formation of prices (tariffs) for services of natural monopolies in the sphere of passenger transportation by railway transport of general use in suburban traffic in the subjects of the Russian Federation» (registered by the RF Ministry of Justice on 19.10.2010 N18754) [*Prikaz FST RF ot 28.09.2010 N235-t/1 «Ob utverzhdenii Metodiki rascheta ekonomicheski obosnovannyh zatrat, uchityvaemyh pri formirovanii cen (tarifov) na uslugi sub'ektov estestvennyh monopolij v sfere perevozok passazhirov zheleznodorozhnym transportom obshhego pol'zovanija v prigorodnom soobshhenii v sub'ektah Rossijskoj Federacii» (Zaregistrirovano v Minjuste RF 19.10.2010 N18754)*].

5. State support of suburban traffic due to the preferential tariff for the use of railway infrastructure is extended for 15 years [*Transportnyj portal Gudok.ru. Stat'ja «Gospodderzhka prigorodnogo soobshhenija za schet l'gotnogo tarifa na ispol'zovanie zheleznodorozhnoj infrastruktury prodlena na 15 let»*]. [Electronic resource]: http://www.gudok.ru/news/? ID=1344799. Last accessed 15.07.2016.

6. Russian Federation Government Resolution dated March 7, 1995 n 239 on measures to streamline state regulation of prices (tariffs) [*Pravitel'stvo Rossijskoj Federacii postanovlenie ot 7 marta 1995 g. n 239 o merah po uporjadocheniju gosudarstvennogo regulirovanija cen (tarifov)*].

7. The official website of «Northwest Suburban Passenger Company». The company's annual report for 2015 [*Oficial'nyj sajt OAO «Severnaja prigorodnaja passazhirskaja kompanija». Godovoj otchet kompanii za 2015 god*].[Electronic resource]: http://sevppk.ru/godovoj_otchet_obcshestva. Last accessed 18.07.2016.

8. The official website of «Northwest Suburban Passenger Company». High-speed train «Lastochka» [*Oficial'nyj sajt OAO «Severo-Zapadnaja prigorodnaja passazhirskaja kompanija». Skorostnoj poezd «Lastochka»*].[Electronic resource]: http://pass.rzd.ru/static/public/ru/rzd/%7B%7B_orderLink%7D%7D/static/portal/ru/rzd/%7B%7B_cabinetLink%7D%7D?STRUCTURE_ID = 5349. Last accessed 15.07.2016.

9. The Federal Tariff Service Order dated September, 28, 2010 n 235-t / 1 «On approval of the methodology for calculating economically justified costs taken into account in the formation of prices (tariffs) for services of natural monopolies in the sphere of passenger transportation by railway of general use in suburban traffic in the subjects of the Russian Federation» [*Federal'naja sluzhba po tarifam Prikaz ot 28 sentjabrja 2010 g. n 235-t/1 «Ob utverzhdenii metodiki rascheta ekonomicheski obosnovannyh zatrat, uchityvaemyh pri formirovanii cen (tarifov) na uslugi sub'ektov estestvennyh monopolij v sfere perevozok passazhirov zheleznodorozhnym transportom obshhego pol'zovanija v prigorodnom soobshhenii v sub'ektah Rossijskoj Federacii»*]

10. Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030, the Russian Government dated 22 November 2008 № 1734-r [*Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda Pravitel'stvo Rossijskoj Federacii ot 22 nojabrja 2008 g. № 1734-r*].

11. Order of Russian Prime Minister Vladimir Putin in 2011 to the subjects of the Russian Federation subjects. Conference 06.05.2011. «Strategy of socio-economic development of the South of Russia till 2020. The program for 2011–2012» [*Poruchenie Predsedatelja Pravitel'stva Rossijskoj Federacii Vladimira Putina v 2011 godu sub'ektam Rossijskoj Federacii. Konferencija 06.05.2011 goda. «Strategija social'no-ekonomicheskogo razvitija Juga Rossii do 2020 goda. Programma na 2011–2012 gody»*]. [Electronic resource]: http://archive.premier.gov.ru/events/news/15104/. Last accessed 15.07.2016.

Information about the author:
Leonova, Olga G. – Ph.D.(Economics), Associate Professor of the department of Crisis management of an enterprise and staff of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, olga-global@yandex.ru.

Article received 03.08.2016, accepted 26.08.2016.

УДК 334:004

Продвижение малого бизнеса посредством интернет-маркетинга



Альберт МУХТАСАРОВ

Мухтасаров Альберт Фаритович *– аспирант кафедры экономики и финансов Московского финансово-юридического университета, Москва, Россия.*

Albert F. MUKHTASAROV

Promotion of Small Business through Internet Marketing
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 130)

Рассмотрены возможности интернет-маркетинга при реализации стратегии продвижения товаров и услуг отечественных предприятий малого бизнеса. Приведена сравнительная характеристика методов популяризации предпринимательства в глобальной сети, их преимуществ и недостатков, проанализированы объёмы расходов на интернет-рекламу в России. Предложены более эффективные медийные средства продвижения для малых предприятий транспортной отрасли в контексте развития их коммерческой деятельности, включая маркетинговые коммуникации и социальные сети.

Ключевые слова: транспортные услуги, малый бизнес, коммерческая деятельность, интернет-реклама, региональная популярность, потенциальные потребители, блогосфера, контекст, электронная почта, веб-сайт.

Интернет-продвижение стало стимулирующим фактором увеличения объемов продаж товаров и услуг, однако в процессе развития общества и массовых коммуникаций формы и методы сопутствующих этому технологий меняются. Зарождается, в частности, интернет-маркетинг как один из способов управления предприятием в условиях рынка и растущей конкуренции, динамичности потребительской среды.

1.

Подход транспортных организаций к использованию возможностей интернет-технологий подвержен постоянным изменениям. Если изначально ресурсы глобальной сети в соответствии с формулой B2B выполняли сугубо приземленную задачу информационного моста между разбросанными по всему миру филиалами крупных транспортных сетей, то теперь ее активно эксплуатируют в целях поддержания оперативности и непрерывности связей с бизнес-партнерами. Кроме того, в последние годы наблюдается стремительный рост частоты использования сети согласно формуле B2C, именно этому сектору прогнозируется лидерство в будущем по объемам

программ и сеансов при передаче информации.

Стала общепризнанной сетевая практика в чисто коммерческих целях, когда с очевидностью возрастает роль интернет-маркетинга (включая такие элементарные операции, как изучение спроса на транспортные услуги, заказ билетов на рейсы РЖД и Аэрофлота). То есть продвижение товаров и услуг предприятий осуществляется не только с помощью таких традиционных средств рекламы, как телевидение, радио, газеты и т.д., но и путем целевого использования возможностей интернета, эффективность которого, по оценкам экспертов, с годами только повышается (рис. 1).

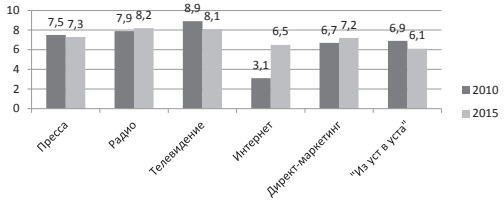


Рис. 1. Эффективность источников распространения рекламы российскими малыми предприятиями по 10-балльной шкале. Рассчитано по данным опросов руководителей и топ-менеджеров средних и малых предприятий Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и Екатеринбурга ($n^{2010} = 37$, $n^{2015} = 41$).

Это обусловлено массовостью аудитории пользователей интернета, которая имеет тенденцию к постоянному росту. В России, по данным компании SputnikMedia, опубликованным в деловом еженедельнике «Контракты» [1], интернетом в декабре 2015 года пользовалось почти 8,4 млн человек. По сравнению с февралем этого же года количество уникальных IP-адресов в стране выросло в 8 раз.

Интернет – это уникальная интерактивная среда, в которой можно эффективно и полно представить любой объект рекламы – товар или услугу малого предприятия с четким таргетингом (от англ. targeting – фокусировка), то есть определенному кругу пользователей (целевой аудитории), которая больше всего интересует рекламодателя, и достаточно точно оценить результат рекламной кампании. Все это приводит к положительным тенденциям развития мирового и европейского рынка онлайн-рекламы. Объем последнего в 2015 году увеличился на 20% (до 12,9 млрд евро), при этом в Нидерландах – на 9%; в Великобритании, Германии, Швеции и Франции – на 19%, в Италии, Бельгии – на 20%; в Дании, Норвегии – на 22%, в Испании – на 26%, а в Польше и Словении – на 60 и 77% соответственно [2].

Мировой опыт развития рекламных услуг свидетельствует о том, что в условиях экономического спада интернет может стать самым эффективным (по возможностям и стоимости) способом фокусированного воздействия на целевую аудиторию. При этом фокусировка возможна как по индивидуальным (профиль деятельности, место жительства и т.д.), так и по поведенческим (время работы в интернете, введение определенных ключевых слов и т.д.) характеристикам пользователя. По результатам проведенного в 2010 и 2015 годах анкетного опроса среди пользователей интернета в России установлено, что при правильной фокусировке эффективность рекламы повышается, а в условиях экономической нестабильности интернет, в противовес телевидению, становится привлекательным средством продвижения товаров и услуг средних и малых предприятий. Несмотря на высокую стоимость, телереклама в 2015 году потеряла лидерские позиции и не оценивается менеджерами предприятий как наиболее эффективный источник рекламы (см. рис. 1).

В первом полугодии 2016 года заметно возросло, между тем, совокупное (безотносительное к малому предпринимательству) интернет-продвижение с использованием рекламных средств и методов. Это подтверждается и значительным ростом объемов российского рынка сетевой рекламы: сегодня его оценивают минимум в $5,0 млн, причем темпы прироста достигают 600%. И подобная динамика, по прогнозам специалистов, будет присутствовать и в дальнейшем. Агентство «Internet-expert» к концу текущего года ждет увеличения объемов по крайней мере до $7 млн.

Подобные тенденции можно объяснить следующим. Прежде всего это повышение доверия к ресурсам глобальной сети. Ещё один аспект – поступательное развитие в стране системы корпоративных сайтов. На сегодняшний день большинством отечественных предприятий среднего и малого бизнеса уже вложены немалые средства

Таблица 1

Отдельные средства продвижения в российской интернет-среде

Показатели / Признаки	Средства интернет-продвижения			
	Web-сайт	Баннерная реклама	Электронные конференции	Электронная почта
Аудитория	Целевая	Широкая	Узкоцелевая	Целевая
Преимущества	Полнота информации	Эффективность привлечения клиентов	Клиенты заинтересованы в информации	Простота и небольшие затраты
Недостатки	Сложность построения	Негативное отношение к страницам, наполненным баннерами	Ограниченность потенциальных клиентов	Восприятие как спама



Рис. 2. Показатели определения эффективности продвижения в блогосфере (по функциям).

в создание собственных web-страниц и даже порталов. Хотя и нельзя не заметить, что сделанные вложения окупаются далеко не так быстро, как хотелось бы. Всё ещё имеют место довольно значительные преграды в становлении инновационных направлений, обусловленные высокой стоимостью поминутной тарификации за использование телефонных сетей, которые предназначены для того, чтобы передать пользователю нужный сигнал [3].

Наличие веб-сайта улучшает имидж малых предприятий, облегчая процесс информирования клиентов и СМИ об инновационных изменениях. По результатам исследований, 8 из 10 пользователей обращаются к услугам интернета с целью изучения ассортимента и свойств товаров и услуг, чтобы затем приобрести их оффлайн, то есть клиент в любое удобное для него время может получить на сайте необходимую для своих действий информацию [4].

Анализ средств и методов продвижения в сети выявил, что наиболее популярные и часто производимые виды онлайновой рекламы представлены прежде всего баннерной и контекстной, включением в оборот целевого сайта, поисковой оптимизацией (SEO), вирусными видеороликами, email-рассылками, интернет-PR [5].

Интернет-продвижение уверенно утверждается в качестве действенного рекламного ресурса, который дает возможность реализовать весь спектр традиционных маркетинговых функций [6].

Применять современные технологии глобальной сети не только престижно, но и целесообразно, а зачастую и просто необходимо как раз малым предприятиям. Ведь пользователи сети – это не только потенциальные клиенты, но и основные потребители их продукции. Рост числа интернет-пользователей диктует предпринимателю задачу по максимуму включить электронную рекламу в качестве эффективного инструмента влияния на рыночную аудиторию [7].

Основные средства интернет-продвижения, которые могут быть предложены малым предприятиям, оказывающим транспортные и сопутствующие услуги, систематизированы в таблице 1 [5].

Определить эффективность продвижения в блогосфере можно путем анализа отдельных показателей по функциям (рис. 2) [8]. Такой анализ помогает пониманию степени продуктивности выбранного способа продвижения [9].

Отдельного внимания заслуживают услуги экспресс-перевозки и особенности их продвижения. Услугу можно рассматривать в качестве деятельности, направленной на обмен стоимостями и связанной с удовлетворением спроса. Такая деятельность не обусловлена передачей прав собственности на какие-либо товары материальной формы. Специфику услуги определяют следующие положения:

– услуга не выходит за рамки процесса ее производства, она не существует вне



Рис. 3. Компоненты потенциала взаимоотношений предприятия с покупателями.

этого процесса, а следовательно, ей не присуще накопление;

– продажа услуги является продажей непосредственно процесса труда, и значит, качество услуги обусловлено качеством самого этого процесса;

– услуга – это по своей сути потребительская стоимость лишь в определенный период и в определенных смыслах, чем резко ограничены возможности ее замены.

Узловой момент: продвижение и продажа услуги осуществляются посредством социально-экономических взаимоотношений между продавцом и потребителем. Потенциал таких взаимоотношений формируют те характеристики взаимосвязей, которые являются результатами прежней деятельности предприятия (прошлых его взаимодействий) и оказывают влияние на будущие производственные показатели. При этом социально-экономические взаимоотношения считаются нетипичными носителями потенциала предприятия, поскольку они не относятся к его внутренней среде и остаются внешними (рыночными), тогда как ресурсы, находящиеся у него в собственности или пользовании (финансовые, технические, технологические, кадровые, информационные), – сугубо внутренними.

Потенциал социально-экономических взаимоотношений предприятия с покупателями формируют две группы факторов:

1) характеристики отношения покупателей к предприятию, влияющие на процесс принятия ими решений по поводу товарно-денежного обмена с производителем товара или услуги;

2) характеристики процессов обмена ценностями между предприятием и потребителями.

Основные компоненты оцениваемых социально-экономических взаимоотношений представлены на рис. 3.

Указанные факторы, считаясь внешними ресурсными компонентами, наряду с факторами внутреннего маркетингового потенциала формируют величину спроса на продукцию предприятия.

2.

Рынок экспресс-перевозок является по природе своей сферой, в которой преломляются экономические отношения между предприятиями по оказанию транспортных услуг и потребителями этих услуг (грузовладельцами), между стоимостью и потребительной стоимостью транспортных услуг. То есть рыночный полигон в определенных обстоятельствах становится своеобразным механизмом, согласовывающим интересы грузовладельцев и транспорта.

Перевозки выступают отдельным сектором в общем товарном рыночном пространстве, элементом в системе товародвижения. Продукция транспортных предприятий опосредованно проявляется

Таблица 2

Количество запросов по ключевым словам по России и Москве (Московской области) в среднем за 2015-июнь 2016 гг.

Предприятие	Россия	В т.ч. по Москве и области		Региональная популярность
		%	ед.	
«Автосервис»	87	18,20	23	14514
«Автошанс»	9	1,88	21	23947
«ТрансПарк»	67	14,02	4	2694
«Перевозим грузы»	315	65,90	51	12163
Итого	478	100	99	x

в эффекте от перемещения грузов в разрезе отдельных корреспонденций (по пунктам отправления и назначения), с учетом рода грузов, надежности, сроков доставки и хранения и др. Будучи товаром, основная продукция транспортных предприятий (перевозка грузов до конечного пункта), а также ряд вспомогательных транспортных услуг (транспортно-экспедиционные) имеют определенную стоимость на рынке (меновая и потребительская), возникающую при осуществлении заказа и являющуюся элементом цены товара в месте потребления [7].

Само понятие транспортной услуги подразумевает не только непосредственную перевозку груза (основную услугу), но и любые операции, прямо не входящие в этот процесс, но связанные с его подготовкой и сопровождением.

Ряд отличительных особенностей транспортной продукции, помимо количественных характеристик, представлен также и качественными параметрами (скоростью перевозки, сохранностью груза, комплексностью и уровнем обслуживания в пунктах назначения и отправления) [7].

Проблема продвижения услуг неоднократно исследовалась, в результате чего были выделены основные их характеристики: неосязаемость, неделимость, непостоянство и т.д.

Носители коммуникации призваны отвечать двум требованиям: они должны быть пригодны для размещения рекламной информации об услуге или предлагающем ее предприятии, а контакт с коммуникаторами предполагает быть интересным для целевой группы.

Основной показатель, который влияет на выбор носителя – количество представителей контактной аудитории, его следует соотнести с затратами. Важным при планировании является частота контакта. Кроме того, процесс продвижения услуг требует учитывать еще несколько позиций:

1) *Конкретизация*. При рекламировании транспортных услуг этот момент особенно весом. Чтобы реклама могла заинтересовать широкие слои потребителей, она должна содержать конкретные, а не символические элементы. Продвижение продукта не достигнет своей цели с помощью символов и условностей, поскольку основная идея может быть непонятной значительному числу людей. Символизм допустим лишь при рекламировании элитарных услуг.

2) *Информативность*. Этот фактор предполагает не эмоциональный, а реально осязаемый содержательный рекламный эффект. Если эмоциональная реклама поддерживает осведомленность и положительный имидж предприятия, то информативная реклама имеет целью передачу достаточно определенной информации о предприятии и его услуге.

3) *Престиж*. Он проявляется в установлении социального престижа услуги. Так, потребление редких и дорогих услуг помогает потребителю присоединиться к образу жизни среднего класса и повысить свой социальный статус. Такая мотивация должна обеспечиваться дополнительными преимуществами и усиливать заинтересованность в покупке.

Чтобы провести анализ влияния интернет-продвижения на деятельность предприятий, было отобрано четыре малых предприятия Москвы и области, осуществляющих свою деятельность в сфере оказания транспортных и сопутствующих услуг: «Автосервис» (ремонт автомобилей в столице), магазин автозапчастей «Автошанс», предприятие «ТрансПарк», транспортно-экспедиторская фирма «Перевозим грузы».

При анализе данных таблицы 2 мы наблюдаем повышенный интерес пользователей интернет-сети к информации о предприятии «Перевозим грузы». Исследуя уровень региональной популярности (доля, которую занимает регион в показах по ключевому слову, деленная на долю всех показов результатов поиска), видим общую картину по всем предприятиям. С точки зрения количества запросов по месяцам, по данным http://wordstat.yandex.ru, обращает на себя внимание тот факт, что пик запросов по «Автосервису» приходится на июнь-июль, магазину «Автошанс» – на октябрь-ноябрь, в отношении двух других предприятий в течение года сохранялась одинаковая тенденция относительно объемов запросов. На периоды пика запросов по предприятиям «Перевозим грузы» и «Автосервис» приходится также увеличение объемов прибыли.

Предприятию «Перевозим грузы» был бы полезен, заметим, собственный сайт, чтобы разместить полную информацию о своей коммерческой деятельности. Весомым преимуществом собственного сайта будет возможность показать не только ассортимент предлагаемых услуг, но и обозначить постоянные каналы обратной связи с клиентами.

Кроме собственных сайтов эффективным способом продвижения на рынке для предприятий стала имиджевая реклама (баннеры, брендирование фона сайтов, видеореклама), а не контекст. Контекст целесообразно использовать тогда, когда товары продаются через интернет, поскольку транспортные услуги, услуги автосервиса, услуги по ремонту автомобилей сеть не реализует и необходимо визуально продвигать свои бренды. Хотя баннеры стоят дороже, чем контекст, именно они позволяют визуально привлечь потенциальных клиентов, воздействуя на подсознание и повышая положительный имидж продукта, услуги или предприятия [10].

ВЫВОДЫ

Россия имеет четкие перспективы к развитию интернет-продвижения и интернет-рекламы в интересах бизнеса. Именно сетевой бизнес будет иметь сильнейшее влияние на формирование мировой коммерции в будущем. В статье показаны особенности продвижения предприятий малого бизнеса, в том числе осуществляющих свою деятельность в сфере оказания транспортных и сопутствующих услуг, с помощью средств телекоммуникации.

Использование интернет-технологий при организации коммуникационных процессов в рыночной среде – весомый фактор обеспечения высокой эффективности функционирования маркетинговых систем транспортных предприятий. При помощи интернет-коммуникаций малые предприятия располагают широкими возможностями для более точного охвата целевой аудитории путем размещения информации на тематических сайтах и анализа поведения посетителей на этих сайтах.

Интернет-коммуникации характеризуются постоянной доступностью для целевых аудиторий, а их высокая гибкость позволяет вносить коррективы либо вообще изменять коммуникативные программы в зависимости от конъюнктуры рынка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромат Е., Сендеров Д. Реклама: теория и практика.– СПб.: Питер, 2015.– 512 с.
2. Мельникович О. Н. Рекламный бизнес: менеджмент маркетинга / Монография.– М.: Нац. торг.-экон. ун-т, 2015.– 358 с.
3. Пархомов П. Г. Современные тенденции развития маркетинга // Актуальные проблемы экономики.– 2015.– № 12.– С. 5.
4. Ортинская В. В., Мельникович О. Н. Маркетинговые исследования. Учебник.– М.: Нац. торг.-экон. ун-т, 2015.– 455 с.
5. Дубовик А. В. Концептуальные основы интернет-рекламы малого предприятия // Актуальные проблемы экономики.– 2015.– № 11.– С. 12–15.
6. Шаповалова А. В. Влияние интернет-технологий на маркетинговую деятельность малого предприятия. [Электронный ресурс]: www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/prvs/2009_3/1504.pdf. Доступ 10.08.2016.
7. Ежова Л. Ф. Информационный маркетинг: Учеб. пособие.– М.: МГТУ, 2013.– 560 с.
8. Новаковский И. И., Любомудрова Л. С. Оценка эффективности интернет-продвижения. [Электронный ресурс]: www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Ekonomika/2009_640/24.pd. Доступ 12.08.2016.
9. Подлесная А. В. Этапы организационно-экономического механизма проведения рекламной кампании // Формирование рыночных отношений.– 2015.– № 2.– С. 7–9.
10. Капинус Л. В. Оценка эффективности интернет-рекламы // Вестник МГТУ.– 2014.– № 2.– С. 48.

Координаты автора: **Мухтасаров А. Ф.** – albert.m@me.com.

Статья поступила в редакцию 05.08.2016, принята к публикации 28.08.2016.

PROMOTION OF SMALL BUSINESS THROUGH INTERNET MARKETING

Mukhtasarov, Albert F., *Moscow University of Finance and Law, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The possibilities of Internet marketing in implementation of a promotion strategy of goods and services of domestic small business enterprises are considered. The comparative characteristic of methods of entrepreneurship promotion in the global network, their advantages and disadvantages is made, the volume of costs of Internet advertising in Russia are analyzed. The more effective means of media promotion for small businesses of transport sector are offered in the context of their commercial activities, including marketing communications and social networking.

Keywords: transport services, small business, commercial activity, online advertising, regional popularity, potential customers, blogosphere, context, e-mail, website.

Background. *Internet promotion has become a stimulating factor to increase the volume of sales of goods and services, however, in the process of development of society, and mass communications the forms and methods of related technologies are changing. The Internet marketing arises, in particular, as a way of business management in market conditions and increasing competition, dynamism of consumer environment.*

Objective. *The objective of the author is to consider issues related to promotion of goods and services of small business enterprises through Internet marketing.*

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

Results.

1.

The approach of transport organizations to take advantage of opportunities of Internet technology is subject to constant changes. If initially the global network resources according to the formula B2B performed a purely mundane task of an information bridge between scattered worldwide branches of major transport networks, now it is actively exploited in order to maintain the efficiency and continuity of relationships with business partners. In addition, in recent years there has been a rapid increase in the frequency of use of the network according to the formula B2C, this sector is projected to be a leader in the future in terms of programs and sessions in the transmission of information.

It has become generally accepted network practice purely for commercial purposes, when clearly the role of Internet marketing (including basic operations such as the study of demand for transport services, booking tickets of Aeroflot and Russian Railways) increases. That is, the promotion of goods and services of enterprises is carried out not only by means of traditional advertising media like TV, radio, newspapers, etc., but also through targeted use of Internet capabilities, the effectiveness of which, according to experts, over the years only increases (Pic. 1).

This is due to a mass audience of Internet users, which tends to constant growth. In Russia, according to the company SputnikMedia, published in the business weekly «Contracts» [1], almost 8,4 million people used Internet in December 2015. Compared to February this year, the number of unique IP-addresses in the country increased by 8 times.

Internet is a unique interactive environment, in which it is possible to effectively and fully submit any advertising object – a product or a service of a small business with clear targeting, i.e. to a certain number of users (the target audience), which the advertiser is mostly interested in and accurately assess the result of the advertising campaign. All this leads to positive trends in the development of the global and European online advertising market. The volume of the latter increased by 20% in 2015 year (to 12,9 bln euro), at the same time in the Netherlands – by 9%; in the UK, Germany, Sweden and France – by 19%, in Italy, Belgium – by 20%; in Denmark, Norway – by 22%, in Spain – by 26%, and in Poland and Slovenia – by 60 and 77%, respectively [2].

World experience of development of advertising services indicates that in the economic downturn the Internet can be the most effective (in features and cost) way of focused impact on the target audience. This focus can be both individual (business profile, location, etc.) and behavioral (time on the Internet, the introduction of certain keywords, etc.) characteristics of the user. According to the results of 2010 and 2015 surveys among the Internet users in Russia it was found that when properly focused advertising efficiency is improved, and in conditions of economic instability the Internet, as opposed to television, becomes an attractive means of promoting products and services of small and medium enterprises. Despite the high cost, the television advertising in 2015 lost its leading position and is not evaluated by managers of enterprises as the most effective source of advertising (see. Pic. 1).

In the first half of 2016, meanwhile, total (without regard to small business) online promotion using advertising tools and techniques increased significantly. This is confirmed by a significant increase in the volume of the Russian market of online advertising: today it is estimated of at least $5,0 million, with the growth rate reaching 600%. And these dynamics, experts predict, will be present also in the future. Agency «Internet-expert» is waiting for increase in volumes by the end of this year, at least up to $7 million.

Similar trends can be explained as follows. First of all, this is an increase in confidence to resources of the global network. Another aspect is steady development of the country's system of corporate websites. To date, the majority of domestic small and medium businesses have invested heavily in building their own web-pages and even portals. Although it must be noted that investments made pay off not as fast as we would like. There is still a fairly significant obstacle in development of innovative directions, due to the high cost of per minute billing for the use of telephone networks, which are designed to transmit the desired signal to the user [3].

The availability of a website enhances the image of small businesses, facilitating the process of informing customers and the media about innovative changes. According to the research, 8 out of 10 users

are turning to the Internet services to explore the range and characteristics of products and services, to buy them further offline, i.e. the client at any convenient time can get on the site information required for his actions [4].

Analysis of the means and methods of promotion on the web revealed that the most popular and frequently produced types of online advertising are represented primarily by banner and context, the inclusion in the targeted site traffic, search engine optimization (SEO), viral videos, email-newsletters, online-PR [5].

Internet promotion is surely established as an effective advertising resource, which allows to realize a full range of traditional marketing functions [6].

It is not only prestigious, but also appropriate to apply advanced global network technologies, and often it is just necessary for small businesses. Network users are not only potential customers but also the main consumers of their products. The growing number of Internet users dictates the task to use at maximum electronic advertising as an effective instrument to influence the market audience [7].

The main means of online promotion, which can be offered to small businesses that provide transportation and related services, are summarized in Table 1 [5].

To determine the effectiveness of promotion in the blogosphere an analysis of individual indicators by their functions can be made (Pic. 2) [8]. Such analysis helps to understand the degree of efficiency of a chosen method of promotion [9].

Individual attention should be paid to express delivery services and features of their promotion. The service can be considered as activities aimed at the value exchange and meeting the demand. This activity is not due to the transfer of ownership of any goods of a material form. The specific nature of service is determined by the following provisions:

– service is not beyond its production process, it does not exist outside of the process, and therefore accumulation is not inherent in it;

– sale of service is an immediate sale of labor process, and therefore, the quality of services is due to the quality of the process itself;

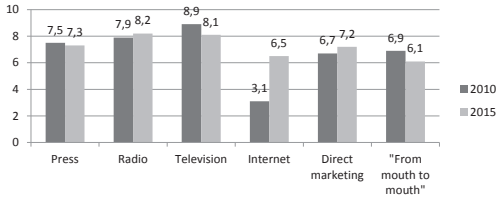
– service is inherently use value only in a certain period and in a certain sense, than possibilities of its replacement are sharply limited.

Nodal point: promotion and sales of services are carried out by means of socio-economic relations between the seller and the consumer. The potential of these relationships forms the characteristics of relationships that are the results of the previous activities of the enterprise (its past interactions) and have an impact on future production performance. At the same time the socio-economic relationships are considered as atypical supports of potential of the enterprise, as they do not fall within its internal environment and remain external (market), while the resources that are in its possession or use (financial, technical, technological, human resources, information) are purely internal.

The potential of socio-economic relations between the enterprise and the customer forms two groups of factors:

1) the characteristics of the enterprise customer relationships, influencing their decision-making process about the commodity-money exchange with the manufacturers of goods or services;

2) the characteristics of the values exchange processes between enterprises and consumers.



Pic. 1. The effectiveness of sources of advertising proliferation by Russian small business under a 10-point scale. Calculated according to surveys of CEOs and top managers of medium and small enterprises in Moscow, St. Petersburg, Novosibirsk and Yekaterinburg ($n^{2010} = 37$, $n^{2015}=41$).

The main components of the estimated socio-economic relations are shown in Pic. 3.

These factors, regardless of external resource components, in addition to the internal factors of the marketing capacity, are forming the magnitude of demand for the company's products.

2.

Express transportation market is by its nature an area refracting economic relations between the enterprises, providing transport services and consumers of those services (shippers), between value and use-value of transport services. That is, the market range in certain circumstances becomes a kind of a mechanism, coordinating the interests of shippers and transport.

Transportation is a separate sector in the overall commodity market space, an element in the distribution system. The production of transport enterprises indirectly manifests in the effect of the movement of goods in the context of individual correspondence (points of origin and destination), taking into account the type of cargo, reliability, delivery time and storage, and others. As a commodity, the main products of transport companies (transportation of goods to the final destination) as well as a number of auxiliary transport services (freight forwarding) have some value in the market (exchange and use) that arises in the implementation of the service and is an element of the price of goods at the place of consumption [7].

The concept of a transport service includes not only direct shipping (basic service), but also any operations that are not directly included in the process, but related to its preparation and maintenance.

Some distinctive features of the transport products, in addition to quantitative characteristics, are also represented by qualitative parameters (transportation speed, cargo safety, complexity and level of service at the destination and origin) [7].

Service promotion problem has repeatedly been investigated, resulting in allocation of their basic characteristics: intangibility, indivisibility, impermanence, and so on.

Communication carriers are designed to meet two requirements: they must be suitable for the placement of advertising information about the service or the enterprise, offering it and the contact with the communicator is supposed to be interesting for the target group.

The main indicator that influences the choice of the media – the number of representatives of contact audience, it should be related to costs. The important aspect when planning is the frequency of contact. In

Table 1

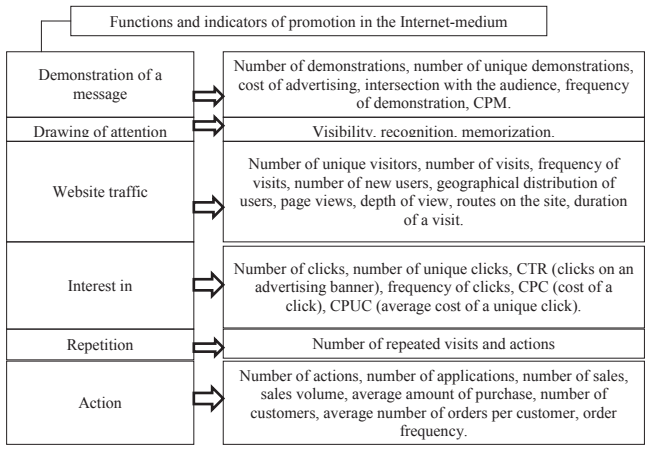
The individual means of promotion in the Russian Internet environment

Indicators / Signs	Means of Internet promotion			
	Website	Banner advertising	Electronic conference	E-mail
Audience	Targeted	Wide	Narrow-targeted	Targeted
Advantages	Completeness of information	Efficiency of customers' attraction	Clients are interested in information	Simplicity and low costs
Disadvantages	Complexity of construction	Negative attitude to pages filled with banners	Narrow-mindedness of potential clients	Perception as spam

Table 2

The number of requests for key words in Russia and Moscow (Moscow region), on the average for 2015-June 2016

Enterprise	Russia	Including, in Moscow and the region		Regional popularity
		%	units	
«Autoservice»	87	18,20	23	14514
«Autochance»	9	1,88	21	23947
«TransPark»	67	14,02	4	2694
«We transport cargoes»	315	65,90	51	12163
Total	478	100	99	x



Pic. 2. Indicators to determine the effectiveness of promotion in the blogosphere (by functions).

addition, services promotion process needs to consider several items:

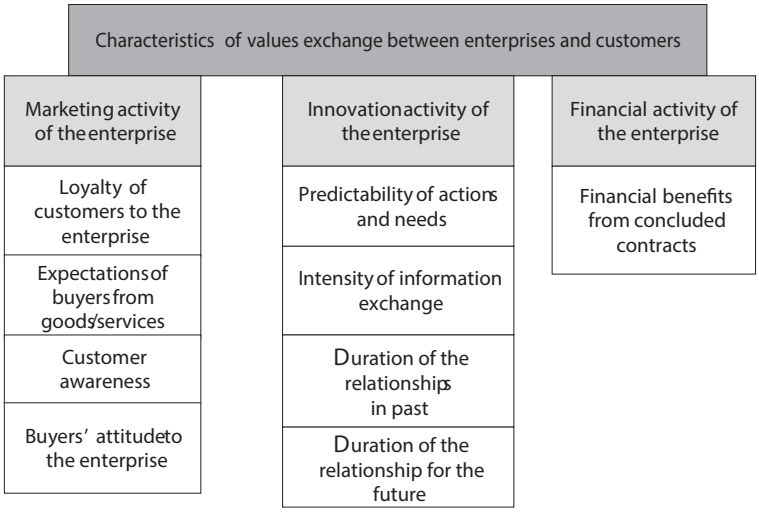
1) Specification. When advertising transport services this point is especially weighty. For advertising could interest broad sections of consumers, it must contain specific, rather than symbolic elements. Promotion of the product will not reach its target with the help of symbols and conventions as the basic idea can be incomprehensible for a large number of people. Symbolism is admissible only if advertising elite services.

2) Informative nature. This factor involves not emotional, but really tangible informative advertising effect. If emotional advertising supports awareness and a positive image of the company, the informative advertising is intended to transfer enough of certain information about the company and its services.

3) Prestige. It is manifested in the establishment of social prestige of a service. Thus, consumption of rare and expensive services help consumers to join the middle class way of life and improve their social status. Such motivation should provide additional benefits and enhance interest in buying.

To analyze the impact of the online promotion on the activities of enterprises four small enterprises were selected in Moscow and the region, operating in the sphere of transport and related services: «Autoservice» (auto repair in the capital), the store of auto parts «Autochance», enterprise «TransPark», freight forwarding company «We transport cargoes».

When analyzing the data in Table 2, we see an increased interest of the Internet network users to the information of the enterprise «We transport cargoes». Exploring regional level of popularity (the proportion occupied by the region in results showing for keywords divided by the share of all shows of search results), we see the overall picture across the enterprise. In terms of the number of requests by month, according to http://wordstat.yandex.ru, attention is drawn to the fact that the peak of requests for «Autoservice» is in June and July, the store «Autochance» – in October-November, the other two companies during the year maintain the same trend with respect to the volume of requests. Peak periods of queries on enterprises «We transport cargoes» and «Autoservice» correspond to the increase in the volume of profits.



Pic. 3. The components of the potential of the relationship between the enterprise and the buyers.

For the enterprise «We transport cargoes», we note, own website would be useful to publish complete information about its commercial activity. A significant advantage of its own website will be a possibility not only to show a range of services offered, but also to identify constant feedback channels with customers.

In addition to their own websites, the enterprises use as an effective market tool image advertising (banners, branding of sites' background, video ads), but not the context. Context should be used when goods are sold through the Internet, because the transportation service, car service, repair services, service on cars repair are not implemented by the network and it is necessary to visually promote their brands. Although banners are more expensive than the context, they allow to visually attract potential clients, acting on the subconscious and enhancing the positive image of a product, service or the enterprise [10].

Conclusions. *Russia has a clear perspective to develop Internet promotion and online advertising in the interests of business. That is the network business will have a strong influence on the formation of global commerce in the future. The article shows the features of the promotion of small businesses, including those operating in the sphere of transport and related services, by means of telecommunications.*

The use of Internet technologies in organization of communication processes in the market environment is a significant factor in ensuring the high efficiency of the marketing systems of transport companies. With the help of Internet communications, small enterprises have ample opportunities to better reach their target audience through the placement of information on thematic sites and analysis of behavior of visitors of those sites.

Internet communications are characterized by a constant availability to target audiences, and their high flexibility allows to make adjustments or change the general communication programs, depending on market conditions.

REFERENCES

1. Romat, E., Senderov, D. Advertising: Theory and Practice [*Reklama: teorija i praktika*]. St. Petersburg, Piter publ., 2015, 512 p.

2. Melnykovych, O. N. Advertising business: marketing management. Monograph [*Reklamnyj biznes: menedzhment marketinga. Monografija*]. Moscow, National Trade Economic University, 2015, 358 p.

3. Parkhomov, P. G. Modern trends of marketing development [*Sovremennye tendencii razvitija marketinga*]. *Aktual'nye problemy ekonomiki*, 2015, Iss. 12, p. 5.

4. Ortinskaya, V. V., Melnykovych, O. N. Marketing Research. Textbook [*Marketingovye issledovanija. Uchebnik*]. Moscow, National Trade Economic University, 2015, 455 p.

5. Dubovik, A. V. Conceptual bases of online advertising of a small business [*Konceptual'nye osnovy internet-reklamy malogo predprijatija*]. *Aktual'nye problemy ekonomiki*, 2015, Iss. 11, pp. 12–15.

6. Shapovalova, A. V. Influence of Internet technologies on marketing activities of small businesses [*Vlijanie internet-tehnologij na marketingovuju dejatel'nost' malogo predprijatija*]. [Electronic resource]: www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/prvs/2009_3/1504.pdf. Last accessed 10.08.2016.

7. Ezhova, L. F. Information Marketing: educational guide [*Informacionnyj marketing: Ucheb posobie*]. Moscow, MGTU publ., 2013, 560 p.

8. Novakovsky, I. I., Lyubomudrova, L. S. Evaluating the effectiveness of online promotion [*Ocenka effektivnosti internet-prodvizhenija*].[Electronic resource]: www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vnulp/Ekonomika/2009_640/24.pd. Last accessed 12.08.2016.

9. Podlesnaya, A. V. Stages of organizational and economic mechanism of advertising campaign [*Etapy organizacionno-ekonomicheskogo mehanizma provedenija reklamnoj kampanii*]. *Formirovanie rynochnyh otnoshenij*, 2015, Iss. 2, pp. 7–9.

10. Kapinus, L. V. Evaluating the effectiveness of online advertising [*Ocenka effektivnosti internet reklamy*]. Vestnik MGTU, 2014, Iss. 2, p. 48.

Information about the author:
Mukhtasarov, Albert F. – Ph.D. student of the department of Economy and Finance of Moscow University of Finance and Law, Moscow, Russia, albert.m@me.com.

Article received 05.08.2016, accepted 08.09.2016.

УДК 656.003.12:339

Методология измерения эффективности взаимодействия мезологистических систем



Оксана ФРЕЙДМАН

Фрейдман Оксана Анатольевна *– кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник управления научно-исследовательской работой Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), Иркутск, Россия.*

Oksana A. FREIDMAN

Methodology to Measure the Effectiveness of Interaction of Mesologistics Systems
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 140)

Развитие мезологистических систем на рынке транспортно-логистического бизнеса связано с совершенствованием деятельности их территориальных подразделений. Дочерние зависимые общества ОАО «РЖД», представленные как единый бизнес-блок на этом рынке, регулярно сталкиваются с проблемами приобретения конкурентных преимуществ, которые видятся в росте сегмента контрактной логистики. Взаимодействие компаний при таком раскладе сил – одно из условий повышения их жизнеспособности и устойчивости. Однако принятие управленческих решений в сфере взаимодействия и интеграции компаний должно быть основано на методах оценки эффективности мезологистических систем, чему и посвящена статья.

Ключевые слова: логистика, экономика, рынок транспортно-логистического бизнеса, транспортно-логистическая инфраструктура, логистический кластер, транспортно-логистические услуги, мезологистическая система.

Развитие рынка транспортно-логистического бизнеса является одним из условий успешного функционирования национальной экономики, что выражается в устойчивости, гибкости и надежности сформированных цепей поставок. Важный аспект при этом – разработка научных подходов к консолидации рыночных усилий между предприятиями транспортно-логистического бизнес-блока ОАО «РЖД» и субъектами территориальных рынков транспортно-логистических услуг.

Наблюдается замедление темпов роста ВВП при внешнем росте абсолютных показателей. Так, прирост ВВП России в 2012 году составлял 12, 11%, в 2013 – 6,16%, а в 2014 и 2015 годах соответственно 9,62 и 3,23%.

Внешнеторговый оборот России в 2014 году снизился на 6,8%, в 2015 году объем внешнеторгового оборота оказался ниже более чем на 33%. Данные процессы связаны не только с политическими событиями, происходившими в стране и мире, но и с уровнем развития и состояния нашей транспортно-логистической системы.

Особенность текущей политической и экономической ситуации заключается

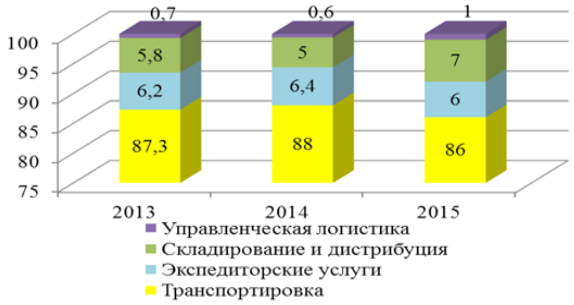


Рис. 1. Структура рынка транспортно-логистических услуг России за период 2013–2015 гг. (Составлено на основе данных сайта gks.ru).

в смещении геополитических интересов России в сфере заключения и реализации международных торговых контрактов в сторону сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона. Доказательством этого являются в том числе и статистические данные о величине и структуре внешнеторгового оборота Иркутской области.

Удельный вес экспорта и импорта в стоимостном товарообороте Иркутской области составил соответственно: в 2012 г.– 84% и 16%; в 2013 г.– 89% и 11%, в 2014 г.– 82% и 18%; в 2015 г.– 85% и 15% . Доля участия стран АТР во внешнеторговом обороте Иркутской области в 2015 году была 53%, при этом количество стран-партнеров – 22 (экспортеры – 17, импортеры – 19).

В то время как показатели состояния национальной экономики подчеркивают необходимость применения новых научно-методических подходов к управлению развитием транспортно-логистической инфраструктуры на региональном и федеральном уровнях, показатели рынка транспортно-логистических услуг указывают на необходимость разработки новых методов оценки эффективности взаимодействия логистических систем на мезо- и макроуровнях.

Актуальность научно-практических разработок в сфере управления взаимодействием на рынке ТЛБ аргументирована статистическими данными о его развитии, отраженными в программных документах федерального и отраслевого уровня, а также результатах научных исследований [1, 2].

Анализ рынка транспортно-логистических услуг Иркутской области, а также состояния и тенденций развития транспортно-логистической инфраструктуры города и области позволил сделать вывод о потребности в консолидации усилий участников рынка на совершенствование управленческого блока, поскольку сегодня этот сектор стал отстающим (см. рис. 1).

Решение задачи консолидации усилий между субъектами территориального рынка ТЛУ и территориальных подразделений ДЗО холдинга «РЖД» видится в разработке стратегии их взаимодействия и интеграции, которая носила бы многоступенчатый характер, и в долгосрочной перспективе должна привести к созданию стратегического альянса на международном уровне (см. рис. 2).

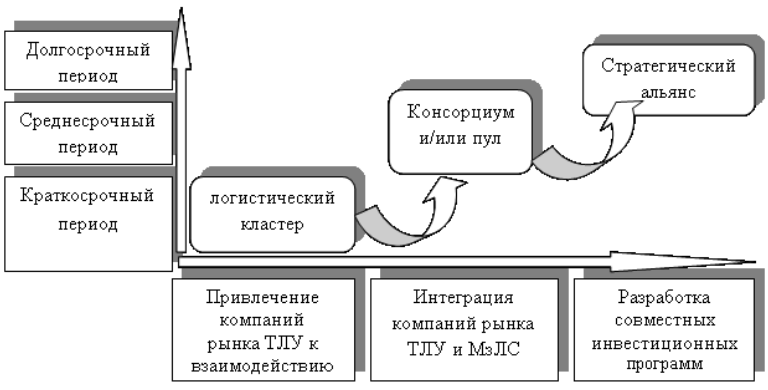


Рис. 2. Концепция развития мезологистической системы ОАО «РЖД» в условиях территориальной интеграции на рынке ТЛБ.

Таблица 1

Представления об измерении эффекта синергии в трудах современных ученых

Автор	Виды эффектов синергии	Область исследования
Ансофф И. [4]	Эффект от совместного использования финансовых и производственных мощностей, системы распределения; эффект от совместного использования опыта менеджеров.	Системы управления
Бригхем Ю., Гапенски Л.[4]	Эффект операционной экономии. Эффект финансовой экономии. Эффект дифференциации функций участников.	Системы менеджмента предприятий
Веснин [4]	Операционная, финансовая коммерческая синергия.	Системы управления
Гунина [4]	Синергия сбыта, синергия инвестирования, синергия управления, производственная синергия, синергия развития.	Системы менеджмента предприятий
Юлдашева О. А., Горид А. [10]	Эффект снижения удельных затрат (эффект масштаба); эффект повышения доходов; эффект роста инвестиционных возможностей интегрированной системы. Эффект комплементарности материальных и нематериальных ресурсов.	Логистические цепи промышленных компаний
Журова Л. И. [4]	Закупочная, производственная, сервисно-сбытовая, инновационная, организационно-управленческая, финансово-инвестиционная Эффективность.	Цепочки создания ценностей в промышленности
Краснов Г. А., Виноградов В. В. [8]	Эффект от расширения (синергия расширения), эффект от взаимодействия (синергия связности).	Системы менеджмента
Кородюк И. С. [7]	Эффекты от взаимодействия транспортных компаний в ассоциации, как в контрактном объединении.	Региональная транспортно-логистическая система
Кузьменко Ю.Г. [9]	Эффекты, возникающие на разных уровнях систем: микро-, мезо- и макрологистических.	Интеграция логистических систем

Одним из центральных вопросов управления взаимодействием мезологистических систем транспортно-логистического бизнес-блока на территориальных рынках ТЛУ является оценка эффективности управленческого решения, которая в рамках кластерной формы партнерства видится в проявлении эффекта синергии.

Таким образом, одна из задач методологии управления мезологистическими системами заключается в исследовании вопросов расчета эффекта от взаимодействия (или синергетического эффекта).

К рассмотрению предлагаются существующие научно-методические подходы к оценке эффекта синергии различных типов корпоративных объединений, освещенные, в частности, в работах отечественных ученых: Грейза Г. М. [3], Л. И. Журовой [4], А. Е. Иванова [5], В. М. Каточкова [6], И. С. Кородюка [7], Ю. Г. Кузьменко [9], О. А. Юлдашевой [10].

В таблице 1 представлены взгляды различных исследователей на структурное содержание эффекта синергии.

Преимущественно эффект синергии рассматривается на примере объединения промышленных или оптово-розничных компаний, интегрированных в корпоративной структуре, что дает возможность определить или спрогнозировать объем спроса и рассчитать ожидаемые доходы в условиях единой ценовой политики. Иными словами, рассматривается эффект интеграции. В условиях более свободных контрактных отношений между партнерами, какие возникают при кластерной форме партнерства, а также в ассоциациях и альянсах, состав эффектов будет иным.

Как видно из таблицы 1, разработки оценки эффекта синергии логистических систем присутствуют в сфере сетевых оптово-розничных компаний и промышленных предприятий. Эффект синергии некорпоративных структур, где сохраняется конкуренция между участниками, а связи являются менее сильными, чем в корпорациях, сегодня недостаточно разработана и освещена.

Необходимо отметить, что работ по оценке эффекта синергии, либо эффекта взаимодействия в кластерах не так и много. Авторы, предлагающие подходы к измерению эффекта синергии, часто расходятся

Таблица 2

Модель расчета эффекта синергии при кластерной форме партнерства на рынке транспортно-логистического бизнеса (по видам эффектов)

Символ	Содержание эффекта	Проявление эффекта при кластерной форме партнерства
1. Эффект прямого дохода (маркетинговый)		
E_v	Образуется за счет увеличения количества заказов с помощью сетевых форм взаимодействия	Добавленная стоимость, возникшая при расширении ассортимента услуг и привлечения дополнительных заказчиков
2. Операционный эффект		
E_{tr}	Снижение затрат на пустопорожний пробег	Экономия от пустопорожнего пробега при полной загрузке подвижного состава
	Снижение себестоимости затрат на транспортировку грузов	
E_{wp}	Образуется за счет снижения затрат на аренду или содержание складских помещений	Экономия при предоставлении площадей участниками кластера друг другу, увеличение коэффициента использования складских площадей
3. Организационно-управленческий эффект (транзакционный)		
E_{tran}	Образуется за счет сокращения времени отклика	Экономия упущенной выгоды, возникающей в случае отказов и в результате длительного времени ожидания
4. Инфраструктурные эффекты		
E_w	Образуется за счет экономии затрат в границах макрологистической системы (экономия РТЛС)	Экономия на капитальных затратах по проектированию и строительству объектов транспортно-логистической инфраструктуры и ее размещение (складская система)
C_{tr}	Затраты кластера, эффекты РТЛС	Экономия при дифференциации затрат на реконструкцию транспортной системы между участниками кластера в пределах РТЛС, для партнеров кластера представляет собой затраты
5. Инновационно-инвестиционный эффект		
E_{inov}	Образуется за счет совместного финансирования информационных и научных технологий и обмена знаниями	Экономия по разработке и внедрению информационных технологий, проведения обучения партнерами кластера
E_{total}	Совокупный эффект, полученный от взаимодействия	$E_{total} = E_v + E_{tr} + E_{wp} + E_w - C_{tr} + E_{inov}$ (1)

во мнениях по поводу структуры эффектов и методов их компиляции, что приводит к выводу о зависимости методики измерения от формы взаимодействия логистических систем, вида интеграции, отрасли или типа рынка.

По сути, предлагаемый научно-методический подход к измерению эффективности взаимодействия логистических систем рассматривается на уровне создания кластерной формы партнерства в рамках территориального рынка транспортно-логистического бизнеса.

Прежде всего необходимо уточнить, что понимается под термином синергия и синергический эффект.

Синергия – это стратегические преимущества, возникающие при объединении двух или нескольких компаний. Синергический эффект – это совокупный эффект, возникающий при объединении компаний, выраженный в абсолютных или относительных показателях.

Классификация эффектов, возникающих при объединении мезологистической системы транспортообразующей отрасли на территориальных рынках ТЛБ в кластер, предполагается по укрупненным группам признаков, а именно: по уровню логистической системы, где образуются эффекты, по направлениям взаимодействия систем.

Эффекты взаимодействия участников кластера образуются за счет таких свойств логистических систем, как аддитивность и комплементарность. Свойство комплементарности позволяет объединить парт-

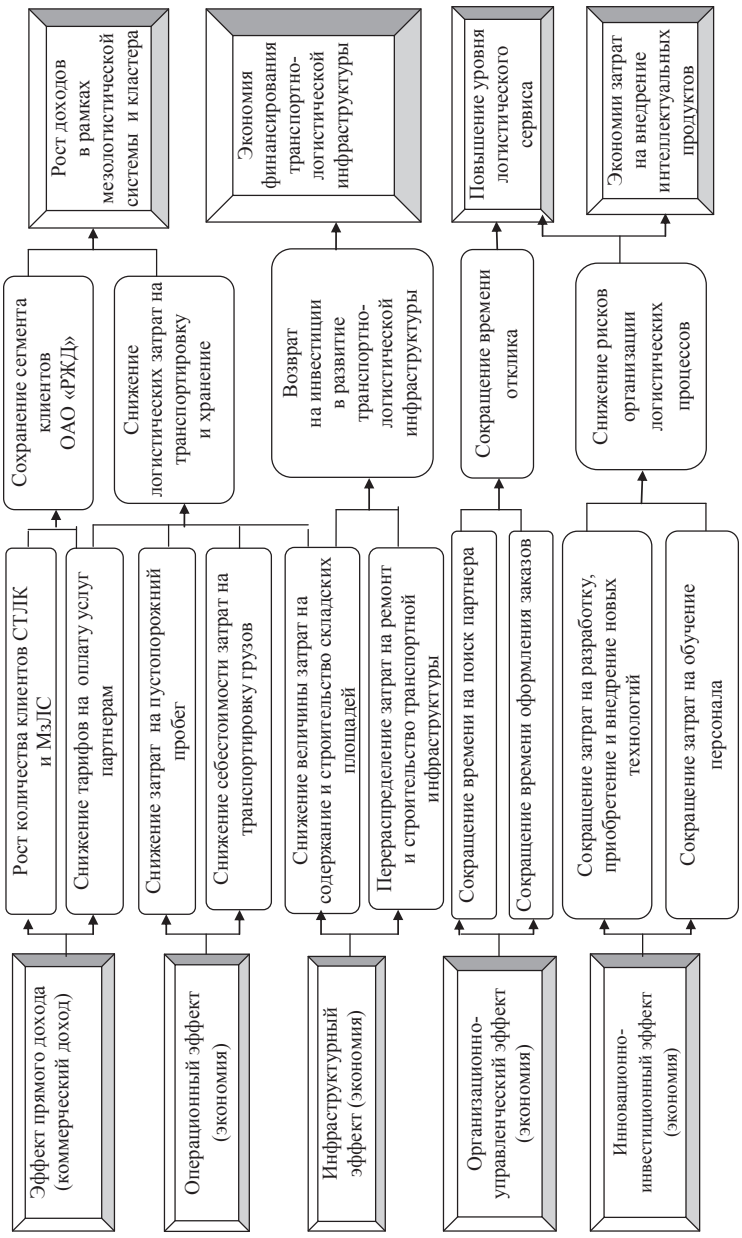


Рис. 3. Концепт-карта формирования эффектов микро-, мезо- и макрологистических систем при взаимодействии в логистическом кластере (составлена автором).

неров в кластере, в то время как свойство аддитивности помогает сложить усилия партнеров и таким образом увеличить их совокупную технологическую, экономическую и рыночную мощность.

В целом эффекты, полученные в результате взаимодействия в логистическом кластере, можно дифференцировать на следующие группы:

1) коммерческий эффект, возникающий от совместного использования клиентской базы, ее сохранения и роста;

2) операционный, возникающий в результате кооперации партнеров в процессе осуществления логистических операций;

3) организационно-управленческий, возникающий в результате сокращения времени цикла заказа и времени отклика, за счет использования единой информационной базы и метода «одного окна»;

4) инфраструктурный, возникающий от совместного использования транспортной, складской, информационной инфраструктуры и совместного обучения персонала;

5) инновационно-инвестиционный эффект, возникающий в условиях софинансирования проектов по развитию транспортно-логистической инфраструктуры РТЛС как макроплатформы формирования кластера.

В таблице 2 представлено описание и символьное обозначение эффектов взаимодействия логистических систем трех уровней в кластерном партнерстве.

Следует пояснить, что параметры C_{tr} при формировании эффектов мезологистической системы и кластера имеют форму затрат и учитываются со знаком «–», хотя представляют собой эффект от взаимодействия микро- и мезологистических систем в составе кластера и покрывают часть затрат регионального бюджета, поскольку направлены на реализацию первоочередных проектов по строительству или реконструкции региональной транспортно-логистической инфраструктуры. В то же время данная величина затрат имеет возвратный эффект, ибо способствует снижению рисков, связанных с хранением и транспортировкой, вероятностный характер которых не учитывается при методике расчета.

Концепт-карта формирования эффекта синергии (см. рис. 3) отражает влияние процессов управления кластером на достижение целей управления макро- и мезологистическими системами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная модель оценки результатов взаимодействия логистических систем, представленная как эффект синергии, позволит делать выводы о результативности методов управления и разрабатывать дальнейшие сценарии развития рынка ТЛУ.

Организация партнерства в рамках кластерного объединения позволила бы достичь таких результатов:

1) ликвидировать проблемные зоны в сфере комплексности транспортно-логистических услуг путем осуществления параллельного оказания дополнительных услуг за счет ресурсов разных провайдеров;

2) расширить географию оказания услуг за счет совместной деятельности сетевых логистических операторов, обладающих высоким уровнем адаптивности на региональных и микрорынках;

3) сохранить и/или повысить качество услуг за счет применения технологии конкурентного отбора посредников в условиях виртуализации управления мезологистической системой и кластером;

4) оптимизировать расходы на содержание транспортно-логистической инфраструктуры и ее развитие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: Утв. распоряжением правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р / Министерство транспорта РФ.
2. Концепция создания сети транспортно-логистических центров на территории Российской Федерации: Утв. распоряжением правительства РФ от 22 ноября 2012 г. № 1734-р / Министерство транспорта РФ.
3. Грейз Г. М., Каточков В. М., Воложанин В. В. Принципиальная структура системы формирования и оценки ключевых показателей логистического менеджмента промышленного предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – № 3. – С. 128–135.
4. Журова Л. И. Формирование корпоративной синергии // Волжский государственный университет им. В. Н. Татищева. [Электронный ресурс]: http://sisupr.mrsu.ru/2016–1/PDF/Zhurova_2016–1.pdf. Доступ 27.07.2016.
5. Иванов А. Е. Априорная оценка синергетического эффекта интеграции на основе нечетко-множественной модели определения коэффициента синергетического роста // Экономический анализ: Теория и практика. – 2012. – № 42. – С. 33–42.
6. Каточков В. М., Левина А. Б. Оценка логистической интеграции предприятий розничной торговли г. Челябинска // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2010. – № 7. – С. 102–112.
7. Кородюк И. С. Научно-методические основы создания транспортно-логистических систем в регионах Сибири и Дальнего Востока / Дис... док. экон. наук. – Иркутск, 2004. – 365 с.
8. Краснов Г. А., Виноградов В. В., Краснов А. А. Возникновения синергетического эффекта при интеграции экономических систем // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – № 4. – С. 219–222.
9. Кузьменко Ю. Г. Методология логистической интеграции систем торгового обслуживания / Дис... док. экон. наук. – Челябинск: ЮрГУ, 2014. – 316 с.
10. Юлдашева О., Горид А. Стратегии интеграции компаний // Новости электротехники. – 2006. – № 4. – С. 112–114.

Координаты автора: **Фрейдман О. А.** – oksana-frey@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.07.2016, принята к публикации 20.08.2016.

METHODOLOGY TO MEASURE THE EFFECTIVENESS OF INTERACTION OF MESOLOGISTICS SYSTEMS

Freidman, Oksana A., *Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, Russia.*

ABSTRACT

The development of mesologistics systems in the market of transport and logistics business (TLB) is related to improvement of the activity of their territorial subdivisions. Subsidiaries and affiliates of JSC Russian Railways, presented as a single business unit in this market face regularly problems of acquiring competitive advantages that are seen in the growth of contract logistics segment. Interaction of the companies in this power balance is one of the conditions to enhance their viability and sustainability. However, administrative decisions making in the field of interaction and integration of companies should be based on the methods of assessing the effectiveness of mesologistics systems, which this article is devoted to.

Keywords: logistics, economy, market of transport and logistics business, transport and logistics infrastructure, logistics cluster, transport and logistical services, mesologistics system.

Background. *Development of the market of transport and logistics business is one of the conditions for successful functioning of the national economy, which is reflected in stability, flexibility and reliability of supply chains formed. An important aspect in this case is development of scientific approaches to the consolidation of market forces between enterprises of transport and logistics business unit of JSC Russian Railways and the subjects of territorial markets of transport and logistics services (TLS).*

There is a slowdown in GDP growth with external growth of absolute indicators. So, Russia's GDP growth in 2012 was 12, 11%, in 2013 – 6,16%, and in 2014 and in 2015 9,62 and 3.23%, respectively (calculation is based on data from gks.ru).

Russia's foreign trade turnover decreased by 6,8% in 2014, in 2015 the volume of foreign trade turnover was lower by more than 33% (calculation is based on data from gks.ru). These processes are related not only to political events happening in the country and the world, but also to the level of development and the state of our transport and logistics system.

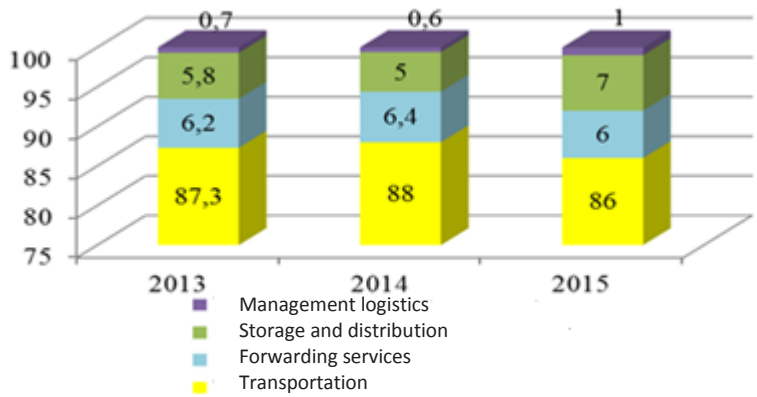
The peculiarity of the current political and economic situation is to shift the geopolitical interests of Russia in the conclusion and implementation of international trade contracts towards the cooperation with the countries of Asia-Pacific region. Proof of this is statistical data on the size and structure of foreign trade turnover of Irkutsk region.

The relative share of export and import in value turnover of Irkutsk region amounted to, respectively: in 2012 – 84% and 16%; 2013 – 89% and 11%, in 2014 – 82% and 18%; 2015 – 85% and 15% (Foreign trade activity: data of statistical reports [Electronic resource] – The Internet portal of Territorial body of Federal State Statistical Service in Irkutsk region. URL: http://irkutskstat.gks.ru). The share of Asia-Pacific countries in foreign trade turnover of Irkutsk region was 53% in 2015, while the number of partner countries was 22 (exporters – 17, importers –19).

While the state of the national economy indicators underscores the need for application of new scientific and methodological approaches to the management of development of transport and logistics infrastructure at the regional and federal levels, transport and logistics services market indicators point to a need to develop new methods to assess the efficiency of interaction of logistics systems and at meso- and macro- levels.

The relevance of scientific and practical developments in the field of interaction management in the TLB market is substantiated with statistical data on its development, as reflected in policy documents of federal and sectoral levels, as well as the results of scientific research [1, 2].

Analysis of the market of transport and logistics services of Irkutsk region, as well as the state and trends of development of transport and logistics infrastructure of the city and the region led to the conclusion about the need to consolidate the efforts of market participants towards improving the management unit, as today, this sector has become a laggard (see Pic. 1).

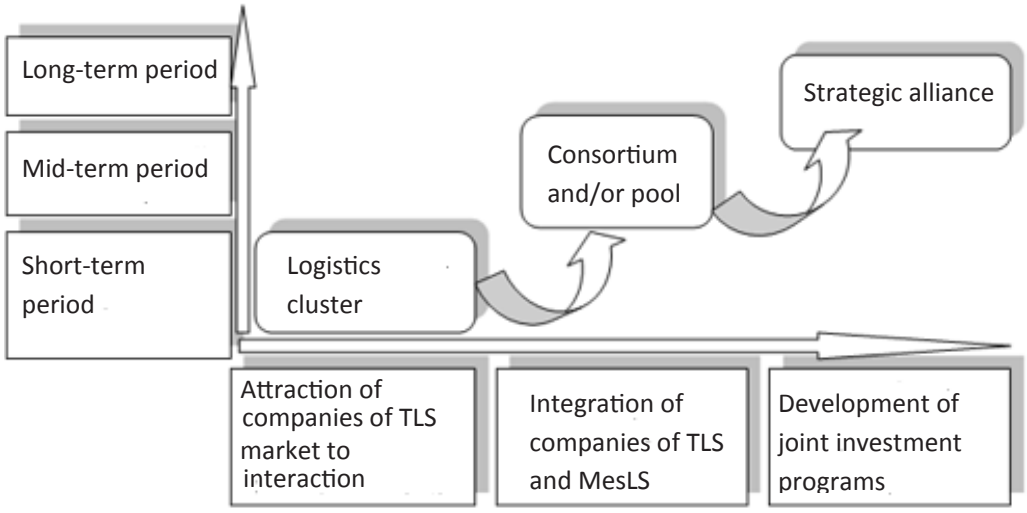


Pic. 1. Structure of transport and logistics services market of Russia for the period of 2013–2015 (Based on RBK data).

Table 1

Vision of measuring the synergies in the works of modern scientists

Author	Types of synergies	Research area
Ansoff I. [4]	Effect of shared use of financial and industrial capacities, distribution system; effect of shared use of managers' experience.	Management systems
Brigham, Yu., Gapensky, L. [4]	Effect of operational savings. Effect of financial savings. Effect of differentiation of participants' functions.	Company management systems
Vesnin [4]	Operational, financial commercial synergy.	Management systems
Gunina [4]	Marketing synergy, investment synergy, management synergy, industrial synergy, development synergy.	Company management systems
Yuldasheva, O. A., Gorid, A.	Effect of reduction of unit costs (scale effect); Effect of income increase; Effect of growth of investment capacities of integrated system. Effect of complementarily of material and non-material resources.	Logistics chains of industrial companies
Zhurova, L.I. [4]	Procurement, manufacturing, service and sales, innovation, organizational- managerial, financial- investment efficiency	Chains of creation of valuables in the industry
Krasnov, G. A., Vinogradov, V. V.	The effect of enlargement (extension synergy), effect of interaction (connectivity synergy).	Management systems
Korodyuk, I. S.	Effects of interaction between transport companies in the association, as in a contractual association	Regional transport-logistics system
Kuzmenko, Yu. G.	Effects, arising at different levels of systems: micro-, meso- and macrologistics.	Integration of logistics systems



Pic. 2. The concept of development of mesologistics system of JSC Russian Railways system in terms of integration in TLB market.

The solution of the task to consolidate efforts between the actors of the territorial market of TLS and territorial divisions of subsidiaries and affiliates of RZD holding is seen in the development of strategies for their cooperation and integration, which would be of a multi-level character, and in the long term should lead to the creation of strategic alliance at the international level (see Pic. 2).

Objective. *The objective of the author is to offer a methodology to measure the effectiveness of interaction of mesologistics systems.*

Methods. *The author uses general scientific methods, economic evaluation, comparative method, analytical method.*

Results. *One of the central issues of management of interaction of mesoligistics systems of transport and logistics business unit in the territorial markets of TLS is to assess the efficiency of the administrative decision, which within the cluster form of partnership is seen as a manifestation of synergy effect.*

Thus, one of the tasks of methodology of management of mesologistics systems is to study the

Table 2

Calculation model of the synergies in case of cluster form of a partnership in the market of transport and logistics businesses (on types of effects)

Symbol	Content of effect	Effect manifestation in cluster partnership form
1. Direct income effect (Marketing)		
E_v	Formed due to increase in the number of orders at the expense of network forms of interaction	Added value that arose at expanding the range of services and attraction of additional customers
2. Operational effect		
E_{tr}	Reduction of costs for empty run	Savings from empty run at full loading of rolling stock
	Reduction of prime cost for cargo transportation	
E_{wp}	Formed due to reduction of costs for rent or maintenance of storage facilities	Savings from provision of spaces for cluster members to each other, increase in the coefficient of storage areas use
3. Organizational and management effect (transactional)		
E_{tran}	Formed by reducing the response time	Saving from the loss of profits arising in the event of failures and as a result of long waiting time
4. Infrastructure effects		
E_w	Formed by cost savings within the boundaries macrologistics system (RTLS savings)	Savings in capital costs for design and construction of transport and logistics infrastructure and its placement (storage system)
C_{tr}	Cluster's costs, effects of RTLS	Savings in the differentiation of the transport system reconstruction costs between the cluster parties within RTLS; is a cost for cluster partners
5. Innovation-investment effect		
E_{inov}	Formed due to joint financing of information and scientific technologies and knowledge exchange	Savings on development and introduction of information technologies, training by cluster partners
E_{total}	Cumulative effect, resulting from interaction	$E_{total} = E_v + E_{tr} + E_{wp} + E_w - C_{tr} + E_{inov}$ (1)

issues of calculating the effect of interaction (or synergy effect).

The existing available scientific and methodical approaches to the evaluation of the synergies of different types of corporate associations, highlighted, in particular, in the works of Russian scientists: Greiz G. M. [3], Zhurova L. I. [4], Ivanov A. E. [5], Katochkov V. M. [6], Korodyuk I. S. [7], Kuzmenko Yu. G. [9], Yuldasheva O. A. [10] are offered for consideration.

Table 1 presents the views of various researchers on the structural content of the synergy effect.

The synergy is considered mostly using the examples of industrial and wholesale and retail companies that are integrated in a corporate structure that enables us to determine or predict the volume of demand and calculate expected returns in a common pricing policy. In other words, we consider the effect of integration. Under the conditions of free contractual relations between the partners, which occur in a cluster form of a partnership, as well as in associations and alliances, the content of effects will be different.

As can be seen from Table 1, development of evaluation synergies of logistics systems are present in the network wholesale and retail companies and industrial enterprises. Synergies of unincorporated structures where competition is maintained between the parties, and the links are less strong than in corporations today is not enough developed and highlighted.

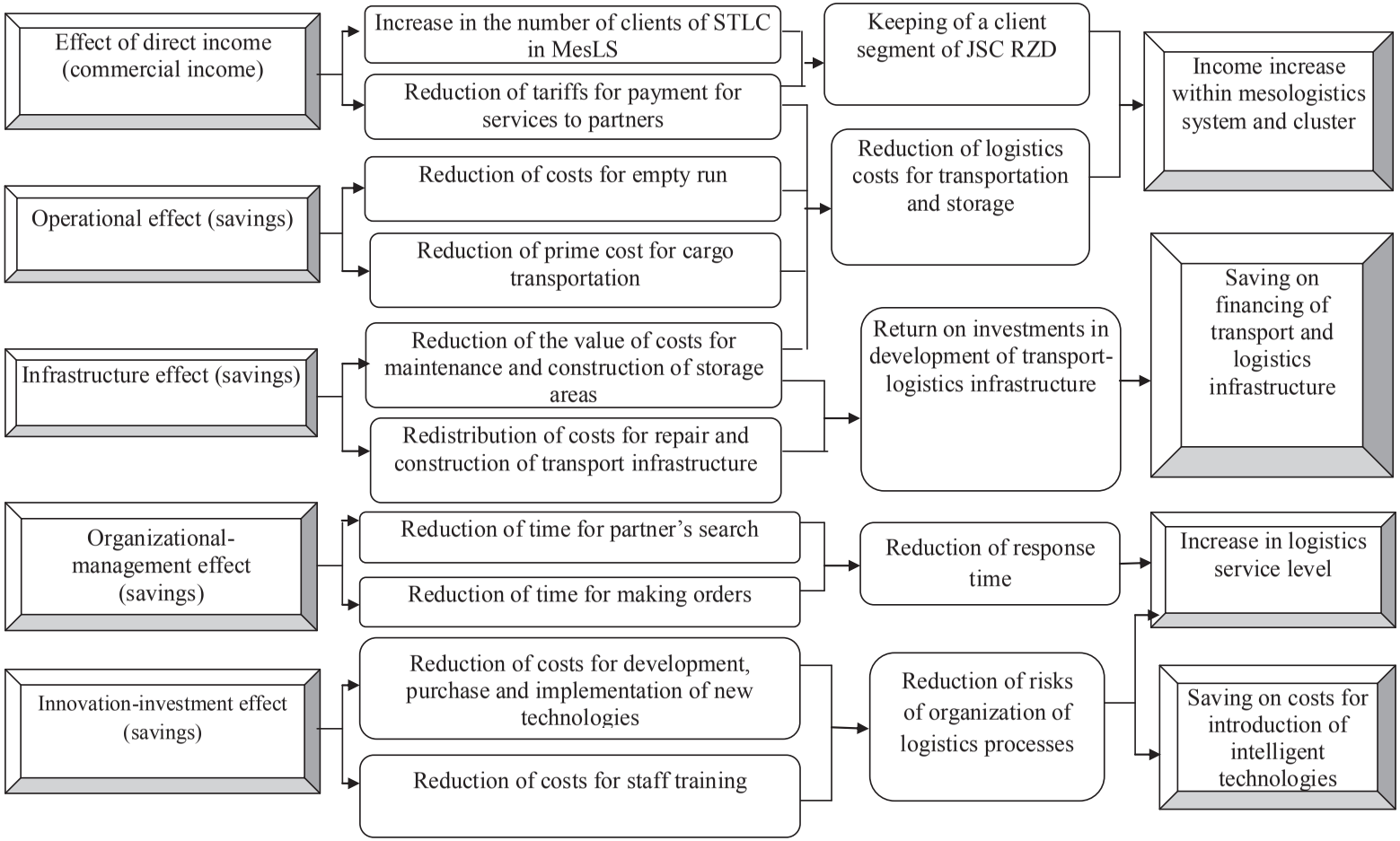
It should be noted there is no sufficient works on evaluation of synergies, or synergies in clusters. The authors, proposing an approach to measurement of synergy, often disagree about the structure of effects and methods of their compilation, which leads to the conclusion about dependence of the measurement method on the form of interaction of logistics systems, the type of integration, industry or market type.

In fact, the proposed scientific and methodical approach to measuring the efficiency of interaction of logistics systems is considered at the level of creation of cluster forms of partnership in the framework of the territorial market of transport and logistics business.

First of all it is necessary to clarify what is meant by the term «synergy» and «synergistic effect».

Synergy is a strategic advantage arising from the combination of two or more companies. A synergistic effect is a cumulative effect arising on combination of companies, expressed in absolute or relative terms.

Classification of the effects arising from the combination of mesologistics system of transport-forming industry in regional TLB markets in the cluster, is assumed to be made by large characteristics groups, namely by the level of the logistics system, where are formed the effects regarding areas of systems' cooperation.



Pic. 3. Concept map of formation of effects of micro-, meso- and macrologistics systems in interaction in the logistics cluster (compiled by the author).

The effects of the interaction of participants in the cluster are formed by such properties of logistics systems as additivity and complementarity. Complementarity allows to bring together partners in the cluster, while the additivity helps to add together partners' efforts and thus to increase their total technological, economic and market power.

In general, the effects resulting from the interaction in the logistics cluster can be differentiated into the following groups:

1) commercial effect arising from sharing of the customer base, its maintenance and growth;

2) operational effect resulting from cooperation of partners in the implementation of logistics operations;

3) organizational management effect resulting from the reduction in cycle time and order response time, through the use of common information base and the method of «one window»;

4) infrastructure effect arising from the joint use of transport, storage, information infrastructure, and joint staff training;

5) innovation-investment effects occurring in co-financing projects to develop transport and logistics infrastructure of RTLS as a macroplatform of cluster formation.

Table 2 provides a description and symbolic designation of effects of interaction of three levels of logistics systems in a cluster partnership.

It should be clarified that the parameter C_{tr} at formation of mesologistics systems and cluster have a form of costs and is included with the sign «–», but is the effect of the interaction of micro-and mesologistics systems in the cluster, and covers a part of the costs of the regional budget as they are directed on realization of priority projects for construction or reconstruction of the regional transport and logistics infrastructure. At the same time, the given value of costs has a return effect, because it contributes to reduce the risks associated with storage and transportation, probabilistic nature of which is not taken into account in the calculation methodology.

Concept map of synergy formation (see Pic. 3) reflects the impact of cluster management processes on achievement of aims of management of macro- and mesologistics systems.

Conclusion. *The proposed model for evaluating the results of interaction of logistics systems, presented as synergy, will allow to draw conclusions about the effectiveness of management practices and develop future scenarios of TLS market development.*

Partnership organization in the framework of the cluster association would allow to achieve these results:

1) to eliminate the problem areas in the field of complexity of transport and logistics services through the implementation of the parallel provision of additional services at the expense of resources of different providers;

2) to expand the geography of rendering services through joint activity of network logistics operators with a high level of adaptability at regional and micromarkets;

3) to maintain and / or to improve the quality of services through the use of technologies of competitive selection of intermediaries in virtualization of management of mesosystem and cluster;

4) to optimize the maintenance costs of transport and logistics infrastructure and its development.

REFERENCES

1. Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030: Approved by Decree of Russian Government dated November 22, 2008 № 1734-r [*Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda: Utv. rasporjazheniem pravitel'stva RF ot 22 nojabrja 2008 g. № 1734-r* /]. Ministry of Transport of the Russian Federation.

2. The concept of creating a network of transport and logistics centers in the Russian Federation: Approved by Decree of Russian Government dated November 22, 2012 № 1734-p [*Koncepcija sozdanija seti transportno-logisticheskih centrov na territorii Rossijskoj Federacii: Utv. rasporjazheniem pravitel'stva RF ot 22 nojabrja 2012 g. № 1734-r*]. Ministry of Transport of the Russian Federation.

3. Greiz, G. M., Katochkov, V. M., Volozhanin, V. V. Schematic structure of the system of formation and evaluation of key performance indicators of logistics management of an industrial enterprise [*Principial'naja struktura sistemy formirovanija i ocenki kljuchevyh pokazatelej logisticheskogo menedzhmenta promyshlennogo predprijatija*]. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Ekonomika i menedzhment*, 2014, Iss. 3, pp. 128–135.

4. Zhurova, L. I. Formation of corporate synergy [*Formirovanie korporativnoj sinergii*]. *Volzhskij gosudarstvennyj universitet im. V. N. Tatishheva*. [Electronic resource]: http://sisupr.mrsu.ru/2016–1/PDF/Zhurova_2016–1.pdf. Last accessed 27.07.2016.

5. Ivanov, A. E. A priori estimation of the synergies of integration on the basis of fuzzy-set model determining synergistic growth coefficient [*Apriornaja ocenka sinergeticheskogo effekta integracii na osnove nechetko-mnozhestvennoj modeli opredelenija kojefficienta sinergeticheskogo rosta*]. *Ekonomicheskij analiz: Teorija i praktika*, 2012, Iss. № 42, pp. 33–42.

6. Katochkov, V. M., Levin, A. B. Evaluation of logistics integration of retailers in Chelyabinsk [*Ocenka logisticheskoj integracii predprijatij roznichnoj torgovli g. Cheljabinska*]. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Ekonomika i menedzhment*, 2010, Iss. 7, pp. 102–112.

7. Korodyuk, I. S. Scientific and methodological basis for creation of transport and logistics systems in the regions of Siberia and the Far East [*Nauchno-metodicheskie osnovy sozdanija transportno-logisticheskih sistem v regionah Sibiri i Dal'nego Vostoka*]. D.Sc. (Economics) thesis. Irkutsk, 2004, 365 p.

8. Krasnov, G. A., Vinogradov, V. V., Krasnov, A. A. The synergistic effect in integration of economic systems [*Vozniknovenija sinergeticheskogo effekta pri integracii ekonmicheskih system*]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo*, 2009, Iss. 4, pp. 219–222.

9. Kuzmenko, Yu. G. Logistics Integration Methodology for trading service systems [*Metodologija logisticheskoj integracii sistem torgovogo obsluzhivanija*]. D.Sc. (Economics) thesis. YurGu, 2014, 316 p.

10. Yuldasheva, O., Gorid A. Strategies of companies integration [*Strategii integracii kompanij*]. *Novosti elektrotehniki*, 2006, Iss. 4, pp. 112–114.

Information about the author:
Freidman, Oksana A. – Ph.D. (Economics), associate professor, senior researcher at the department of scientific-research work of Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, Russia, oksana-frey@mail.ru.

Article received 27.07.2016, accepted 20.08.2016.

ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК 146

Как и что искать.



АЭРОДРОМ 168

Воздушное пространство имеет свои пределы.

СТАНЦИЯ 176

Элементы искусственного интеллекта проникли на сортировку.

КООПЕРАЦИЯ 188

«На местах необщего пользования».

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ • ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

PATENT SEARCH 146

What and how to search.

AIRDROME 168

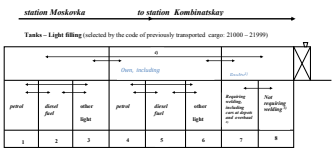
Airspace has its borders.

RAIL STATION 176

Artificial intelligence elements penetrated the marshalling yard.

COOPERATION 188

Structures of non-public use.



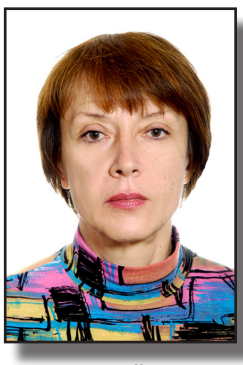
УДК 330.105

Принятие решений по замещению импортной техники на основе анализа патентной и финансовой информации*

Александр АНДРЕЙЧИКОВ
Aleksandr V. ANDREICHIKOV



Ольга АНДРЕЙЧИКОВА
Olga N. ANDREICHIKOVA



Андрейчикова Ольга Николаевна *– доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН, Москва, Россия.*
Андрейчиков Александр Валентинович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Менеджмент качества» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Making Decisions on Substitution of Imported Equipment based on the Analysis of Patent and Financial Information

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 159)

Предложена методика анализа критических ситуаций, возникающих на многих предприятиях в связи с импортом зарубежной продукции и материалов. Показаны возможные подходы к проблемам замещения импортной техники, методика выработки управленческих решений на основе финансовой и патентной информации, их причинно-следственные аспекты.

Ключевые слова: транспорт, управленческие решения, системный подход, импортозамещение, наукоемкие технологии, патенты, экономические базы данных.

Предметом нашего анализа является ситуация на предприятиях, выпускающих высокотехнологичную продукцию с длинными цепочками поставок, в том числе зарубежных, связанная с разрывами этих цепочек из-за запретов на импорт, которые могут исходить как от страны-экспортера, так и от страны-импортера. Следует отметить, что введенные запреты на импорт касаются в основном производства продовольствия, а запреты на экспорт из европейских стран и США – производства продукции, как правило, имеющей отношение к обороне. Очевидно, что подобные запреты наносят ущерб производителям и потребителям и становятся ярким примером отклонения от рационального экономического поведения лиц, принимающих решения. Последствия таких решений ставят экономические субъекты в новые условия, в которых они должны вырабатывать рациональные стратегии управления, обеспечивающие

* Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ, проект 16-02-00743 «Многокритериальный анализ и прогнозирование технико-экономического состояния и тенденций развития ведущих мировых аэрокосмических компаний».

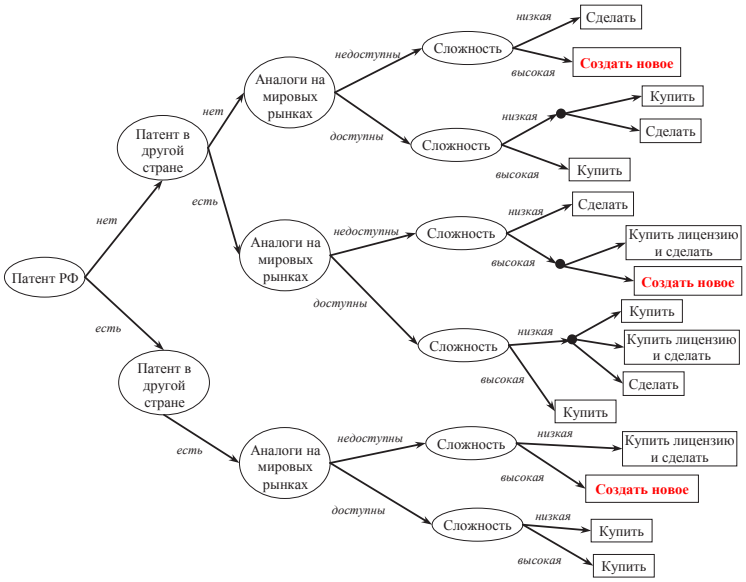


Рис. 1. Возможные исходы технико-экономического анализа (http://seves.ucoz.net/).

их выживание. При этом разработка долгосрочных стратегий весьма проблематична в силу высокой степени неопределенности будущего в кризисные периоды, а также в связи с большим числом и трудностью неотложных задач.

Быстро заменить необходимые изделия практически невозможно, даже если существуют альтернативные поставщики, так как потребуется время на испытания и заключение контрактов, не говоря уже о запуске собственных производств. Поэтому в сложившихся условиях целесообразно проведение поисковых исследований с целью выявления возможностей импортозамещения.

Такие исследования включают следующие основные этапы:

1. Технико-экономический анализ импортного изделия на предмет технологической сложности.
2. Патентный поиск аналогов импортного изделия.
3. Исследование возможностей приобретения лицензий на производство изделия в России.
4. Поиск новых поставщиков изделия на мировых рынках.
5. Исследование возможностей производства изделия в России.

Следует заметить, что в этом случае какие-либо теоретические и статистические модели не пригодны, а незаслуженно обделенные вниманием логика и анализ эмпирических данных остаются единственно надежными научными инструментами решения проблем.

ОБЩАЯ СХЕМА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

К проведению технико-экономического анализа необходимо привлечь патентоведов, экономистов, маркетологов и специалистов в области техники, к которой относится изделие. Возможные результаты такого анализа можно представить деревом ситуаций, представленных на рис. 1.

Если импортозамещаемый объект не имеет патентной охраны на территории России, то теоретически возможно его производство собственными силами, если для этого есть ресурсы. Такой исход представлен опцией Сделать на рис. 1, где можно заметить, что она присутствует на ветках дерева с низкой технологической сложностью и иногда сопровождается конкурирующими альтернативами. Например, в случае доступности аналогов на рынках при отсутствии патентной охраны нужно будет сделать выбор между опциями Купить или Сделать, принимая во внимание фактор времени, а также конкретные экономические и технологические возможности предприятия. Если рассматриваемый объект или его близкий аналог запатентован за рубежом, то возникает дополнительная возможность – Купить лицензию и сделать. При высокой технологической сложности и доступности аналогов на мировых рынках предпочтительной опцией является Купить.

Хотя возникает и целый ряд вопросов, связанных с выбором поставщика и параметрами контрактов. При этом возможность создания отечественного аналога не отвергается и может быть реализована параллельно с закупками импортных изделий в течение определенного периода времени.

При наличии патентной охраны в России разумно предполагать существование иностранного патента. В этом случае альтернатив меньше: если на рынках есть доступные аналоги, то целесообразно их приобретение (Купить), в противном случае существует вариант покупки лицензии и вариант – Создать новое изделие, возможный как в случае высокой, так и низкой технологической сложности. Эта опция – самая сложная для воплощения, так как предполагает создание нового производства, начиная со стадии опытно-конструкторских работ. Она возникает также и в случаях, когда изделие не охраняется патентами России при недоступности аналогов на мировых рынках.

ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК АНАЛОГОВ

Патентный поиск можно выполнять с привлечением информации из национальных патентных ведомств или международных патентных ресурсов, например, Questel-Orbit, Thomson Innovation и т.п. [1, 2]. На практике, как правило, приходится пользоваться всеми доступными источниками информации, поскольку международные патентные ресурсы позволяют достаточно быстро получить общую картину патентования в интересующей области, но не дают адекватного представления о многих патентообладателях из-за искажения имён и частых переименований. Первые шаги патентного исследования обычно предполагают поиск патентов на импортное изделие по имени патентообладателя, если нет точной информации о наличии и номерах патентов. Следует иметь в виду, что наименование патентообладателя может отличаться от имени производителя и поставщика изделия.

Информацию о патентах предполагаемых патентообладателей из международных патентных ресурсов целесообразно проверить в национальных патентных ведомствах. Патентная охрана может распространяться на отдельные части изделия или материалы, из которых оно изготовлено. В таких случаях имеет смысл выполнить серию поисковых запросов в международных патентных ресурсах по главным функциональным и конструктивным признакам изделия, чтобы увидеть, какие решения и кем патентуются в исследуемой области техники.

В первую очередь необходимо установить наличие действующей патентной охраны на территории РФ. Если таковая отсутствует в отношении рассматриваемого объекта, результаты такого поиска позволяют определить класс близких технических решений, защищенных российскими патентами, и идентифицировать патентообладателей. На следующем этапе целесообразно выполнить патентный поиск по главным функциональным и конструктивным признакам изделия без ограничения территории охраны, чтобы выявить мировых лидеров.

Результаты патентных исследований дают ценную информацию для маркетингового и финансового анализа с привлечением российских и международных информационных ресурсов по финансовой отчетности и экономическим показателям. В частности, появляется возможность проанализировать направления экономической деятельности выявленных патентных лидеров на территории РФ и в мире и сделать выводы о вероятности взаимодействия с ними в качестве поставщиков, лицензиаров и/или производственных партнеров. Кроме того, анализ производственных и экономических показателей российских предприятий позволяет оценить перспективы производства на них нужного изделия.

Помимо возможных производителей результаты патентного поиска дают информацию об изобретателях и институциональных организациях-разработчиках новых технических решений, которая важна при выборе опции Создать новое (изделие) на рис. 1. Основные этапы предлагаемой методики анализа описаны ниже на примере конкретной проблемы импортозамещения.

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗАМЕЩЕНИЯ

Основные этапы разработанной методики технико-экономического анализа рассмотрим на примере проблемы, возникшей у производителей авиационной и автомобильной техники вследствие расторжения контрактов с французской компанией GAMMA SAS на поставку эластомерных амортизаторов для защиты электронного оборудования транспортных средств.

Выпускаемый компанией GAMMA SAS амортизатор SES5A (рис. 2) выполнен из эластичных материалов и оправлен с противоположных сторон в металлическую оправу. Эластомерная часть изготовлена из высококачественных силиконовых и фторсиликоновых каучуков. На официальном сайте производитель указывает следующие характеристики заданной серии амортизаторов:

- амортизаторы работают на сжатие, растяжение и сдвиг;
- амплитуда колебаний до ±1,5 мм, при собственной частоте от 10 Гц;
- диапазон нагрузок от 0,5 до 15 кг;
- стандартное исполнение из силикона;
- температура, в которой возможна эксплуатация: от –55 до +150°С;
- амортизатор может гасить динамические нагрузки с коэффициентом усилия меньше 4 на любой поверхности;
- низкая собственная частота колебаний позволяет использовать амортизаторы для вертолётов.

В амортизаторах в качестве демпфирующего элемента применяется упругий пластик – эластомер. Такой амортизатор является более надежным, но имеет температурную зависимость – при низкой температуре эластомер замерзает и начинает работать иначе. В связи с этим нужно дополнительно проводить патентное исследование материала.

Амортизаторы фирмы GAMMA SAS относятся к отказоустойчивым и предназначены прежде всего для обеспечения эффективной виброизоляции электронных устройств, систем связи, навигации, различных дисплеев (амортизаторы закрепляются на приборной доске самолетов, морских судов, вездеходных машин и гасят колебания, возникающие во время движения); электронных плат

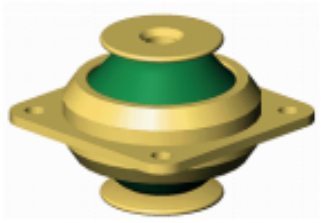


Рис. 2. Амортизатор SES5A (http://seves.ucoz.net/).

и небольших электронных устройств с высокой собственной частотой; систем управления полетом, систем ориентации и стабилизации, систем вооружений, инерциальных систем, курсовертикалей.

В данном случае ситуация требует от производителей принятия неотложных решений по замене таких изделий, поскольку без них продукция не может пройти испытания и быть передана покупателям. Сложность изделия – низкая, поэтому исследование ветвей дерева на рис. 1, соответствующих подобной ситуации, приводит к опции Сделать (аналог, копию), если изделие не защищено патентом РФ. То есть на первом этапе исследования целесообразно выполнить поиск патентов, которыми может охраняться амортизатор, если такой информации нет в технической документации, полученной производителем от поставщика. Когда номера патентов известны и срок их действия не истек, то лучшим решением будет Купить (изделие) у нового поставщика при условии его доступности на мировых рынках. Если не удается найти нового поставщика, целесообразно Купить лицензию на производство или Создать новое (собственное) изделие. Эта опция соответствует высокой сложности на рис. 1, а опция Купить лицензию – низкой, что, вообще говоря, условно, ибо обе они могут рассматриваться при любой сложности, а их положение на рис. 1 соответствует случаю, когда приобретение лицензии на производство сложного изделия не имеет смысла в связи с невозможностью организации такого производства в РФ в обозримые сроки.

Таблица 1

Информация по компании GAMMA SAS

Дата основания, страна	1948, Франция
Данные финансовой отчетности	отсутствуют

Таблица 2

Информация по компании EFFBE

Дата основания, страна	1949, Франция
Информация о компании	Компания специализируется на выпуске (http://www.effbe-diaphragm.com/en/): • резинотканного мембранного полотна с высокой устойчивостью к механическим и химическим нагрузкам. В производстве мембран используют высококачественные каучуки. • производит формованные резино-технические изделия, которые применяются при производстве антивибрационной техники. • производит эластомерные пружины (два типа эластомеров: EFFBE295 – на основе хлоропренового каучука и EFFBE URELAST – на основе обогащенного полиуретана).
M&A	С 2000 г. фирма Effbe входит в состав производственной группы фирм WOCO Gmbh & Co
Финансовые показатели (TR)	Выручка – 37 млн долл. США (2010), 36 млн долл. США (2012) Чистая прибыль 3 млн долл. США (2010) Совокупные активы – 23 млн долл. США (2010)

ПОИСК ПАТЕНТОВ ПО ИМЕНИ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ

В рассматриваемом примере информация о патентах на поставляемые эластомерные (резиновые) амортизаторы отсутствовала, поэтому необходимым действием является поиск патентов на заданное устройство на территории РФ. Его разумно начать с поиска патентов по имени поставщика, при этом следует учитывать, что на мировом рынке постоянно происходят слияния, поглощения и переименования компаний.

Компания GAMMA SAS основана в 1948 году во Франции. К настоящему времени она имеет многолетний опыт применения собственных ноу-хау в области разработки и производства виброизолирующих и вибродемпфирующих амортизаторов для военной и гражданской техники. Благодаря высокому качеству своих изделий фирма участвует в многочисленных международных проектах.

В 1993 году, по данным Thomson Reuters [3], GAMMA SAS была поглощена компанией EFFBE. В 2000 году та стала частью WOCO group (Германия). В начале 1990-х EFFBE начала серийные поставки своей продукции на российский рынок. Сейчас в России насчитывается более 30 постоянных потребителей ее продукции в различных отраслях промышленности. Примечательно, что после 90-х годов число отечественных производителей эластомерных амортизаторов неуклонно снижалось [4], т.е. отечественный рынок был отдан EFFBE и другим иностранным фирмам. Данные о компаниях EFFBE и WOCO group [5] приведены в таблицах 1 и 2.

Патентный поиск по имени правообладателя проводился по всем известным

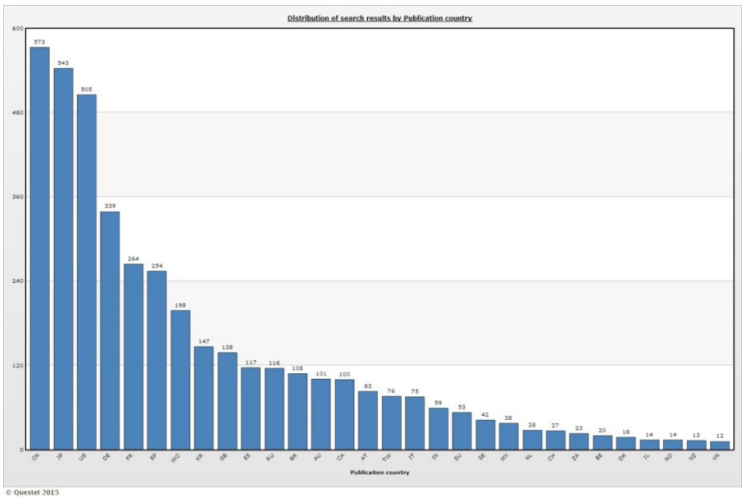


Рис. 3. Распределение патентов по странам публикации (http://seves.ucoz.net/).

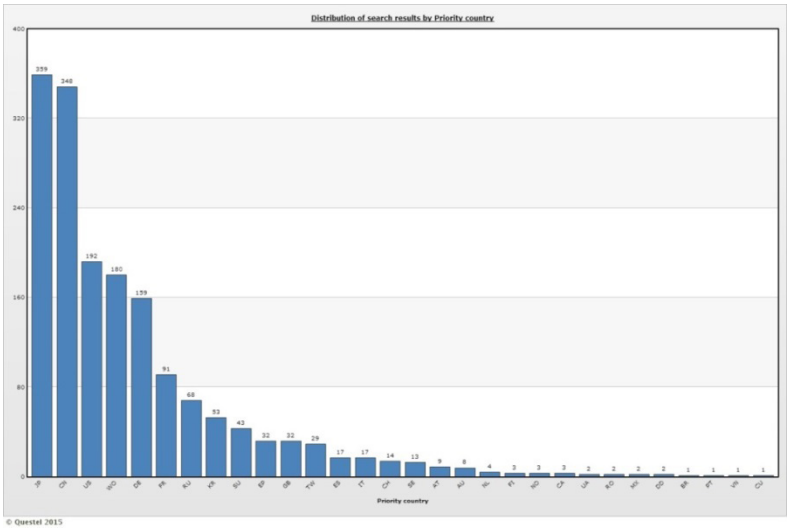


Рис. 4. Распределение патентов по странам приоритета (http://seves.ucoz.net/).

именам (GAMMA SAS, EFFBE, WOCO Group) и дал результат, свидетельствующий об отсутствии у них российских патентов. Этот вывод сделан на основании поиска в международных патентных ресурсах и базе данных Роспатента [6]. Следовательно, дальнейшие шаги исследования будут определяться верхней частью дерева на рис. 1. Отсутствие патентов у поставщика не дает полной уверенности в том, что их нет. Если будет принято решение Сделать отечественный аналог, то необходимо уточнить представление о том, что и кем патентуется в рассматриваемой области техники.

ПОИСК ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ И КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Главная функция амортизатора – виброизоляция (Vibration isolation); основной элемент конструкции – эластичный упругий элемент (Elastic rubber). Будем искать патенты, которые содержат эти признаки в заголовке и описании изобретения. На 27.06 2015 года запрос по этим признакам в Questel-Orbit дал 1436 документов, из них почти половина – действующие (47,5%). Среднегодовое число подаваемых патентных заявок с 1990 по 2015 год выросло примерно в четыре раза (с 20 до 80). Распределение патентных документов по странам публикации и странам приоритета показано на рис. 3, 4. По числу патентных публикаций первое место занимает Китай (573), за которым следуют Япония (542) и США (505). Второй эшелон лидеров – европейские страны: Германия с 339 патентами и Франция с 264. В России опубликовано 116 патентных документов с искомыми признаками.

Распределения патентных документов по странам публикации и приоритета отличаются. Первое место по числу первичных заявок занимает Япония (66,1% от числа опубликованных), немного опережая Китай (60,7%). США, Германия и Франция имеют более чем двукратное отставание от азиатских лидеров по числу приоритетных заявок, а также меньшие доли приоритетных заявок в общем количестве патентных публикаций (США – 38%; Германия – 46,9%; Франция – 34,5%). Это прежде всего свидетельствует о массовом перемещении производств в Китай и сопутствующем бурном росте темпов патентования в этой стране, а также о том, что американские и европейские патентообладатели могут отдавать предпочтение международной патентной охране (WO, EP). Более точные выводы можно будет сделать после детального анализа патентообладателей.

Анализ уровня капитализации компаний отрасли «Запасные части автомобилей» показал, что первые места принадлежат европейским странам с абсолютным лидерством Германии, за которыми следуют Япония, Китай и США. При этом число компаний в европейских странах на порядок меньше.

Сопоставление рейтингов капитализации и патентной активности позволило сделать вывод, что между ними нет прямой связи; патентные лидеры (в данном случае страны) занимают высокие позиции в экономических рейтингах, но экономические

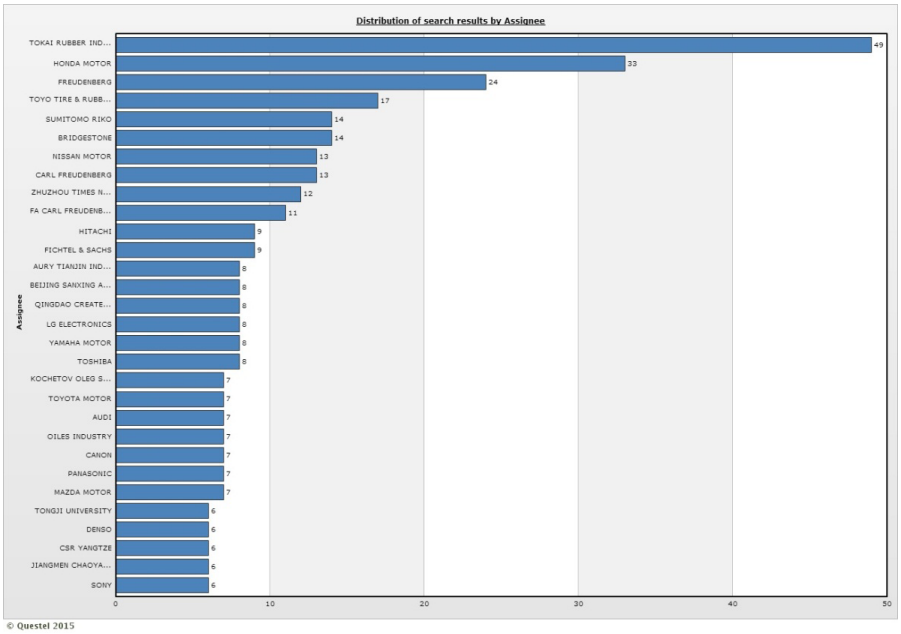


Рис. 5. Ведущие патентообладатели (http://seves.ucoz.net/).

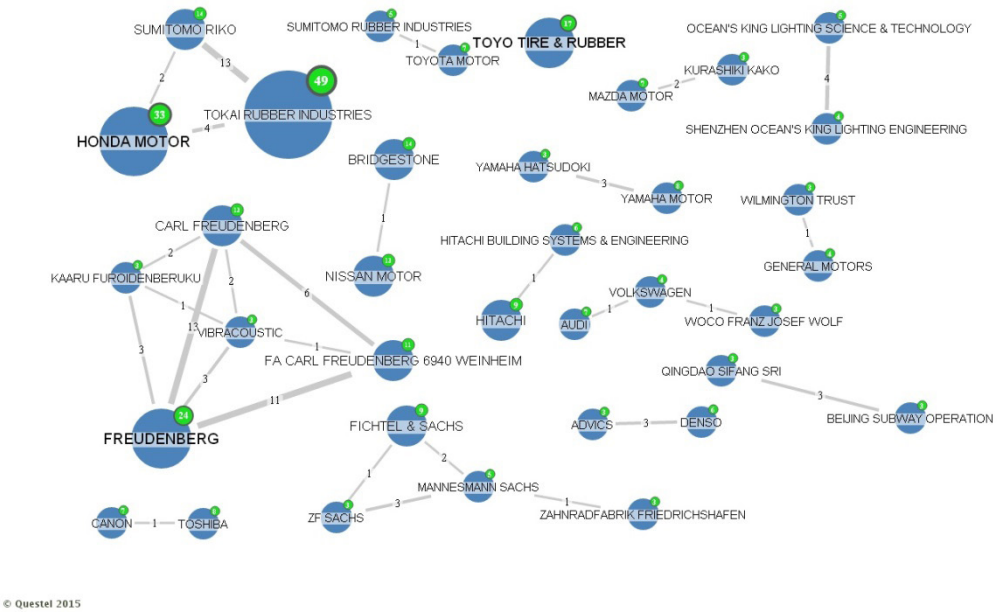


Рис. 6. Граф кооперации патентообладателей (http://seves.ucoz.net/).

лидеры могут иметь невысокую патентную активность. Получается, что в самой отрасли высокая патентная активность субъектов не обеспечивает экономического лидерства на мировых рынках.

Ведущие патентообладатели в исследуемой выборке представлены на рис. 5, где можно увидеть известные японские, европейские и американские компании, а также менее известных китайских представителей. Единственный представитель России в топ-30 – изобретатель О. С. Кочетов.

Граф кооперации патентообладателей на рис. 6 показывает, какие фирмы совместно патентуют свои разработки. Цифры на дугах соответствуют количеству совместных патентов у правообладателей. Например, Honda Motor имеет их в области ви-

Таблица 3

Ведущие группы МПК

Код группы	Наименование группы	Количество документов
F16F-015	Гашение колебаний в системах	170
F16F-009	Пружины, демпферы, амортизаторы, использующие жидкость или газ как поглощающую среду для амортизации	128
F16F-013	Устройства, включающие упругие элементы негидравлического типа, а также демпферы для гашения вибраций, амортизаторы или гидравлические амортизаторы	124
F16F-001	Пружины (гидравлические и пневматические)	108
F16F-007	Демпферы для гашения вибраций; амортизаторы	72
B60K-005	Расположение или монтаж силовых установок внутреннего сгорания или реактивных силовых установок	62
B60G-015	Эластичные подвески, отличающиеся расположением, компоновкой или типом амортизаторов, комбинированных с демпферами, например телескопического типа	53
B60G-011	Эластичные подвески, отличающиеся расположением, компоновкой или типом амортизаторов	51
F16F-003	Пружинящие устройства, составленные из нескольких пружин, например для получения желаемой характеристики упругости	44
B61F-005	Конструктивные элементы железнодорожных тележек ...	44



Рис. 7. Облако концепций (http://seves.ucoz.net/).

брозащиты с известными химическими концернами Sumitomo Riko и Tokai Rubber Industries, Toyota Motors – с Sumitomo Riko и др. Такие патенты, скорее всего, описывают амортизаторы с резиновыми упругими элементами, предназначенные для автомобилей. Искомая французская фирма (EFFBE, GAMMA) в анализируемой выборке не определяется, а представители WOCO Group представлены совместным патентом с Audi, Volkswagen и WOCO Franz Josef Wolf.

Десять ведущих групп международной патентной классификации (МПК) в исследуемой выборке представлены в таблице 3, а на рис. 7 показано «облако концепций» – ключевых слов с частотой их встречаемости в патентных документах выборки. Информация такого рода свидетельствует о релевантности найденных документов запросу, однако для того, чтобы понять, есть ли среди них патенты, близкие к рассматриваемому изделию, следует проанализировать тексты патентных документов. Такой анализ был выполнен специалистом в области виброзащитной техники и показал, что патенты в рассматриваемой выборке имеют очень слабое сходство с заданным устройством. Это объясняется простотой последнего и, следовательно, низкой патентоспособностью, так как решение является стандартным [7], а новизной может обладать материал, из которого изготовлен упругий элемент.

Патентный ландшафт изучаемой области техники показан на рис. 8 в виде карты ThemeScape, которая позволяет выделить классы патентных документов,

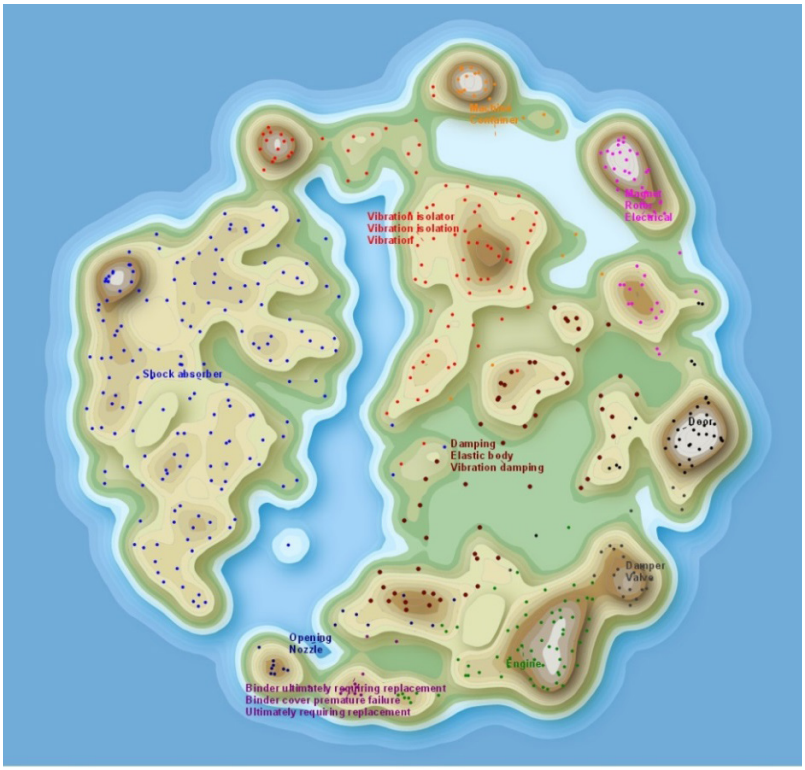


Рис. 8. Патентный ландшафт в области упругих виброзащитных устройств (http://seves.ucoz.net/).

Таблица 4

Информация по компании Tokai Rubber Industry

Дата основания, страна		1929, Япония	
Изменение наименования		С 2014 г. входит в состав Sumitomo Riko Group	
Направления деятельности		• производство резины, полимеров и эластичных материалов для амортизаторов; • изготовление различных резиновых и полимерных деталей для автомобилей; • производство электронного оборудования.	
Финансовые показатели (млрд иен)		2013 FY (налоговый период с 01.04.2013 по 31.03 2014 гг.)	2014 FY
	Суммарные активы	383.005	406.777
	Нематериальные активы	34.326 (9%)	26.39 (6,5%)
	Выручка	369.093	400.93
	Чистая прибыль	4.076 (1,1%)	4.429 (1,1%)
	Затраты на R&D	11.673 (3,16%)	12.821 (3,2%)

наиболее сходных по встречаемости концепций. На карте можно увидеть класс Damping–Elastic Body–Vibration damping, содержащий 57 документов, в наибольшей мере соответствующий запросу. Также можно отметить, что интересующая нас область техники характеризуется невысокой патентной активностью по сравнению с некоторыми другими, попавшими на карту (Engine, Magnet Rotor Electrical, etc.).

Эластомерные амортизаторы – особый класс устройств, так как тесно связан с применяемыми материалами и, следовательно, патентными подклассами из раздела С (химия), в частности С08L – композиции

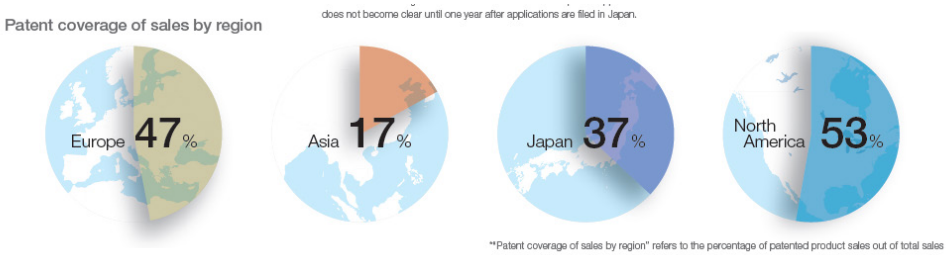


Рис. 9. Патентная охрана экспортной продукции по регионам (http://seves.ucoz.net/).

Таблица 5

Информация о группе Freudenberg

Дата основания, страна		1870, Германия	
Информация о компании		Группа Фройденберг разрабатывает и производит фильтры, уплотнения, технологические компоненты для контроля вибрации, нетканые материалы, химические средства для обработки поверхностей, смазочные материалы, медицинские и мехатронные изделия. Ассортимент продукции насчитывает тысячи наименований в 30 сегментах рынка. Группа объединяет почти 500 компаний в 57 странах, где работают более 30000 сотрудников.	
Финансовые показатели (млн евро)		2013	2014
	Суммарные активы	5872.6	6666.5
	Нематериальные активы	786.7 (13,4%)	860.6 (12,9%)
	Выручка	5646.1	5982.3
	Чистая прибыль	398.8 (7,0%)	477.8 (8,0%)
	Затраты на R&D	270.3 (4,8%)	246.3 (4,1%)

высокомолекулярных соединений (на основе полимеризующихся мономеров). В то же время большая часть сложных изобретений в области виброзащиты сюда не попадает, поскольку совершенствование этих устройств предполагает применение гидравлических, пневматических, электропневмо-гидравлических и других гасителей колебаний, магнитных жидкостей и инженерных решений комбинированного характера.

Качество изобретений, описанных в патентах, принято оценивать по их цитируемости. Анализ цитируемости патентов по эластомерным амортизаторам позволил выявить наиболее авторитетных производителей (разработчиков) материалов (Tokai Rubber Industry, Freudenberg) и устройств (Porche, Honda Motor).

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИДЕРОВ

В результате патентных исследований выявлены компании, которые разрабатывают, патентуют и производят устройства заданного класса, поэтому целесообразно проанализировать их экономические показатели. Патентными лидерами являются японские компании Tokai Rubber Industry, Sumitomo Riko, Honda Motor и немецкая фирма Freudenberg SA.

В таблице 4 приведена информация о Tokai Rubber Industry и Sumitomo Riko, которые в настоящее время объединены [8]. Компания Sumitomo Rubber Industry, входящая в промышленную группу Sumitomo Riko, за последние пять лет дважды попадала в топ-100 глобальных инноваторов, определяемых Thomson Reuters по данным патентного ресурса Thomson Innovations [9]. Группа насчитывает более 80 субсидиаров, среди которых много зарубежных представителей, и поставляет свою продукцию по всему миру, обеспечивая ее патентную охрану, что демонстрирует рис. 9.

Финансовые показатели свидетельствуют об инновационном профиле компании, которая, безусловно, может рассматриваться как потенциальный поставщик нужного амортизатора.

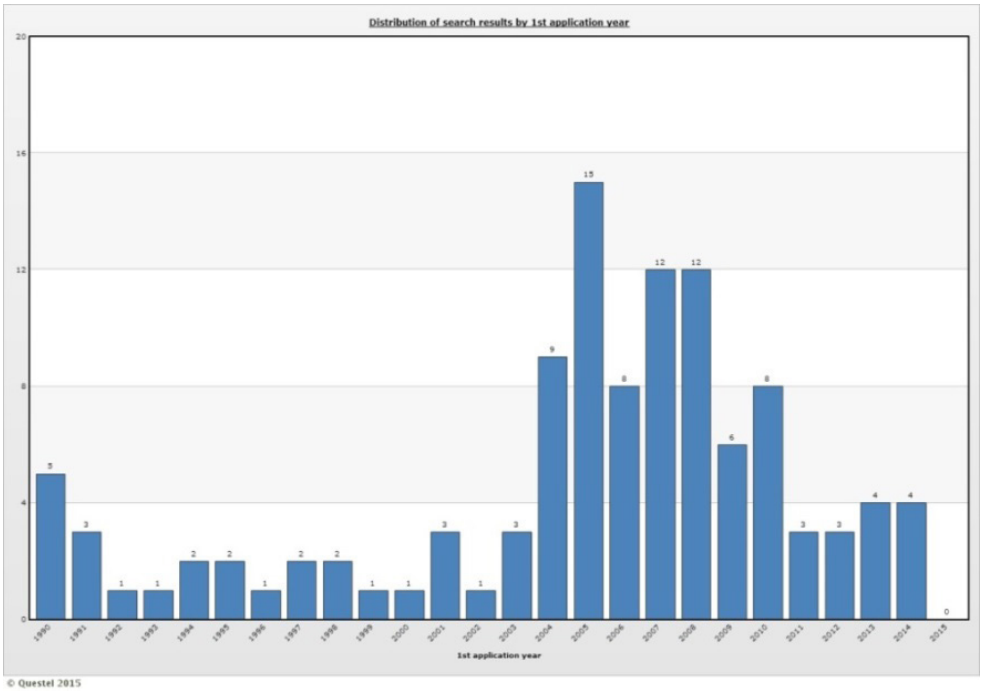


Рис. 10. Распределение российских патентов по году публикации первой заявки (http://seves.ucoz.net/).

Имя патентообладателя	Количество
KOCHETOV OLEG SAVEL'EVICH	7
VORONEZH STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING TECHNOLOGIES	3
FEDERALNOE GUP NPP PROGRESS FGUP NPP PROGRESS	2
OOO ATR KHOLDING	2
AQUATIC	2
EIFELER MASCHINENBAU	2
GATES	2
GATES MECTROL	2
WILMINGTON TRUST	2
LANXESS	2
VOENNO MORSKAJA AKADEMIJA IM. ADMIRALA V. G. KUZNETSOVA	2
KHODAKOVA TATJANA DMITRIEVNA	1
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY – MPEI	1
KLEIN IBERICA	1
OILES INDUSTRY	1
MAN TRUCK & BUS	1
MANCA STOCK	1
GOSUDARSTVENNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDENIE VYSSHEGO PROFESSIONALNOGO OBRAZOVANIJA MIET	1
DO PLANT OF MINE RESCUE EQUIPMENT OPEN JOINT STOCK	1
LA NACION MINISTERIO DE DEFENSA FUERZA AEREA COLOMBIANA	1
LG ELECTRONICS	1
TOYO TIRE & RUBBER	1
GERRESHEIMER REGENSBURG	1
MAKITA	1
SHAPE	1

Рис. 11. Ведущие правообладатели российских патентов (на основе выводимой при поиске информации).

Таблица 6

Краткая информация по ООО «АТР-Холдинг»

Наименование, адрес	ООО «АТР-Холдинг», Саратовская обл., г. Балаково, ул. Садовая, д. 119/1
Производимая продукция	• Производство частей и принадлежностей автомобилей и их двигателей • Производство резиновых и пластмассовых изделий • Производство прочих резиновых изделий
Финансовые показатели	Выручка – 157 млн руб. (2013), 160 млн руб. (2012) Основные средства – 16,5 млн руб. (2013), 17,6 млн руб. (2012) Оборотные активы – 38,8 млн руб. (2013), 29,4 млн руб. (2012) Запасы – 19,7 млн руб. (2013), 19,0 млн руб. (2012)

Таблица 7

Краткая информация по ФГУП НПП «Прогресс»

Наименование, адрес	ФГУП НПП Прогресс, Омская обл., г. Омск, ул. Кордная 5-я, д. 4
Производимая продукция	• Формовые резино-технические изделия; • Амортизаторы резинометаллические пластинчатые АРП-150 (для буровых платформ); • Конвейеры, питатели, транспортеры; • Производство шин, покрышек, камер; • Производство прочих резиновых изделий.
Некоторые финансовые показатели	Выручка – 497 млн руб. (2013), 420 млн руб. (2012) Основные средства – 298,5 млн руб. (2013), 249,9 млн руб. (2012) Оборотные активы – 1477 млн руб. (2013), 404 млн руб. (2012) Запасы – 339,1 млн руб. (2013), 136,0 млн руб. (2012)

В таблице 5 приведена краткая информация о транснациональной промышленной группе Freudenberg [10], которая имеет отделения в России и может рассматриваться как потенциальный поставщик эластомерных амортизаторов.

Авторитетные патенты на устройства рассматриваемого класса имеют также Honda Motor и Porsche.

На рынке могут присутствовать и занимать высокие позиции компании, не являющиеся патентными лидерами в отрасли, что подтверждает рейтинг стран по капитализации компаний отрасли «Запасные части автомобилей». Поэтому наряду с патентными исследованиями необходимо провести и маркетинговые. В результате анализа рынка эластомерных амортизаторов выявлены следующие потенциальные поставщики требуемых изделий:

• Компания Hutchinson (Франция), которая входит в концерн Total, объединяющий почти 100 предприятий. Основные направления деятельности – разработка и производство новых материалов для защиты от шума и вибрации, термоизоляции, производство изоляционных материалов, уплотнений, гидросистем и т.п.

• Транснациональная корпорация LORD (США) с широким ассортиментом продукции, включающей эластомерные амортизаторы для авиации.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИОБРЕТЕНИЯ ЛИЦЕНЗИИ

Приобретение лицензии на производство в России особенно актуально в том случае, если патентообладатель имеет российский патент, в связи с чем есть смысл выполнить детальный анализ российских патентов из описанной выборки. Из 1436 документов всего 116 опубликованы на территории РФ; их распределение по году подачи первой заявки показано на рис. 10, где можно видеть, что пик публикации приходится на период с 2004 по 2010 год.

Анализ распределений патентных документов по стране публикации и стране приоритета позволяет сделать вывод, что в рассматриваемой области более 40% российских патентов принадлежат иностранным правообладателям. Однако анализ их ресурса осложняется проблемой наименований в международных базах данных. Ведущие патентообладатели приведены в таблице 6, где можно видеть иностранные компании, российские предприятия, высшие учебные заведения и непосредственно изобретателей. Следует отметить, что лидеры в рассматриваемой области техники, представленные на рис. 5, 6, практически не патентуют свои изобретения в России.

Результаты анализа российских патентов иностранных правообладателей дают основания для выбора решения о нецеле-

сообразности приобретения лицензии на изделие. Вопрос о существовании патента на упругий материал амортизатора требует отдельного исследования и не затрагивается.

Информация на Рис. 11 наглядно демонстрирует, помимо прочего, некоторые особенности патентования в России, в частности, преобладание патентообладателей – физических лиц и высших учебных заведений над патентообладателями – производителями продукции.

ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Проведенные исследования дают информацию о российских изобретателях и предприятиях, имеющих патенты в исследуемой области техники. Наибольший интерес среди правообладателей представляют организации, обладающие возможностями производства. В таблице 6 можно видеть предприятия ФГУП «НПО Прогресс» и ООО «АТР-Холдинг», которых целесообразно проанализировать как потенциальных производителей нужных изделий. Информация о них, полученная из базы данных СПАРК [11], приведена в таблицах 6, 7 и свидетельствует о том, что оба предприятия могут рассматриваться как возможные производители, однако имеющиеся у них патенты и выпускаемая продукция существенно отличаются от импортного устройства, поэтому для принятия решения необходимы более полная информация и переговоры.

Патенты физических лиц и вузов могут оказаться полезными при выборе опции Создать новое (изделие) на рис. 1.

Базы данных финансовой отчетности российских предприятий [4, 11] позволяют найти производителей амортизаторов, которые либо не патентуют свои разработки, либо не попали в исследуемую выборку по разным причинам. Такой поиск позволил сформировать весьма широкий список возможных производителей, который требует уточнения путем переговоров, анализа производимой продукции и патентной активности.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что производство нужного изделия в России возможно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неординарные ситуации, требующие неотложных решений, часто возникают в экономике. Известно, что теоретические и статистические модели в таких случаях не работают, поэтому обычно руководители предприятий вынуждены принимать решения без какой-либо научной поддержки, пользуясь исключительно собственным опытом и интуицией. Это трудно в условиях высокой неопределенности. Снижение ее степени необходимо и возможно путем привлечения и анализа эмпирической информации из доступных источников, к которым относятся базы данных патентной и финансовой информации.

Применение предлагаемой в статье методики обеспечивает системный подход к выработке управленческих решений в трудных ситуациях, позволяет существенно снизить степень неопределенности, учитывать разнообразные аспекты решений, генерировать альтернативные варианты решений, получать количественные данные для оценки рассматриваемых вариантов.

ИСТОЧНИКИ

1. [Электронный ресурс]: http://www.orbit.com\. Доступ 27.06.2016.

2. [Электронный ресурс]: http://www.Thomsoninnivation.com\. Доступ 27.06.2016.

3. [Электронный ресурс]: http://www.Eicon.com. Доступ 27.06.2016.

4. [Электронный ресурс]: http://www.spark-interfax.ru/. Доступ 27.06.2016.

5. [Электронный ресурс]: http://www.effbe-diaphragm.com/en/. Доступ 27.06.2016.

6. [Электронный ресурс]: http://www.fips.ru. Доступ 27.06.2016.

7. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.).– М.: Машиностроение, 1981.– Т. 6. Защита от вибрации и ударов /Под ред. К. В. Фролова.– 1981.– 456 с.

8. [Электронный ресурс]: http://www.sumitomoriko.co.jp. Доступ 27.06.2016.

9. The Future is Open: 2015 State of Innovation / Thomson Reuters. [Электронный ресурс]: http://www.stateofinnovation.com. Доступ 27.06.2016.

10. [Электронный ресурс]: http:// www.freudenberg.com. Доступ 27.06.2016.

11. [Электронный ресурс]: http://www.spark-marketing.ru/. Доступ 27.06.2016. ●

Координаты авторов: **Андрейчикова О. Н.** – alexandrol@mail.ru,
Андрейчиков А. В. – Andreichickov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.06.2016, принята к публикации 26.08.2016.

MAKING DECISIONS ON SUBSTITUTION OF IMPORTED EQUIPMENT BASED ON THE ANALYSIS OF PATENT AND FINANCIAL INFORMATION*

Andreichikova, Olga N., *Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Moscow, Russia.*
Andreichikov, Aleksandr V., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The technique of analysis of critical situations arising at many enterprises in connection with the imports of foreign products and materials is offered. The possible approaches to the problems of substitution of imported equipment, the method of development of administrative decisions on the basis of financial and patent information, their causal aspects are shown.

Keywords: transport, administrative decisions, system approach, import substitution, high technologies, patents, economic database.

Background. *The subject of our analysis is the situation at the enterprises producing high-tech products with a long supply chain, including foreign, connected with breaks of these chains because of the bans on imports, which could come from both the exporting country and the importing country. It should be noted that the ban on imports concern mainly food production, and export bans from European countries and the United States – products, usually related to defense. It is obvious that such bans are detrimental to producers and consumers, and become a shining example of deviations from rational economic behavior of decision-makers. The consequences of such decisions put economic actors in a new environment in which they must develop rational management strategies to ensure their survival. At the same time the development of long-term strategies is problematic due to a high degree of uncertainty of the future in times of crisis, as well as a large number and difficulty of the urgent tasks.*

It is almost impossible to quickly replace necessary items, even if there are alternative providers, as it will take time to make test and to conclude contracts, not to mention the launch of own production. Therefore, in these circumstances, it is advisable to conduct exploratory research in order to identify possibilities of import substitution.

* The article is based on the research accomplished with the the financial support of Russian state scientific foundation, project 16-02-00743 «Multicriteria analysis and forecasting of technical and economic conditions and trends of development of leading world aerospacel companies.

These studies include the following milestones:

1. Feasibility analysis of imported goods by the subject of technological complexity.

2. Patent search for analogues of imported products.

3. Research of license purchase options for the production of products in Russia.

4. Search for new suppliers of products on world markets.

5. Investigation of production capacity of products in Russia.

It should be noted that in this case any theoretical and statistical models are not suitable, and logic and analysis of empirical data, unfairly deprived of attention, are the only reliable scientific tools to solve problems.

Objective. *The objective of the authors is to consider decision-making process in relation to import substitution issues in Russia.*

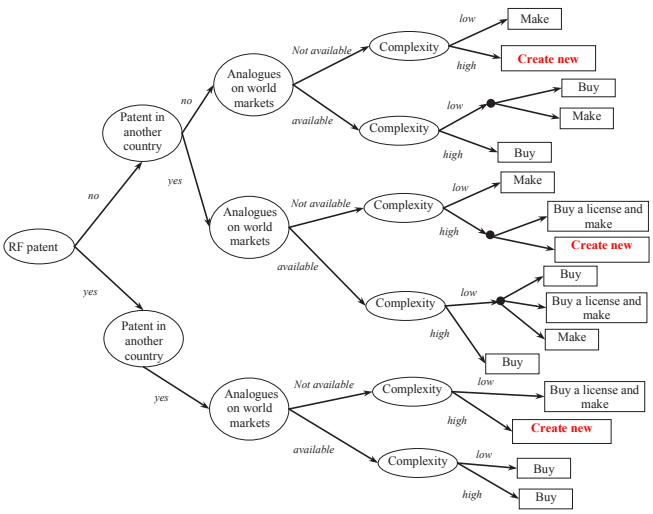
Methods. *The authors use general scientific methods, comparison, scientific description, economic evaluation.*

Results.

The general scheme of feasibility study

To conduct a feasibility study, it is necessary to involve patent engineers, economists, marketers and experts in the field of art to which the product belongs. Possible results of this analysis can be represented by a situation tree shown in Pic. 1.

If an import-substituted object has no patent protection on the territory of Russia, it is theoretically possible to manufacture it on its own, if there are resources for it. Such an outcome is presented in Pic. 1 by Make option, where it can be seen that it is



Pic. 1. Possible outcomes of a feasibility study (http://seves.ucoz.net/).



Pic. 2. Shock absorber SES5A (http://seves.ucoz.net/).

present in the tree branches with low technological complexity, and sometimes accompanied by competing alternatives. For example, in the case of availability of analogues on the market in the absence of patent protection it will be necessary to make a choice between the options Buy or Make, taking into account a time factor, as well as specific economic and technological opportunities of the enterprise. If the object in question or its close analog is patented abroad, then there is an additional possibility – Buy a license and make. With high technological complexity and the availability of analogues in the world markets the preferred option is Buy. Although there is a variety of issues related to the choice of supplier and contract options. At the same time the possibility of creating a domestic counterpart is not rejected, and can be implemented in parallel with the procurement of imported products for a certain period of time.

If there is a patent protection in Russia, it is reasonable to assume the existence of a foreign patent. In this case, there are less alternatives: if the markets have available analogues, it is advisable to purchase them (Buy), otherwise there is an option of buying a license and option – Create new, possible in the case of high and low technological complexity. This option is the most difficult to be implemented, as it implies the creation of new production, from the stage of development work. It occurs as and when the product is not protected by patents of Russia in case of unavailability of analogues in the world markets.

Patent search for analogues

A patent search can be performed with the assistance of information from national patent offices or international patent resources, for example, Questel-Orbit, Thomson Innovation, etc. [1,2]. In practice, it is usually necessary to use all available sources of information, as the international patent resources allow fast search, sufficient to get an overall picture of patenting in the area of interest, but do not give an adequate idea of many patent holders because of distortion of names and frequent renaming. The first steps of the patent studies typically involve search for patents on the product imported by the name of the patent owner, if there is no accurate information on the availability and patent numbers. It should be borne in mind that the patent owner name can be different from the name of the manufacturer and the supplier of the product.

Patents of alleged patent holders found in international patent resources should be checked in the national patent offices. Patent protection may extend to certain parts of the product or the materials from which it is made. In such cases, it makes sense to carry out a series of searches in the international patent resources on the main functional and design features of the product to see what decisions and who patents in the field of art under consideration.

Table 1

Information about the company GAMMA SAS

Date of foundation, country	1948, France
Data of financial accounting	absent

The first step is to establish the existence of patent protection on the territory of the Russian Federation. If it does not exist in relation to the object in question, the results of this search allow us to determine the class of similar technical solutions protected by Russian patents and to identify patent holders. In the next phase it is advisable to perform a patent search on the main design and functional features of products without limitation to the area of protection, to identify the world's leaders.

Patent research results provide valuable information for marketing and financial analysis with the assistance of Russian and international information resources on financial statements and economic indicators. In particular, it is possible to analyze the direction of economic activity of identified patent leaders in Russia and in the world and to draw conclusions about the likelihood of interaction with them as suppliers, licensors and / or industrial partners. In addition, analysis of production and economic performance of Russian companies allows to evaluate the prospects of production of desired products on them.

In addition to possible producers the patent search results provide information about the inventors and institutional organizations-developers of new technical solutions, which is important when you select the option Create new (product) in Pic. 1. The main stages of the proposed methods of analysis are described below with reference to the specific problem at import substitution.

Example of substitution possibilities research

Let's consider the main stages of the developed method of technical and economic analysis by the example of the problems that arose for the manufacturers of aviation and automotive equipment as a result of termination of contracts with the French company GAMMA SAS for the supply of elastomer shock absorbers to protect the electronic equipment of vehicles.

The shock absorber SEA 5A (Pic. 2), produced by the company GAMMA SAS is made of elastic material and covered from opposite sides with a metal frame. The elastomer part is made from high quality silicone and fror-silicone rubber. The official website of the manufacturer specifies the following characteristics of a given series of shock absorbers:

- *shock absorbers operate in compression, tensile and shear;*
- *oscillation amplitude is up to ± 1,5 mm, the natural frequency is from 10 Hz;*
- *load range from 0,5 to 15 kg;*
- *standard embodiment of silicone;*
- *possible temperature for operation: from –55 to +150°C;*
- *shock absorber can damp dynamic loads with force coefficient of less than 4 at any surface;*
- *low natural frequency of oscillations allows the use of shock absorbers for helicopters.*

In the shock absorber as a damping element a resilient plastic – elastomer is applied. Such a shock absorber is more reliable, but has the temperature dependence – at a low temperature the elastomer

Table 2

Information about the company EFFBE

Date of foundation, country	1949, France
Information about the company	The company specializes in the production of (http://www.effbe-diaphragm.com/en/): • rubber-textile membrane fabric with high resistance to mechanical and chemical stress. The membrane is made of high quality rubber. • produces molded rubber products that are used in the production of anti-vibration equipment. • produces elastomeric spring. (Two types of elastomers: EFFBE295 – on the basis of chloroprene rubber and EFFBE URELAST – based on enriched polyurethane.
M&A	Since 2000 Effbe company is a part of production group of firms WOCO Gmbh & Co
Financial indicators (TR)	Revenue – 37 mln US dollars (2010), 36 mln US dollars (2012) Net income 3 mln US dollars (2010) Total assets – 23 mln US dollars (2010)

freezes and begins to operate differently. In this regard, the patent study material should be further carried out.

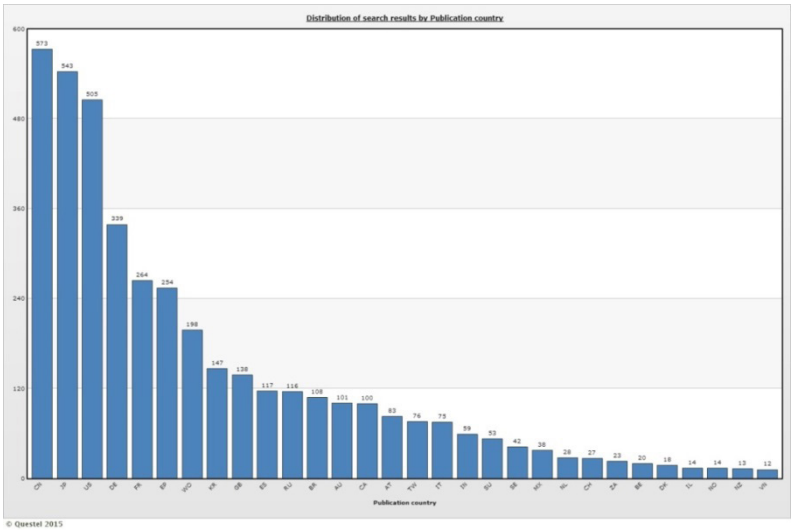
Shock absorbers of GAMMA SAS are fault tolerant and are primarily designed to provide effective vibration insulation of electronic devices, communications, navigation, various displays (shock absorbers are fixed on the dash board of aircraft, marine vessels, all-terrain vehicles and dampen fluctuations that occur during the movement); electronic circuits and small electronic devices with a high natural frequency; flight control systems, orientation and stabilization systems, weapons systems, inertial systems, and heading.

In this case the situation requires from manufacturers to take urgent decisions on replacement of such products, because without them, the products cannot pass tests and be transferred to the buyers. The complexity of the products is low, so the study of branches of the tree in Pic. 1 corresponding to such a situation leads to the option Make (analog, copy), if the product is not protected by RF patent. That is at the first stage of the study it is advisable to search for patents, by which a shock absorber can be protected, if such information is not available in the technical documentation prepared by the manufacturer from the supplier. When the number of patents are known and have not expired, then the best solution is Buy (product) from a new supplier, subject to the availability on the world markets. If it is impossible to find a new supplier, it is advisable to Buy a license to manufacture or Create new (private) product. This option corresponds to a high complexity in Pic. 1 and option Buy a license – low that, generally speaking, is conditional, because both of them can be viewed at any complexity, as their position in Pic. 1 corresponds to the case where the acquisition of licenses for production of complex products is not meaningful due to the impossibility of organizing such production in Russia in the foreseeable future.

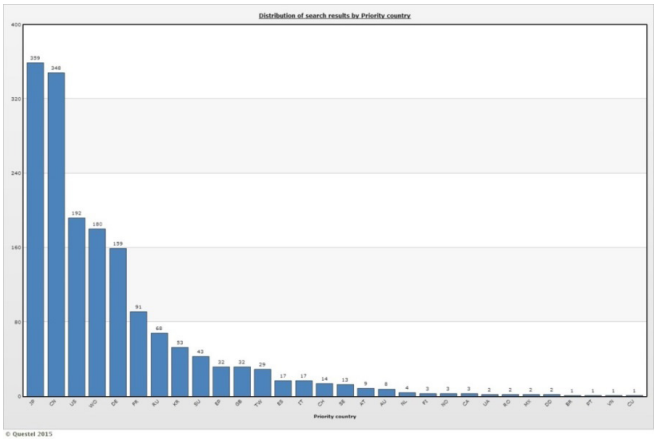
Search for patents by the right holder name

In this example, information on patents for supplied elastomer (rubber) shock absorbers was absent, so the necessary action is to search for patents on the specified device in the territory of the Russian Federation. It is reasonable to start with a search for patents by the name of the supplier, it should be borne in mind that merger, acquisition and renaming of companies occur constantly in the global market.

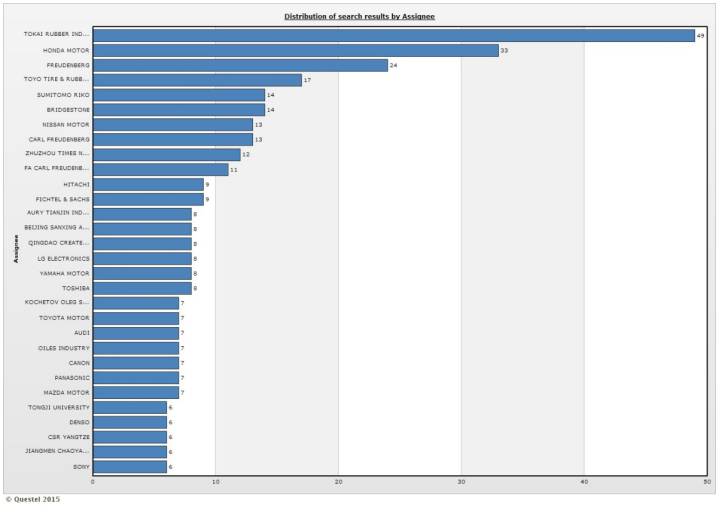
GAMMA SAS company was founded in 1948 in France. To date, it has many years of experience in the application of its own know-how in the development and production of anti-vibration and vibration-damping shock absorbers for military and civil equipment. Due to the high quality of its products the company is involved in numerous international projects.



Pic. 3. Distribution of patents by publication countries (http://seves.ucoz.net/).



Pic. 4. Distribution of patents by priority countries (http://seves.ucoz.net/).



Pic. 5. The leading patent holders (http://seves.ucoz.net/).

In 1993, according to Thomson Reuters [3], GAMMA SAS was acquired by EFFBE. In 2000, it became a part of WOCO group (Germany). In the early 1990s EFFBE began serial deliveries of its products to the Russian market. Now in Russia there are more than 30 regular consumers of its products in various industries. It is noteworthy that, after 90ies the number of domestic producers of elastomeric shock absorbers decreased steadily [4], i.e., the domestic market was given to EFFBE and other foreign firms. Data on companies EFFBE and WOCO group [5] are shown in Tables 1 and 2.

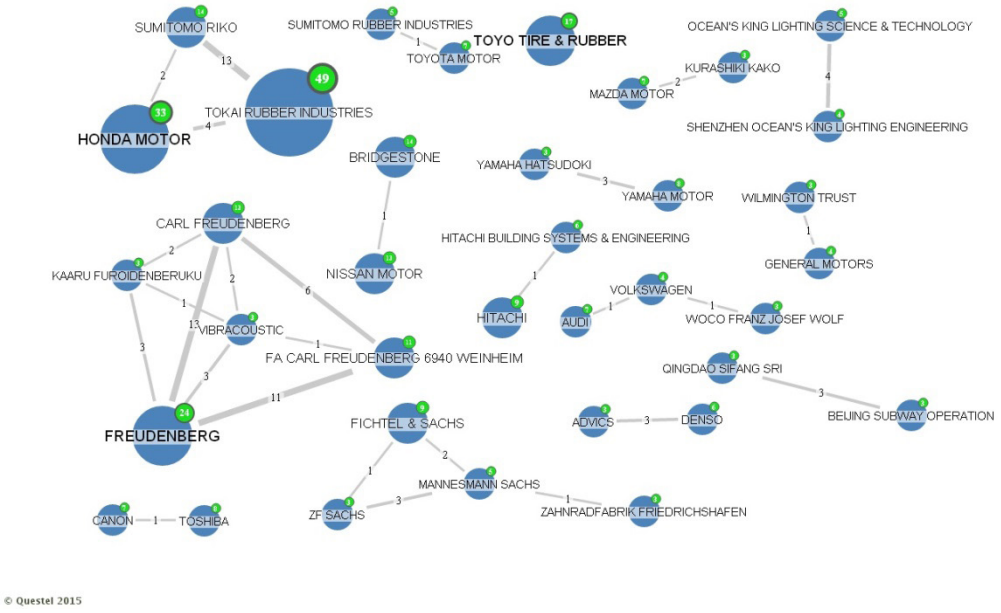
Patent search by the name of the right holder was conducted on all known names (GAMMA SAS, EFFBE, WOCO Group) and gave results, indicating that they have no Russian patents. This conclusion is based on research in the international patent resources and data base of Rospatent [6]. Therefore, further steps of the study will be determined by the top part of the tree in Pic. 1. Lack of patents by the supplier does not give full confidence in the fact that they are absent. If it is decided to Make the domestic analogue, it is necessary to clarify the idea what and by whom is patented in the art under consideration.

Search by functional and design features

The main function of a shock absorber is vibration isolation; basic element of the structure is an elastic rubber. Let's search for patents that contain these characters in the title and description of the invention. On 27.06 2015 the query on these features in Questel-Orbit gave 1436 documents, almost half of them were acting (47,5%). The average number of filed patent applications from 1990 to 2015 grew about four times (from 20 to 80). Distribution of patent documents for the publication countries and priority countries is shown in Pic. 3, 4. According to the number of patent publications the first place is occupied by China (573), followed by Japan (542) and the USA (505). The second echelon of leaders – European countries: Germany with 339 patents and France with 264. In Russia 116 patent documents with the desired features are published.

Distribution of patent documents by publication countries and priority countries differ. The first place in the number of initial applications is occupied by Japan (66,1% of all published), slightly ahead of China (60,7%). The USA, Germany and France have more than double backlog of Asian leaders in the number of priority applications, and also have a smaller share of the priority applications in the total number of patent publications (USA – 38%, Germany – 46,9%, France – 34,5%). This evidences particularly mass movement of production facilities to China and the concomitant rapid growth of patenting rates in this country, and that the US and European patent holders may give preference to international patent protection (WO, EP). More accurate conclusions can be made after a detailed analysis of the patent holders.

The analysis of the level of capitalization of companies in the industry «Car parts» has shown that



Pic. 6. The graph of cooperation of patent holders (http://seves.ucoz.net/).

the first place belongs to the European countries with the absolute leadership of Germany, followed by Japan, China and the United States. The number of companies in Europe is much less.

Comparison of rankings of capitalization and patent activity led to the conclusion that there is no direct link between them; patent leaders (in this case the countries) occupy high positions in the economic rankings, but economic leaders may have a low patent activity. It turns out that in the industry high patent activity of the subjects does not provide economic leadership in the world markets.

The leading patent holders in the study sample are shown in Pic. 5, where it is possible to see the famous Japanese, European and American companies, as well as lesser-known Chinese representatives. The only representative of Russia in the top 30 is the inventor O. S. Kochetov.

The graph of cooperation of patent holders in Pic. 6 shows which companies co-patent their developments. The numbers on the arcs correspond to the number of joint patents of patent holders. For example, Honda Motor has them in the field of vibration isolation with known chemical companies Sumitomo Riko and Tokai Rubber Industries, Toyota Motors – with Sumitomo Riko, etc. Such patents describe likely shock absorbers with rubber elastic elements designed for cars. The sought-for French firm (EFFBE, GAMMA) in the test sample is not determined, and representatives of WOCO Group are presented with a joint patent with Audi, Volkswagen and WOCO Franz Josef Wolf.

Ten leading groups of International Patent Classification (IPC) in the study sample are presented in Table 3 and Pic. 7 shows the «cloud of concepts» – key words with the frequency of their occurrence in

Table 3

Leading groups of IPC

Group code	Group name	Number of documents
F16F-015	Vibration damping in systems	170
F16F-009	Springs, dampers, shock absorbers, that use a liquid or gas as an absorbing medium for amortization	128
F16F-013	Devices, including elastic elements of non-hydraulic type, as well as dampers for vibration damping, shock absorbers or hydraulic shock absorbers	124
F16F-001	Springs (hydraulic and pneumatic)	108
F16F-007	Dampers for vibration damping; shock absorbers	72
B60K-005	Location or installation of internal combustion power plants or jet-propulsion	62
B60G-015	Elastic suspension, different in location, layout or types of shock absorbers, combined with dampers, for example, of a telescopic type	53
B60G-011	Elastic suspension, different in location, layout or type of shock absorbers	51
F16F-003	Spring devices, composed of several springs, for example, to get the desired characteristic of elasticity	44
B61F-005	Structural elements of railway bogies	44

Distribution of search results by Concepts

Elastic rubber (151) | Shock absorber (140) | Damping (120) | Vibration (237) | Vibration isolation (55) | Vibration damping (62) | Elastic body (57) | Damper (72) | Engine mount (34) | Vehicle body (76) | Elastic material (62) | Vulcanization (54) | Vibration isolator (28) | Elastic member (54) | Rubber elastic (20) | Elastic deformation (60) | Resilient rubber (35) | High frequency vibration (20) | Elastic rubber member (16) | Vibration input (20) | Equilibrium chamber (15) | Shock (70) | Rubber elastic material (18) | Vibration frequency (38) | Vibration damper (23) | Non compressible fluid (17) | Damping property (25) | Vibration transmission (28) | Fluid filled vibration (11) | Elasticity (67) | Damping effect (21) | Orifice passage (17) | Vibration amplitude (31) | Pressure receiving chamber (11) | Damping element (24) | Axial direction (100) | Statement vibration proof (10) | Rubber material (27) | Spring constant (21) | Low frequency vibration (13) | Damping fluid (16) | Shock absorption (21) | Idling vibration (11) | Piston rod (51) | Fluid chamber (31) | Wheel suspension (18) | Vibration proof (16) | Flexible rubber (18) | Rubber member (14) | Rubber (25) | Rubber layer (22) | Elastic element (27) | Hydraulic shock absorber (14) | Elastomer (58) | Engine vibration (17) | Hydraulic damper (14) | Vibration absorbing (16) | Partition member (19) | Damping force (18) | Circumferential surface (40) | Elastic (35) | Automobile suspension (11) | Riding comfort (13) | Damping material (14) | Circumferential direction (53) | Outer peripheral (47) | Damping action (11) | Elastomeric material (35) | Mounting member (30) | Damping performance (10) | Car body (25) | Spring element (28) | Suspension (44) | Spring rigidity (10) | Resonance (43) |

© Questel 2015

Pic. 7. Cloud of concepts (http://seves.ucoz.net/).



Pic. 8. The patent landscape in the field of elastic vibration isolation devices (http://seves.ucoz.net/).

patent documents of the sample. Such information indicates the relevance of the found documents according to the query, but in order to understand whether there are patents among them that are close to the product in question, it is necessary to analyze the texts of patent documents. Teh analysis carried out by an expert in the art of vibration-proof equipment shows that in the considered sample patents have very little resemblance to the specified device. This is due to the simplicity of the latter and, consequently, low patentability, as the solution is standard [7], and the novelty can be possessed by material, of which the elastic element is made.

Patent landscape of studied art field is shown in Pic. 8 as a map ThemeScape that allows to select classes of patent documents most similar in occurrence of concepts. On the map it is possible to see the class Damping-Elastic Body-Vibration damping, containing 57 documents, to the greatest extent corresponding to the query. It can also be noted that the technical field, we are interested in, is characterized by a low patent activity when compared to some others, which are on the map (Engine, Magnet Rotor Electrical, etc.).

Elastomeric shock absorbers are a special class of devices, as closely related to the materials used, and hence patent subclasses from the section C (chemistry), in particular C08L – the composition of high molecular compounds (based on polymerizable monomers). At the same time, most complex inventions in the field of vibration protection do not fall here, because the improvement of these devices involves the use of hydraulic, pneumatic, electro-pneumatic, hydraulic, and other dampers, magnetic fluids and engineering solutions of a combined character.

The quality of the inventions described in the patents is taken to be assessed by their citation. The analysis of citation of patents by elastomeric dampers revealed the most reputable producers (developers) of materials (Tokai Rubber Industry, Freudenberg) and devices (Porche, Honda Motor).

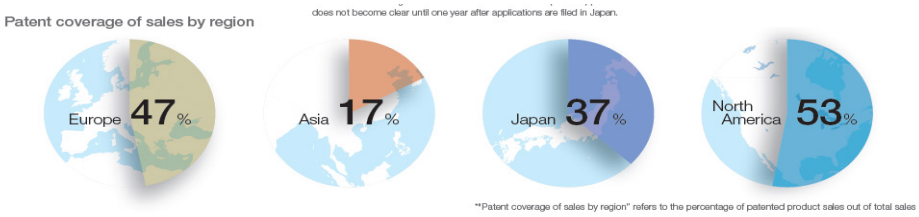
Analysis of activity of leaders

As a result, patent research revealed companies that develop, patent and produce the devices of a specified class, so it is advisable to analyze their economic performance. Patent leaders are Japanese companies Tokai Rubber Industry, Sumitomo Riko, Honda Motor and the German company Freudenberg SA.

Table 4 provides information on Tokai Rubber Industry and Sumitomo Riko, which are now merged [8]. The company Sumitomo Rubber Industry, a member of the industrial group Sumitomo Riko, over the past five years, twice fell into the top 100 global innovators, determined by Thomson Reuters according to patent resource Thomson Innovations [9]. The Group has over 80 subsidiaries, many of which are foreign representatives, and supplies its products all over the world, providing its patent protection, which is demonstrated in Pic. 9.

Financial indicators show an innovative company profile, which can certainly be considered as a potential supplier of the right shock absorber.

Table 5 shows a summary of the transnational industrial group Freudenberg [10], which has offices



Pic. 9. Patent protection of exported products by regions (http://seves.ucoz.net/).

Table 4

Information about the company Tokai Rubber Industry

Date of foundation, country		1929, Japan	
Name change		Since 2014 is a part of Sumitomo Riko Group	
Directions of activity		• production of rubber, polymers and flexible materials for shock absorbers; • manufacture of various rubber and plastic parts for automobiles; • manufacture of electronic equipment.	
Financial indicators (bln yen)		2013 FY (the tax period from 01.04.2013 to 31.03.2014)	2014 FY
	Total assets	383.005	406.777
	Intangible assets	34.326 (9%)	26.39 (6,5%)
	Revenue	369.093	400.93
	Net profit	4.076 (1,1%)	4.429 (1,1%)
	Costs of R&D	11.673 (3,16%)	12.821 (3,2%)

Table 5

Information about Freudenberg group

Date of foundation, country		1870, Germany	
Information about the company		Freudenberg group designs and manufactures filters, seals, technological components for vibration control, non-woven materials, chemical products for surface treatment, lubricants, medical and mehatronic products. The product range includes thousands of titles in 30 market segments. The group consists of almost 500 companies in 57 countries, employing more than 30000 employees.	
Financial indicators (mln euro)		2013	2014
	Total assets	5872.6	6666.5
	Intangible assets	786.7 (13,4%)	860.6 (12,9%)
	Revenue	5646.1	5982.3
	Net profit	398.8 (7,0%)	477.8 (8,0%)
	Costs of R&D	270.3 (4,8%)	246.3 (4,1%)

in Russia and can be considered as a potential supplier of elastomeric dampers.

Authoritative patents for devices of this class are also owned by Honda Motor and Porsche.

Leaders of the industry, who are not patent-leaders, may hold high positions in the market, which is confirmed by the ranking of countries in terms of capitalization of companies in the industry «Spare parts of cars». Therefore, along with the patent studies it is necessary to conduct also marketing studies. As a result of the market analysis of elastomeric dampers the following potential suppliers of the required products were identified:

• The company Hutchinson (France), which is included in the Total group that brings together nearly 100 companies. The main activities – development and production of new materials for protection against noise and vibration, thermal insulation, production of insulation materials, seals, hydraulic systems, etc.

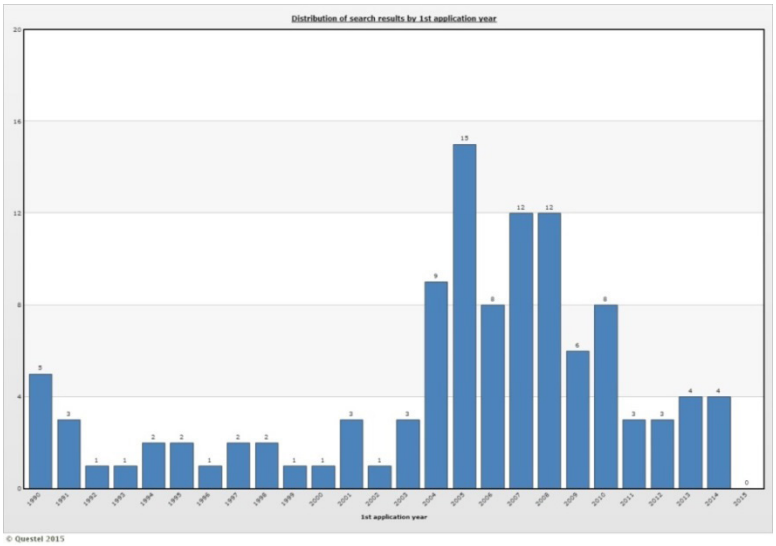
• Transnational corporation LORD (USA) with a wide range of products, consisting of elastomeric shock absorbers for aviation.

Possibilities to purchase a license

Purchase of a license for production in Russia is especially important in the event that a patentee has a Russian patent, and therefore it makes sense to carry out a detailed analysis of Russian patents from the described sample. From 1436 documents only 116 are published on the territory of the Russian Federation; their distribution by year of filing the application is shown in Pic. 10, where it can be seen that the publication peak falls on the period from 2004 to 2010.

Analysis of the distribution of patent documents by the country of publication and country of priority leads to the conclusion that in this field more than 40% of Russian patents are owned by foreign right holders. However, the analysis of that resource is complicated by the problem of resource names in international databases. Leading patent holders are shown in Table 6, where we can see foreign companies, Russian enterprises, universities and inventors directly. It should be noted that the leaders in the considered art shown in Pic. 5, 6, practically do not patent their inventions in Russia.

The results of the analysis of Russian patents of foreign patent holders provide a basis for decisions



Pic. 10. Distribution of Russian patents by year of publication of the first application (http://seves.ucoz.net/).

Name of a patent holder	Quantity
KOCHETOV OLEG SAVEL'EVICH	7
VORONEZH STATE UNIVERSITY OF ENGINEERING TECHNOLOGIES	3
FEDERALNOE GUP NPP PROGRESS FGUP NPP PROGRESS	2
OOO ATR KHOLDING	2
AQUATIC	2
EIFELER MASCHINENBAU	2
GATES	2
GATES MECTROL	2
WILMINGTON TRUST	2
LANXESS	2
VOENNO MORSKAJA AKADEMIJA IM. ADMIRALA N. G. KUZNETSOVA	2
KHODAKOVA TATJANA DMITRIEVNA	1
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY – MPEI	1
KLEIN IBERICA	1
OILES INDUSTRY	1
MAN TRUCK & BUS	1
MANCA STOCK	1
GOSUDARSTVENNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDENIE VYSSHEGO PROFESSIONALNOGO OBRAZOVANIJA MIET	1
DO PLANT OF MINE RESCUE EQUIPMENT OPEN JOINT STOCK	1
LA NACION MINISTERIO DE DEFENSA FUERZA AEREA COLOMBIANA	1
LG ELECTRONICS	1
TOYO TIRE & RUBBER	1
GERRESHEIMER REGENSBURG	1
MAKITA	1
SHAPE	1

Pic. 11. Leading holders of Russian patents (based on a screenshot).

about the appropriateness of acquisition of licenses for the product. The question of the existence of a patent on an elastic material of a shock absorber requires a separate study and is not affected.

The information in Table 6 demonstrates, among other things, some features of patenting in Russia, in particular, the prevalence among patent holders of individuals and institutions of higher education over the patent holders – manufacturers of products.

The possibility of organizing production

The studies provide information on Russian inventors and companies with patents in the studied art. The greatest interest among right holders amounts to organizations with production capabilities.

Table 6

Brief information about LLC «ATR-Holding»

Name, adress	LLC «ATR-Holding», Saratov region, Balakovo, Sadovaya street, 119/1
Manufactured products	• Manufacture of spare parts and belongings of cars and their engines • Manufacture of rubber and plastic products • Manufacture of other rubber products
Financial indicators	Revenue – 157 mln rubles (2013), 160 mln rubles (2012) Fixed assets – 16,5 mln rubles (2013), 17,6 mln rubles (2012) Current assets – 38,8 mln rubles (2013), 29,4 mln rubles (2012) Stocks – 19,7 mln rubles (2013), 19,0 mln rubles (2012)

Table 7

Brief information about FSUE «Progress»

Name, address	FSUE SPE «Progress», Omsk region, Omsk, 5-ya Kordnaya, 4
Manufactured products	• Molded rubber products • Shock absorbers rubber-metal plated ARP-150 (for drilling platforms) • Conveyors, feeders, transporters • Production of tires, cameras • Production of other rubber products.
Some financial indicators	Revenue – 497 mln rubles (2013), 420 mln rubles (2012) Fixed assets – 298,5 mln rubles (2013), 249,9 mln rubles (2012) Current assets – 1477 mln rubles (2013), 404 mln rubles (2012) Stocks – 339,1 mln rubles (2013), 136,0 mln rubles (2012)

In Pic. 11, we can see the company FSUE «NPO Progress» and LLC «ATP-Holding», which are useful to be analyzed as both potential producers of relevant products. Information about them obtained from the database SPARK [11], is shown in Tables 6, 7 and suggests that two companies could be considered as potential producers, but their patents and manufactured products are substantially different from the imported device, so for decision-making more complete information and negotiations are required.

Patents of individuals and universities can be useful when selecting the option Create new (product) in Pic. 1.

Databases of financial accounting of Russian companies [4, 11] allow us to find manufacturers of shock absorbers, which either have not patented their development, or are not included in the sample under study for various reasons. This search allowed to form a very broad list of possible manufacturers, which requires clarification by means of negotiations, analysis of manufactured products and patent activity.

The studies lead to the conclusion that the production of the desired product in Russia is possible.

Conclusion. *Extraordinary situations, that require urgent decisions, often occur in the economy. It is known that theoretical and statistical models in such cases do not work, so these are usually the leaders of enterprises, who are forced to make decisions without any scientific support, using only their own experience and intuition. This is difficult under high uncertainty. Reducing its extent is necessary and possible through the involvement and analysis of empirical data from available sources, which include patent databases and financial information.*

Application of the method proposed in the article provides a systematic approach to the development of managerial decisions in difficult situations, and can significantly reduce the degree of uncertainty, taking into account various aspects of decisions, generate alternative solutions, obtain quantitative data for evaluation of the options under consideration.

REFERENCES

1. [Electronic resource]: http://www.orbit.com\. Last accessed 27.06.2016.
2. [Electronic resource]: http://www.Thomsoninnivation.com\. Last accessed 27.06.2016.
3. [Electronic resource]: http://www.Eicon.com. Last accessed 27.06.2016.
4. [Electronic resource]: http://www.spark-interfax.ru. Last accessed 27.06.2016.
5. [Electronic resource]: http://www.effbe-diaphragm.com/en/. Last accessed 27.06.2016.
6. [Electronic resource]: http://www.fips.ru. Last accessed 27.06.2016.
7. Vibration in equipment: A Handbook. In 6 Vol. / Ed. board: V. N. Chelomey (introd.) [*Vibracii v tehnike: Spravochnik. V 6-ti t./ Red. Sovet: V. N. Chelomej (pred.)*]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1981, 456 p. Vol. 6. Protection against vibration and shock / Ed. by K. V. Frolov, 1981, 456 p.
8. [Electronic resource]: http://www.sumitomoriko.co.jp. Last accessed 27.06.2016.
9. The Future is Open: 2015 State of Innovation / Thomson Reuters. [Electronic resource]: http://www.stateofinnovation.com. Last accessed 27.06.2016.
10. [Electronic resource]: http:// www.freudenberg.com. Last accessed 27.06.2016.
11. [Electronic resource]: http://www.spark-marketing.ru/. Last accessed 27.06.2016.

Information about the authors:

Andreichikova, Olga N. – D.Sc. (Eng.), professor, leading researcher of the Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Moscow, Russia, alexandrol@mail.ru.
Andreichikov, Aleksandr V. – D.Sc. (Eng.), professor of the department of Quality Management of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, Andreichickov@mail.ru.

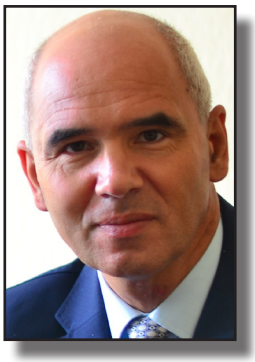
Article received 27.06.2016, accepted 26.08.2016.

УДК 656.7.022.5

Влияние интенсивности воздушного движения на задержки рейсов



Борис ЕЛИСЕЕВ
Boris P. ELISEEV



Вадим ВОРОБЬЕВ
Vadim V. VOROBYEV



Андрей ХАРЛАМОВ
Andrey S. KHARLAMOV

Елисеев Борис Петрович *– доктор технических наук, профессор, ректор Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия.*
Воробьев Вадим Вадимович *– доктор технических наук, профессор МГТУ ГА, Москва, Россия.*
Харламов Андрей Сергеевич *– ведущий инженер Внуковского центра обслуживания воздушного движения, Москва, Россия.*

Influence of Air Traffic on Flight Delays
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 173)

Одним из условий безопасности полётов является ограничение по интенсивности потока воздушных судов, поступающих в сектор обслуживания воздушного движения, на участке маршрута, в точке пересечения маршрутов, на аэродроме. Для оценки пропускной способности и определения периодов максимальной загруженности в ходе исследования анализировались статистические данные значений интенсивности движения в течение 14 суток. Сбор данных проводился в аэропорту Внуково в августе 2015 года. Полученная информация по количеству вылетающих, прилетающих и задержанных рейсов с почасовыми интервалами систематизирована по целому ряду критериев, составлена сводная таблица по интенсивности и регулярности воздушного движения. Предложены меры для «сглаживания пиков», основанные на совокупной международной практике.

Ключевые слова: гражданская авиация, аэродром, воздушное пространство, пропускная способность, интенсивность воздушного движения, регулярность полётов, задержка рейсов.

Норматив допустимой интенсивности воздушных судов для каждого из элементов системы обслуживания воздушного движения (ОВД) задается значением пропускной способности. Под пропускной способностью понимают граничную (предельную) величину интенсивности воздушного движения, которую способен обслужить орган ОВД без нарушения заданных ограничений по безопасности полётов [1]. Пропускная способность для диспетчерских пунктов (секторов) выражается количеством воздушных судов в час (ВС/ч), которые обслуживаются в воздушном пространстве. При оценке (расчёте) пропускной способности учитываются следующие факторы:

• сложность структуры диспетчерского района, диспетчерского пункта (сектора);

• рабочая нагрузка на диспетчера, включая выполняемые задачи по обслужи-

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-08-05424.

ванию воздушного движения и координации;

• типы используемых систем связи, навигации и наблюдения, степень их технической надёжности и готовности, а также готовности резервных систем;

• наличие автоматизированных систем и комплексов ОВД, а также функций предупреждения;

• любой другой фактор или элемент, обуславливающий рабочую нагрузку на диспетчера (например, установленные нормы эшелонирования ВС; скорости движения ВС; размеры обслуживаемых зон).

Количество ВС, обслуживаемых органом ОВД, не должно превышать числа ВС, управление полётом которых может безопасно обеспечиваться в превалирующих условиях [2]. При этом особое внимание следует обратить на функционирование элементов системы в условиях максимальной загруженности. Так как значениям интенсивности на суточном интервале свойственна значительная изменчивость, то выполнение ограничения контролируется, как правило, для так называемых часов-пик, т.е. часов, когда наблюдается наибольшая загруженность системы ОВД.

ОЦЕНКА ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА

Для количественной оценки процессов в системе ОВД важной характеристикой является темп поступления воздушных судов на обслуживание (интенсивность воздушного движения – число ВС, поступивших в данную зону за единицу времени). Значение средней интенсивности определяется как первая производная от среднего значения плотности воздушного движения по времени [3]:

$$\lambda(t)=\frac{dP(t)}{dt},$$

где $P(t)=\frac{N(t)}{V}$ – плотность воздушного движения, являющаяся отношением среднего количества ВС, находящихся одновременно в зоне обслуживания N(t), к объему этой зоны V. На практике интенсивность считается по упрощенным выражениям, относя общее количество ВС, поступивших в зону ОВД, к единице времени их поступления:

$$\lambda(t)=\frac{\Delta N(t)}{\Delta t},$$

где ΔN(t) – число ВС, находящихся в рассматриваемый период времени на управлении; Δt – отрезок времени, в который подсчитывается число.

Для оценки показателей регулярности воздушного движения использовалась следующая методическая последовательность. Значение ΔN(t) было получено наблюдением за воздушной обстановкой в аэропорту Внуково (за основу бралось суточное расписание, которое является результатом предтактического планирования [4], и его фактическое выполнение). Период наблюдения длительностью 14 дней был выбран в августе 2015 года, так как этот месяц отличается наивысшей интенсивностью воздушного движения. Таким образом, за период наблюдения $T_{набл}$ = 14 дней общее количество рейсов составило $N_{общ}$ = 6626, из них вылетающих $N_{выл}$ = 3327, прилетающих $N_{пр}$ = 3299. Для более детального анализа данные регистрировались каждый час и занесены в 14 таблиц (по одной на каждый день наблюдения). На рис. 2 представлена сводная таблица суммарной интенсивности воздушного движения за период наблюдения.

АНАЛИЗ РЕГУЛЯРНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Под регулярностью ВД понимают отношение числа рейсов, выполненных за период T в соответствии с расписанием, к общему числу выполненных рейсов в тот же период. Основной интерес для практики представляет анализ причин наименьшего значения регулярности min $\rho(t_k)$. Только такой анализ позволяет выработать перечень действенных мер, позволяющих улучшить ее значение. Очевидно, что ρ напрямую зависит от количества задержанных рейсов.

Анализ регулярности воздушного движения в аэропорту Внуково был проведен при следующих допущениях:

• Количество задержанных рейсов при вылете $N_{задерж}$ рассчитывалось в соответствии с алгоритмом, представленном на рис. 1. Задержанным считался рейс, у ко-

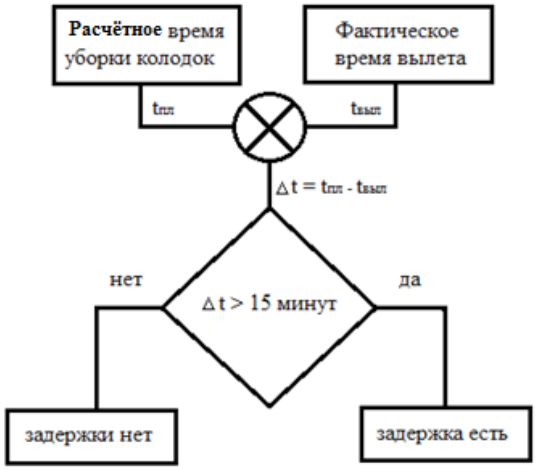


Рис. 1. Алгоритм регистрации задержанных рейсов.

Интенсивность воздушного движения												
время / кол-во рейсов	00.00–00.59	01.00–01.59	02.00–02.59	03.00–03.59	04.00–04.59	05.00–05.59	06.00–06.59	07.00–07.59	08.00–08.59	09.00–09.59	10.00–10.59	11.00–11.59
вылет	18	17	19	45	78	122	242	333	320	241	98	121
прилёт	23	34	33	67	189	204	190	57	102	73	141	170
задержанные при вылете	1	3	3	14	30	59	141	191	171	129	46	56

Регулярность воздушного движения												
время / кол-во рейсов	12.00–12.59	13.00–13.59	14.00–14.59	15.00–15.59	16.00–16.59	17.00–17.59	18.00–18.59	19.00–19.59	20.00–20.59	21.00–21.59	22.00–22.59	23.00–23.59
вылет	138	140	134	205	197	166	252	138	115	130	43	15
прилёт	138	186	235	285	244	157	193	111	148	146	99	74
задержанные при вылете	71	82	78	148	138	77	142	67	55	74	27	4

Рис. 2. Сводная таблица по интенсивности и регулярности ВД за период наблюдения.

торого разница между расчётным временем уборки колодок $t_{пл}$ и фактическим временем вылета $t_{выл}$ превышает 15 минут [5].

• Не учитывались рейсы, прилетевшие с задержкой по времени от запланированного в расписании, так как их количество незначительно (прилетающие рейсы имеют приоритет над вылетающими и основная причина их опоздания – задержка в аэропорту вылета).

Для анализа влияния интенсивности воздушного движения на регулярность количество задержанных рейсов регистрировалось с интервалами в 1 час в течение периода наблюдения, чтобы сопоставить с количеством рейсов по вылету и прилёту, зарегистрированных в аналогичные интервалы. Полученные данные были добавлены в каждую из 14 таблиц. На рис. 2 приведена сводная таблица за весь период наблюдения.

Для наглядного представления результатов анализа по данным из сводной таблицы был составлен график интенсивности и ре-

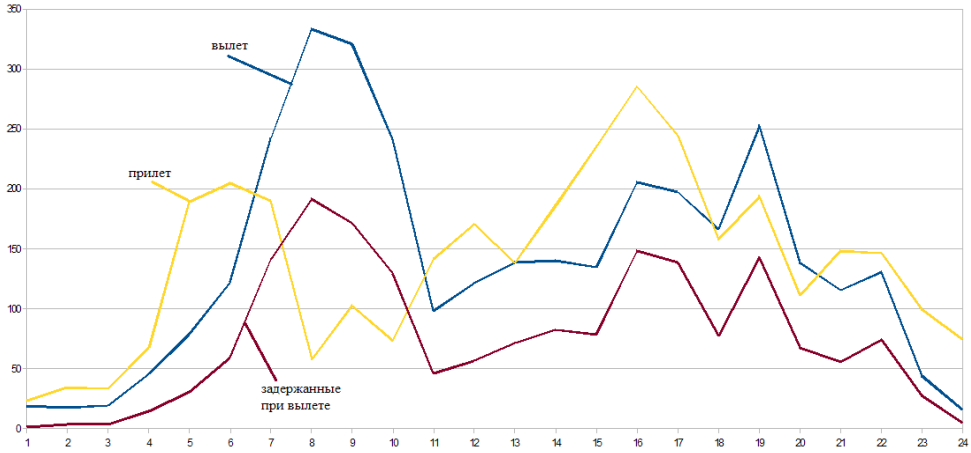


Рис. 3. График интенсивности и регулярности воздушного движения в аэропорту Внуково за период наблюдения.

время	00.00 00.59	01.00 01.59	02.00 02.59	.....	21.00 21.59	22.00 22.59	23.00 23.59
кол-во рейсов							
00–19							
20–39							
40–59							

Рис. 4. Таблица резервирования слотов.

гулярности воздушного движения в аэропорту Внуково за период наблюдения, представленный на рис. 3. В этом графике горизонтальной осью является суточная временная шкала, вертикальной – количество рейсов.

Из графика видно, что имеются два пика интенсивности воздушного движения в утренние и вечерние часы. На это же время приходятся и основные задержки вылетающих рейсов. Интерес авиакомпаний к выполнению полётов в утренние и вечерние часы объясняется большей коммерческой загруженностью (востребованностью) начала и конца дня в рабочем графике клиентов. Это распространяется, естественно, и на бизнес-авиацию. В случае опоздания по прилёту воздушные суда, находящиеся на земле и ожидающие вылета по расписанию, будут ожидать в очереди. Очевидно, что для уменьшения задержек требуется «сгладить пики». При текущей интенсивности воздушного движения этого можно

время	00.0000.59	01.0001.59	02.0002.59	03.0003.59	04.0004.59	05.0005.59	06.0006.59	07.0007.59	08.0008.59	09.0009.59	10.0010.59	11.0011.59
кол-во рейсов												
00–19												
20–39												
40–59												

время	12.00 12.59	13.00 13.59	14.00 14.59	15.00 15.59	16.00 16.59	17.00 17.59	18.00 18.59	19.00 19.59	20.00 20.59	21.00 21.59	22.00 22.59	23.00 23.59
кол-во рейсов												
00–19												
20–39												
40–59												

Рис. 5. Таблица резервирования слотов с учетом статистики.

достичь, увеличивая пропускную способность элементов, ограничивающих интенсивность, и перераспределяя потоки вылетающих и прибывающих воздушных судов.

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАДЕРЖЕК РЕЙСОВ

Одна из возможностей для сглаживания пиков – внедрение некоторых правил, направленных на равномерное распределение интенсивности воздушного движения. Например, в европейских аэропортах существует практика, когда пользователи воздушного пространства перед подачей плана полёта могут ознакомится с таблицей резервирования слотов. Под слотом понимается время, выделенное в аэропорту рейсу для выполнения воздушным судном операции прибытия или отправления в определенную дату или период. Пример такой таблицы представлен на рис. 4.

Здесь по горизонтали сутки разбиты на часы, а по вертикали час разбит на двадцатиминутные интервалы. В ячейки заполняются данные о пропускной способности, исходя из уже поданных планов полётов. То есть таблица информирует пользователя воздушного пространства о количестве оставшихся мест на то или иное время. В наиболее загруженных ячейках имеется большая вероятность задержки рейса, поэтому, заранее ознакомившись с подобной таблицей, пользователь воздушного пространства может подать план полёта на менее загруженную ячейку.

Проанализировав эту таблицу, приняв во внимание статистику интенсивности воздушного движения за определенный период, можно представить ее примерно так, как на рис. 5.

Серым цветом закрашены ячейки, соответствующие временным интервалам с наибольшими задержками и самой высокой интенсивностью по статистическим данным за период наблюдения. Статистические данные должны ежедневно обновляться и иметь возможность быть представленными в разных форматах: за две недели, месяц, периоды летней и зимней навигации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены количественные характеристики системы ОВД. Для их определения проводилось наблюдение за воздушной обстановкой в аэропорту Внуково в течение 14 суток. Период наблюдения был выбран в августе, так как в этом месяце наибольшая интенсивность воздушного движения.

Для анализа полученные данные заносились в таблицы, каждая из которых соответствовала суткам. Представлена сводная таблица результатов наблюдения. На основе результатов анализа был составлен график интенсивности и регулярности воздушного движения в аэропорту Внуково. По нему выявлены часы пиковой интенсивности, в которые регулярность воздушного движения имеет наихудшие показатели. Пики интенсивности объясняются большей коммерческой загруженностью авиалиний в это время.

Для «сглаживания» пиков интенсивности воздушного движения предлагается использовать международную практику, при которой пользователи воздушного пространства перед подачей плана полёта могут ознакомиться с таблицей резервирования слотов. Также предлагается добавить в эту таблицу обратную связь, которая учитывает статистику регулярности воздушного движения за некоторый предшествующий период, предоставляя пользователям воздушного пространства более подробную информацию для подачи плана полёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. DOC4444-ATM/501. Организация воздушного движения.– Монреаль: ИКАО, 2007.

2. Организация воздушного движения в Российской Федерации: Федеральные авиационные правила // Минтранс России.– 2011.– № 293.

3. Дарымов Ю. П., Крыжановский Г. А., Затонский В. М. Управление воздушным движением: Учебник.– М.: Транспорт, 1989.– 327 с.

4. Организация планирования использования воздушного пространства Российской Федерации: Федеральные авиационные правила // Минтранс России.– 2012.– № 6.

5. ATFCM users manual. Eurocontrol. 2016.

Координаты авторов: **Елисеев Б. П.**– info@mstuca.aero, **Воробьев В. В.**– v.vorobjev@mstuca.aero, **Харламов А. С.**– anrik85@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.06.2016, принята к публикации 25.08.2016.

INFLUENCE OF AIR TRAFFIC ON FLIGHT DELAYS

Eliseev, Boris P., *Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTUCA), Moscow, Russia.*
Vorobyev, Vadim V., *Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTUCA), Moscow, Russia.*
Kharlamov, Andrey S., *Vnukovo air traffic service center, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

One of conditions for securing flight safety is a restriction on intensity of an air traffic flow within the sector of air traffic services, as well as of the flows in the section of the route, in the route crossing points, at the aerodrome. To assess the capacity and to identify periods of peak load during the study, statistical traffic intensity data values within 14 days were analyzed. Data collection was carried out at Vnukovo airport in August 2015. The information on the number of departing, arriving and delayed flights with hourly intervals was organized by a number of criteria, a summary table on intensity and regularity of air traffic was drawn up. Measures to «smooth the peaks», based on the total cumulative practice, were offered.

Keywords: civil aviation, airport, air space, capacity, air traffic intensity, regularity of flights, flight delay, ATC, ATS, ATM.

Background. *Standard of permissible aircraft intensity for each of the elements of the air traffic services system (ATS) is defined by the value of capacity. The capacity is a boundary (limit) amount of air flow intensity, which ATS authority shall ensure in accordance with the procedures, that safety levels are not jeopardized [1]. The capacity for the dispatch centers (ATC sectors) is expressed in the number of aircraft per hour (AC / h), which are served in the airspace. In evaluating (calculating) the capacity the following factors are taken into account:*

• complexity of the structure of a control area, control station (sector);

• controller's workload, including performed tasks on air traffic services and coordination;

• types of used communication systems, navigation and surveillance systems, the degree of their technical reliability and availability as well as the availability of backup systems;

• availability of automated systems and complexes of ATS, as well as warning functions;

• any other factor or element that contributes to the workload on a controller (for example, the established norms of separation of AC; speed of AC, the size of the zones served).

The number of aircraft serviced by ATS authority shall not exceed the number of aircrafts, flight control of which can safely be provided in the prevailing conditions [2]. A particular attention should be paid to the functioning of the system elements in conditions of maximum load. Since the values of the intensity on the day interval is characterized by considerable volatility, the execution of restriction is controlled, as a rule, for the so-called peak hours, i.e. hours, when there is the greatest load on ATS system.

Objective. *The objective of the authors is to consider the influence of air traffic intensity on flight delays, based on the data of Vnukovo airport.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, statistical method, calculation, graph construction, comparative method, evaluation methods.*

Results.

Assessment of air traffic in the airport area

To quantify the processes in ATS system an important characteristic of a rate of reception of aircrafts is used (the intensity of air traffic is the number of aircraft received in this area per unit time). Average intensity value is determined as the first derivative of the average traffic density over time [3]:

$$\lambda(t) = \frac{dP(t)}{dt},$$

where $P(t) = \frac{N(t)}{V}$ *is traffic density, a ratio of the average number of aircrafts, simultaneously in the service area N(t) to the volume of this zone V. In practice, the intensity is considered for simplified expressions, relating the total number of aircrafts, entered in ATM area per unit time of their entering:*

$$\lambda(t) = \frac{\Delta N(t)}{\Delta t},$$

where ΔN(t) is a number of aircrafts, which are under management in the period under consideration; Δt is a time interval, in which the figure is calculated.

To evaluate the performance of air traffic regularity the following methodological sequence was used. The value ΔN(t) was obtained by monitoring the traffic situation at Vnukovo airport (the basis was the daily timetable, which is the result of pre-tactical planning [4], and its actual implementation). The observation period lasting 14 days was selected in August 2015, as this month has a high intensity of air traffic. Thus, during the observation period T_{obs} *= 14 days the total number of flights was* N_{tot} *= 6626, among which departing* N_{dep} *= 3327, arriving* N_{ar} *= 3299. For a more detailed analysis data were recorded every hour and were summarized in 14 tables (one for each day of observation). Pic. 2 is a summary table of the total air traffic intensity during the observation period.*

Analysis of air traffic regularity

Air traffic regularity is a ratio of the number of flights performed during the period T in accordance with the schedule to the total number of flights in the same period. The main practical interest is the analysis of the causes of the smallest value of regularity min $\rho(t_k)$*. Only such an analysis makes it possible to develop a list of effective measures to improve its value. Obviously,* ρ *is directly dependent on the number of flights delayed.*

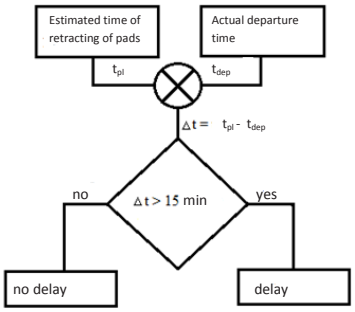
Analysis of regularity of air traffic at Vnukovo airport was conducted with the following assumptions:

• The number of delayed flights on departure N_{del} *was calculated in accordance with the algorithm shown in Pic. 1. Delayed flight was a flight, in which the difference between a calculated time of retracting pads* t_{pl} *and the actual time of departure* t_{dep} *exceeds 15 minutes [5].*

• Flights, which arrived with a time delay from the planned schedule, were not taken into account, as their number is insignificant (arriving flights have priority over the departing and the main reason for their delay – delay in the airport of departure).

The research was financially supported by Russian state scientific foundation in the framework of the project 15-08-05424.





Pic. 1. Algorithm for registration of delayed flights.

To analyze the impact of air traffic intensity on regularity, the number of delayed flights was recorded at intervals of 1 hour during the observation period to compare with the number of flights on arrival and departure, registered in the same interval. The data obtained were added to each of 14 tables. Pic. 2 is a summary table for the entire period of observation.

To visualize the results of the analysis on data from a summary table a graph of intensity and regularity of air traffic at Vnukovo airport for the period of observation was constructed, shown in Pic. 3. In this graph, the horizontal axis is a daily time scale, vertical – a number of flights.

The graph shows that there are two peaks of intensity of air traffic in the morning and evening hours. The major delays of departing flights occur at the same time. The interest of airlines to carry out flights in the morning and evening hours is due to the greater commercial workload (demand for) of the beginning and end of the day due to the work schedule of clients. This applies, of course, to business aviation. In case of delay on arrival, aircrafts, which are on the ground and waiting for departure on the schedule, will be waiting in the queue. Clearly, to reduce delays it is required «to smooth peaks». With the current air traffic intensity this can be achieved by increasing the capacity of the elements that limit the intensity and by redistributing flows of departing and arriving aircrafts.

Minimizing flight delays

One of the possibilities to smooth the peaks is to introduce some regulations aimed at even distribution of air traffic intensity. For example, in European airports there is a practice, when users of the airspace before filing a flight plan may get acquainted with a slot reservation table. A slot means time allocated at the airport to a flight to perform the operation of the aircraft's arrival or departure on a specific date or period. An example of such a table is shown in Pic. 4.

Horizontally, days are divided into hours, and vertically, an hour is divided into twenty-minute intervals. The cells are filled with data about capacity on the basis of already filed flight plans. That is, the table informs the user of the airspace of the number of remaining places at one time or another. In the most loaded cells there is a high probability of a flight delay, so been pre-acquainted with this table, the airspace user may submit a flight plan to the least loaded cell.

After analyzing this table, taking into account air traffic intensity statistics for a certain period, it is possible to present it in a way, as shown in Pic. 5.

The grey shaded cells correspond to time slots with the largest delays and the highest intensity according to the statistical data for the period of observation. Statistical data should be updated on a daily basis and have an opportunity to be represented in different formats: in two weeks slots, in month slots during the summer and winter navigation.

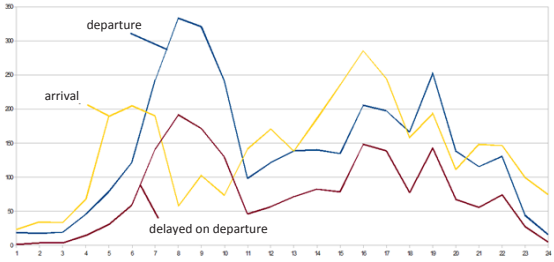
Conclusion. *The article describes the quantitative characteristics of ATS system. To identify them, air situation at Vnukovo airport had been observed for 14 days. The observation period was selected in August which is the month of the highest intensity of air traffic.*

For the analysis the data were recorded in the table, each of which corresponded to a certain day. A summary table of the results of observation was presented. Based on the analysis' results a graph of intensity and regularity of air traffic at Vnukovo airport was built. According to it the peak intensity hours were revealed, in which regularity of air traffic has the worst

Air Traffic Intensity												
time / number of flights	00.00 00.59	01.00 01.59	02.00 02.59	03.00 03.59	04.00 04.59	05.00 05.59	06.00 06.59	07.00 07.59	08.00 08.59	09.00 09.59	10.00 10.59	11.00 11.59
departure	18	17	19	45	78	122	242	333	320	241	98	121
arrival	23	34	33	67	189	204	190	57	102	73	141	170
delayed on departure	1	3	3	14	30	59	141	191	171	129	46	56

Air Traffic Regularity												
time / number of flights	12.00 12.59	13.00 13.59	14.00 14.59	15.00 15.59	16.00 16.59	17.00 17.59	18.00 18.59	19.00 19.59	20.00 20.59	21.00 21.59	22.00 22.59	23.00 23.59
departure	138	140	134	205	197	166	252	138	115	130	43	15
arrival	138	186	235	285	244	157	193	111	148	146	99	74
delayed on departure	71	82	78	148	138	77	142	67	55	74	27	4

Pic. 2. Summary of intensity and regularity of air traffic during the observation period.



Pic. 3. Graph of intensity and regularity of air traffic at Vnukovo airport for the period of observation.

time / number of flights	00.00 00.59	01.00 01.59	02.00 02.59	.....	21.00 21.59	22.00 22.59	23.00 23.59
00–19							
20–39							
40–59							

Pic. 4. Slot reservation table.

time / number of flights	00.00 00.59	01.00 01.59	02.00 02.59	03.00 03.59	04.00 04.59	05.00 05.59	06.00 06.59	07.00 07.59	08.00 08.59	09.00 09.59	10.00 10.59	11.00 11.59
00–19												
20–39												
40–59												

time / number of flights	12.00 12.59	13.00 13.59	14.00 14.59	15.00 15.59	16.00 16.59	17.00 17.59	18.00 18.59	19.00 19.59	20.00 20.59	21.00 21.59	22.00 22.59	23.00 23.59
00–19												
20–39												
40–59												

Pic. 5. Slot reservation table reservation with account of statistics.

indicators. Intensity peaks occur due to the greater commercial workload experienced by at this time.

For «smoothing» of air traffic intensity peaks it is offered to use international practice, in which the users of the airspace before filing the flight plan may get acquainted with slot reservation table. It is also proposed to add to this table feedback that takes into account the statistics of regularity of air traffic over a certain preceding period, giving airspace users more detailed information for filing a flight plan.

REFERENCES

1. DOC4444-ATM/501 Air traffic management. Montreal, ICAO, 2007.

2. Air Traffic Management in the Russian Federation: Federal Aviation Regulations [*Federalnie aviatsionnie pravila «Organizatsia vozdushnogo dvighenia v Rossiyskoy Federatsii»*]. Russian Ministry of Transport, 2011, № 293.

3. Darymov, Yu. P., Kryzhanovsky, G. A., Zatonsky, V. M. Air Traffic Management: A Textbook [*Upravlenie vozdushnim dvizheniem*]. Moscow, Transport publ., 1989, 327 p.

4. Organization of planning of the use of airspace of the Russian Federation: Federal Aviation Regulations [*Federalnie aviatsionnie pravila «Organizatsia planirovania ispol'zovania vozdushnogo prostranstva Rossiyskoy Federatsii»*]. Russian Ministry of Transport, 2012, № 6.

5. ATFCM users manual. Eurocontrol. 2016.

Information about the authors:
Eliseev, Boris P. – D.Sc. (Eng.), professor, rector of Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTUCA), Moscow, Russia, info@mstuca.aero.
Vorobyev, Vadim V. – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTUCA), Moscow, Russia, v.vorobjev@mstuca.aero.
Kharlamov, Andrey S. – senior engineer of Vnukovo air traffic service center, Moscow, Russia, anrik85@mail.ru.

Article received 27.06.2016, accepted 25.08.2016.

УДК 656.212.5

Инновационные подходы к автоматизации управления сортировочной станцией



Андрей ОБУХОВ

Andrey D. OBUKHOV

Обухов Андрей Дмитриевич *– младший научный сотрудник ОАО «НИИАС», ассистент кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Innovative Approach to Marshalling Yard Control Automation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 183)

Предложена структурная схема автоматизированной системы управления работой сортировочной станции с элементами искусственного интеллекта. При этом отдельно рассмотрены интеллектуальные блоки «Нейросетевое прогнозирование» и «Формирование управляющих решений», их связь с переработкой вагонопотоков в условиях оперативно регулируемого технологического процесса.

Ключевые слова: железная дорога, автоматизированная система управления, перевозочный процесс, сортировочная станция, нейросетевые технологии, интеллектуальные транспортные системы.

Интеллектуальное управление на линейном уровне в первую очередь необходимо реализовывать на сортировочных станциях, которые являются важнейшей составной частью непрерывного процесса перевозок грузов железнодорожным транспортом. При увеличении её размеров требуется и увеличение производственных мощностей железнодорожных станций [10, 15]. Но даже в периоды спада размеров перевозок работа по повышению эффективности сортировочного процесса продолжается. Внедряются новые технологии и автоматизируются станционные операции.

Эффективность работы сортировочной станции в большей степени зависит от качества принимаемых оперативных управляющих решений. В условиях интенсивного и неравномерного движения грузовых поездов по участкам железнодорожной сети, функционирования множества операторов-собственников подвижного состава, а также при ограниченных станционных, маневровых, тяговых и временных ресурсах актуальна разработка инновационных методов и технологий организации оперативной работы на сортировочных станциях в автоматизированном режиме. Интеграция всех

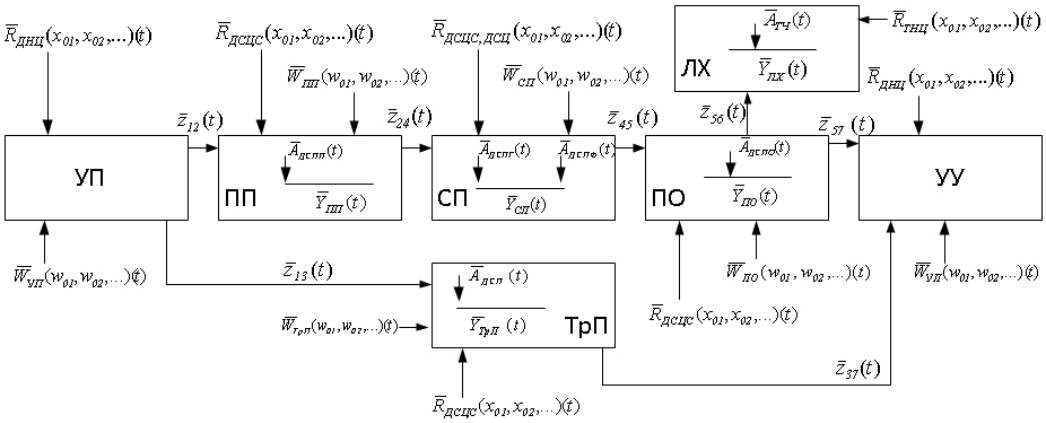


Рис. 1. Формализованная схема взаимодействия в системе управления оперативной работой на сортировочной станции.

базовых, информационных элементов станционного сортировочного комплекса должна быть исполнена в модели автоматизированной системы управления сортировочной станцией с элементами искусственного интеллекта (АСУИ СС).

На рис. 1 приведена формализованная схема взаимодействия в системе оперативного управления работой сортировочной станции. Внешними по отношению к отдельным объектам технологических линий обработки поездо- и вагонопотоков являются управляющие решения $\overline{R}_{ДСЦС,ДСЦ}$, $\overline{R}_{ТНЦ}$, $\overline{R}_{ДНЦ}$ (соответственно станционного, маневрового, поездного и локомотивного диспетчеров). Внутренними, которые относятся к паркам, маневровым районам и локомотивному депо станции, являются управляющие решения $\overline{A}_{ДСПП}$, $\overline{A}_{ДСПГ}$, $\overline{A}_{ДСПФ}$, $\overline{A}_{ДСП}$, $\overline{A}_{ТЧ}$. Все решения реализуются в виде плановых параметров работы различных подразделений станции x_{01}, x_{02}...

Управляющие решения диспетчерского уровня $\overline{R}$ определяются функционалом

$$\overline{R}(x_{01},x_{02},...)(t) = F(x_{Ф1} \vee x_{ТП1}, x_{Ф2} \vee x_{ТП2},..., a_{r1},a_{r2},...,w_{r1},w_{r2},...,Y^n_{st}(y_{r1},y_{r2},...)(t). \quad (1)$$

В выражении (1) $x_{ф} \vee x_{тп}$ – это сравнение показателей технического для станции плана с их фактическими значениями к началу периода планирования в цикле управления; a_r – технико-технологические параметры объекта управления диспетчерского уровня. Возмущающие воздействия, которые оказываются в процессе планирования и управления эксплуатационной работой сортировочной станции и прилегающих участков, выражаются через параметр $\overline{W}_r(w_{r1},w_{r2},...)$.

Возмущающие воздействия внутри самой оперативной системы сортировочной станции возникают вследствие отказов технических средств и нарушений установленной технологии. К внешним возмущениям следует отнести влияние нарушений технологии в работе оперативно взаимодействующих с железнодорожным транспортом систем, выражающихся в неравномерности входящих поездо- и вагонопотоков.

Многомерное состояние оперативной системы управления Y^n_{st} определяется параметрами размещения подвижных объектов управления непосредственно на сортировочной станции.

На формализованной схеме взаимодействия (рис. 1) задания по перемещению поездо- и вагонопотоков для агрегатов управления в парках приема и транзитном (ПП, ТрП), сортировочном парке и парке отправления (СП, ПО), а также в локомотивном хозяйстве и на прилегающих участках отправления поездов (ЛХ, УУ) выражаются в виде параметров $\overline{z}_{12}$, $\overline{z}_{21}$ и т.д.

Режим наиболее устойчивого приема и отправления поездов для сортировочной станции определяется выполнением следующего выражения с учетом последовательно возрастающих значений параметров перерабатывающей способности технологических линий, а также безусловного выполнения задания $\overline{z}_{56}$:

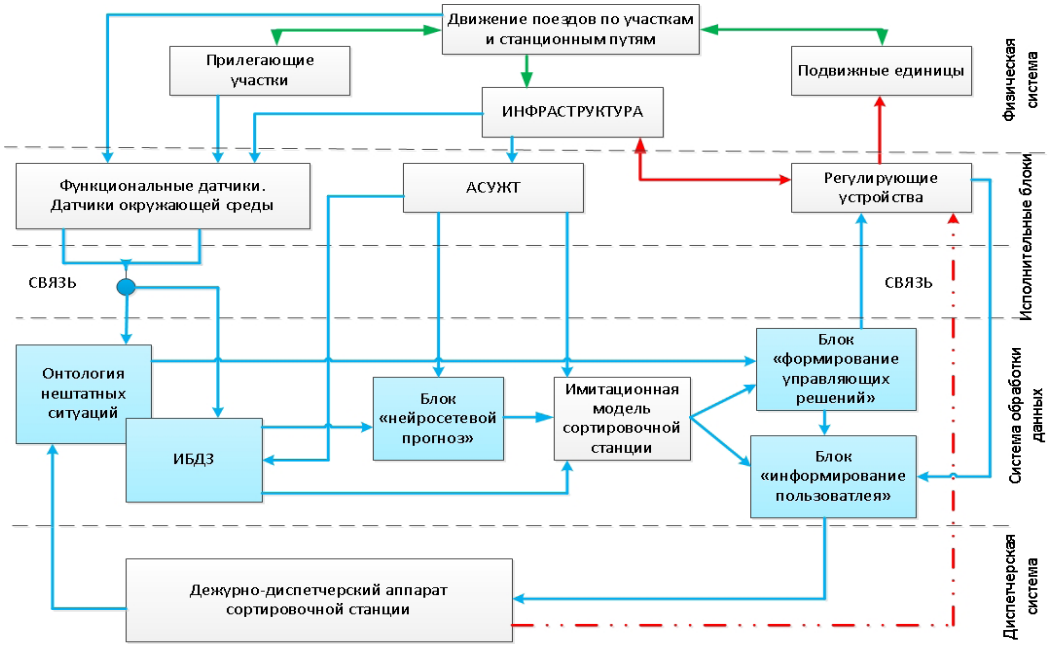


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы управления работой сортировочной станцией с элементами искусственного интеллекта.

$$\bar{z}_{12} + \bar{z}_{13} \approx \bar{z}_{37} + \bar{z}_{57}. \qquad (2)$$

От уровня соблюдения указанного соотношения между заданиями в большей степени зависит эксплуатационная надежность сортировочной станции и выполнение ее основных качественных и количественных показателей.

Управляющие решения в цепи технологических линий системы переработки вагонопотока на этапе планирования *t* также вырабатываются соответствующим руководителем на основе функционала:

$$\bar{A}_{st}(x_{01}, x_{02}, \ldots)(t) = F((x_{01}, x_{02}, \ldots), a_{st1}, a_{st2}, \ldots, w_{st1}, w_{st2}, \ldots, Y_{st}(y_{r1}, y_{r2}, \ldots))(t), \qquad (3)$$

где $\bar{A}_{st}(x_{01}, x_{02}, \ldots)(t)$ – управляющие решения по выполнению плановых параметров технологического процесса обработки вагонопотока, реализуемые в различных технологических линиях сортировочной станции;

x_{01}, x_{02}... – плановые задания, которые должны быть выполнены на уровне отдельных технологических линий станции;

a_{st1}, a_{st2},... – параметры, характеризующие техническое и технологическое состояние объектов сортировочной станции;

w_{st1}, w_{st2},... – возмущающие воздействия, оказываемые на процесс оперативного управления эксплуатационной работой сортировочной станции;

$Y_{st}(y_{r1}, y_{r2}, \ldots)$ – многомерное состояние оперативной системы перевозочного процесса на сортировочной станции.

Выработка управляющих решений в условиях неполноты и неточности информации, а также имитация творческой деятельности человека посредством обработки и использования знаний дежурно-диспетчерского аппарата сортировочной станции невозможны без поэтапного внедрения элементов интеллектуальных технологий [8, 12, 13] в функционирующие на железнодорожном транспорте АСУ. Важной является задача перенести опыт человека-оператора в машинный интеллект. Этот переход предложено осуществлять в соответствии с разработанной структурной схемой автоматизированной системы управления работой сортировочной стации с элементами искусственного интеллекта, представленной на рис. 2.

Интеллектуальными модулями здесь являются блок «Нейросетевой прогноз» и блок «Формирование управляющих решений», который отвечает за правильность выполнения последовательности поездных и маневровых операций в границах маневровых районов сортировочной станции.

В настоящее время самым перспективным количественным методом прогнозирования является использование техноло-

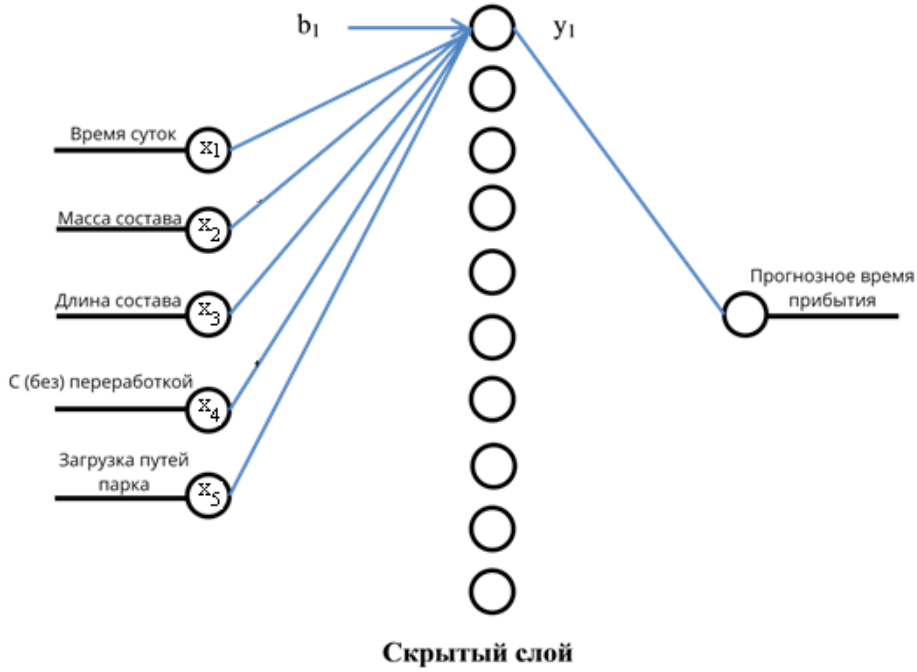


Рис. 3. Схема связи входного и скрытого слоев ИНС.

гии искусственных нейронных сетей (neuralnetwork) [9, 11]. В общем случае прогностическая нейронная сеть представляет собой машину, моделирующую способ обработки человеческим мозгом конкретной задачи. Использование даже самой простой нейросетевой архитектуры и базы данных (о фактически исполненных перевозках со значениями всех основных параметров) дает возможность получить работающую систему прогнозирования, причем учет системой влияющих факторов определяется включением или исключением соответствующего рецептора входного слоя ИНС [5, 6]. В процессе обучения сети предъявляются примеры из базы данных и она сама подстраивает механизмы логических выводов с их учетом, а поступающая новая информация используется для коррекции параметров межнейронных связей, которые представляют собой динамическую базу знаний [1, 2, 4].

Для аппроксимации функции нескольких переменных наиболее универсальным подходом является применение искусственной нейронной сети с прямой связью, статическими нейронами и сигмовидной функцией активации (рис. 3). Под ИНС со статическими нейронами далее понимается сеть, в которой на выходе сигнал появляется в тот же момент, когда подаются сигналы на ее вход.

Выход работы нейросети – это прогноз прибытия поезда определенной категории и составности на сортировочную станцию при существующем поездном положении на станции и прилегающих участках.

Результаты моделирования прогнозирующий нейросети, представленные корреляционным анализом процесса обучения (рис. 4) на примере реальных железнодорожных участков Московской железной дороги, показали принципиальную возможность применения аппарата ИНС для решения задачи прогнозирования прибытия поездов на сортировочную станцию. При этом точность полученных в процессе моделирования данных следует считать достаточной для того, чтобы развивать методы нейросетевого прогноза при создании АСУИ СС. Направлением дальнейшего совершенствования данной прогностической модели является развитие факторологической базы данных.

Блок «Формирование управляющих воздействий» также в своей основе имеет нейросетевую модель, способную распознавать различные эксплуатационные ситу-

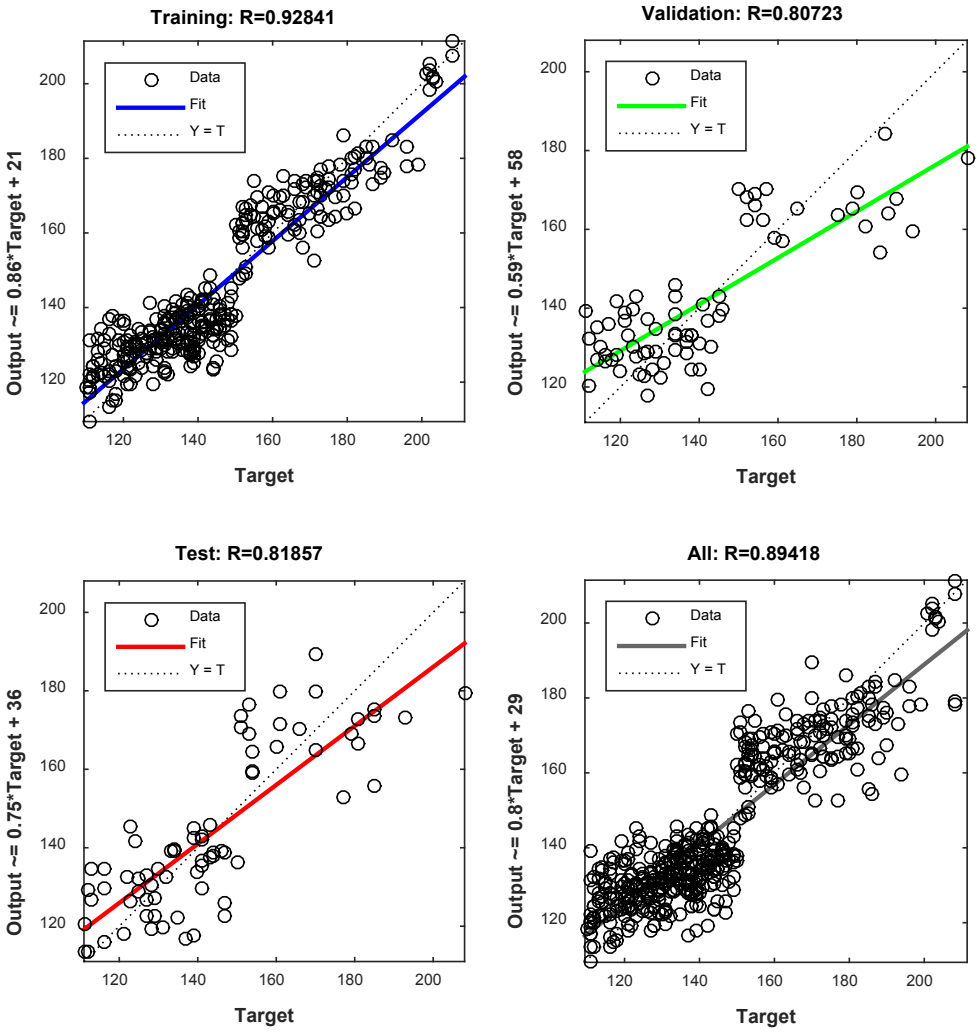


Рис. 4. Корреляционный анализ результатов моделирования прогноза времени прибытия поездов на сортировочную станцию.

$$\left\langle \begin{array}{l} X_1^1 - \textit{характеристика пути №1 парка № 1;} \\ X_2^1 - \textit{характеристика пути №2 парка № 1;} \\ \qquad\qquad\qquad\qquad ...; \\ X_{p-1}^{I(J)} - \textit{характеристика пути № } n-1 \textit{ парка } I(J); \\ \\ X_n^{train} - \textit{характеритика поезда} \end{array} \right\rangle \rightarrow \left\langle \begin{array}{l} Y_1 - \textit{парк приема №} \\ Y_2 - \textit{путь №} \end{array} \right\rangle \quad (5)$$

ации и находить соответствующие квазиоптимальные решения при заданных исходных данных.

Для решения задачи выбора маршрутов приема поезда на станцию разработана нейросетевая модель, распознающая обра-

зы эксплуатационных ситуаций, возникающих в процессе формирования управляющего решения для приготовления маршрута приема поезда на станцию. При проектировании рассматриваемой подсистемы использованы методы построения рекуррентных сетей [3] с применением соответствующих алгоритмов обучения и формированием корректного отображения пары «правильный входной сигнал → правильный выходной сигнал (X→Y) по типу «вход, известный выход»:

$$X \to Y=\langle x_1,x_2,...,x_n\rangle \to \langle Y_1,Y_2\rangle=$$
$$=(\langle x_1,x_2,...,x_n\rangle,\langle Y_1,Y_2\ \rangle). \qquad (4)$$

В соответствии с выражением (4) получено однозначное значение (5) на выходном слое ИНС для системы «парк – путь – прибывающий поезд».

При этом в выражении (5)

$$X_p^{I(J)}=\{x_1;x_2;x_3;x_4\}$$

является вектором состояния пути P парка $I(J)$, который характеризуется следующими параметрами:

x_1 – состояние пути (0 – свободен, 1 – занят);

x_2 – наличие в поезде вагонов с негабаритным грузом (0 – нет, 1 – да);

x_3 – наличие в поезде вагонов с опасными грузами (0 – нет, 1 – да);

x_4 – длина пути в условных вагонах (0 – меньше условной длины, 1 – больше условной длины).

В свою очередь вектор состояния прибывающего поезда определяется параметрами:

X_1^{train} – наличие негабаритного груза в поезде (0 – нет, 1 – да);

X_2^{train} – наличие в поезде вагонов с опасными грузами (0 – нет, 1 – да);

X_3^{train} – фактор, учитывающий длину поезда в пределах условно установленной для данного парка (0 – менее, 1 – более);

X_4^{train} – фактор, учитывающий распределение вагонов в составе расформировываемого поезда (преобладает вагонопоток для четной подсистемы сортировочного парка – 1, нечетной – 0);

X_5^{train} – транзитный поезд с переработкой (0 – нет, 1 – да);

X_6^{train} – поезд транзитный без переработки (0 – нет, 1 – да).

Корреляционный анализ результатов обучения ИНС свидетельствует о том, что рассеивание точек вокруг пунктира и степень отклонения от него линии регрессии характеризуют ошибку ИНС при выборе номера и пути парка для приема определенного грузового поезда на сортировочную станцию. Так, в обучающей выборке $R = 0{,}9993$; тестовой $R = 0{,}9294$ и контрольной $R = 0{,}8986$. При этом экспериментальным методом установлено, что при уменьшении числа нейронов рецепторного слоя за счет изменения системы кодирования входных данных точность и корректность обучения и работы ИНС не изменились.

Таким образом, с помощью данного расчетного примера доказана принципиальная возможность применения аппарата искусственных нейронных сетей для решения задачи по интеллектуальному выбору маршрута движения – парка и пути приема прибывающего на железнодорожную сортировочную станцию грузового поезда. В процессе моделирования были найдены весовые коэффициенты в межнейронных связях и постоянные смещения, которые могут быть использованы при создании соответствующего программного обеспечения и интеграции с АСУИ СС.

Выполненное исследование различных нейросетевых методов решения задачи автоматизированного выбора очередности маневровых и поездных передвижений в границах отдельных маневровых районов сортировочной станции [14] позволило сформулировать общие принципы и алгоритм построения модели подсистемы блока «Формирование управляющих решений» в части интеллектуального выбора маршрутов следования подвижных единиц по станционным путям:

1) Сортировочная станция делится на отдельные маневровые районы, для которых разрабатываются локальные нейросетевые модели по выбору очередности и порядка передвижений поездных и маневровых локомотивов, составов и пое-

здов. При необходимости для отдельных маневровых операций находятся дополнительные зависимости межрайонного влияния.

2) Для каждого маневрового района определяются кодируемые маршруты и перечень элементарных поездных и маневровых маршрутов, из которых они состоят.

3) Определяются моменты времени T_j в которые требуется выбирать порядок и очередность выполнения маршрутов при различных состояниях маневрового района.

4) При обосновании очередности выполнения элементарных маршрутов, полурейсов и рейсов для моментов времени T_j, в расчетах используются прогнозные или расчетные значения скоростей движения при выполнении маршрутов (V).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика ситуационного нейросетевого управления работой сортировочной станции позволит повысить качество оперативного планирования и управления на выделенном производственном объекте, сократить непроизводительные простои на отдельных технологических линиях, повысить ритмичность поездной и маневровой работы, а также реализовать в более полной мере концепцию малолюдных технологий на железнодорожном транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheok A. D. (National University of Singapore, Department of Electrical Computer Engineering, Singapore) Shiomi S. Combined heuristic knowledge and limited measurement based fuzzy logic antiskid control for railway application // EEE. Trans. Sysc. Man. Cydern C. Appl Rev. (USA), vol. 30, Nov 2000, pp. 557–568.

2. Fengxiang Qiao, Hai Yand (Dept of Civil Eng, Hong Kong Univ. of Sci and Technot, Kowloon, China), Lam W. H. K. intelligent simulation and predictionof traffic flow dispersion // Transp. B. Methodol (UK), vol. 35B, no. 9, Nov 2001, pp. 842–863.

3. Hecht-Nielsen, R. The mathematics of thought / R. Hecht-Nielsen // Yen G. Y., Fogel D. B. (eds) Computational intelligence: Principles and practice. IEEE Computational Intelligence Society, Piscataway, New Jersey, 2006, pp. 1–16.

4. Ou Hai-tao, Zhang Wen-yuan, Yang Yu-pu, Xu Xiao-ming. Моделирование потока транспорта на автостраде с помощью нейронной сети RBF // J. Shanghai Jiaotong Univ., vol. 34, no. 5, 2000, pp. 665–668. In Chinese.

5. Барский А. Б. Нейросетевые технологии на транспорте. Ч. 1 // Мир транспорта.– № 2.– 2011.– С. 4–11.

6. Барский А. Б. Нейросетевые технологии на транспорте. Ч. 2 // Мир транспорта.– № 3.– 2011.– С. 14–19.

7. Болле А., Саитто А., Розенберг Е. Н. Новое применение ГНСС в составе перспективной интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом // Интеллектуальные системы на транспорте: материалы I-й международной научно-практ. конференции «ИнтеллектТранс-2011».– СПб: ПГУПС, 2011.– С. 55–74.

8. Броновицкий С. С. Автоматизация процессов мониторинга, идентификации и интеллектуальная поддержка принятия решений на сортировочных станциях / Дис... канд. техн. наук.– Ростов-на-Дону, 2008.– 197 с.

9. Назаров А. В., Лоскутов А. И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем.– СПб.: Наука и техника, 2003.– 384 с.

10. Новиков В. Г. Навигационно-информационные системы на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ.– 2012.– № 4.– С. 49–51.

11. Обухов А. Д. Нейросетевое управление сортировочными процессами // Мир транспорта.– 2016.– № 1.– С. 138–147.

12. Шапкин И. Н., Обухов А. Д. Мультиагентные технологии в управлении перевозочным процессом // Труды РГУПС.– 2015.– № 4.– С. 151–154.

13. Обухов А. Д. Проблемы оперативного управления работой на сортировочной станции // Отраслевые аспекты технических наук.– 2015.– № 3.– С. 13–17. http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2015/release-3–45-may-june/obuhov_a_d_problemy_operativnogo_upravleniya_rabotoj_na_sortirovochnoj_stancii/. Доступ 15.07.2016.

14. Обухов А. Д. Разработка интеллектуальной системы управления работой сортировочной станцией // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы III-й международной научно-практ. конференции. Часть I.– Курган, 2015.– С. 223–226.

15. Обухов А. Д. Совершенствование технологии работы сортировочных станций в современных условиях на основе факторного анализа // Бюллетень транспортной информации.– 2015.– № 1.– С. 28–33.

16. Соснов Д. А., Никандров В. А. Комплексная автоматизация станционных процессов с использованием спутниковой навигации // Железнодорожный транспорт.– 2011.– № 9.– С. 48–52.

17. Сотников Е. А. Интеллектуализация оперативного управления перевозочным процессом на уровне региональной дирекции // Железнодорожный транспорт.– 2014.– № 11.– С. 36–42.

18. Уманский В. И., Долганюк С. И. Общие принципы интеллектуализации станционных систем управления // Вестник ВНИИЖТ.– 2012.– № 9.– С. 8–12.

19. Урличич Ю. М. Актуальные вопросы развития ИТС // Железнодорожный транспорт.– 2011.– № 4.– С. 12–17.

20. Шабельников А. Н. Интеллектуализация транспортных процессов: проблемы и решения // Транспорт: наука, техника, управление.– 2012.– № 4.– С. 3–6. ●

Координаты автора: **Обухов А. Д.**– adobukhov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.07.2016, принята к публикации 25.08.2016.

INNOVATIVE APPROACH TO MARSHALLING YARD CONTROL AUTOMATION

Obukhov, Andrey D., *JSC NIIAS, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

A block diagram of an automated control system of a marshalling yard operation with elements of artificial intelligence is offered. The intelligent units, which are «Neural network forecasting» and «Formation of control decisions», are considered. Their connection with processing of traffic volumes in an operationally controlled technological process is studied.

Keywords: railway, automated control system, transportation process, marshalling yard, neural network technology, intelligent transport systems.

Background. *Intelligent control at a linear level should be implemented in the first place in marshalling yards, which are the most important parts of a continuous process of cargo transportation by rail. By increasing its size it is required also to increase production capacity of railway stations [10, 15]. But even in times of recession of transportation volume work to improve the efficiency of the sorting process continues. New technologies are introduced and station operations are automated.*

Objective. *The objective of the author is to consider innovative approaches used for automation of marshalling yard work.*

Methods. *The author uses general scientific and engineering methods, mathematical apparatus, graph construction, modeling.*

Results. *The efficiency of the marshalling yard is largely dependent on the quality of operational control decisions made. In the conditions of intensive and uneven movement of freight trains on sections of the railway network, functioning of a plurality of rolling stock operators-owners, as well as limited station, shunting, traction and time resources it is a relevant task to develop innovative methods and technologies for organization of operational work in marshalling yards in the automated mode. Integration of all basic, information elements of the station marshalling complex should be performed in a model of an automated system of marshalling yard control with elements of artificial intelligence (ASIC MY).*

Pic. 1 is a formalized scheme of interaction in the system of operational control of the marshalling yard work. External in relation to the individual objects of technological lines of processing of train- and car flows are control decisions $\bar{R}_{DSCS,DSC}$, $\bar{R}_{TNC}$, $\bar{R}_{DNC}$ *(respectively of station, shunting, train and locomotive dispatchers). Internal, which relate to fleet, shunting areas and the locomotive depot of the station, are control decisions* $\bar{A}_{DSPP}$, $\bar{A}_{DSPG}$, $\bar{A}_{DSPF}$, $\bar{A}_{DSP}$, $\bar{A}_{TCH}$. *All decisions are implemented as planned parameters of work of various divisions of the station* x_{01}, x_{02},...

Control decisions of dispatcher level $\bar{R}$ *are defined by functionality*

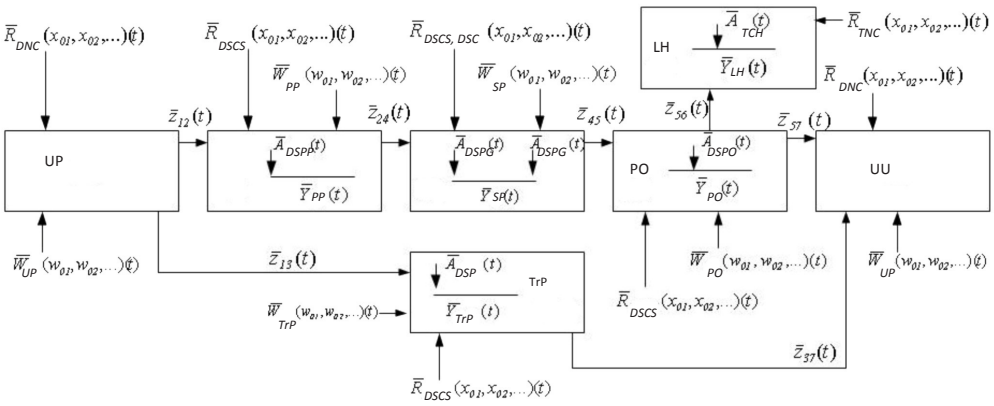
$$\bar{R}(x_{01}, x_{02},...)(t) = F(x_{F1} \vee x_{TP1}, x_{F2} \vee x_{TP2},..., a_{r1}, a_{r2},..., w_{r1}, w_{r2},..., Y_{st}^{n}(y_{r1}, y_{r2},...)(t). \quad (1)$$

In the expression (1) $x_f \vee x_{TP}$ *is a comparison of figures of technical plan for the station with their actual values at the beginning of planning period in the control cycle;* a_r *is technical-technological figures of the control object of dispatch level. Disturbances, which are in the process of planning and control of operational work of a marshalling yard and adjacent sections, are expressed in terms of a parameter* $\bar{W}_r(w_{r1}, w_{r2},...)$.

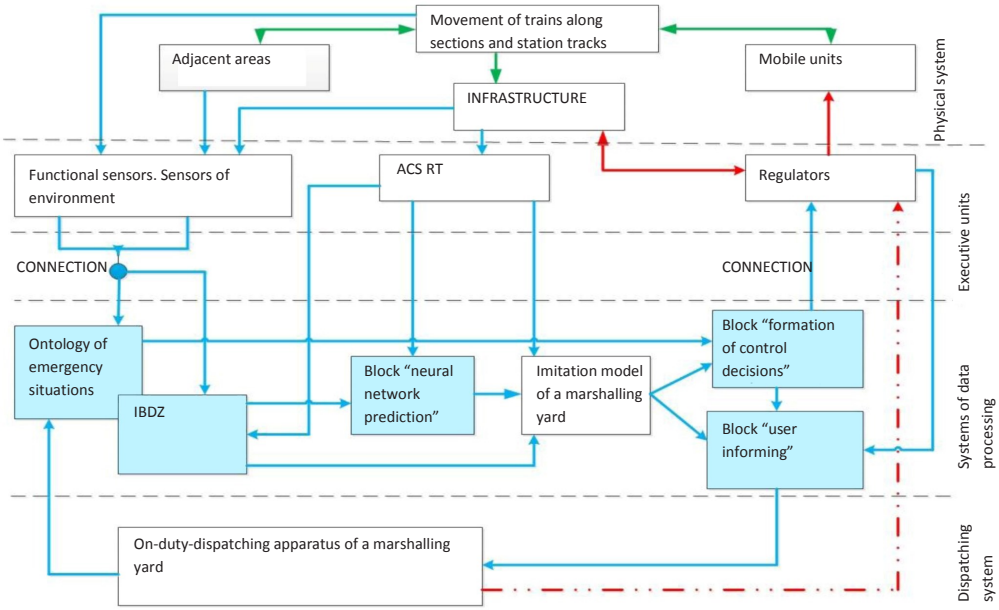
Disturbances within the operating system of marshalling yards occur due to failures of technical means and violations of established technology. The external disturbances should include the impact of technology disruption on systems, operationally interacting with rail transport, expressed in the non-uniformity of incoming train- and car flows.

Multivariate state of operational control system Y_{st}^{n} *is determined by the parameters of placement of mobile control objects directly at the marshalling yard.*

In formal interaction scheme (Pic. 1) tasks of displacement of train- and car flows for control units



Pic. 1. Formal scheme of interaction in the control system of operational work at the marshalling yard.



Pic. 2. Block diagram of the automated control system of marshalling yard work with the elements of artificial intelligence.

in park of acceptance and transit (PP, TrP), marshalling park and departure park (SP, PO) and in locomotive sector and adjacent areas of departure of trains (LH, UU) are expressed in the form of parameters $\overline{z}_{12}$, $\overline{z}_{21}$, *etc.*

The most sustainable mode of reception and departure of trains for the marshalling yard is determined by performing the following expression based on consistently increasing values of the parameters of the processing capacity of production lines, as well as unconditional fulfillment of the task $\overline{z}_{56}$ *:*

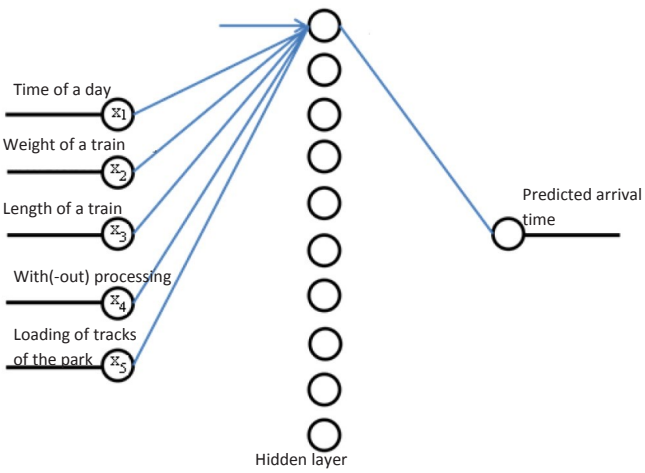
$$\overline{z}_{12} + \overline{z}_{13} \approx \overline{z}_{37} + \overline{z}_{57}. \qquad (2)$$

The level of compliance with the specified ratio between tasks affects largely the operational reliability of the marshalling yard and the implementation of its main qualitative and quantitative indicators.

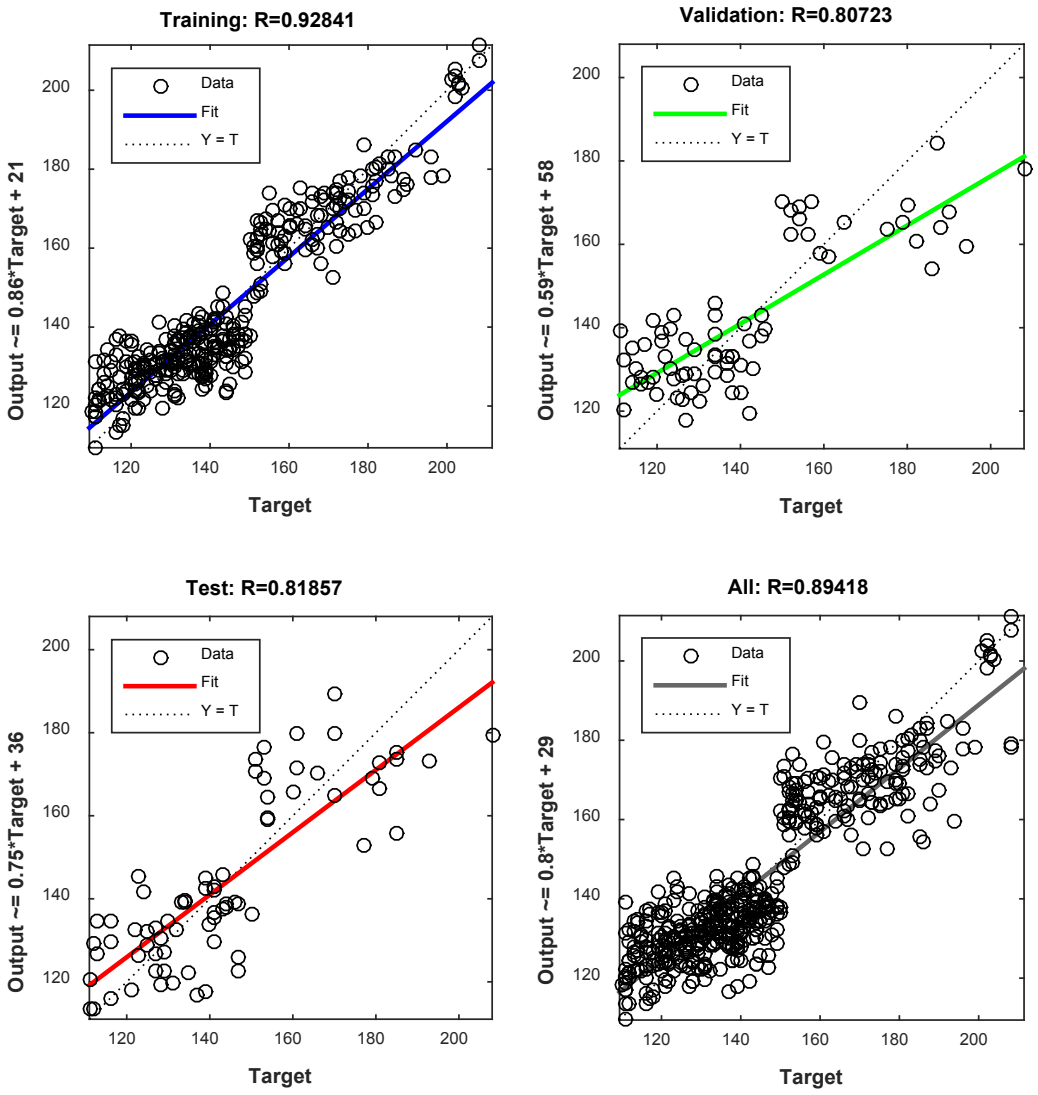
Control solutions in the chain of technological lines of the system of processing of a car flow at the stage of planning t is also generated by a relevant manager on the basis of functional:

$$\overline{A}_{st}(x_{01}, x_{02}, \ldots)(t) = F((x_{01}, x_{02}, \ldots), a_{st1}, a_{st2}, \ldots, w_{st1}, w_{st2}, \ldots, Y_{st}(y_{r1}, y_{r2}, \ldots))(t), \qquad (3)$$

where $\overline{A}_{st}(x_{01}, x_{02}, \ldots)(t)$ *are control decisions for implementation of planned parameters of the technological process of processing of a car flow,*



Pic. 3. Scheme of connection of the input and the hidden layer of ANN.



Pic. 4. Correlation analysis of modeling of forecast of train arrival time at the marshalling yard.

realized in different technological lines of the marshalling yard;

x_{01}, x_{02}... are planned tasks, that should be implemented at the level of individual technological lines of the station;

a_{st1}, a_{st2},... are parameters, characterizing technical and technological state of facilities of the marshalling yard;

w_{st1}, w_{st2},... are disturbing influences exerted on the process of operational management of the operational work of the marshalling yard;

$Y_{st}(y_{r1}, y_{r2},...)$ is a multi-dimensional state of the operating system of the transportation process at the marshalling yard.

Development of control decisions in the conditions of incomplete and inaccurate information, as well as an imitation of human creativity through processing and use of knowledge of on-duty dispatcher apparatus of the marshalling yard is impossible without gradual introduction of elements of intelligent technologies [8, 12, 13] in ACS, functioning on the railway transport. An important task is to transfer human operator experience into machine intelligence. This transition is suggested to be carried out in accordance with the developed structural scheme of an automated control system of the work of the marshalling yard with the elements of artificial intelligence, shown in Pic.2.

Here the intelligent modules are block «Neural network forecasting» and the block «Formation of control decisions», which is responsible for correct execution of a sequence of train and shunting operations within the boundaries of areas of the marshalling yard.

Currently, the most promising quantitative method of forecasting is to use the technology of artificial neural networks [9, 11]. In general, predictive neural network is a machine that simulates the way how the human brain processes a particular task. Using even the simplest neural network architecture and database (about actually performed transportation with the values of the basic parameters) makes it possible to get a working system of forecasting, and system's accounting of affecting factors is determined by the inclusion or exclusion of the corresponding

$$\left\langle \begin{array}{l} X_1^1 - characteristics\ of\ the\ track\ №1\ \ of\ the\ park\ №\ 1; \\ X_2^1 - characteristics\ of\ the\ track\ №2\ of\ the\ park\ №\ 1; \\ \qquad\qquad ...; \\ X_{p-1}^{I(J)} - characteristics\ of\ the\ track\ №\ n-1\ of\ the\ park\ I(J); \\ \\ X_n^{train} - characteristics\ of\ the\ train \end{array} \right\rangle \rightarrow \left\langle \begin{array}{l} Y_1 - park\ of\ reception\ № \\ Y_2 - track\ № \end{array} \right\rangle \qquad (5)$$

receptor of the input layer in ANN [5, 6]. During training examples are presented to the network from the database and it adjusts itself inferences mechanisms with their account and entering new information is used for correction of parameters of interneuronal connections which constitute a dynamic knowledge base [1, 2, 4].

For approximation of a function of several variables, the most versatile approach is the use of an artificial neural network with a direct connection, static neurons and sigmoid activation function (Pic. 3). ANN with static neurons hereinafter refers to a network in which at the output signal appears at the same moment when the signals are delivered to its input.

The results of work of a neural network is the forecast of arrival of a train of a certain category and composition to the marshalling yard with regard for current positions of trains at the station and adjacent areas.

Simulation results of predictive neural network represented by correlation analysis of the learning process (Pic. 4) on the example of real railway sections of Moscow Railway, showed the fundamental possibility of applying ANN apparatus for solving the problem of forecasting the arrival of trains at the marshalling yard. The accuracy of data obtained in the process of modeling should be regarded as sufficient in order to develop the methods of neural network forecasting in developing ASIC MY. The direction of further improvement of this predictive model is the development of factorologic database.

Block «Formation of control actions» in its basis has a neural network model capable of recognizing different operational situations and finding appropriate quasi-optimal solution for the given initial data.

To solve the problem of the choice of routes for train receipt at the station a neural network model was developed that recognizes images of operational situations that arise in the process of development of control decisions for preparation of the train's reception route at the station. In the design of the subsystem methods of construction of recurrent networks were used [3], with the use of appropriate learning algorithms and the formation of the correct display of a pair of «correct input signal→correct output signal (X→Y)» on the type «input, known output»:

$$X \rightarrow Y = \langle x_1, x_2, ..., x_n \rangle \rightarrow \langle Y_1, Y_2 \rangle =$$
$$= (\langle x_1, x_2, ..., x_n \rangle, \langle Y_1, Y_2 \rangle). \qquad (4)$$

In accordance with the expression (4) an unambiguous value at the output layer of ANN for the system «park – track – arriving train» was received:

In the expression (5) $X_p^{I(J)} = \{x_1; x_2; x_3; x_4\}$ *is a vector of state of the track P of the park I (J), which is characterized by the following parameters:*

x_1 – track state (0 – free, 1 – occupied);

x_2 – presence of cars with oversized cargo in the train (0 – no, 1 – yes);

x_3 – presence of cars with dangerous cargo in the train (0 – no, 1 – yes);

x_4 – length of the track in conditional cars (0 – less than a conditional unit, 1 – more than a conditional unit).

In turn vector of the state of arriving train is determined by the parameters:

X_1^{train} *– presence of oversized cargo in the train (0 – no, 1 – yes);*

X_2^{train} *– presence of cars with dangerous cargo in the train (0 – no, 1 – yes);*

X_3^{train} *– factor, taking into account the length of the train within conditionally set for this park (0 – less, 1 – more);*

X_4^{train} *– factor, taking into account distribution of cars in the disbanded train (car flow prevails for the even subsystem of the marshalling park – 1, for odd – 0);*

X_5^{train} *– transit train with processing (0 – no, 1 – yes);*

X_6^{train} *– transit train without processing (0 – no, 1 – yes).*

Correlation analysis of learning outcomes of ANN indicates that the dispersion of the points around the dotted line and the degree of deviation of the regression line from it characterizes a mistake of ANN in choosing the number and the track of the park for receipt of a certain cargo train at the marshalling yard. For example, in the training sample R = 0,9993; in the test sample R = 0,9294 and in the control sample R = 0,8986. The experimental method has found that by reducing the number of neurons of the receptor layer by changing the input data coding system accuracy and correctness of training and work of ANN have not changed.

Thus, with this calculated example, was proved a principal possibility of using the apparatus of artificial neural networks to solve the problem of intelligent choice of the route – park and route of receipt of a cargo train arriving at the railway marshalling yard. In the modeling weighting coefficients in interneuronal connections and constants shifts have been found that can be used to create the appropriate software and integration with ASIC MY.

The conducted study of various neural network methods for solving the problem of the automated selection of sequence of shunting and train movements within the boundaries of the individual shunting areas of the marshalling yard [14] made it possible to formulate general principles and algorithm of constructing a model of a subsystem of the block

«Formation of control solutions» regarding intellectual choice of routes of mobile units along station tracks:

1) A marshalling yard is divided into separate shunting areas for which local neural network models are developed for selection of the sequence and the order of movement of train and shunting locomotives, compositions and trains. If necessary for the individual shunting operations optional dependences of the inter-district impact are found.

2) For each shunting area encoded routes and a list of basic train and shunting routes, of which they are composed, are defined.

3) Time moments are defined Tj, when it is required to select the order and sequence of implementation of routes under different states of the shunting area.

4) When justifying the prioritization of basic routes, semi-trips and trips for time moments Tj, in the calculations projected or calculated values of speed of movement when performing the routes (V) are used.

Conclusion. *The proposed method of situational neural network control of the work of the marshalling yard will improve the quality of operational planning and control on a dedicated production facility, reduce unproductive downtime on separate production lines, increase the rhythm of train and shunting operations, as well as implement more fully the concept of sparsely populated technologies in rail transport.*

REFERENCES

1. Cheok, A. D., Shiomi, S. Combined heuristic knowledge and limited measurement based fuzzy logic antiskid control for railway application. *EEE. Trans. Sysc. Man. Cydern C. Appl Rev. (USA)*, Vol. 30, Nov 2000, pp. 557–568.

2. Fengxiang Qiao, Hai Yand, Lam W. H.K. Intelligent simulation and prediction of traffic flow dispersion. *Transp. B. Methodol(UK)*, Vol. 35B, Iss. 9, Nov 2001, pp. 842–863.

3. Hecht-Nielsen, R. The mathematics of thought / R. Hecht-Nielsen // Yen GY, Fogel DB (eds) Computational intelligence: Principles and practice. *IEEE Computational Intelligence Society*, Piscataway, New Jersey, 2006, pp. 1–16.

4. Ou Hai-tao, Zhang Wen-yuan, Yang Yu-pu, Xu Xiao-ming. Simulation of traffic flow on the freeway with neural network RBF [*Modelirovanie potoka transporta na avtostrade s pomoshh'ju nejronnoj seti RBF*]. *J. Shanghai Jiaotong Univ.*, Vol. 34, Iss. 5, 2000, pp. 665–668. [*In Chinese*].

5. Barsky, A. B. Neural Network Technology for Transport. *World of Transport and Transportation*, Vol. 9, 2011, Iss. 2, pp. 4–11.

6. Barsky, A. B. Neural Network Technology for Transport. *World of Transport and Transportation*, Vol. 9, 2011, Iss. 3, pp. 14–19.

7. Bolle, A., Saitto, A., Rosenberg, E. N. The new application of GNSS as a part of a perspective intellectual rail control system [*Novoe primenenie GNSS v sostave perspektivnoj intellektual'noj sistemy upravlenija zheleznodorozhnym transportom*]. *Intelligent transport systems: proceedings of I International Scientific-Practical conference «IntellektTrans 2011»*. St. Petersburg, PSTU publ., 2011, pp. 55–74.

8. Bronovitsky, S. S. Automation of processes for monitoring, identification and intelligent support of decision-making in marshalling yards [*Avtomatizacija processov monitoringa, identifikacii i intellektual'naja podderzhka prinjatija reshenij na sortirovochnyh stancijah*]. Ph.D. (Eng.) thesis. Rostov-on-Don, 2008, 197 p.

9. Nazarov, A. V., Loskutov, A. I. Neural network algorithms for prediction and optimization of systems [*Nejrosetevye algoritmy prognozirovanija i optimizacii system*]. St. Petersburg, Nauka i tehnika publ., 2003, 384 p.

10. Novikov, V. G. Navigation and information systems in railway transport [*Navigacionno-informacionnye sistemy na zheleznodorozhnom transporte*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2012, Iss. 4, pp. 49–51.

11. Obukhov, A. D. Neural Network Control of Marshalling Processes. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 1, pp. 138–147.

12. Shapkin, I. N., Obukhov, A. D. Multi-agent technology in transportation process control [*Mul'tiagentnye tehnologii v upravlenii perevozochnym processom*]. *Trudy RGUPS*, 2015, Iss. 4, pp. 151–154.

13. Obukhov, A. D. Problems of operational control of marshalling yard work [*Problemy operativnogo upravlenija rabotoj na sortirovochnoj stancii*]. *Otraslevye aspekty tehnicheskih nauk*, 2015, Iss. 3, pp. 13–17. http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2015/release-3–45-may-june/obuhov_a_d_problemy_operativnogo_upravleniya_rabotoj_na_sortirovochnoj_stancii/. Last accessed 15.07.2016.

14. Obukhov, A. D. Development of intellectual control system of marshalling yard work [*Razrabotka intellektual'noj sistemy upravlenija rabotoj sortirovochnoj stanciej*]. *Innovation and research in the transport sector: Proceedings of III International Scientific-Practical Conference. Part I.* Kurgan, 2015, pp. 223–226.

15. Obukhov, A. D. Improvement of work technology of marshalling yards in modern conditions on the basis of factor analysis [*Sovershenstvovanie tehnologii raboty sortirovochnyh stancij v sovremennyh uslovijah na osnove faktornogo analiza*]. *Bjulleten' transportnoj informacii*, 2015, Iss. 1, pp. 28–33.

16. Sosnov, D. A., Nikandrov, V. A. Complex automation of station processes, using satellite navigation [*Kompleksnaja avtomatizacija stancionnyh processov s ispol'zovaniem sputnikovoj navigacii*]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2011, Iss. 9, pp. 48–52.

17. Sotnikov, E. A. Intellectualization of operational control of transportation process at the level of regional directorate [*Intellektualizacija operativnogo upravlenija perevozochnym processom na urovne regional'noj direkcii*]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2014, Iss. 11, pp. 36–42.

18. Umansky, V. I., Dolganyuk, S. I. General principles of intellectualization of station control systems [*Obshhie principy intellektualizacii stancionnyh sistem upravlenija*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2012, Iss. 9, pp. 8–12.

19. Urlichich, Yu. M. Topical issues of ITS development [*Aktual'nye voprosy razvitija ITS*]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2011, Iss. 4, pp. 12–17.

20. Shabelnikov, A. N. Intellectualization of transport processes: Problems and Solutions [*Intellektualizacija transportnyh processov: problemy i reshenija*]. *Transport: nauka, tehnika, upravlenie,* 2012, Iss. 4, pp. 3–6.

Information about the author:

Obukhov, Andrey D. – junior researcher of JSC NIIAS, assistant at the department of Management of operations and transport safety of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, adobukhov@mail.ru.

Article received 15.07.2016, accepted 25.08.2016.

УДК 656.21

Взаимодействие железнодорожных станций с грузовыми терминалами на местах необщего пользования



Сергей ЕЛИСЕЕВ
Sergey Yu. ELISEEV

Светлана ВОЛКОВА
Svetlana G. VOLKOVA



Елисеев Сергей Юрьевич *– доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Волкова Светлана Геннадьевна *– старший преподаватель кафедры «Эксплуатация железных дорог» МИИТ, Москва, Россия.*

Interaction of Railway Stations with Cargo Terminals at the Places of Non-Public Use
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p.196)

Авторы ставят задачу на основе чётко организованной служебной информации добиться оптимизации процесса формирования многогруппных составов сборных поездов и грузовых подач на железнодорожных станциях с детальной подборкой групп вагонов по заданным критериям. Построенное таким образом управление местной работой снимет в том числе и проблемы неритмичной, несогласованной подводки грузов к пунктам перевалки, позволит оптимизировать взаимодействие сортировочных станций и грузовых терминалов на местах необщего пользования.

Ключевые слова: *железнодорожная станция, грузовой терминал, управление, места необщего пользования, взаимодействие, оптимизация, многогруппные составы, сборные поезда, местная работа.*

Одной из причин неоптимального взаимодействия железнодорожных станций с грузовыми терминалами является неритмичный и несогласованный подвод грузов к пунктам перевалки. А отсюда, собственно, и появление понятной в этой ситуации управленческой задачи по *оптимизации процесса формирования многогруппных составов сборных поездов и грузовых подач на станциях с детальной подборкой групп вагонов по заданным критериям.* В том числе – с подборкой вагонов по станциям участка, районам местной работы, подъездным путям и грузовым фронтам станций, по собственникам подвижного состава, родам подвижного состава и их текущему состоянию (гружёные и порожние), видам налива для порожних цистерн, родам перевозимого груза, по техническому состоянию вагонов (пробегу, годам постройки, толщине гребня колёс), по видам ремонта неисправных единиц парка.

Как показывает анализ, на всех сортировочных станциях сети железных дорог составы сборных поездов и грузовых подач формируются с небольшим числом групп (не более 5–7 в составе поезда) с включением в них вагонов без их подборки на ряд

станций или грузовых фронтов. В результате средняя продолжительность стоянки сборного поезда на промежуточных станциях остаётся высокой и объясняется тем, что переработка местного вагонопотока передаётся с *технических* на так называемые *опорные* промежуточные станции, при этом на станциях формирования сборных поездов, как правило, не производится детальная подборка вагонов внутри групп, отцепляемых на участке от сборного поезда. Поэтому на промежуточных станциях выполняется повторная сортировка вагонов в порядке их расстановки на грузовых фронтах или в порядке передачи на соседние промежуточные станции. Эта повторная сортировка выполняется в условиях ограниченного путевого развития, а в ряде случаев (при отсутствии изолированных вытяжек) и с занятием главных путей, что приводит к дополнительному снижению пропускной способности участка, к привлечению к неплановой работе маневровых локомотивов промежуточных станций.

На сортировочных станциях с большим объёмом местной работы, а также в условиях концентрации переработки местных вагонопотоков на технически оснащённых сортировочных станциях необходима детальная подборка вагонов в формируемых многогруппных составах (до 10–20 и более групп) по станциям участка, подъездным путям и грузовым фронтам.

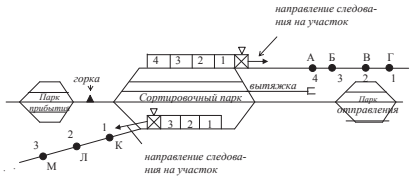
Эффективность предполагаемых действий выражается прежде всего в виде:

– сокращения эксплуатационных расходов, связанных с формированием многогруппных составов, в том числе в двухтрёхкратном сокращении затрачиваемого времени и снижении энергозатрат при выполнении маневровой работы;

– высвобождения дополнительных мощностей при формировании местных поездов и дополнительных путей сортировочных парков за счет применения автоматизированного метода комбинаторной сортировки вагонов;

– освобождения маневровых локомотивов станций от необходимости детальной подборки вагонов;

– ускорения подачи вагонов на станциях под грузовые операции и соответственно сокращения простоя местных вагонов;



Пример 1

– улучшения использования подвижного состава, сокращения оборота местного вагона на отделении.

Требования к подготовке информации для внедрения задачи.

Следует определить станции, на которых внедрение поставленной задачи является актуальным, и установить очерёдность ее внедрения на этих станциях. Для каждой из них подготовить необходимый набор сведений.

Укрупненную схему станции и прилегающих к ней участков («в рыбках») с указанием:

– расположения парков станции;

– направления следования на участок каждого сборного поезда;

– расположения всех номеров групп вагонов на схеме состава каждого сборного поезда и грузовой подачи относительно сортировочных устройств;

– мест проведения сортировки вагонов (с горки, с вытяжки) для каждого многогруппного состава.

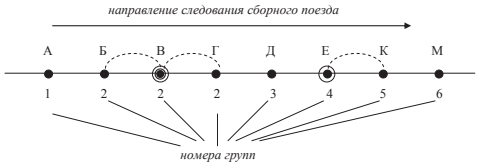
(*Пример 1).*

Перечень всех сборных поездов и грузовых подач, формируемых станцией, с указанием по каждому из них назначения поезда (или грузовой подачи), т.е. названия и кода станции назначения. Для каждого сборного поезда и грузовой подачи указать количество таких составов, формируемых за смену и сутки.

По каждому сборному поезду привести *полный* перечень станций, обслуживаемых поездом, с указанием:

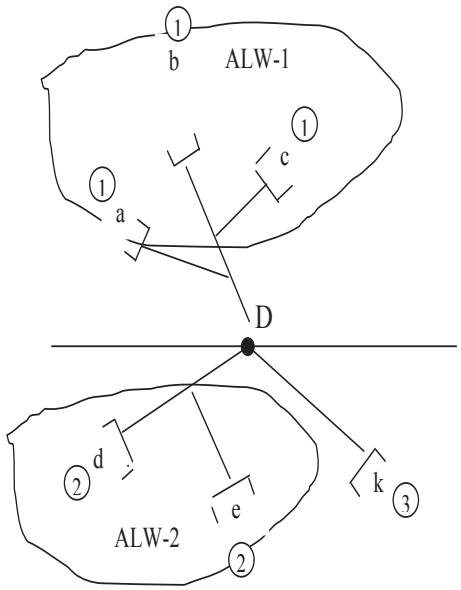
– наименования, кода станции; номера группы для данной станции в порядке обслуживания её сборным поездом (присвоение номеров групп станциям и грузополучателям должно производиться по правилу возрастания номеров к сортировочной горке).

Если выделяются опорные промежуточные станции на участке, на которых осу-



Отцепка вагонов от сборного поезда осуществляется на станциях А, В, Д, Е, М; обслуживание станций Б, Г и К осуществляется соответственно со станций В и Е (расположение вагонов в группе, отцепляемой на станции В, не является существенным, а в группе, отцепляемой на станции Е, строго обязательное).

Пример 2.



a, b,. . ., k – грузополучатели станции Д;
1, 2, 3 – номер группы для грузополучателя.

Пример 3.

ществляются отцепки вагонов для этой и других станций, и расположение вагонов по станциям назначения в отцепляемой группе не является существенным, то все промежуточные станции должны иметь номер группы такой же, как и опорная станция.

(*Пример 2).*

Если для любой из станций на участке необходимо подбирать вагоны по подъездным путям и грузовым фронтам, то составляется *список грузополучателей для каждой такой станции* с внесением следующих сведений:

– наименование грузополучателя;

– код грузополучателя;

– номер группы для данного грузополучателя в порядке его обслуживания на станции. При этом ряд грузополучателей могут иметь одинаковый номер группы, например, если нужно лишь разделить предприятия на четное и нечетное их расположение относительно станции, или если подборка местных вагонов будет осуществляться только по районам местной работы (РМР) такой станции.

(*Пример 3).*

Для каждой грузовой подачи на сортировочной или грузовой станции, выбранной для внедрения, указывается перечень всех обслуживаемых грузовых клиентов, в т.ч. по каждому из них:

– наименование грузополучателя;

– код грузополучателя;

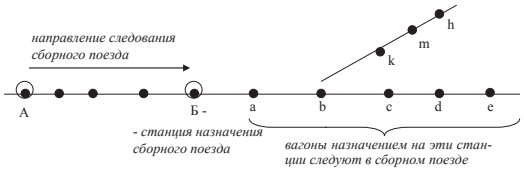
– номер группы для данного грузополучателя в порядке его обслуживания.

Если кроме подборки вагонов по станциям назначения или грузополучателям (для сборного поезда или грузовой подачи) необходимо выполнить подборку вагонов по любому другому критерию: по родам подвижного состава, по признаку «груженый» или «порожний», по видам налива, по родам груза, по текущему состоянию вагонов, по толщине гребня, пробегу, по собственникам подвижного состава и т.п., то эти требования должны быть приведены в НСИ в виде структуры такого многогруппного состава, как это представлено, например, на рис. 1 при формировании состава из порожних цистерн для светлого налива со станции Московка на станцию Комбинатская Западно-Сибирской ж.д. или на рис. 2 при формировании состава со станции Московка на станцию Карбышево-1.

Для каждого сборного поезда и каждой грузовой подачи должны быть приведены данные по максимально допустимым значениям длины поезда (в условных вагонах) и веса (в тысячах тонн).

Должен быть перечень всех сортировочных путей станции, на которых ведется накопление вагонов для составов сборных поездов и грузовых подач, и всех путей, которые могут использоваться при подборке вагонов. Для каждого пути указывается его номер и полная вместимость в условных вагонах.

Если в состав сборного поезда включаются вагоны, следующие транзитом через



Как следует из данного примера, необходимо указать диапазоны кодов станций назначения вагонов и соответствующий им номер группы:
1) код станции a – код станции e;
2) код станции k – код станции h.

} определяется номер группы для каждого диапазона или один номер группы на все диапазоны

Пример 4.

все станции участка обращения сборного поезда, т.е. далее станции назначения сборного поезда, то надо указать диапазон (или диапазоны) кодов станций назначения таких вагонов и соответствующий номер группы с тем, чтобы такие вагоны в системе автоматически *включались в одну отдельную группу*, следующую до конечной станции работы сборного поезда. В противном случае при анализе кодов станций назначения таких вагонов они будут помечены системой признаком «чужой» и потребуют дополнительного уточнения со стороны маневрового диспетчера (или дежурного по горке) о включении их в формируемый многогруппный состав или направлении при сортировке на отсевной путь.

(Пример 4).

Дополнительные условия, которые должны быть представлены в служебной информации:

– если сортировка вагонов осуществляется в условиях вытяжки ограниченной длины («короткая вытяжка»), то указывается ее длина в условных вагонах;

– если по ряду станций (или ряду грузополучателей) нет жесткого требования на порядок расположения вагонов в составе, то это также должно быть отражено.

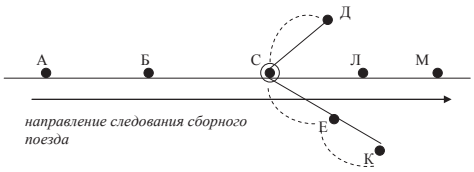
(Пример 5).

– формируются ли одновременно сразу *два многогруппных состава* из вагонов, накопленных на *одном сортировочном пути* (с завершением формирования *двух составов на двух путях*);

– формируется ли *один многогруппный состав* из вагонов, накопленных на *разных (двух, трех) сортировочных путях*.

Решение задачи формирования многогруппных составов.

Данная задача включается в АРМ маневрового диспетчера (или дежурного по горке) и позволяет за минимальное время на маневровые операции по сортировке и сборке вагонов на любом, даже ограниченном, числе сортировочных путей или



Если порядок обслуживания станции Д или станций Е, К не является строгим и может быть любым (Д – затем Е, К; или Е, К – затем Д), то важно лишь подобрать вагоны для этих станций, а порядок расположения вагонов в составе на эти станции определит ПЭВМ, исходя из минимального числа рейсов по подборке вагонов на сортировочной станции для конкретного расположения вагонов в накопленном составе. Аналогично необходимо указать все те подъездные пути и грузовые фронты, последовательность обслуживания которых не строго фиксирована. Примером такого состава является также состав из цистерн для светлого налива, приведенный на рис. 1.

Пример 5.

концов этих путей формировать многогруппные составы в соответствии с заданным критерием подборки вагонов:

– как по всем станциям участка, так и по районам местной работы, подъездным путям и грузовым фронтам этих станций;

– по видам налива для порожних цистерн (тёмный-светлый налив) с выделением в отдельные группы вагонов под конкретные рода перевозимого груза;

– по собственникам подвижного состава (собственные вагоны, арендованные, вагоны компаний-операторов и вагоны инвентарного парка ОАО «РЖД»);

– по родам подвижного состава и их текущему состоянию (гружёные и порожние);

– по техническому состоянию вагонов, в том числе по толщине гребня колёс, пробегу, годам постройки;

– по видам ремонта для неисправных вагонов;

– по признаку «с таможней» – «без таможни» и т.д.

В соответствии с разными критериями может быть получена и разная детализация по количеству подбираемых групп вагонов.

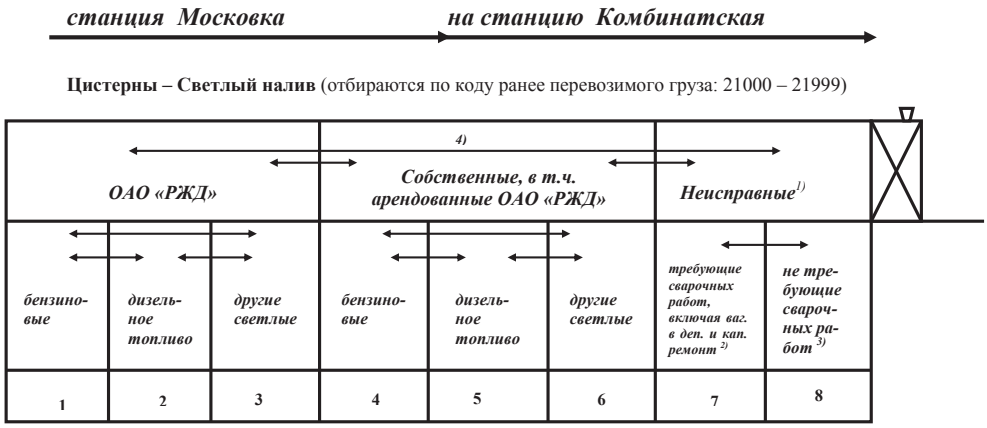


Рис. 1. Структура многогруппного состава из порожних цистерн под светлый налив в грузовой передаче со станции Московка на станцию Комбинатская Западно-Сибирской ж.д. с детальной подборкой вагонов до 8 групп.

Примечания: 1) неисправные вагоны выделяются по коду «9» в 1-й особой отметке и записи «ПЕРЕСЛ» в примечании; 2) неисправные вагоны, требующие при ремонте проведения сварочных работ, выделяются в отдельную группу в соответствии с кодами неисправностей (из АСУ ПТО); в эту группу также включаются вагоны, направляемые в деповской и капитальный ремонт (все они будут сразу подаваться на эстакады промывочно-пропарочной станции); 3) аналогично выделяются неисправные вагоны, не требующие проведения сварочных работ; 4) стрелкой «↔» указываются те группы вагонов, расположение которых в составе поезда не является строго фиксированным («нежёсткая упорядоченность»); такие группы вагонов обязательно подбираются, но могут находиться в любой последовательности относительно друг друга.

Так как для ряда групп в составе поезда их расположение не является строго фиксированным, то ПЭВМ находит такой вариант их расположения, который для реально накопленного состава будет получен за минимальное количество маневровых операций по сортировке и подборке групп вагонов. Такие группы на рисунках указываются стрелкой «↔», что означает условие их «нежёсткой упорядоченности»; такие группы вагонов обязательно подбираются, но могут находиться в любой последовательности относительно друг друга.

С учётом технологических особенностей станций разработан программный комплекс, позволяющий решать задачу для условий, когда:

• формирование многогруппного состава (т.е. сортировка и подборка вагонов) выполняется на достаточном количестве сортировочных путей и требуется определить их оптимальное число в соответствии с числом подбираемых в составе групп вагонов;

• формирование ведется на ограниченном числе сортировочных путей (2–3 пути, включая и путь, на котором находится исходный состав);

• формирование ведется в условиях недостаточной вместимости сортировочных путей или концов этих путей («короткие пути»);

• формирование ведется в условиях недостаточной длины вытяжного пути («короткая вытяжка») и возникающей при этом необходимости в делении состава и комплектовании его по частям;

• формирование в условиях, когда возникает любая комбинация из вышеназванных ограничений (ограниченное число сортировочных путей, недостаточная их вместимость, короткая вытяжка);

• формирование многогруппных составов при отсутствии требования жесткой упорядоченности групп вагонов на их расположение в составе поезда (т.е. группы вагонов должны быть подобраны, но могут находиться в любой последовательности относительно друг друга).

В процессе решения задачи в АРМ дежурного по горке выбирается путь, на котором накоплены вагоны для формируемого состава. Накопление отображается на экране монитора с указанием всех требуемых признаков: станции назначения вагона, кода груза, грузополучателя, примечаний. После выбора назначения формируемого состава осуществляется автоматическая проверка соответствия вагонов в накопленном составе назначению мест-

ного поезда или грузовой подачи. Вагоны, не соответствующие заданному назначению, т.е. отсевные вагоны, помечаются меткой «в отсев».

Для проведения расчёта оптимальной последовательности маневровых операций по сортировке вагонов необходимо указать номера используемых сортировочных путей или концов этих путей, причём ЭВМ даёт рекомендацию дежурному по горке об оптимальном их числе. Выбранное число путей может быть любым, в том числе и минимально ограниченное.

После выбора путей и выполнения расчёта, исходя из условия обеспечения минимального времени на формирование многогруппного состава, на экране монитора отображается и далее распечатывается порейсный план маневровых операций по сортировке и подборке вагонов, так называемый *сортировочный листок*, а также расчётное нормативное время на выполнение всех маневровых рейсов, которое может служить как для контроля за исполнением, так и планирования работы горки и сортировочных устройств.

Расчёт времени на формирование многогруппного состава ведётся путём моделирования всех перемещений локомотива с вагонами по путям станции в соответствии с нормативами на выполнение маневровых операций, реальными данными о расположении вагонов в исходном составе и полученным сортировочным листком. Вариант выдачи на печать плана маневровых операций настраивается в соответствии с требованиями каждой станции и может быть организован с любой степенью детализации (повагонно, с указанием только номеров хвостового и головного вагонов в отцепах и т.п.).

Задача предназначена для применения на станциях с большим объёмом грузовой работы для улучшения использования подвижного состава и соответственно сокращения оборота местного вагона на отделении за счёт оптимизации развоза вагонов и выбора рациональной очерёдности и порядка обслуживания мест необщего пользования и грузовых фронтов.

Основой для решения задачи оптимизации развоза является реализованный в АСУ местной работы непрерывный номерной учёт наличия, расположения и состояния вагонов на станционных путях и погрузочно-выгрузочных фронтах.

В качестве критерия оптимальности могут быть заданы минимальные затраты в вагоно-часах простоя вагонов в ожидании подачи их на грузовые фронты. Этот критерий обеспечивает наименьшие потери, но не учитывает производительность грузовых пунктов и, следовательно, не отражает суммарных эксплуатационных потерь от общего простоя местных вагонов. Так как в значительной степени простой зависит от ускорения выгрузки (погрузки) грузов, то в качестве второго критерия используются минимальные суммарные вагоно-часы, затраченные на подачу вагонов и проведение грузовых операций.

Организация развоза местных вагонов на станции должна быть увязана с работой сборных, передаточных и вывозных поездов; поэтому одним из критериев оптимальности должен обеспечиваться такой порядок обслуживания подъездных путей и грузовых фронтов, который позволит максимально развести вагоны и вернуться на станцию локомотиву с убранными с фронтов вагонами к заданному времени под соответствующую нитку графика для сборного (местного) поезда.

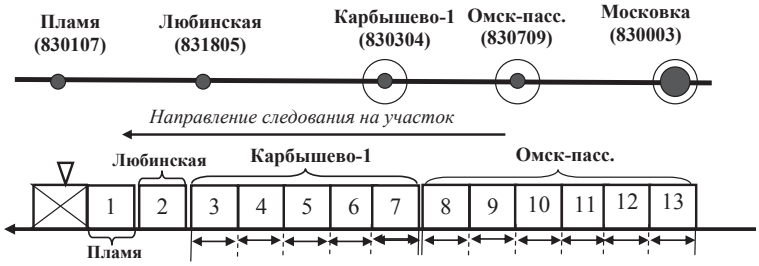
Результатом решения задачи в АРМ маневрового диспетчера должен явиться согласованный диспетчером наряд-задание составителю поездов на обслуживание подъездных путей и грузовых фронтов с указанием очерёдности обслуживания и нормативного времени на осуществление всех операций по развозу, подаче и уборке местных вагонов на станции.

Требования к подготовке информации для внедрения задачи.

Необходимо определить станции, на которых внедрение задачи является актуальным, и установить очерёдность ее внедрения на этих станциях.

Для каждой такой станции подготовить схему места необщего пользования и грузовых фронтов станции с разбивкой её на районы местной работы.

Перечень всех районов местной работы станции с указанием приоритета в их обслуживании (если имеется) и количества маневровых локомотивов, осуществляющих развоз местных вагонов.



Подборка групп вагонов в формируемом составе выполняется по следующим критериям:

Номер группы	I. По станциям участка	II. По текущему состоянию вагонов (гружёный, порожний)	III. По родам подижного состава, грузовым фронтам, по работе с таможней, с выделением неисправных вагонов
1	Пламя		
2	Любинская		
3 4 5 6 7	Карбышево-1 Карбышево-1 Карбышево-1 Карбышево-1 Карбышево-1	гружёные гружёные порожние порожние порожние	таможня без работы с таможней крытые зерновозы все другие рода подвижного состава (р.п.с.), кроме выделенных в отдельные группы
8 9 10 11 12 13	Омск-пасс. Омск-пасс. Омск-пасс. Омск-пасс. Омск-пасс. Омск-пасс.	гружёные гружёные гружёны- порожние порожние порожние	грузовой клиент – «Речной порт» грузовой клиент– АО «Омское» все другие грузовые клиенты неисправные исправные – зерновозы исправные – все другие р.п.с., кроме выделенных в отдельные группы

Рис. 2. Структура многогруппного сборного поезда со ст. Московка на ст. Карбышево-1.

Примечания. Стрелкой «↔» указываются те группы вагонов, расположение которых в составе поезда не является строго фиксированным («нежёсткая упорядоченность»); такие группы вагонов обязательно подбираются, но могут находиться в любой последовательности относительно друг друга, например, группы 3, 4, 5, 6, 7 могут быть подобраны в любой последовательности относительно друг друга, но все они должны находиться в «карбышевской» части состава; неисправные вагоны выделяются по коду «9» в 1-й особой отметке и записи «ПЕРЕСЛ» в примечании; вагоны, выделяемые в группу для работы с таможней, выбираются в соответствии с наличием признака и кода ЕСР станции перехода вагона на российские железные дороги по межгосударственным стыковым пунктам.

Список мест необщего пользования и грузовых фронтов по каждому району местной работы.

Длину каждого перегона на транспортной схеме необщего пользования и грузовых фронтов станции (что позволит вести расчёт времени следования на каждый грузовой фронт в соответствии с количеством вагонов в грузовой подаче и нормативами на выполнение маневровых операций).

Допустимые скорости движения по перегонам транспортной сети станции и наличие ограничений скорости.

Ограничения по весу и длине на формируемые грузовые подачи.

Для каждого грузового фронта необходимо подготовить следующие данные:

– вместимость фронта в вагонах;

– количество вагонов, которые одновременно могут находиться под грузовыми операциями;

– режим работы фронта с указанием времени начала и окончания работ;

– список клиентов грузового фронта (ветвевладельцы, контрагенты, разовые клиенты);

– временные показатели работы грузового фронта (нормативные времена на выполнение грузовых операций по погрузке и выгрузке в зависимости от рода груза и типа вагона; среднее время заезда маневрового локомотива с вагонами на грузовой фронт и среднее время выезда с фронта);

– приоритетность в обслуживании грузовых фронтов.

Решение задачи оптимизации развоза местных вагонов.

В автоматизированной системе формируется нормативно-справочная информация расчётного полигона, включающая все районы местной работы станции и по каждому из них схему мест необщего пользования и грузовых фронтов, а также их основные характеристики.

На схеме мест необщего пользования указывается длина каждого перегона, что позволяет вести расчёт времени следования на каждый грузовой фронт в соответствии с количеством вагонов в грузовой подаче и нормативами на выполнение маневровых операций.

В характеристики по каждому грузовому фронту включаются: перечень всех грузовых клиентов, выполняющих грузовые операции на данном фронте, режим работы фронта с указанием времени начала и окончания работ, вместимость фронта, его специализация, нормативные и фактические времена на грузовые операции с учётом рода груза и подвижного состава. Расчёт времени на расстановку и уборку вагонов на каждом фронте ведётся пооперационно в соответствии с принятыми нормативами и количеством подаваемых и убираемых вагонов.

Оперативной информацией для проведения расчёта служат реальные пономерные сведения о наличии вагонов на станции в адрес грузовых фронтов и сведения о состоянии грузовых фронтов на момент расчёта. Для вагонов, находящихся под погрузкой (выгрузкой), ведётся расчёт прогнозного времени окончания грузовых операций. Прогнозное время рассчитывается на основе обработки статистическими методами фактических данных о работе каждого фронта за длительный период времени (квартал, год). Прогнозное время выводится на экран красным цветом и может быть при необходимости откорректировано маневровым диспетчером. Откорректирован может быть и перечень грузовых фронтов, по которым будет вестись расчёт очерёдности подач и уборки вагонов.

После задания маневровым диспетчером времени отправления грузовой подачи осуществляется расчёт оптимальной очерёдности обслуживания как районов местной работы станции, так и грузовых фронтов и подъездных путей. В качестве критериев оптимизации для расчёта задаётся либо минимизация вагоно-часов простоя вагонов в ожидании подачи их на грузовые фронты, либо обеспечение максимальной погрузки (выгрузки) к указанному диспетчером времени.

Организация развоза местных вагонов на станции должна быть увязана с работой сборных, передаточных и вывозных поездов; поэтому вводится ещё такой критерий оптимальности при расчёте очерёдности обслуживания подъездных путей и грузовых фронтов, который обеспечивает максимальный развоз вагонов и возвращение локомотива на станцию с максимально убранными с фронтов вагонами к заданному диспетчером времени под соответствующую нитку графика для сборного (местного) поезда.

По каждому варианту расчёта на экране монитора отображаются графики динамики подачи и уборки вагонов, а также окончания грузовых операций.

Для выбранного маневровым диспетчером варианта развоза местных вагонов формируется и распечатывается наряд-задание составителю поездов на обслуживание мест необщего пользования и грузовых фронтов,

Реализация всего приведенного комплекса мероприятий позволит в более полном объеме оптимизировать совместную работу железнодорожных станций с грузовыми терминалами на местах необщего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логистическое управление грузовыми перевозками и терминально-складской деятельностью / Под ред. С. Ю. Елисеева, В. М. Николашина, А. С. Синицыной.– М.: УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, 2013.– 428 с.

2. Устич П. А., Иванов А. И., Чернышова Л. М. Модель решения оптимизационных задач // Мир траспорта.– 2014.– № 1.– С. 6–16.

3. Маликов О. Б. Склады и грузовые терминалы: Спрпавочник.– СПб.: Бизнесс-пресса, 2005.– 560 с.

4. Елисеев С. Ю., Волкова С. Г. Оптимальное размещение терминалов в системе транспортных грузопотоков // Мир транспорта.– 2015.– № 6.– С. 160–171.

Координаты авторов: **Елисеев С. Ю.**– selis56@mail.ru, **Волкова С. Г.**– (495)-799–9515.

Статья поступила в редакцию 04.04.2016, принята к публикации 21.06.2016.

INTERACTION OF RAILWAY STATIONS WITH CARGO TERMINALS AT THE PLACES OF NON-PUBLIC USE

Eliseev, Sergey Yu., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Volkova, Svetlana G., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The authors set a task, using clearly organized service information, to achieve optimization of the process of formation of multi-group assorted trains and freight deliveries at railway stations with a detailed selection of groups of cars by the specified criteria. The suggested model of control of local operations will remove inter alia the problems of spasmodic, uncoordinated delivery of cargo to transshipment points, will optimize the interaction of marshalling yards and freight terminals at the places of non-public use.

Keywords: railway station, cargo terminal, management, places of non-public use, interaction, optimization, multi-group trains, assorted trains, local work.

Background. *One of the reasons for non-optimal interaction of railway stations with cargo terminals is spasmodic and uncoordinated delivery of goods to transshipment points. And here, in fact, we face the emergence of a clear management task, in this situation, to optimize the process of formation of multi-group assorted trains and cargo deliveries at stations with a detailed selection of groups of cars by the specified criteria. This task includes a selection of cars on the stations of the section, areas of local work, access roads and cargo fronts of stations, rolling stock owners, types of rolling stock and its current state (laden and empty), types of filling for empty tanks, types of cargo transported, technical condition of cars (run, year of construction, thickness of a wheel flange), by type of repair of faulty units of the park.*

The analysis shows that at all marshalling yards of the railway network compositions of assorted trains and cargo deliveries include rather a small number of groups (no more than 5–7 in the train) with inclusions of cars without their selection at a number of stations or freight fronts. As a result, the average duration of stay of an assorted train at intermediate stations remains high, and is due to the fact that the processing of a local car flow is transferred from technical to the so-called reference intermediate stations. At the stations of formation of assorted trains, usually, extensive selection of cars within groups, detachable at the section from the assorted train, is not performed. Therefore, at intermediate stations re-sorting of cars is done in order of their placement in the cargo fronts, or in order of transfer to the neighboring intermediate stations. This re-sorting is done in limited gridiron, and in some cases (in the absence of isolated extracts) and with the occupation of the main tracks that leads to an additional reduction in the throughput capacity of the section, to unplanned work of shunting locomotives of intermediate stations.

At the marshalling yards with a large volume of local work, as well as in terms of concentration of processing of local car flows at technically equipped marshalling yards a detailed selection of cars formed in multi-group compositions (10–20 or more groups) is required by stations of the section, access roads and cargo fronts.

The effectiveness of proposed actions is expressed primarily in the form of:

– Reduction of operating costs associated with the formation of multi-group compositions, including two three-time reduction of travel time and reduction of energy costs in the performance of shunting operations;

– Release of additional capacity in the formation of local trains and additional tracks of sorting the parks through the use of computer-aided method of combinatorial sorting of cars;

– Exemption of shunting locomotives of stations from the need for a detailed selection of cars;

– Acceleration of delivery of cars at stations for cargo operations and, accordingly, reduction of downtime of local cars;

– Improvement of the use of rolling stock, reduction of local car traffic at the department.

Objective. *The objective of the authors is to consider interaction of railway stations with cargo terminals at the places of non-public use*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, graph construction.*

Results.

Requirements for preparation of information for implementation of a task.

It is necessary to identify stations at which the implementation of the task is urgent, and to set the sequence of its implementation at these stations. For each of them it is necessary to prepare a set of data.

Enlarged scheme of a station and its adjacent areas («in drafts») stating:

– location of the station parks;

– directions of movement of each assorted train to the section;

– location of all numbers of groups of cars on the circuit of a composition of each assorted train and cargo delivery in relation to sorting devices;

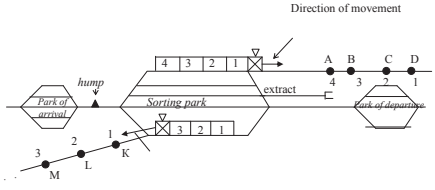
– venues for the sorting of cars (from the hump, from the extract) for each multi-group composition.

Example 1 (see pictures).

A list of all assorted trains and freight deliveries formed at a station is composed, indicating for each of them train destination (or cargo delivery), i.e. the name and code of the destination station. For each assorted train and freight delivery it is necessary to specify the number of such trains formed during shift and day.

For each assorted train it is necessary to provide a complete list of stations served by train, with the indication:

– Name, station code; group number for this station in order of its service by an assorted train (group number assignment for stations and consignees should be made according to the rule of increasing numbers to the hump).



Example 1.

If reference intermediate stations are allocated on the site, where uncoupling of cars for this and other stations is made, and the location of cars at the destination station in the detachable group is not essential, then all intermediate stations must have the same group number as the reference station.

Example 2.

If for any of the stations in the area it is necessary to select cars on access roads and cargo fronts, then the list of consignees for each such station with the introduction of the following information is compiled:

– The name of the consignee;

– The code of the consignee;

– Group number for the consignee in order of his service at the station. Thus a number of consignees may have the same group number, for example, if companies needs only be divided into even and odd on their location relative to the station, or if a selection of local cars will only be made on the areas of local work (ALW) of such stations.

Example 3.

For each cargo delivery at the marshalling or cargo station, selected for implementation, the list of all served commercial customers is indicated, including for each of them:

– the name of the consignee;

– the code of the consignee;

– group number for this consignee in order of his service.

If in addition to a selection of cars at stations of destination or the consignee (for assorted train or cargo delivery) it is necessary to perform a selection of cars on any other criterion: by type of rolling stock, on the basis of the sign «laden» and «empty», by type of loading, on type of cargo, by current state of cars, as the thickness of the flange, run, rolling stock owners, etc., that these requirements should be given in the NSI as a structure of such multi-group composition, as represented, for example, in Pic. 1 in the formation of the composition of empty tanks for light pouring from the station Moskovska to the station Kombinatskaya of West-Siberian railway or in Pic. 2 during formation of the composition from the station Moskovska to the station Karbyshevo-1.

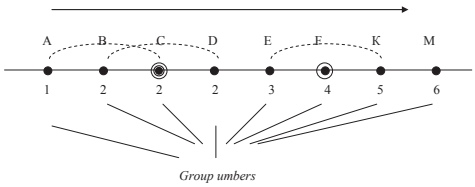
For each assorted train and freight delivery information must be given on the maximum permissible values of the train length (in conventional cars) and weight (in thousands of tons).

There should be a list of all sorting tracks of the station, on which cars are accumulated for compositions of assorted trains and cargo deliveries, and all tracks, which can be used in selection of cars. For each track its own number and its total capacity in conventional cars are indicated.

If in the assorted trains cars are included which follow in transit through all stations of the section of turnover of the assorted train, i.e. further than the destination station of the assorted train, then it is necessary to specify the range (or ranges) of codes of destination stations of such cars and the corresponding number of the group so that these cars are included automatically in a separate group, following to the end station of the assorted train. Otherwise, when analyzing the codes of destination stations of such cars, they will be marked by the system with a sign «alien» and will require further clarification from the shunting dispatcher (or hump foreman) on their inclusion in the formed multi-group composition or direction when sorting to a detachable track.

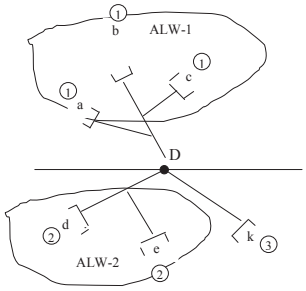
Example 4.

Additional conditions that must be submitted in the service information:



Uncoupling of cars from the assorted train is made at the stations A, C, E, F, M;
Service of stations B, D and K is made respectively from the stations C and F (location of cars in the group, uncoupled at the station C, is not essential, but in the group, uncoupled at the station F, is strictly required).

Example 2.



a, b,. . ., k – consignees of the station D;
1, 2, 3 – group number for the consignee.

Example 3.

– If the car is carried out under the extraction of limited length («short extract»), its length is indicated in conventional cars;

– If in a number of stations (or a number of consignees) there is no strict requirement on the order of location of cars in the composition, it should also be reflected.

Example 5.

– whether at the same time just two multi-group compositions are formed of the cars accumulated on one sorting track (with the completion of formation of two compositions on two tracks);

– whether one multi-group composition is formed of the cars accumulated on different (two, three) sorting tracks.

Solution of a task of formation of multi-group compositions.

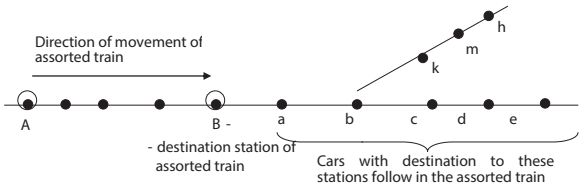
This task is included in the AWS of a shunting dispatcher (or foreman on the hump) and allows for minimal time for shunting operations for sorting and assembly of cars on any, even limited, number of sorting tracks or ends of these tracks to form multi-group compositions in accordance with a predetermined criterion of selection of cars:

– For all stations of the section, and for areas of local work, access roads and cargo fronts of these stations;

– By type of filling for empty tanks (dark-light filling) with separation into separate groups of cars for specific kinds of cargo transported;

– For rolling stock owners (own cars, leased, cars of operating companies and cars of inventory fleet of JSC Russian Railways);

– For types of rolling stock and its current state (laden and empty);

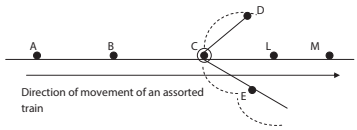


As it follows from this example, it is necessary to specify a range of codes of destination stations of cars and the corresponding group number:

1) code of station a – code of station e;
2) code of station k – code of station h.

Is determined the group number for each range or one group number for all ranges

Example 4.



If the order of service of station D or stations E, K is not severe and can be any (D – then E, K; or E, K – and then D), it is important to only choose cars for these stations, and the order of cars arrangement composed on these stations will be determine d by the PC, based on the minimum number of trips on a selection of cars in the marshalling yard for a particular location of cars in the accumulated composition. Similarly, it is necessary to specify all the driveways and cargo fronts, the sequence of service of which is not strictly fixed. An example of such a composition is also train of the tanks for light loading, shown in Pic. 1.

Example 5.

– The technical condition of cars, including the thickness of the wheel flange, mileage, year of construction;

– By type of repair for faulty cars;

– On the basis of «with customs» – «without customs», etc...

In accordance with different criteria different detailization on the number of selected groups can be obtained.

As for the number of groups in the train their arrangement is not strictly fixed, the PC finds such version of their location, which for the actually accumulated composition is obtained with a minimum number of shunting operations for sorting and selection of groups of cars. Such groups in the pictures are indicated by an arrow «↔», which means the condition of «nonrigid ordering»; such groups of cars are carefully chosen, but may be in any order relative to each other.

Taking into account the technological features of the stations, software package was designed that allows to solve a problem for the conditions when:

• formation of a multi-group (i.e., sorting and selection of cars) is carried out at a sufficient number of sorting tracks and it is required to determine their optimal number according to the number of cars selected in groups;

• formation is conducted on a limited number of sorting tracks (2–3 tracks, including the track, in which the original composition is located);

• formation is carried out in conditions of insufficient capacity of sorting tracks or ends of these tracks («short tracks»);

• formation is carried out in case of insufficient length of turnout track («short shunt-back») and emerging at the same time the need for the division of the composition and its formation part-wise;

• formation in circumstances where there is any combination of the above restrictions (limited number of sorting tracks, lack of capacity, the short shunt-back);

• formation of multi-group compositions in the absence of the requirements of a rigid ordering of groups of cars on their position in a train (i.e. groups of cars should be selected, but may be in any order relative to each other).

In the process of solving the problem in the AWS of the foreman on the hump a track is chosen, on which cars are accumulated for the formed composition. The accumulation is displayed on the screen showing all the required attributes: the destination station of cars, codes of cargo, consignee, remarks. After selecting a destination of a formed composition there is an automatic check of compliance of cars in the accumulated train with the destination of the local train or cargo delivery. Cars that do not meet a specified purpose, i.e., non-selected cars, are labeled with «to non-selection».

For the calculation of the optimal sequence of shunting operations for sorting of cars it is necessary to specify the numbers of used sorting tracks or ends of these tracks, and the computer gives a recommendation to the foreman on the hump about the optimal number of them. The selected number of tracks can be any, including a minimally limited.

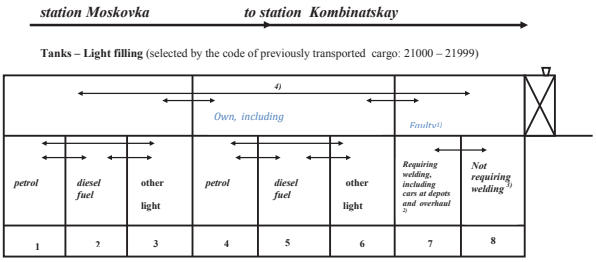
After selecting the tracks and performing calculation on the basis of conditions that require minimal time on the formation of multi-group composition on the screen is displayed and then printed trip-wise plan of shunting operations for sorting and selection of cars, the so-called sorting sheet, as well as the calculated standard time to perform all the maneuvering trips which can serve both for control over the execution and planning of work of the hump and sorting devices.

Timing of formation of a multi-group composition is conducted by simulation of all locomotive movements with cars on the tracks of the station in accordance with the regulations for performance of shunting operations, real data on the location of cars in the initial train and received sorting sheet. Version for printout of a plan of shunting operations is adjusted in accordance with the requirements of each station and can be arranged with any degree of detailization (car-wise, with only the numbers of the tail and the head cars in uncouplings, etc.).

The task is designed for use at stations with large volume of cargo work to improve the use of rolling stock and, accordingly, reduce the local car traffic by department by optimizing delivery of cars and selection of rational prioritization and the order of service of places of non-public use and cargo fronts.

The basis for the solution of the optimization problem on delivery is implemented in ACS of local work continuous numbered account of the presence, location and status of cars on station tracks, loading and unloading fronts.

As a criterion of optimality may be set minimum costs in car-hours of downtime of cars while waiting for their delivery to cargo fronts. This criterion ensures the lowest loss, but does not account for performance of cargo points and therefore does not reflect the total



Pic. 1. Structure of a multi group composition of empty tanks for light filling in cargo delivery from the station Moskovka to the staition Kombinatskaya of West-Siberian railway with a detailed selection of cars up to 8 groups.

Note: 1) faulty cars are allocated on the code «9» in the 1-st special mark and record «FORWARD» in the note; 2) faulty cars that require during repair welding operations, are allocated in a separate group in accordance with fault codes (from ACS PTO); this group includes cars, sent to depot and overhaul (all of them will be immediately delivered to elevated structures of washing and steaming station); 3) similary faulty cars are allocated, which do not require welding operations; 4) arrow «↔» indicates those groups of cars, the location of which in the train is not strictly fixed («nonrigid order»); these groups of cars are carefully selected, but may be located in any order relative to each other.

operation loss of the total downtime of local cars. Since to a large extent the downtime depends on acceleration of unloading (loading) of goods, as the second criterion is used minimum total car-hours spent on delivery of cars and conduct of cargo operations.

Organization of delivery of local cars at the station must be linked to the work of assorted, transfer or export trains; so one of the optimality criteria should provide such an order of service of approach roads and cargo fronts, which will allow a locomotive to deliver most cars and return to station with removed from the front cars to the specified time under the relevant «thread» of schedule for assorted (local) trains.

The result of solving the problem in AWS of a shunting dispatcher must be agreed by the dispatcher work card for a shunting master to serve approach lines and cargo fronts indicating the prioritization of service and standard time on the implementation of all operations on delivery and removal of local cars at the station.

Requirements for preparation of information for implementation of tasks.

It is necessary to define the station, at which implementation of tasks is acute, and set the order of its implementation at these stations.

For each station it is necessary to prepare a scheme of places of non-public use and cargo fronts of the station with breakdown into its local work areas.

It is necessary to compile and fix:

– A list of all areas of local work of the station indicating priority in their service (if available) and the number of shunting locomotives, exercising delivery of local cars.

– List of places of non-public use and cargo fronts for each area of local work.

– The length of each haul in the transport scheme of non-public use and cargo fronts of the station (which will lead to the calculation of time of following to each cargo front in accordance with the number of cars in the cargo delivery and standards for performance of shunting operations).

– Allowable speed on the hauls of the station transport network and the presence of speed limits.

– Restrictions on weight and length formed on cargo deliveries.

For each cargo front it is necessary to prepare the following data:

– Front capacity in cars;

– The number of cars that can simultaneously be under cargo operations;

– Front operation indicating the start and completion of the work;

– A list of the cargo front customers (owners of branches, counterparties, one-time customers);

– Time performance of the freight front (standard time to perform cargo operations for loading and unloading, depending on the nature of the goods and the car type, the average arrival time of shunting locomotive with cars to the cargo front, and the average time of departure from the front);

– The priority in serving cargo fronts.

Solution of the optimization problem of delivery of local cars.

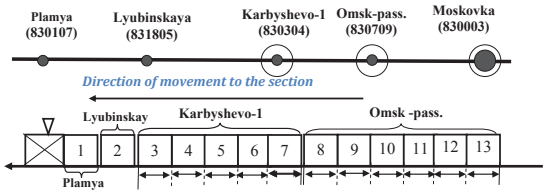
In the automated system normative reference information of a calculated test area is formed, including all areas of the local work of the station and for each of them, the scheme of places of non-public use and cargo fronts, as well as their main characteristics.

The scheme of places of non-public use specifies the length of each haul, which allows to calculate time of movement to each cargo front, in accordance with the number of cars in the cargo delivery and standards for performance of shunting operations.

The characteristics of each cargo front include: a list of all commercial customers, performing cargo operations on this front, front operation, indicating the start and end of work, front capacity, its specialization, regulatory and actual times for freight operations taking into account the type of cargo and rolling stock. Timing on the alignment and removal of cars at the front is made operation by operation in accordance with the regulations and the amount of delivered and removed cars.

Operational data for calculation are the real number-wise information on availability of cars at the station in the address of freight fronts and information on the state of the cargo fronts at the time of calculation. For cars under loading (unloading), the calculation is carried out of the forecasted time of the end of freight operations. Forecasted time is calculated based on processing with statistical methods of the actual data on the work of each front over a long period of time (quarter, year). Forecasted time is displayed in red and can be corrected by a shunting dispatcher if necessary. A list of cargo fronts, on which calculations on prioritization of delivery and removal of cars will be carried out, may be adjusted.

After setting by the shunting dispatcher of departure time of cargo delivery the calculation of



Selection of car groups in a formed train is carried out acording to the following criteria:

Group number	1. By stations of the section	2. By the current state of cars (laden, empty)	3. By types of rolling stock, cargo fronts, work with customs, with allocation of faulty cars
1	PLamya		
2	Lyubinskaya		
3	Karbyshevo-1	laden	customs
4	Karbyshevo-1	laden	without work with customs
5	Karbyshevo-1	empty	covered
6	Karbyshevo-1	empty	grain carriers
7	Karbyshevo-1	empty	all other types of rolling stock, exept for allocated in separate groups
8	Omsk-pass.	laden	cargo client – «River port»
9	Omsk-pass.	laden	cargo client – JSC «Omskoe»
10	Omsk-pass.	laden	all other cargo clients
11	Omsk-pass.	empty	faulty
12	Omsk-pass.	empty	in good order – grain carriers
13	Omsk-pass.	empty	in good order – all other types of rolling stock, exept for allocated in separate groups

Pic. 2. Structure of a multi group assorted train from the station Moskovka to the station Karbyshevo-1.
Note. The arrow «↔» indicates those groups of cars, the location of which in the train is not strictly fixed («nonrigid order»); these groups of cars are carefully selected, but may be located in any order relative to each other, e.g. Group 3, 4, 5, 6, 7 may be selected in any sequence relative to each other, but they all must be in the «Karbyshevo» part of the composition; faulty cars are allocated on the code «9» in the 1-st special mark and record «FORWARD» in the note; The cars allocated to a group to work with customs, are chosen in accordance with the presence of signs and code of ECP station of transfer of a car to the Russian Railways on interstate division points.

optimal prioritization of service is carried out as areas of local work of the station, and cargo fronts and approach lines. As optimization criteria for the calculation are taken either minimizing of the car-hours of downtime of cars awaiting their delivery to cargo fronts, or provision of maximum loading (unloading) to the time specified by the dispatcher.

Conclusion. *Organization of delivery of local cars from the station must be linked to the work of assorted, transfer or clean-up trains; therefore one more optimality criterion is introduced when calculating the prioritization of service of approach lines and cargo fronts, which provides a maximum delivery of cars and the return of the locomotive to the station with the maximally removed from front cars to the time specified by the dispatcher under the appropriate «thread» of schedule for assorted (local) train.*

For each option of calculation on the screen are displayed graphics of dynamics of delivery and removal of cars, as well as completion of cargo operations.

For the option selected by the shunting controller for delivery of local work card for the shunting master to serve places of non-public use and cargo fronts cars is formed and printed.

Implementation of all the above set of measures will allow more fully optimize joint work of railway stations with cargo terminals in the non-public areas.

REFERENCES

1. Logistical management of cargo transportation and terminal and storage activities [*Logisticheskoe upravlenie gruzovymi perevozkami i terminal'no-skladskoj dejatel'nost'ju*]. Ed. by S. Yu. Eliseev, V. M. Nikolashin, A. S. Sinitsyna. Moscow, TMC for education on railway transport, 2013, 428 p.

2. Ustich, P. A., Ivanov, A. I., Chernyshova, L. M. Model of Solution of Optimization Problems. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 1, pp. 6–16.

3. Malikov, O. B. Warehouses and cargo terminals: Reference book [*Sklady i gruzovye terminaly: Sprpavochnik*]. St. Petersbug, Business-Press publ., 2005, 560 p.

4. Eliseev, S. Yu., Volkova, S. G. Optimal Placement of Terminals in the System of Transport Cargo Flows. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 6, pp. 160–171.

Information about the authors:
Eliseev, Sergey Yu. – D.Sc. (Eng.), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, selis56@mail.ru.
Volkova, Svetlana G. – senior lecturer at the department of Operation of railways of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7 (495)-799–9515.

Article received 04.04.2016, accepted 21.06.2016.

БЕЗОПАСНОСТЬ • SAFETY AND SECURITY

ПОСЛЕ АВАРИИ 202

Ликвидация последствий: затраты и время.

РИСКИ 210

Как выявить корпоративные и внешние случаи мошенничества.



«ЗЕЛЁНАЯ» ЭНЕРГИЯ 218

Китай ищет альтернативу для транспорта.

ЭКОЛОГОГИГИЕНА 224

Электромагнитное поле ламп. Неужели?..

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ 230

Экологически чистый вариант.

AFTER AN ACCIDENT 202

Relief of the consequences: costs and time.

RISKS 210

Revealing corporate and external cases of fraud.

GREEN ENERGY 218

China is searching alternative fuel options for transport.



ECOLOGICAL HYGIENE 224

Electromagnetic field of the lamps. Can it happen?

HEAT MODE 230

Ecologically clean variant.

УДК: 625.1:656.51

Происшествия на железной дороге: оценка ликвидации последствий



Николай КОВАЛЕНКО
Nikolay I. KOVALENKO

Александр КОВАЛЕНКО
Alexander N. KOVALENKO



Коваленко Николай Иванович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Коваленко Александр Николаевич *– аспирант кафедры «Экономика» Российской академии путей сообщения МИИТ, Москва, Россия.*

Incidents on the Railway: Assessment of Consequences Elimination
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 207)

Разработана методика определения расчётного времени открытия движения и минимизации затрат по времени, которая базируется на определении продолжительности «окон» для выполнения ремонтов железнодорожного пути (восстановления инфраструктуры после происшествия) по условиям обеспечения минимальных затрат на производство путевых работ с учётом непроизводительных потерь и расходов от задержек и простоя поездов.

Ключевые слова: железная дорога, транспортное происшествие, ликвидация последствий, аварийно-восстановительные работы, методика оценки, приведённые затраты, «окно» в графике движения, безопасность, уровень риска.

В качестве происшествия на железнодорожном транспорте рассматриваются случаи крушений, аварии, сход подвижного состава, отказы технических средств [1].

Разработка эффективных вариантов ремонта пути (восстановления после происшествия) с обеспечением заданного уровня надёжности и безопасности должны базироваться на обосновании экономических показателей, влияющих на продолжительность «окон» [2].

Методика оценки ликвидации последствий при происшествии предназначена для определения расчётного времени открытия движения и минимизации приведенных затрат времени на производство ремонта пути и инфраструктуры.

В соответствии с имеющимися рекомендациями под приведенными затратами времени при выборе продолжительности «окна» рассматривается сумма единовременных затрат времени на ремонт пути и инфраструктуры железнодорожного транспорта и потерь времени в перевозочном процессе [3].

Приведенные затраты времени ($П_{зат}$, час) выражаются зависимостью:

$$П_{зат} = Т_{тр} + З_{ПХ} + \alpha_{пот} \cdot Р_{д}, \quad (1)$$

где $Т_{тр}$ – затраты времени на транспортировку колонн восстановительных поездов от базы дислокации к месту происшествия и их возвращения на станцию примыкания, часы;

$З_{ПХ}$ – единовременные затраты времени в «окно» на производство ремонтных работ в пути и инфраструктуре при ликвидации последствий при происшествии, часы;

$Р_{д}$ – потери времени от задержек поездов (дополнительных остановок и стоянок), изменения графика их движения и маршрутов следования в период выделения «окна» и после его окончания, часы;

$\alpha_{пот}$ – эмпирический параметр, получаемый в результате аппроксимации результатов обобщения потерь времени от задержек, простоя, изменения маршрутов движения поездов во время «окна» и после его окончания, отображающий их изменение с увеличением продолжительности «окна».

Затраты времени, связанные с доставкой машин и рабочих поездов к месту работ и обратно ($Т_{тр}$), подсчитываются по формуле:

$$T_{тр} = \sum_{n=1}^{N} n_{лок} \cdot t_{лок}, \quad (2)$$

где $n_{лок}$ – число локомотивов, занятых на обслуживании рабочих поездов согласно проекту организации работ, штук;

$n...N$ – число рабочих поездов, занятых в технологии ликвидации последствий происшествия;

$t_{лок}$ – время использования локомотива, часы:

$$t_{лок} = 2\left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + t_{баз} + t_{ст}\right), \quad (3)$$

где l_1 – средняя дальность пробега от базы до места происшествия и обратно, км;

l_2 – то же туда и обратно от базы до депо приписки локомотива, км;

v_1 – средняя скорость продвижения рабочих поездов на участке (ориентировочно $v_1 = 30–40$), км/ч;

v_2 – то же одиночно следующего локомотива ($v_2 = 40–50$), км/ч;

$t_{баз}$ – длительность маневровой работы на базе и ожидание маршрута (около 0,5), часы;

$t_{ст}$ – время маневров и ожидания «окна» на станции, прилегающей к участку работ, часы.

Инструкция ОАО «РЖД» [4, 6] о порядке предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ рекомендует: «Необходимый период времени для выполнения планируемого объема работ с закрытием перегона ($t_{ок}$) следует определять по лимитирующей машине»:

$$t_{окна} = L_{ф} / V_{вед}, \quad (4)$$

где $L_{ф}$ – фронт работ в «окно», км; $V_{вед}$ – темп выполнения ведущей операции при ремонте пути или технологическая производительность ведущей машины, км/ч.

Под технологической производительностью подразумевается выработка в единицу времени с учетом технологических прогнозируемых потерь времени (на пропуск поездов по соседнему пути, на укладку пенополистирольных плит, замену рулонов геотекстиля, перегрузку засорителей, перетяжку пакетов звеньев и так далее), которая не зависит от продолжительности «окна».

Выработка в «окно» составит:

$$L_{ф} = t_{ок} \cdot V_{вед}, \text{ км.} \quad (5)$$

Анализ практики организации «окон» показывает, что ремонтно-строительные работы осуществляются в соответствии с технологическими процессами, требующими фиксированной продолжительности «окон», (погонных м/ч, км/сутки).

Затраты времени для путевых работ и восстановления инфраструктуры ($З_{вос.инфр}$) после происшествия определяются либо с помощью оценки фактических потерь для события, или на основании затрат по технологии производства, соответствующего типового технологического процесса, приходящихся на единицу длины, например, 1 км:

$$З_{вос.\ инфр} = З_{пх} + З_{инфр}, \quad (6)$$

где $З_{инфр}$ – затраты на восстановление инфраструктуры, повреждённой при происшествии.

Затраты времени для производства путевых работ выполняются на основании затрат по технологии производства, соответствующего типового технологического

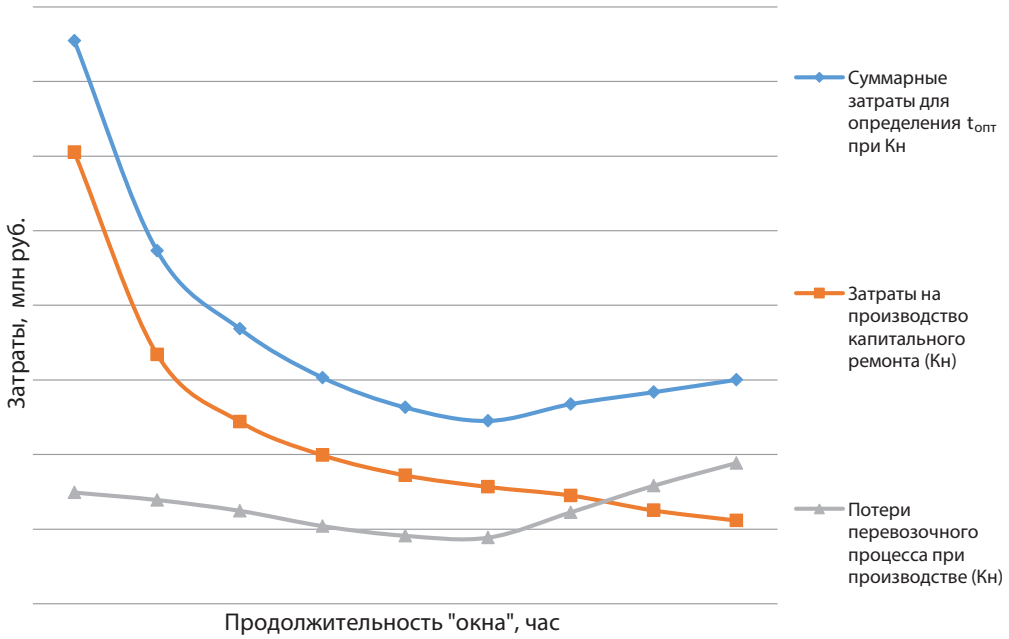


Рис. 1. Определение оптимальной продолжительности «окна» при выполнении капитального ремонта пути на новых материалах (восстановления пути после происшествия) с учётом затрат смежных хозяйств инфраструктуры.

процесса на единицу длины ($З_{пх}$) и определяются зависимостью:

$$З_{пх} = \frac{(T_{пх} + \Delta T_{нас} + \Delta T_{выем} + \Delta T_{платф} + \Delta T_{переезд} + \Delta T_{стр.перевод} + \Delta T_{изост} + \Delta T_{блок-пост}) \cdot K_{рс}}{L_{р.пр}} + \rho_{отк} \cdot C_{ОТК}, \quad (7)$$

где $T_{пх}$ – средние затраты времени на выполнение путевых ремонтных работ по ликвидации последствий происшествия, аналогичных соответствующему набору технологических операций типового технологического процесса (или по фактическим данным трудозатрат), часы;

$L_{р. пр}$ – приведенная длина расчетного участка, км;

$K_{рс}$ – коэффициент корректировки затрат времени (коэффициент корректировки затрат времени на условия эксплуатации определяется по зависимости:

$$K_{рс} = K_{пл} \times K_{сг} \times K_{‰} \times K_{Гi}, \quad (8)$$

где $K_{пл}$ – коэффициент корректировки увеличения времени (или трудозатрат) при выполнении ремонтных работ в кривых участках пути;

$K_{сг}$ – коэффициент корректировки затрат времени (или трудозатрат) в зависимости от дальности расположения базы стоянки восстановительных поездов;

$K_{‰}$ – коэффициент корректировки затрат времени (или трудозатрат) в зависимости от уклона продольного профиля железнодорожной линии);

$\rho_{отк}$ – среднестатистическая вероятность отказа технических средств путевого хозяйства (среднестатистическая вероятность риска) для рассматриваемого участка пути;

$C_{ОТК}$ – среднестатистическое время отказа технических средств путевого хозяйства для рассматриваемого участка пути, часы;

$K_{Гi}$ – коэффициент корректировки затрат времени (или трудозатрат) в зависимости от грузонапряженности рассматриваемого участка;

$\Delta T_{нас}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) в пределах высокой насыпи;

$\Delta T_{выем}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) в пределах глубокой выемки;

$\Delta T_{платф}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) в пределах высокой или низкой платформы;

$\Delta T_{переезд}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) в пределах переезда;

$\Delta T_{стр.\ перевод}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) по демонтажу и укладке стрелочных переводов;

$\Delta C_{изостык}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) по демонтажу существующего и устройству нового изолирующего стыка;

$\Delta T_{блок\text{-}пост}$ – дополнительное время работ (или трудозатрат) при устройстве нового и демонтаже существующего блок-поста на перегоне в пределах участка ремонта.

Затраты на восстановление инфраструктуры ($З_{инфр}$), повреждённой происшествием при проведении дополнительных работ, например, переустройство контактной сети ($З_{конт.сети}$), средств сигнализации и связи ($З_{СЦБ.связь}$) и другие сопутствующие работы, предусматриваются отдельными технологическими процессами на производство ремонтных и строительных работ.

$$З_{инфр} = З_{конт.сети} + З_{СЦБ.связь}. \quad (9)$$

По отдельным финансовым документам планируются затраты на восстановление повреждённых вагонов и локомотивов, страховые выплаты в результате порчи или потери перевозимых грузов, полученных травм или летального исхода перевозимых пассажиров.

При расчете оптимальной продолжительности «окон» учитываются максимальные задержки поездов за весь период ремонта при ликвидации последствий происшествия и максимальная выработка в «окно» с учетом гарантированного выполнения объема работ [5].

Эксплуатационные расходы времени хозяйства перевозок ($Т_{пр}$), связанные с организацией пропуска поездопотока во время «окна» ($t_{окна}$), определяются из выражения:

$$T_{пр} = (1+\xi)\bullet(\sum_{m=1}^{m} N_{гр}\bullet t_{гр} + \\ + \sum_{p=1}^{p} N_{пас}\bullet t_{пас} + n_{ост}^{гр}\bullet t_{ост}^{гр} + \\ + n_{ост}^{пас}\bullet t_{ост}^{пас} + n_{ост}^{приг}\bullet t_{ост}^{приг}), \quad (10)$$

где $\sum_{m=1}^{m} N_{гр}\bullet t_{гр}$; $\sum_{p=1}^{p} N_{пас}\bullet t_{пас}$ – общее время задержек поездов в пути, соответственно грузовых и пассажирских, включая пригородные, поездо-часы;

$n_{ост}^{гр}, n_{ост}^{пас}, n_{ост}^{приг}$ – общее число дополнительных остановок грузовых, пассажирских и пригородных поездов, штук;

$t_{ост}^{гр}, t_{ост}^{пас}, t_{ост}^{приг}$ – время (продолжительность) одной дополнительной остановки грузового, пассажирского и пригородного поездов, часы;

ξ – вероятность учёта наступления нежелательного события или возникновения нежелательной ситуации, вызванной, например, передержкой «окна» или другими факторами, которые классифицируются как риск возникновения дополнительных затрат времени и снижения доходов [7, 8].

Дополнительные затраты поездо-часов определяются суммой произведений числа задержанных поездов на время «окна». Данные о числе поездов и времени их задержки в продвижении каждого из них принимаются в соответствии с вариантным графиком движения.

Увеличение оборота грузового вагона ($\Delta\vartheta_{ок}$) из-за проведения «окон» определяется по следующей зависимости:

$$\Delta\vartheta_{ок} = \frac{\Delta\sum_{n=1}^{n} N_{гр}\bullet t_{гр}\bullet m_{ваг}}{24\bullet U_{ваг}},$$

часы (сутки), (11)

где $m_{ваг}$ – число вагонов в грузовом поезде;

$U_{ваг}$ – работа парка грузовых вагонов, (погрузка, выгрузка, плюс приём гружённых вагонов).

В связи с ростом оборота грузового вагона из-за проведения «окна» возрастает потребность в дополнительных ресурсах для обеспечения заданного объёма перевозок:

$$\Delta n_{ваг} = \Delta\vartheta_{ок}\bullet U_{ваг} = \frac{\Delta\sum_{n=1}^{n} N_{гр}\bullet t_{гр}\bullet m_{ваг}}{24},$$

вагоны. (12)

Дополнительная потребность в локомотивах при проведении «окна» определяется как:

$$\Delta M_{лок} = \frac{\gamma_{лок}\bullet\Delta n_{ваг}}{m_{ваг}}, \quad (13)$$

где $\gamma_{лок}$ – коэффициент потребности локомотивов на одну пару грузовых поездов, учитывающий дополнительную потребность в локомотивном парке для обеспечения бесперебойного движения поездов.

Снижение производительности локомотивов ($\Delta\omega_{лок}$) при проведении «окна» фиксируется по зависимости:

$$\Delta\omega_{лок} = \omega_{л\ пл} - \frac{\sum_{л=1}^{Л} P_{лок\ \ нетто} \bullet L_{лок}}{\gamma_{нетто} \bullet (M_{п\ \ лок} + \Delta M_{лок})},$$

тыс. т • км брутто, (14)

где $\omega_{л\ пл}$ – плановая среднесуточная производительность поездного локомотива, тыс. тонно-км брутто;

$\sum_{л=1}^{Л} P_{лок\ \ нетто} \bullet L_{лок}$ – объём перевозок локомотивами, тыс. т • км нетто;

$\gamma_{нетто}$ – коэффициент перевода т • км нетто в т • км брутто (ориентировочно $\gamma_{нетто} = 0{,}67$);

$\Delta M_{п\ лок}$ – плановое количество парка локомотивов.

Общая зависимость для оценки потерь перевозочного процесса:

$$Р_Д = Э_{ПР} + (1+\psi) \cdot T_R, \text{ руб.}, \quad (15)$$

где T_R – время (продолжительность) возможных потерь перевозочного процесса при оценке затрат в результате наступления нежелательного события или возникновения нежелательной ситуации (риска), часы (сутки);

ψ – вероятность возникновения нежелательного события или возникновения нежелательной ситуации (риска).

При определении суммы текущих издержек инфраструктуры железнодорожного транспорта используются расходные ставки, зависящие от затраченных бригадо-часов локомотивных бригад, локомотиво-километров, локомотиво-часов, стоимости электроэнергии и так далее.

В качестве примера на рис. 1 представлены расчёты оптимальной продолжительности «окна» при выполнении капитального ремонта пути на новых материалах (восстановления пути после происшествия) с учётом затрат смежных хозяйств инфраструктуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, методикой учтены:

• определение минимума приведенных затрат на ремонты с учетом дополнительных расходов в инфраструктуре и потерь перевозочного процесса при выборе продолжительности «окон» для путевых работ;

• риски возникновения дополнительных затрат и снижения доходов при выбранном режиме путевых работ, обеспечивающих минимизацию потерь в ходе ликвидации последствий происшествия;

• затраты на остановку движения поездов, вызванных «окнами», и компенсацию потерь на их перемещение по участку (риска снижения доли дохода ОАО «РЖД»);

• затраты в путевом хозяйстве при выборе продолжительности «окон» для путевых работ, обеспечивающих минимизацию потерь времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены министром путей сообщения РФ 26.05.2000 г. ЦРБ-756.

2. Методические указания «Регламент действий работников хозяйства перевозок, связанных с движением поездов в аварийных и нестандартных ситуациях». Утверждены ОАО «РЖД» 14 декабря 2007 г.

3. Стандарт ОАО «РЖД» 1.02.007–2006. Безопасность железнодорожных перевозок. Расчет эксплуатационных показателей безопасности функционирования технических средств хозяйства пути и сооружений.

4. Инструкция о порядке предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на железных дорогах ОАО «РЖД» от 26 октября 2007 г. Введена с 01.01.2008 г. распоряжением № 2047р.

5. «Определение нормативной продолжительности технологического «окна» в различных эксплуатационных условиях, в том числе и с учётом применения новой путевой техники». Утверждена ОАО «РЖД», 2010 г.

6. Об утверждении и вводе в действие инструктивных указаний по организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги». Распоряжение от 26 декабря 2011 г. N2792р.

7. Технический регламент «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта». Утвержден постановлением правительства РФ от 15.07.2010 г. № 525.

Координаты автора: **Коваленко Н. И.** – kni50@mail.ru., **Коваленко А. Н.** – Alexnikkovalenko@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 25.02.2016, принята к публикации 28.05.2016.

INCIDENTS ON THE RAILWAY: ASSESSMENT OF CONSEQUENCES ELIMINATION

Kovalenko, Nikolay I., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Kovalenko, Alexander N., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

A method for determining the calculated time of traffic opening and minimization of time costs, which is based on determination of the duration of time intervals «windows» to perform railway track repairs (rebuilding infrastructure after an incident) under the terms of the lowest costs of track works, taking into account overheads and costs of delays and trains' downtime was developed.

Keywords: railway, accident, disaster, elimination of consequences, emergency recovery work, reduced costs, interval in the traffic schedule, safety, risk level.

Background. *As incidents on the railway transport are considered the following cases: wrecks, accidents, derailment, failures of technical means [1].*

Development of effective options for railway track repair (recovery after an incident) with provision of a certain level of reliability and safety must be based on justification of economic factors affecting the duration of time intervals, further called «windows» [2].

Objective. *The objective of the authors is to consider a new method for determining calculated time of traffic opening and minimization of time costs in terms of «windows» for track repairs after the accidents.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, graph construction, assessment method.*

Results. *Methods of assessing the liquidation of consequences of the accident is designed to determine the calculated time of traffic opening and minimization of reduced time costs of repair of track and infrastructure.*

In accordance with existing guidelines as reduced time costs when choosing the duration of the «window» are considered the amount of non-recurring time costs of repair of track and railway infrastructure and loss of time in transportation process [3].

Reduced time costs (R_{cost}, h) can be expressed by the dependence:

$$R_{cost} = T_{tr} + C_{CX} + \alpha_{pot} \cdot P_D, \quad (1)$$

where T_{tr} is time costs of transportation of emergency trains from the disposition area to the scene, and their return to the connecting station, hours;

C_{TE} is nonrecurring time costs in the «window» for performance of repair work on the track and infrastructure when eliminating consequences of the accident, hours;

P_D is loss of time caused by the delay of trains (additional stops and lay-over), schedule changes and changes in the routes in the period of the «window», and after its completion, hours;

α_{pot} is an empirical parameter obtained as a result of approximation of the results of generalization of time losses from delays, downtime, changes in traffic routes etc. of trains during the «window» and after its completion showing their change with increasing the duration of the «window».

Time costs associated with delivery of trucks and emergency trains to the place of work and back (T_{tr}), are calculated according to the formula:

$$T_{tr} = \sum_{n=1}^{N} n_{loc} \cdot t_{loc}, \quad (2)$$

where n_{loc} is a number of locomotives involved in serving work trains according to the project of organization of works, pcs;

n...N is a number of work trains involved in the technology of eliminating consequences of the accident;

t_{loc} is time of locomotive's use, hours:

$$t_{loc} = 2\left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + t_{base} + t_{st}\right), \quad (3)$$

where l_1 is average range of run from the base to the scene and back, km;

l_2 is the same and back from the base to the depot of locomotive registry, km;

v_1 is average speed of work trains at the section (approximately v_1 = 30–40), km/h;

v_2 is the same of single moving locomotive (v_2 = 40–50), km/h;

t_{base} is duration of shunting operations at the base and waiting for a route (about 0,5), hours;

t_{st} is time of maneuvers and waiting for a «window» at the station, adjacent to the site of work, hours.

Instruction of JSC Russian Railways [4, 6] on the provision and use of «windows» for repair and construction works recommends: «The necessary period of time to perform the planned scope of work with the closing of haul (t_{ok}) should be determined by limiting car»:

$$t_w = L_f / V_{lead}, \quad (4)$$

where L_f is field of operations in the «window», km; V_{lead} is pace of performance of a leading operation in repair of track or technological performance of a leading car, km/h.

The technological performance means output per unit of time, taking into account technological projected loss of time (to pass trains on an adjacent track, for laying polystyrene plates, replacement of geotextile rolls, overloading of weeds, overwinding of packet units, and so on), which is independent of the duration of the «window».

Output in the «window» will be:

$$L_f = t_w \cdot V_{lead}, \text{ km}. \quad (5)$$

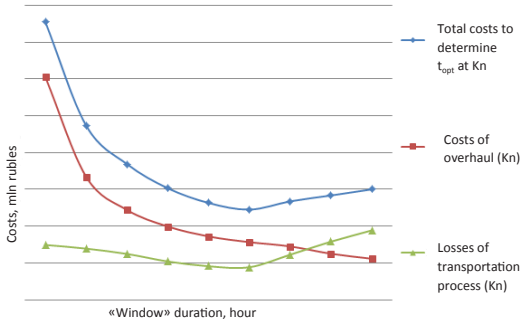
Analysis of the practice of the organization of «windows» shows that the construction and repair works are carried out in accordance with the processes requiring a fixed duration of «windows» (linear m/ h, km / day).

Time costs of track works and reconstruction of infrastructure (C_{ri}) in the elimination of consequences of the accident are determined either by using estimates of actual losses for the accident, or on the basis of costs of production technology, of corresponding typical production process, per unit of length, for example, 1 km:

$$C_{ri} = C_{cx} + C_i, \quad (6)$$

where C_i is costs of recovery of infrastructure damaged in the accident.

Calculation of time spent on track works is carried out on the basis of costs of production technology, corresponding



Pic. 1. Determination of the optimal duration of the «window» when performing overhaul of the track using new materials (track recovery after an accident), taking into account the costs of related infrastructure departments.

typical production process per unit length (C_{te}, hours) and is determined by the dependence:

$$C_{te} = \frac{(T_{te} + \Delta T_b + \Delta T_{cut} + \Delta T_{plat} + \Delta T_{haul} + \Delta T_{swt} + \Delta T_{insjoint} + \Delta T_{checkp}) \cdot K_{at}}{L_{rcs}} + \rho_{fail} \cdot C_{FAIL}, \quad (7)$$

where T_{te} is average time costs to perform repair works to eliminate the consequences of the accident, similar to a corresponding set of technological operations of a typical technological process (or based on actual data of labor costs), hours;

L_{rcs} is reduced length of the calculated section, km;

K_{at} time cost adjustment coefficient (time cost adjustment coefficient on the operating conditions is determined by the relationship:

$$K_{at} = K_{rc} \times K_{bl} \times K_{\%o} \times K_{Ci}, \quad (8)$$

where K_{rc} is coefficient of time (or labor costs) increase adjustment in carrying out repairs at the curved sections of the track;

K_{bl} is coefficient of time (or labor costs) adjustment depending on the distance of location of the parking base of emergency trains;

$K_{\%o}$ is coefficient of time (or labor costs) adjustment depending on the slope of the longitudinal profile of the railway line);

ρ_{fail} is average probability of failure of technical means of track economy (average probability of risk) for the considered track section;

C_{FAIL} is statistically average time of failure of technical means of track economy for the considered track section, hours;

K_{Ci} is coefficient of time (or labor costs) adjustment on the congestion of the considered track section;

ΔT_b is additional time of works (or labor costs) within the high bank;

ΔT_{cut} is additional time of works (or labor costs) within the deep cut;

ΔT_{plat} is additional time of works (or labor costs) within the high or low platform;

ΔT_{haul} is additional time of works (or labor costs) within the haul;

ΔT_{swt} is additional time of works (or labor costs) for dismantling or laying of switch turnouts;

$\Delta C_{insjoint}$ is additional time of works (or labor costs) for dismantling of existing and arrangement of new insulated rail joint;

ΔT_{checkp} is additional time of works (or labor costs) for arrangement of new and dismantling of existing checkpoints on the haul within the repair section.

The cost of rebuilding infrastructure (C_i), damaged during the incident during additional works, such as reconstruction of contact network (C_{connet}), signaling and communications equipment (C_{sig}) and other related work, are provided by individual technological processes for production of repair and construction works.

$$C_i = C_{connet} + C_{sig}. \quad (9)$$

According to financial documents the costs are planned for restoring the damaged cars and locomotives, insurance payments as a result of damage to or loss of the goods transported, injuries or death of passengers.

When calculating the optimal duration of «windows» are taken into account the maximum delay of trains over the entire period of repair in the elimination of the consequences of the accident and the maximum output in the «window» with regard to implementation of the guaranteed volume of work [5].

Operating costs time of transportation economy ($T_{tran.ec.}$), connected with the organization of handling of train flow during the «window» (t_w), are determined from the expression:

$$T_{tran.ec.} = (1+\xi) \cdot (\sum_{m=1}^{m} N_{fr} \cdot t_{fr} + \sum_{p=1}^{p} N_{pas} \cdot t_{\text{pas}} + n_{\text{stop}}^{\text{fr}} \cdot t_{stop}^{fr} + n_{\text{stop}}^{\text{pas}} \cdot t_{stop}^{pas} + n_{stop}^{com} \cdot t_{stop}^{com}), \quad (10)$$

where $\sum_{m=1}^{m} N_{\text{fr}} \cdot t_{\text{fr}}$; $\sum_{p=1}^{p} N_{pas} \cdot t_{\text{pas}}$ is total time of train delay en route, respectively, of freight and passenger, including commuter, train-hour;

$n_{\text{stop}}^{\text{fr}}, n_{\text{stop}}^{\text{pas}}, n_{\text{stop}}^{\text{com}}$ is total number of additional stops of freight, passenger and commuter trains, pcs;

$t_{stop}^{fr}, t_{stop}^{pas}, t_{stop}^{com}$ is time (duration) of one additional stop of freight, passenger or commuter train, hours;

ξ is accounting probability of occurrence of undesirable events or the occurrence of undesirable situations caused, for example, by overexposure of the «window» or other factors, which are classified as risk of additional time cost and reduction of income [7, 8].

Additional costs of train-hours are determined by the sum of the product of the number of trains delayed by the time of the «window». Data on the number of trains and their time delay in progress of each of them are accepted in accordance with the variation schedule of movement.

The increase in freight car turnover ($\Delta\vartheta_w$) because of the «window» is determined by the following relationship:

$$\Delta\vartheta_w = \frac{\Delta\sum_{n=1}^{n} N_{fr} \cdot t_{fr} \cdot m_{car}}{24 \cdot U_{\text{car}}}, \text{ hours (days)}, \quad (11)$$

where m_{car} is a number of cars in a freight train, cars;

U_{car} is work of freight cars fleet (loading, unloading plus reception of laden cars), cars.

In connection with the growth of the freight car turnover because of the «window» is increasing the need for additional resources to ensure a given volume of traffic:

$$\Delta n_{\text{car}} = \Delta \vartheta_w \cdot U_{car} = \frac{\Delta \sum_{n=1}^{n} N_{fr} \cdot t_{fr} \cdot m_{car}}{24}, \text{ cars,} \qquad (12)$$

Additional demand for locomotives during the «window» is defined as:

$$\Delta M_{loc} = \frac{\gamma_{loc} \cdot \Delta n_{\text{car}}}{m_{car}}, \qquad (13)$$

where γ_{loc} is coefficient of need for locomotives per one pair of freight trains, taking into account the additional need for locomotive fleet to ensure uninterrupted movement of trains.

Reduction of locomotive performance ($\Delta\omega_{loc}$) in the «window» is fixed according to the dependence:

$$\Delta\omega_{loc} = \omega_{l\ \ pl} - \frac{\sum_{l=1}^{L} P_{loc\ \ net} \cdot L_{\text{loc}}}{\gamma_{net} \cdot (M_{p\ \ loc} + \Delta M_{loc})},$$

thous. t·km gross, (14)

where $\omega_{l\ pl}$ is planned average performance of train locomotive, thous. t·km gross;

$\sum_{l=1}^{L} P_{loc\ \ net} \cdot L_{\text{loc}}$ *is volume of transportation by locomotives, thous. t·km net;*

γ_{net} is coefficient of conversion of t·km net into t·km gross (approximately γ_{net} = 0,67);

$\Delta M_{p\ loc}$ is a planned number of locomotives.

The total dependence to assess the loss of the transport process:

$P_D = O_{CS} + (1+\psi) \cdot T_R$, *rub, (15)*

where T_R is time (duration) of possible losses of transportation process in the assessment of costs as a results of occurrence of an undesirable event or undesirable situation (risk), hours (days);

ψ is likelihood of an undesirable event or the occurrence of an undesirable situation (risk).

When determining the amount of the current cost of rail transport infrastructure consumables rates are used, depending on the spent brigade-hours of locomotive crews, locomotive-kilometers, locomotive-hours, cost of electricity and so on.

As an example, Pic. 1 shows the calculations of optimal duration of the «window» when performing overhaul of the track using new materials (track recovery after the incident), taking into account the costs of related infrastructure economies.

Conclusion. *The above suggested methodology takes into account:*

• determination of the minimum reduced costs for repairs, taking into account additional costs in the infrastructure and losses of the transportation process in the selection of «windows» duration for track operations;

• risks of additional costs and income reduction for the chosen mode of track operations that minimize losses during liquidation of consequences of the accident;

• costs of stopping train traffic caused by «windows», and compensation for the loss for their movement at the section (risk of decline in the share of income of a railway company, e.g. JSC Russian Railways);

• costs in the track economy when choosing the duration of «windows» for track works that minimize the loss of time.

REFERENCES

1. The technical operation of railways of the Russian Federation. Approved by the Ministry of Transport of the Russian Federation dated 26.05.2000 CRB-756 [*Pravila tehnicheskoj ekspluatacii zheleznyh dorog Rossijskoj Federacii. Utverzhdeny ministrom putej soobshhenija RF 26.05.2000 g. CRB-756*].

2. Guidelines «Regulation of action of transport sector workers associated with the movement of trains in emergency and non-standard situations. Approved by JSC Russian Railways dated December 14, 2007 [*Metodicheskie ukazanija «Reglament dejstvij rabotnikov hozjajstva perevozok, svjazannyh s dvizheniem poezdov v avarijnyh i nestandartnyh situacijah. Utverzhdeny OAO «RZhD» 14 dekabrja 2007 g*].

3. Standard of JSC Russian Railways 1.02.007–2006. Safety of rail traffic. Calculation of operational indicators of functioning safety of technical means of the economy of track and facilities [*Standart OAO «RZhD» 1.02.007–2006. Bezopasnost' zheleznodorozhnyh perevozok. Raschet ekspluatacionnyh pokazatelej bezopasnosti funkcionirovanija tehnicheskih sredstv hozjajstva puti i sooruzhenij*].

4. Instructions on the procedure for provision and use of «windows» for repair and construction works on the railways of JSC Russian Railways dated October 26, 2007. Introduced by the order № 2047r dated 01.01.2008 [*Instrukcija o porjadke predostavlenija i ispol'zovanija «okon» dlja remontnyh i stroitel'no-montazhnyh rabot na zheleznyh dorogah OAO «RZhD» ot 26 oktjabrja 2007 g.». Vvedena s 01.01.2008 g. rasporjazheniem № 2047r*].

5. Determination of regulatory duration of the technological «window» in a variety of operating conditions, including taking into account the application of new track equipment. Approved by JSC Russian Railways, 2010 [*«Opredelenie normativnoj prodolzhitel'nosti tehnologicheskogo «okna» v razlichnyh ekspluatacionnyh uslovijah, v tom chisle i s uchjotom primenenija novoj putevoj tehniki». Utverzhdena OAO «RZhD», 2010 g.*].

6. Approval and commissioning of guidance for organization of rescue and recovery operations on railways of JSC Russian Railways railway. Order dated December 26, 2011 N2792r [*Ob utverzhdenii i vvode v dejstvie instruktivnyh ukazanij po organizacii avarijno-vosstanovitel'nyh rabot na zheleznyh dorogah OAO «Rossijskie zheleznye dorogi». Rasporjazhenie ot 26 dekabrja 2011 g. N2792r*].

7. Technical Regulation «On safety of railway transport infrastructure». Approved by the Russian Federation Government Decree dated 15.07.2010 № 525 [*Tehnicheskij reglament «O bezopasnosti infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta». Utverzhden postanovleniem pravitel'stva RF ot 15.07.2010 g. № 525*].

Information about the authors:

Kovalenko, Nikolay I. – D.Sc. (Eng.), professor at the department of Track and track economy of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kni50@mail.ru.

Kovalenko, Alexander N. – Ph.D. student at the department of Economics of Russian Academy of Railway Engineering of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, Alexnikkovalenko@gmail.com.

Article received 25.02.2016, accepted 28.05.2016.

УДК 656.6:658.5

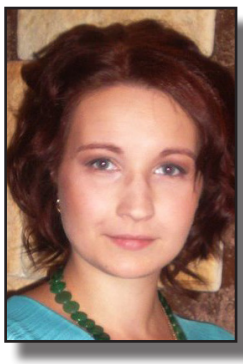
Внутренний контроль и управление рисками на водном транспорте



Валентина ЩЕПЕТОВА
Valentina N. SCHEPETOVA



Ольга ЗАМОТАЕВА
Olga A. ZAMOTAEVA



Ксения ШАМОНИНА
Ksenia S. SHAMONINA

Щепетова Валентина Николаевна *– кандидат экономических наук, профессор Волжского государственного университета водного транспорта (ВГУВТ), Нижний Новгород, Россия.*
Замотаева Ольга Александровна *– кандидат экономических наук, доцент ВГУВТ, Нижний Новгород, Россия.*
Шамонина Ксения Сергеевна *– ассистент кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов ВГУВТ, Нижний Новгород, Россия.*

Internal Control and Risk Management in Water Transport
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 215)

В статье отражены виды рисков, связанных преимущественно с мошенничеством в организациях внутреннего водного транспорта, способы их выявления и инструменты управления безопасностью. В частности, анализируются характерные особенности и признаки наиболее распространенных угроз, нарушений или криминала в сфере речных и морских грузоперевозок, признаки аномальной практики, могущей нанести вред транспортному процессу и финансово-экономическому состоянию предприятия-перевозчика.

Ключевые слова: водный транспорт, безопасность, риск, мошенничество, предмет хищения, признаки мошенничества, оценка риска.

Риск – это вероятность ущерба или потерь. Потери могут быть разные: в виде убытков, недополученной прибыли или выручки и даже утраты имущества. Компании подвержены различным видам риска как внешним, так и внутренним. Среди внешних можно выделить страновые, политические, экономические (налоговые, законодательные), экологические и другие; среди внутренних или корпоративных чаще фигурируют риски производственные, финансовые, операционные. В последние годы все активнее проявляют себя риски, связанные с мошенничеством. Причем независимо от размера компании, организационно-правовой формы, отраслевой принадлежности, формы собственности, структуры специализации и местонахождения практически каждая хозяйственная структура подвержена названному виду риска.

Форм мошенничества наблюдается много, но их можно сгруппировать по четырем направлениям: хищение активов, манипуляции с финансовым учетом и бух-

галтерской отчетностью, налоговые преступления и прочие. Приведем примеры мошенничества в организациях речного и морского транспорта.

В Нижнем Новгороде на предприятиях речного транспорта довольно часто выявляли факты мошенничества. К примеру, генеральный директор одного из них с апреля по июль 2010 года оформлял фиктивные договора о поставке щебня и гравийно-песчаной смеси. Более одного миллиона рублей им перечислено фиктивной организации-поставщику в качестве оплаты. Заранее было оговорено, что поставки производиться не будут и денежные средства вернутся обратно директору для возврата в кассу предприятия. Однако руководитель денежные средства не вернул.

При перевозке грузов наблюдается своя специфика мошенничества. Перевозка груза осуществляется в контейнерах. При погрузке-разгрузке на водном транспорте что-то украсть проблематично. Хотя порой преступники воруют прямо из терминалов и складов в портах. Здесь главными лицами зачастую выступают работники транспортных организаций. Такие объекты, как порт – объекты стратегического назначения. Соответственно охрана здесь лучше, чем на обычном складе. Поэтому хищения груза в сфере морских и речных перевозок происходят гораздо реже, чем в других отраслях.

В раскрытии преступлений, квалифицируемых мошенничеством на объектах водного транспорта, существует ряд особенностей, связанных с отсутствием на месте преступления следов, характерных для других составов, поскольку обнаружение криминала происходит в подавляющем большинстве случаев через достаточно длительный промежуток времени [4].

Мошенничество может проявляться в подделке подлинности поступивших в таможню документов (лицензии и пр.), принадлежности их именно данной организации и к конкретному грузу, правильности оформления (признаки исправлений, подмены реквизитов, расхождение сведений по одним и тем же позициям в разных документах); несоответствии предъявляемым требованиям вида сделки и контракта по той или иной экспортно-импортной операции в целом и по отдельным графам (например, избранный порядок расчетов, цены и т.п.); нарушении оформления бумаг, связанных с международными перевозками грузов (наличию, комплектности, подлинности и достоверности товаросопроводительных, товарно-транспортных и других документов, ошибки при их заполнении, несоответствие установленным образцам); несоблюдении организацией требований по вопросам избрания и согласования с таможенными органами порядка декларирования и предъявления для контроля грузов (свидетельство о признании декларантом, договор с организацией-декларантом и т.п.).

В перевозочных документах могут наблюдаться нарушения:

а) в погрузочных ордерах, коносаменте, расходных ордерах, приёмо-сдаточных ведомостях и других документах – при морских перевозках;

б) в накладных, дорожных ведомостях, сдаточной ведомости, акте погрузки-разгрузки и прочих бумагах – при речных перевозках.

Нетрудно обнаружить подвох в тальманских накладных, сменно-тальманских ведомостях и других документах, при рассмотрении которых можно получить информацию о работниках, которые проводили погрузку или разгрузку, о транспортных средствах, которые поставляли груз на склад или судно, об их регистрационных номерах. Нарушения могут быть и в расходных ордерах, в соответствии с которыми водителями автомашин производился вывоз груза с территории порта; в складской документации и актах, где отражается факт недостачи и указывается причина данной недостачи или порчи.

По предварительному сговору группы лиц чаще всего происходит хищение грузов. Капитан судна, его заместитель, бухгалтер или технолог в подобной ситуации нередко выступают организаторами хищения. Это связано с тем, что сотрудники, занимающие перечисленные должности, по роду своей деятельности владеют информацией о грузе, имеют полный доступ к нему и знают все особенности его приёмки-передачи, хранения, переработки, транспортировки, организации учёта и отчётности.

Предметом хищения грузов, совершенного путем мошенничества, может стать



как имущество, так и приобретённое путём обмана, злоупотребления полномочиями или доверием право на распоряжение имуществом. Добровольностью передачи имущества или прав на него преступнику как раз и отличается мошенничество от других форм хищения. При его совершении применяются поддельные справки, фиктивные договора, платёжные или учредительные документы [2].

В последнее время выросли объёмы незаконной добычи водных растений и животных. Для этих целей используют как морские, так и речные суда.

На промысловых судах и предприятиях по переработке рыбы основными предметами хищений являются икра, рыба-сырец, рыбные полуфабрикаты, готовые рыбные продукты, денежные средства и многое другое.

Клубом страховщиков «Skuld P&I Club», который предоставляет общественности информацию о возникающих случаях мошенничества и обмана в судоходстве, было отмечено, что преступники стали более изобретательными в плане разработки и осуществления своих преступных замыслов. Современные мошенники применяют новейшие компьютерные технологии, при этом сочетая их с методами «старой школы», подделкой документов. В связи с этим необходимо обладать достаточными знаниями в области информационных технологий, чтобы вести эффективную борьбу с любыми видами нарушений и угроз.

Нередко мошенничество совершается против отдельных моряков, зачастую представителей развивающихся стран, которым, возможно, труднее обнаружить скрытые манипуляции и предпринять какие-либо защитные действия. Мошенники создают поддельные сайты и агентства по трудоустройству, которые обещают рабочие места для моряков, ссылаясь при этом на свои связи с крупными судоходными компаниями и их руководителями. На практике это оказывается блефом, и доверчивые люди могут потерять деньги или оказаться на судах очень сомнительных компаний [2].

Встречается и довольно регулярно незаконное присвоение активов, к которому относятся хищение и неправильное использование активов организации (сокрытие и присвоение денежных поступлений выручки, манипуляции с арендой имущества, хищение материальных запасов и средств на оплату труда). Признаками хищения активов могут также служить и неоправданное увеличение запасов и материальных ценностей, недостачи или излишки денежных средств, нетипично крупные или нетипично мелкие операции по расчетному счету и кассе; неритмичность денежных перечислений; нереально прибыльные, убыточные или нулевые сделки; несвоевременность в погашении дебиторской и кредиторской задолженностей; пропажи первичных документов или зачеркивания в них; хранение копий, а не подлинников документов.

Признаками мошенничества с финансовым учетом и бухгалтерской отчетностью правомерно считать нелогичные изменения финансовых показателей: увеличение доходов при уменьшении запасов и денежного притока; увеличение запасов при

уменьшении кредиторской задолженности; увеличение оборота при сокращении остатков товарно-материальных ценностей, несоответствие чистой прибыли в отчете о финансовых результатах и нераспределенной прибыли в балансе, несоответствие денежных средств в балансе и чистого денежного потока в отчете о движении денежных средств и т.д.

Признаками мошенничества с налоговыми выплатами могут служить нестыковка бухгалтерской и налоговой отчетности, намеренное искажение финансовой информации об организации с целью введения в заблуждение пользователей этой информации (завышение выручки и занижение обязательств или расходов).

К прочим мошенничествам можно отнести нереально низкие заработанные платы сотрудников и небольшие суммы отчислений в социальные фонды, аналогичные этому действия [5].

Достижение экономической безопасности организаций водного транспорта может происходить за счет управления рисками мошенничества, устранения внешних и внутренних угроз. Управление рисками – это контроль, идентификация, оценка и анализ фактов, действий, фоновых зависимостей.

Управление рисками возможно только при формировании системы внутреннего контроля, которая должна содержать следующие компоненты:

- контрольная среда;
- выявление и оценка последствий риска;
- контрольные процедуры (меры или средства по снижению риска);
- информация и коммуникации;
- мониторинг эффективности системы контроля;
- организация корректирующих действий.

Управление рисками подразумевает установление соответствующих ролей и обязанностей в сфере противодействия мошенничеству на всех уровнях компании, наличие кодексов поведения/деловой этики и иных общекорпоративных правил и процедур, направленных на минимизацию риска корпоративного мошенничества.

Источниками информации, предназначенной для анализа риска являются:

– данные финансового учета и бухгалтерской отчетности компании.

– организационная структура и штатное расписание;

– карты технологических потоков (технико-производственные риски);

– договоры и контракты (деловые и юридические риски);

– себестоимость производства продукции;

– финансово-производственные планы предприятия и др.

Контрольная среда позволяет выделить внешние и внутренние факторы финансово-хозяйственной среды компании, оказывающие влияние на возникновение рисков мошенничества.

Оценка и анализ рисков мошенничества должны учитывать размер компании, ее организационно-функциональную структуру, направления деятельности и осуществляться на регулярной основе как самостоятельный процесс или в рамках всеобъемлющей оценки рисков, которые характерны для компании в целом.

Оценка уровня рисков считается одним из важнейших этапов риск-менеджмента. В научной литературе в общем случае под оценкой риска понимается систематический процесс выявления факторов и видов риска и их количественная оценка, то есть методология анализа рисков сочетает взаимодополняющие качественный и количественный подходы.

Основной целью качественной оценки рисков является определение причин и источников рисков, этапов в работе, при осуществлении которых появляется некая угроза существующему порядку. Другими словами, целевыми задачами служат:

– выявление потенциальных зон риска;

– определение рисков, которые сопутствуют деятельности организации;

– составление прогноза возможных негативных последствий выявленных рисков и практических выгод.

Выявление основных видов рисков, которые оказывают влияние на финансово-хозяйственную деятельность предприятия, остается главной целью данного этапа анализа. Преимуществом такого подхода является то, что руководитель может на начальном этапе оценки проанализировать уровень риска по количест-

венному их составу и на ранней стадии отказаться от заведомо рискованных решений.

Исходной информацией для проведения количественной оценки рисков становятся итоговые результаты качественного анализа, то есть анализируются только те риски, которые присутствуют при проведении конкретной операции алгоритма принятия решения.

Риски исчисляются с помощью числовых значений величин отдельных рисков и риска объекта в целом на этапе количественного анализа риска. При этом определяется размер предполагаемого ущерба и проводится стоимостная оценка последствий риска. Завершающей стадией количественного анализа служит разработка системы антирисковых мероприятий и расчёт их эффективности.

Для того чтобы формализовать количественный анализ, применяются методы статистики, инструменты теории вероятности и теории исследования операций. Самые распространённые методы количественной оценки рисков – это статистические, аналитические, а также методы экспертных оценок и методы аналогов.

Один из существенных рисков мошенничества это то, что система нормативного регулирования вопросов внутреннего контроля в России, включая и сферу водного транспорта, находится в стадии становления. В большинстве отраслевых организаций внутренний контроль заключается лишь в годовой проверке финансово-хозяйственной деятельности, которая дает оценку результатов проведенных операций в прошлом, это так называемый «последующий контроль». Такая практика снижает эффективность контроля в процессе подготовки и совершения хозяйственных операций, а следовательно, и возможность снижать риски мошенничества [3].

Современные условия хозяйствования на водном транспорте требуют пересмотра традиционных подходов к организации внутреннего контроля. В частности, понятие и содержание внутреннего контроля до сих пор не закреплено на уровне федеральных законов. Отсутствуют федеральные и отраслевые стандарты, регулирующие организацию и процессы внутреннего контроля. Хотя с 1 января 2013 года вступило в силу законодательное требование к юридическим лицам о необходимости организации и осуществления ими внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной деятельности, а к юридическим лицам, чья бухгалтерская (финансовая) отчетность подлежит обязательному аудиту – о необходимости осуществления внутреннего контроля ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности.

В связи с несовершенством законодательного регулирования внутреннего контроля и ориентации появившихся в последнее время рекомендаций по российскому и международному законодательству целесообразно как с теоретической, так и с практической точек зрения улучшить методологию и организацию системы внутреннего контроля на водном транспорте с учетом отраслевых особенностей, а также имеющегося отечественного и зарубежного опыта.

ИСТОЧНИКИ

1. Транспорт Украины и мира. [Электронный ресурс]: http://transukr.dp.ua/2015/04/17/rossiya-v-nizhnem-novgorode-na-predpriyatii-rechnogo-transporta-vyyavlen-fakt-moshennichestva.html. Доступ 30.06.3016.

2. Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт морского флота. Информация о случаях и видах мошенничества и обмана в сфере судоходства. [Электронный ресурс]: http://www.dniimf.ru/.html. Доступ 30.06.2016.

3. Мошенничество и хищение в структуре перевозок // Онлайн-журнал «Диспетчер перевозок». [Электронный ресурс]: http://dispetcher-gruzoperevozok.info/moshennichestvo-i-xishheniya-v-strukture-gruzoperevozok/. Доступ 30.06.2016.

4. Организация и производство отдельных следственных действий при расследовании преступлений, совершенных на водном транспорте. [Электронный ресурс]: http://studopedia.su/1_28840_organizatsiya-i-proizvodstvo-otdelnih-sledstvennih-deystviy-pri-rassledovanii-prestupleniy-sovershennih-na-vodnom-transporte.html. Доступ 30.06.2016.

5. Федеральный закон «О бухгалтерском учете» от 6 декабря 2011 г. № 402-ФЗ. Статья 19.

Координаты авторов: **Щепетова В. Н.** – shchwn@mail.ru, **Замотаева О. А.** – zamolga609@yandex.ru, **Шамонина К. С.** – ks4075@ya.ru.

Статья поступила в редакцию 30.06.2016, принята к публикации 22.08.2016.

INTERNAL CONTROL AND RISK MANAGEMENT IN WATER TRANSPORT

Schepetova, Valentina N., *Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.*
Zamotaeva, Olga A., *Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.*
Shamonina, Ksenia S., *Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.*

ABSTRACT

The article describes the types of risks associated primarily with fraud in organizations of inland water transport, methods for their detection and security management tools. In particular, it analyzes the characteristics and features of the most common threats, violations or crimes in the sphere of sea and river transportation, signs of abnormal practices, which might be harmful to the transport process and financial and economic condition of the company-carrier.

Keywords: water transport, security, risk, fraud, theft item, signs of fraud, risk assessment.

Background. *Risk for inland water transportation, as it is considered in the article, is a probability of damage or loss. Losses may be different: in the form of damages, lost profits or revenue, and even loss of property. The companies are exposed to various types of risks both external and internal. Among the external risks country, political, economic (tax, legal), environmental and other risks can be identified; among internal or corporate risks productional, financial, operational risks are most often. In recent years, the risks associated with fraud are increasingly emerging. And regardless of the size of the company, the legal form, industry sector, type of ownership, specialization, structure and location virtually every economic structure is exposed to the mentioned type of risk.*

There are many forms of fraud, but overall they can be grouped into four areas: the theft of assets, manipulation of financial and accounting reporting, tax crimes and other. The article considers examples of fraud in organizations of river and sea transport.

Objective. *The objective of the authors is to study the issues of internal control and risk management in water transport organizations.*

Methods. *The authors use general scientific methods, economic evaluation, scientific description, comparative method.*

Results. *In Nizhny Novgorod, at the enterprises of river transport fraud is often detected. For example, the CEO of one of them from April to July 2010 executed sham contracts for supply of crushed stone and gravel-sand mixture. More than one million rubles was transferred to a fictitious organization – supplier as payment. It was agreed beforehand that the delivery would not be made and the funds would go back to the Director for a refund to the cashier of the enterprise. However, the head did not return money.*

In the carriage of cargo there is a specificity of fraud. Cargo is transported in containers. When loading and unloading on water transport it is problematic to steal something. Although sometimes criminals steal directly from the terminals and warehouses in the ports. Here the main persons are often employees of transport companies. Facilities such as a port are strategic objects. Accordingly, the protection there is better than in a usual warehouse. Therefore, theft of goods in the field of maritime and river transport occurs much less frequently than in other industries.

In solving crimes, qualifying as fraud on water transport facilities, there are a number of features associated with the absence of traces on the crime scene, typical of other crimes, as crime detection occurs in most cases after a sufficiently long period of time [4].

Fraud can occur in the counterfeiting of authenticity of documents received by the customs (license, etc.), their belonging to this organization and this particular cargo, the validity of execution (signs of corrections substitution of details, discrepancy of information on the same items in different documents); non-compliance of requirements and the type of transaction contract with some export-import operation as a whole and on individual graphs (for example, the chosen order of payment, prices, etc.); violation of registration of papers related to international transportation of goods (availability, completeness, authenticity and reliability of shipping, commodity-transport and other documents, errors in their filling as established models; failure to comply with the organization requirements on the selection and consent of the customs authorities about the declaration and submission of cargo to control (certificate of recognition by the declarant, the contract with the organization – declarant, and so on).

In the shipping documents the following violations can be observed:

a) in loading orders, bill of lading, expenditure orders, receiving and acceptance statements and other documents – in case of sea transportation;

b) in the invoices, freight bill, acceptance statements, the act of loading and unloading and other papers – in case of river transportation.

It is not difficult to find a trick in tally invoices, replaceable tally statements and other documents when considering it possible to get information about the employees who carried out the loading or unloading, about vehicles, which delivered the goods in a warehouse or a ship, about their registration numbers. Violations can be in consumables orders, according to which the driver of the car exported goods from the port area; in the warehouse documents and acts, which reflects the shortage and indicates the cause of the shortage or damage.

By prior agreement between a group of people cargo theft happens most often. The ship's captain, his assistant, accountant or engineer in a similar situation often is an organizer of the theft. This is due to the fact that employees occupying positions listed, by the nature of their activities have information about loads, have full access to it and know all the features of its acceptance, transmission, storage, processing, transport, organization of accounting and reporting.

The subject of the theft of goods, committed by fraud, may be property, acquired by deception, abuse of authority or trust, the right to dispose of property. Voluntary transfer of property rights with respect to the offender is just different from other forms of fraud, theft. When committing fake certificates, fake contract, payment or founding documents are used [2].

In recent years, the volume of illegal extraction of aquatic plants and animals has increased. For these purposes both marine and river vessels are used.





On fishing vessels and fish processing plants the main subjects of theft are spawn, raw fish and fish by-products, ready-made fish products, cash and more.

Club of insurers «Skuld P & I Club», which provides information to the public about emerging fraud and deception in the shipping industry, noted that the criminals have become more innovative in terms of design and implementation of their criminal intentions. Modern scammers use the latest computer technology, while combining them with the methods of «old school», document forgery. In this regard, it is necessary to have sufficient knowledge in the field of information technology, to deal effectively with all types of violations and threats.

Often fraud is committed against the individual sailors, often from developing countries, for which it may be more difficult to discover the hidden manipulation and to take any protective action. Fraudsters create fake websites and employment agencies that promise jobs for seamen, citing its links with major shipping companies and their leaders. In practice, this is a bluff, and trusted people may lose money or may be hired by very suspicious vessels companies [2].

Misappropriation of assets occurs quite regularly, which includes theft and misuse of company assets (concealment and misappropriation of cash receipts, manipulation of the rental property, theft of inventory and funds for salaries). Signs of theft of assets can also be unjustified increase in inventories and tangible assets, shortage or surplus of funds, atypically large or atypically small operations on the current account and the box office; unevenness of remittances; unrealistically profitable, unprofitable or zero transactions; timeliness in settlement of receivables and payables; loss of primary documents or strikethrough in them; keeping copies, not the original documents.

It is rightly to consider as illogical changes in financial results signs of fraud with financial accounting and accounting reporting: increased revenue in case of reducing inventories and cash inflows; increase in stocks in case of reducing accounts payable; increase in turnover while reducing the balances of inventory, disparity in net profit in the statement of income and retained earnings in the balance sheet, mismatch of cash on the balance sheet and net cash flow in the statement of cash flows, etc.

Signs of fraud with tax payments may be a discrepancy of accounting and tax reporting, deliberate distortion of financial information about the organization in order to mislead the users of this information (overstating revenues and understating liabilities or expenses).

The other types of fraud include unrealistically low wages paid to employees and the small amount of deductions to social funds, and similar actions [5].

Achieving economic security of water transport companies may be due to fraud risk management, elimination of external and internal threats. Risk management is control, identification, assessment and analysis of the facts, actions, background dependencies.

Risk management is only possible through development of the internal control system, which must include the following components:

- *control environment;*
- *identification and assessment of risk consequences;*
- *control procedures (measures or means to reduce risk);*
- *information and communication;*
- *monitoring of effectiveness of control systems;*
- *organization of corrective actions.*

Risk management involves establishment of respective roles and responsibilities in the field of anti-fraud at all levels of the company, existence of codes of conduct / business ethics and other general corporate rules and procedures aimed at minimizing the risk of corporate fraud.

The sources of information for risk analysis are:

– Details of financial accounting and financial statements of the company.

– Organizational structure and staffing;

– Cards of technology flows (technical-operational risks);

– Agreements and contracts (business and legal risks);

– The cost of production;

– Financial and production plans of enterprises and others.

The control environment allows to select both external and internal factors of financial and economic environment of the company, which influence the occurrence of fraud risks.

Evaluation and analysis of fraud risk should take into account the size of the company, its organizational and functional structure, activities and should be implemented on a regular basis as a separate process or as part of a comprehensive risk assessment, which are typical for the company as a whole.

Assessing the level of risk is considered as one of the most important stages of risk management. In the scientific literature, in general, the risk assessment refers to the systematic process of identifying risk factors and the types of risks and their quantitative assessment, i.e. risk analysis methodology combines the complementary qualitative and quantitative approaches.

The main objective of the qualitative risk assessment is to identify the causes and sources of risk, the stages in the work, in the implementation of which there is a certain threat to the existing order. In other words, the targets are:

– identification of potential risk areas;

– determination of the risks that accompany the activities of the organization;

– drawing up of the forecast of possible negative consequences of the identified risks and practical benefits.

The identification of the main types of risks, effecting the financial-economic activity of the enterprise, is the main purpose of this stage of analysis. The advantage of this approach is that a manager can initially analyze the level of risk assessment to quantify their composition and at an early stage to abandon the obviously risky decisions.

The initial information for a quantitative risk assessment becomes final results of the qualitative analysis, i.e. only those risks are analyzed that are present during a particular operation of the decision-making algorithm.

The risks are calculated using the numerical values of the quantities of individual risks and the overall risk of the object on the stage of quantitative risk analysis. The size of the alleged damage is determined and the valuation of risk consequences is conducted. The final stage of a quantitative analysis is development of anti-risk measures system and calculation of their efficiency.

In order to formalize the quantitative analysis, statistical methods and tools of probability theory and the theory of operations research are applied. The most common methods for quantitative risk assessment are statistical, analytical, as well as methods for expert assessments and methods of analogues.

One of the significant risks of fraud is that the regulatory system of internal control issues in Russia, including the sphere of water transport, is in its infancy. In the most industry organizations internal control is only in the annual audit of financial and economic activity, which evaluates the results of operations in the past, the so-called «follow-up control». This practice reduces the efficiency of the control in the preparation and performance of business operations, and hence the opportunity to reduce the risk of fraud [3].

Conclusion. *Current economic conditions on water transport require a review of traditional approaches to the organization of internal control. In particular, the concept of internal control and its content has not yet been fixed in the federal laws. There are no federal and industry standards governing the organization and internal control processes. Although from January 1, 2013 came into force a legislative requirement to legal persons on the need of the organization and implementation of internal control of made business activities, and to legal entities, which accounting (financial) statements are subject to mandatory audit, on the need to implement the internal control of accounting and preparation of accounting (financial) statements.*

Due to the imperfection of the legislative regulation of internal control and the orientation of recommendations emerged recently under the Russian and international legislation, it is advisable both from theoretical and practical points of view to improve the methodology and the organization of internal control system on water transport, taking into account sectoral characteristics, as well as existing national and foreign experience.

REFERENCES

1. Transport of Ukraine and the world [*Transport Ukrainy i mira*]. [Electronic resource]: http://transukr.dp.ua/2015/04/17/rossiya-v-nizhnem-novgorode-na-predpriyatii-rechnogo-transporta-vyyavlen-fakt-moshennichestva.html. Last accessed 30.06.2016.

2. Far Eastern Research, Design and Research and Design and Technology Institute of the Navy [*Dal'nevostochnyj nauchno-issledovatel'skij, proektno-izyskatel'skij i konstruktorsko-tehnologicheskij institut morskogo flota*]. [Electronic resource]: http://www.dniimf.ru/.html information about the kinds of cases of fraud and deception in the field of navigation. Last accessed 30.06.2016.

3. Fraud and embezzlement in the structure of transport. In: On-line journal Dispatcher of traffic. [*Onlajn-zhurnal «Dispetcher perevozok»*: *Moshennichestvo i hishhenie v strukture perevozok*]. [Electronic resource]: http://dispetcher-gruzoperevozok.info/moshennichestvo-i-xishheniya-v-strukture-gruzoperevozok/. Last accessed 30.06.2016.

4. Organization and production of certain investigative actions during investigation of crimes committed on water transport [*Organizacija i proizvodstvo otdel'nyh sledstvennyh dejstvij pri rassledovanii prestuplenij, sovershennyh na vodnom transporte*]. [Electronic resource]: http://studopedia.su/1_28840_organizatsiya-i-proizvodstvo-otdelnih-sledstvennih-deystviy-pri-rassledovanii-prestupleniy-sovershennih-na-vodnom-transporte.html. Last accessed 30.06.2016.

5. Federal Law «On Accounting» dated 6 December, 2011 N402-FZ [*Federal'nyj zakon «O buhgalterskom uchete» ot 6 dekabrja 2011 g. N402-FZ*]. Article 19. ●

Information about the author:

Schepetova, Valentina N. – Ph.D. (Economics), professor of Volga State University of Water Transport (VSUWT), Nizhny Novgorod, Russia, shchwn@mail.ru.

Zamotaeva, Olga A. – Ph.D. (Economics), associate professor of Volga State University of Water Transport (VSUWT), Nizhny Novgorod, Russia, zamolga609@yandex.ru.

Shamonina, Ksenia S. – assistant of the department of Accounting of Volga State University of Water Transport (VSUWT), Nizhny Novgorod, Russia, ks4075@ya.ru.

Article received 30.06.2016, accepted 22.08.2016.

УДК 621.311.24

О некоторых аспектах стратегии КНР в сфере «зелёной» энергии



Максим ХАРЧЕНКО

Maxim P. KHARCHENKO

Харченко Максим Петрович *– кандидат исторических наук, старший преподаватель кафедры «Международные отношения и геополитика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

On Some Aspects of China's policies in the Field of «Green» Energy

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 222)

Статья посвящена изучению эволюционного опыта развития альтернативной энергетики в Китае. Анализируются применяемые в стране способы получения «зелёной» энергии и варианты ее использования в различных отраслях китайской экономики и транспортной сферы. Особый интерес вызывают автомобили и трамваи с гибридными и электрическими двигателями.

Ключевые слова: Китай, стратегия безопасности, альтернативная энергетика, «зелёная» энергия, альтернативный транспорт, электромобили, гибридный трамвай.

Китайское руководство выдвинуло крайне смелую, показавшуюся некоторым фантастической идею о том, что к 2020 году в стране 30% энергии будет вырабатываться благодаря альтернативным источникам. Понимая крайнюю необходимость в получении именно такого вида энергии, который помог бы Китаю стать самостоятельным игроком на мировом энергетическом рынке и не зависеть от поставок углеводородов, лидеры страны вкладывают огромные деньги в проекты, связанные с возобновляемой энергией.

Пекин готов выделять по $70 млрд инвестиций ежегодно для развития «зелёного сектора» при условии, что будет успешно реализовываться принятая энергетическая стратегия. «Программа 2011–2030», имеющая две промежуточные «остановки»: 2015 и 2020 годы (см. таблицу 1), должна помочь Китаю удержать первое место в мире по объему инвестиций в альтернативную энергетику, продолжая опережать Австралию, Германию и США.

Несмотря на то, что Китай в данный момент несколько отстает от своих программных планов, тем не мене темпы прироста по ряду видов альтернативной энергетики весьма впечатляющие. Информаци-

Таблица 1

Год	Ветер	Солнце	Вода
2015	50 млн кВт	30 ГВт	150 ГВт
2020	200 ГВт	50 ГВт	260 ГВт
2030	400 ГВт	100 ГВт	350 ГВТ

онное агентство Синьхуа опубликовало, к примеру, следующие данные о первом квартале 2016 года: «В январе-марте текущего года в Китае были сданы в эксплуатацию новые ветряные установки общей мощностью 5,33 ГВт, что на 13 процентов больше против аналогичного периода прошлого года... К концу марта совокупная мощность ветроэлектростанций Китая достигла 134 ГВт при росте на 33 процента в сравнении с прошлогодним показателем за аналогичный период. За этот отрезок времени объем выработанной ВЭС электроэнергии достиг 55,2 млрд киловатт-часов, увеличившись на 21 процент по сравнению с тем же периодом прошлого года» [1].

При всех неудачах, которые периодически настигают творцов «зелёного энергетического чуда», генеральный директор Китайского национального центра по изменению климатической стратегии и международного содействия Ли Цзюньфан уверен, что уже к 2050 году 85% всей своей энергии Китай будет получать от альтернативных источников [2].

Следует предположить, что эту уверенность разделяют и другие китайские чиновники и предприниматели. Объявленная в 2011 году двенадцатая пятилетка прошла под девизом первого шага от «черной энергетики» к «зелёной». Поэтому неудивительно, что КНР сегодня – главный производитель солнечных панелей: доля страны на мировом рынке выше двух третей. Главными компаниями-производителями также являются китайские: «Yingli Green Energy», «Trina Solar», «JinkoSolar». И хотя эти компании весьма нестабильны, а их создатели, в один день превращаясь в миллиардеров, потом так же за день теряли все, именно за ними будущее солнечной энергии.

В 2011 году потребление нефти в Китае составило 461,8 млн т, из которых более 160 млн т [3] расходовались на содержание парка легковых автомобилей. Данный показатель создавал угрозу не только экологической, но и экономической безопасности страны, что могло привести к катастрофической зависимости КНР от импорта нефти. Понимая всю сложность сложившейся ситуации, руководство Китая попыталось провести модернизацию в сфере автомобилестроения и перевести водителей крупнейших мегаполисов на газомоторное топливо. Определенным результатом начатой программы стало то, что сегодня на этом виде топлива в Китае ездят более 3 млн машин [4]. Вместе с тем программу нельзя считать до конца успешной, ибо замена бензина на газ не позволила стране освободиться от углеродной зависимости, а положительное действие, оказываемое на экологию, крайне мало.

Проанализировав результаты первой попытки реформы, Госсовет КНР в 2011 году одобрил «Программу развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики (2011–2020 гг.)» [5]. Согласно новой программе, руководство страны приняло решение об инвестировании более 100 млрд юаней в развитие производства автомобилей, использующих новые виды энергии. Отдельной строкой были прописаны расходы в объеме 15 млрд юаней на создание соответствующей инфраструктуры электрозарядных станций [6].

Надо особо подчеркнуть, что «Программа 2011–2020» – это крайне важный этап развития китайского альтернативного автопрома. Компании, которые действуют в рамках этой программы, разрабатывают и внедряют полноценную производственную линейку автомобилей нового поколения, которые благодаря различным налоговым льготам и государственной поддержке альтернативной энергии вскоре станут гораздо дешевле и привлекательнее обычных автомобилей.

Примечательно, что результат «Программы 2011–2020» отчетливо виден уже сейчас. Как сообщило Синьхуа: «В январе-апреле [2016] в Китае было выпущено 94 тыс. и реализовано 90 тыс. автомобилей, работающих на экологически чистых источниках энергии, что соответственно на 126,8 и 131,1 процента больше, чем в тот же период прошлого года... В частности, за указанный отрезок времени выпуск и сбыт электромобилей

составил 70552 и 66444 единицы /прирост на 165,3 и 171,2 процента соответственно/. А выпуск и сбыт «гибридных автомобилей», совмещающих электродвигатель с двигателем внутреннего сгорания, составил 23890 и 24085 единиц – прирост на 58,8 и 64,1 процента. Электромобили составляют 73 процента всех выпускаемых в стране машин на экологически чистых источниках энергии» [7].

Учитывая объемы средств, которые китайское правительство вкладывает в альтернативные источники энергии в целом и в автомобильное производство в частности, необходимо отметить и грандиозный вклад в развитие электрозарядных станций. Темпы развития сети таких станций весьма вдохновляют – власти Пекина, к примеру, рассчитывают на запуск 300-й зарядной станции к концу 2016 года. А это, в свою очередь, означает, что уже вскоре столица КНР будет буквально нашпигована 50 тыс. электрозарядных установок, каждая из которых расположится на расстоянии всего в 5 км друг от друга в пределах 5-го столичного транспортного кольца [8].

Однако не стоит полагать, что исключительно столица и мегаполисы включены и активно участвуют в мероприятиях и проектах «Программы 2011–2020». Например, в городе Тайюань провинции Шаньси согласно планам местного руководства все автомобили-такси вскоре заменят электромобилями, что позволит не только улучшить экологию города, но и сэкономить часть бюджетных средств, ежегодно выделяемых властями на модернизацию автомобильного оборудования и самих автомобилей. Синьхуа сообщает: «Зарегистрированные в городе 8292 такси начали списывать еще с конца прошлого года (2015 г. – *прим. автора*). К настоящему моменту на электромобили заменены более 4100 такси. Планируется, что к концу июля электромобили придут на смену и оставшимся такси, которые работают на бензине или газовом топливе» [9].

Свои плоды приносят и разработки НИОКР, весьма обильно финансируемые в рамках все той же «Программы 2011–2020». Так, министр науки и техники КНР Вань Ган, выступая на Китайском форуме автомобилестроения-2016, заявил, что Китай намерен в течение будущих пяти лет создать аккумуляторы для электромобилей с удвоенной энергетической плотностью и на половину снизить стоимость их производства. При этом министр отметил следующее: «В новом источнике питания будет улучшен показатель плотности, которая достигнет 300 Вт • ч/кг, а себестоимость производства составит менее 1 юаня за Вт • ч. Основной упор делается на расширении масштабов производства и активизации научно-исследовательской деятельности в этой сфере». Исходя из энергосбережения, охраны окружающей среды и особенностей автомобильной отрасли, будущее данной отрасли зависит от автомобилей на новых источниках энергии. Кроме того, урегулирование энергетической структуры в стране обеспечит электромобили энергией, ужесточение требований к автомобильным предприятиям по снижению энергозатрат будет способствовать переходу к массовому производству электромобилей [10].

Особый интерес вызывает применение китайскими специалистами альтернативных и гибридных источников энергии для общественного транспорта. Так, в апреле 2016 года после четырех лет кропотливого совместного труда инженеров и рабочих Таншаньской локомотиво-вагоностроительной компании при Китайской локомотивостроительной корпорации CRRC (Чжунго Чжунчэ), расположенной в провинции Хэбэй, и ученых из Юго-Западного института «Цзяотун» был создан новый трамвай на гибридных источниках энергии – водородных аккумуляторах и ионисторах. Как сообщила Таншаньская локомотиво-вагоностроительная компания, новый трамвай может работать дольше, чем имеющиеся сейчас, и не нуждается в воздушной контактной линии. Более того, он не производит выбросов загрязняющих веществ. Трамвай способен перевозить до 336 пассажиров, а 15-минутная заправка позволяет ему преодолеть более 40 км при максимальной скорости движения в 70 км/ч. Особой гордостью китайских специалистов является то, что это первый в мире трамвай, использующий гибридную систему питания из водородных аккумуляторов и ионисторов [10].

Справедливости ради отметим, что водородные топливные элементы также широко применяются в автомобильной промышленности.

Приоритет стратегической безопасности, безусловно, является ключевым выбором Китая. Стратегия Поднебесной в данном направлении концентрируется вокруг нескольких фундаментальных идей, которые кооперируют в себе внешние и внутренние ресурсы.

Во-первых, это принцип «экономности». В своем выступлении на XVIII съезде КПК генеральный секретарь Центрального Комитета Коммунистической партии Китая Ху Цзиньтао отмечал: «Ресурсоэкономия – основная мера охраны экосреды. Следует обеспечивать экономное и интенсивное использование ресурсов посредством стимулирования коренного преобразования форм их использования и усиления самого управления всем процессом использования в целях экономии, чтобы можно было значительно уменьшать интенсивность потребления энергоресурсов, воды и земли, повышать при этом коэффициент и эффективность их использования. Нужно продвигать революционные формы производства и потребления энергоресурсов, контролировать общий объем их затрат, поддерживать развитие энергосберегающей и низкоуглеродной индустрии, освоение источников новых и возобновляемых энергоресурсов, обеспечивая энергетическую безопасность страны» [11].

Во-вторых, это принцип диверсификации источников получения энергоресурсов путем использования альтернативной энергии ветра, солнца и воды.

В-третьих, это технологические инновации и развитие атомной энергетики. Особое место в обеспечении энергетической безопасности Китая сегодня принято уделять именно развитию атомной энергетики. Если поставки нефти и газа морским путем подвергаются различному виду трудностей – от международной обстановки до банального пиратства, а сухопутные нефтепроводы и газопроводы находятся в стадии постройки и тестирования, то развитие атомной энергетики можно обеспечить на своей территории и не зависеть от стран-экспортеров энергетических ресурсов или транзитных государств.

Можно смело предположить, что после запланированного строительства целого ряда атомных реакторов при их соответствии всем нормативам и требованиям по технике безопасности, если и не удастся полностью покрыть дефицит Поднебесной в энергетических ресурсах, то как минимум будет существенно укреплена энергетическая безопасность КНР.

Поставленные задачи по фактическому переводу страны на рельсы альтернативной «зелёной» энергетики – понятно, очень сложно выполнимы. Однако успехи китайских компаний, НИИ, фабрик и заводов оставляют надежду на то, что наш восточный партнер все же сумеет реализовать намеченное и сможет удержать лидерство среди стран, использующих альтернативную энергию.

ЛИТЕРАТУРА

1. В первом квартале 2016 года мощность ветроэлектростанций в Китае выросла на 13 процентов // ИА «Синьхуа». [Электронный ресурс]: http:// russian.news.cn/2016–04/27/c_135315933.htm. Доступ 28.04.2016.

2. Фрейдерсон Т. Китай стремится стать лидером в производстве «альтернативной» энергии // Москва–Пекин.– 2015.– № 4 (Сентябрь).– С. 38–41.

3. В 2012 г. объем сырой нефти CNPC в Китае достиг 110 млн тонн. [Электронный ресурс]: http://russian.people.com.cn/31518/8087668.html. Доступ 11.04.2015.

4. Правосудов С. Как русские китайцев от угля отучали // Москва–Пекин.– 2015.– № 1 (Май-Июнь).– С. 19.

5. Lan Xinzhen. Keeping It Green. China gives more generous incentives to energy-saving and new-energy vehicles // Beijing Review / May 3, 2012, Vol. 55, № 18. P. 28–29.

6. China's National English News Weekly. [Электронный ресурс]: http://www.bjreview.com.cn/quotes/txt/2011–02/14/content_331522.htm. Доступ 15.04.2016.

7. В январе-апреле в Китае выпуск экологически чистых автомобилей вырос на 126,8 проц., сбыт – на 131,1 проц. // ИА «Синьхуа». [Электронный ресурс]: http://russian.news.cn/2016–05/11/c_135351303.htm. Доступ 12.05.2016.

8. Петрунько К. Транспортный комплекс КНР: курс – инновации // Сборник докладов II-й международной конференции молодых востоковедов в ИДВ РАН.– 2015.– С. 89–90.

9. Тайюань станет первым в Китае городом со 100-процентным автопарком такси из электромобилей // ИА «Синьхуа». [Электронный ресурс]: http://russian.news.cn/2016–05/10/c_135348329.htm. Доступ 11.05.2016.

10. Китай планирует удвоить энергетическую плотность аккумуляторов // ИА «Синьхуа». [Электронный ресурс]: http://russian.news.cn/2016–04/27/c_135316434.htm. Доступ 01.05.2016.

11. Ху Цзиньтао. Полный текст доклада на 18 съезде КПК. [Электронный ресурс]: http://www.cntv.ru/2012/11/19/ARTI1353293400614968.shtml. Доступ 06.05.2015.

Координаты автора: **Харченко М. П.** – harcenco@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 15.06.2016, принята к публикации 24.08.2016.

ON SOME ASPECTS OF CHINA'S POLICIES IN THE FIELD OF «GREEN» ENERGY

Kharchenko, Maxim P., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the evolutionary development experience of alternative energy in China. The author analyzes the country's methods for producing «green» energy and options for its use in various sectors of the Chinese economy and the transport sector. The cars and trams with hybrid and electric motors are of particular interest.

Keywords: China, safety strategy, alternative energy, «green» energy, alternative transport, electric car, hybrid tram.

Background. *The Chinese leadership has put forward a very bold, which seemed for somebody even fantastic, idea that by 2020 in the country 30% of the energy will be produced through alternative sources. Realizing the urgent need to get exactly this type of energy, which would help China to become an independent player on the world energy market and not to depend on hydrocarbon supplies, the country's leaders have invested a lot of money in projects related to renewable energy.*

China is ready to allocate $70 billion investment annually for development of «green sector» under the condition that the energy strategy adopted will be successfully implemented. «Program 2011–2030», which has two intermediate «stops»: 2015 and 2020 (See Table 1), should help China to hold the first place in the world in terms of investment in alternative energy, continuing to outpace Australia, Germany and the United States.

Table 1

Year	Wind	Sun	Water
2015	50 mln kW	30 GW	150 GW
2020	200 GW	50 GW	260 GW
2030	400 GW	100 GW	350 GW

Objective. *The objective of the author is to consider some aspects of development of «green» energy strategy in China.*

Methods. *The author uses general scientific methods, economic approach, comparative analysis, analytical method.*

Results. *Despite the fact that China currently lags behind its program plans, the rate of growth for a number of types of renewable energy is very impressive. Xinhua information agency published, for example, the following data on the first quarter of 2016: «In January-March this year, China has put into operation new wind installations with a total capacity of 5,33 GW, which is 13 per cent more against the same period last year … By the end of March, China's total wind power capacity reached 134 GW, with an increase of 33 percent compared to last year's figure for the same period.*

During this period of time the amount of electricity generated by WES reached 55,2 billion kilowatt hours, an increase by 21 percent compared with the same period of last year» [1].

With all the failures that periodically overtake the creators of «green energy miracle», the general director of China National Centre for the change in climate strategies and international support Lee Tszyunfan is sure that by 2050 85% of the total China energy will be produced by alternative sources [2].

It must be assumed that this belief is shared by other Chinese officials and entrepreneurs. Announced in 2011 the Twelfth Five Year Plan was held under the motto of the first step from «black energy» to «green». It is not surprising that China today is a major manufacturer of solar panels: its share in the world market is more than two thirds. The main manufacturing companies are also Chinese: «Yingli Green Energy», «Trina Solar», «JinkoSolar». Although these companies are very unstable, and their creators, in one day became billionaires, then in one day they can loose everything, precisely because they are the future of solar energy.

In 2011, oil consumption in China amounted to 461,8 million tons, of which more than 160 million tons [3] were spent on maintenance of the car fleet. This rate of consumption created a threat not only to environmental, but also economic security of the country, which could lead to catastrophic dependence of China on oil import. Realizing the complexity of the situation, the Chinese government tried to modernize the automotive industry and to transfer drivers of the largest metropolises to natural gas. Certain result of the start of the program was that today more than 3 million vehicles in China use this type of fuel [4]. However, the program cannot be considered totally successful, as substitution of petrol with gas did not allow the country to get rid of carbon dependency and the positive effect exerted on the environment, is extremely small.

After analyzing the results of the first attempts of reform, the State Council of China in 2011 approved the «Program of development of the automotive industry on the basis of energy-saving and new energy (2011–2020) » [5]. Under the new program, the government has decided to invest more than 100 billion Yuan into the development of car production, using new forms of energy. As a separate line expenses at the amount of 15 billion Yuan were prescribed to build the appropriate infrastructure of electric charging stations [6].

It should be emphasized that the «Program 2011–2020» is a very important stage in the development of the Chinese alternative automobile industry. Companies that operate in the framework of this program, develop and implement a complete production line of the new generation of cars that is by due to various tax benefits and state support for alternative energy will soon become much cheaper and more attractive than conventional cars.

It is extremely important that the result of the «Program 2011–2020» is clearly visible now. As reported by Xinhua: «In January-April [2016], China produced 94 thousand and sold 90 thousand cars running on clean energy sources that is by respectively 126,8 and 131,1 percent more than in the same. period last year … In particular, during this period of time the production and sales of electric vehicles was 70552 and 66 444 units (increase by 165,3 and 171,2 per cent respectively). And the production and sale of «hybrid cars», combining an electric motor with an internal combustion engine, totaled 23890 and 24085 units (58,8 and 64,1 percent growth respectively). Electric cars make up 73 percent of all vehicles produced in the country on environmentally friendly sources of energy» [7].

Given the amount of funds that the Chinese government invests in alternative energy sources in general and in car production in particular, a grand contribution to the development of electric charge stations should be noted. The pace of development of a network of such stations is very inspiring – Beijing authorities, for example, expect to launch the 300th charging station by the end of 2016. And this, in turn, means that soon the Chinese capital will be literally crammed with 50 thousand electric charging units, each of which will be located at a distance of 5 km from each other within the 5th transport ring of the capital [8].

But do not believe that only the capital and metropolitan areas are included and actively participate in the activities and projects of the «Program 2011–2020». For example in the city of Taiyuan, Shanxi Province according to the plans of local authorities all taxi cars soon will be replaced by electric vehicles, which will not only improve the environment of the city, but also save a portion of the budget allocated annually by the authorities for modernization of equipment and automotive vehicles themselves. Xinhua reported: «8292 taxi cars registered in the city began to be written off from the end of last year (2015 – author's note.). To date, more than 4 100 taxis have been replaced by electric vehicles. It is planned that by the end of July, electric vehicles will have replaced the left taxis, which run on petrol or gas fuel» [9].

R & D development, very richly funded under all the same «Program 2011–2020», bears its fruits. So, China's minister of science and technology Wan Gang, speaking at the China Automotive Forum 2016 said that China intended over the next five years to create batteries for electric vehicles with twice the energy density and to reduce by half the cost of their production. The minister said the following: «The new power source will have an improved measure of density, which reaches 300 watt-hour / kg, and the cost of production will be less than 1 Yuan per watt-hour. The focus is on the expansion of production scale and enhancement of research activities in this area». On the basis of energy saving, environmental protection and features of the automotive industry, the future of the industry depends on the cars on new sources of energy. In addition, the energy structure settlement in the country will provide electric cars with energy, stricter requirements for automotive companies to reduce energy consumption will facilitate the transition to mass production of electric vehicles [10].

The use by Chinese experts of hybrid and alternative energy sources for public transport is of particular interest. So, in April 2016 after four years of painstaking joint work of engineers and workers of Tangshan locomotive-car-building company at the Chinese locomotive building Corporation CRRC (Zhongguo Chzhunche), located in Hebei province, and scientists from the Southwest Jiaotong university a new tram on hybrid energy sources – hydrogen batteries and supercapacitors was created. As the Tangshan locomotive-car-building company announced, a new tram can run longer than currently available, and does not need the overhead contact line. Moreover, it does not produce emissions. The tram can carry up to 336 passengers, and 15-minute charging allows it to cover more than 40 km at a maximum speed of movement of 70 km / h. Special pride of Chinese experts is that it is the world's first tram, using a hybrid power supply system of the hydrogen batteries and supercapacitors [10].

In fairness it should be noted that hydrogen fuel cells are also widely used in the automotive industry.

Strategic security priority, of course, is the key choice in China. China's strategy in this area is concentrated around a few basic ideas that cooperate in themselves external and internal resources.

Firstly, it is the principle of «thrift». In his speech at the XVIII Congress of the CPC General Secretary of the Central Committee of the Communist Party of China Hu Jintao said: «Resource saving is a basic ecological environment protection measure. It is necessary to ensure the economical and intensive use of resources by promoting the radical transformation of the forms of their use and strengthening of control of the entire process for saving purpose to be able to significantly reduce the intensity of energy resource consumption, water and land, to increase at the same time the coefficient and efficiency of their use. It is necessary to promote revolutionary forms of energy production and consumption, to control the total amount of their costs, to support the development of energy-saving and low-carbon industry, the development of sources of new and renewable energy sources, ensuring energy security of the country» [11].

Secondly, the principle of diversification of sources of energy generation through the use of alternative energy of wind, sun and water.

Thirdly, technological innovation and development of nuclear energy. A special place in ensuring the energy security of China is given today to the development of nuclear energy. If oil and gas supplies by sea is subject to various constraints – from the international situation to the banal piracy and land oil and gas pipelines are under construction and testing, the development of nuclear energy can be provided on its territory and it does not depend on the countries-exporters of energy resources or transit countries.

It is safe to assume that after the planned construction of a number of nuclear reactors in their compliance with all regulations and safety requirements, if they do not manage to completely cover the deficit in China's energy resources, then at least the energy security of China will be significantly strengthened.

Conclusion. *The tasks for the actual transfer of the country on the rails of alternative «green» energy – it is clear, are very difficult to be implemented. However, the success of Chinese companies, research institutes, factories give us a hope that our eastern partner will still be able to implement the planned tasks and will be able to hold the leading position among countries that use alternative energy.*

REFERENCES

1. In the first quarter of 2016 in China wind power capacity grew by 13 percent. Information agency «Xinhua». [*V pervom kvartale 2016 goda moshhnost' vetroelektrostancij v Kitae vyrosla na 13 procentov. IA «Sin'hua»*]. [Electronic resource]: http: // russian.news.cn/2016–04/27/c_135315933.htm. Last accessed 28.04.2016.

2. Freiderson, T. China aims to become a leader in the production of «alternative» energy [*Kitaj stremitsja stat' liderom v proizvodstve «al'ternativnoj energii*]. *Moskva–Pekin*, 2015, № 4 (September), pp. 38–41.

3. In 2012, the volume of CNPC crude oil in China reached 110 million tons [*V 2012 g. ob'em syroj nefti CNPC v Kitae dostig 110 mln ton*]. [Electronic resource]: http://russian.people.com.cn/31518/8087668.html. Last accessed 11.04.2015.

4. Pravosudov, S. As Russian weaned Chinese from coal [*Kak russkie kitajcev ot uglja otuchali*]. *Moskva–Pekin*, 2015, № 1 (May-June), p. 19.

5. Lan Xinzhen. Keeping It Green. China gives more generous incentives to energy-saving and new-energy vehicles. *Beijing Review*, May 3, 2012, Vol. 55, № 18, pp. 28–29.

6. China's National English News Weekly. [Electronic resource]: http://www.bjreview.com.cn/quotes/txt/2011–02/14/content_331522.htm. Last accessed 15.04.2016.

7. In January-April, China's production of environmentally friendly cars increased by 126,8 percent, sales – by 131,1 percent. Information agency «Xinhua». [*V janvare-aprele v Kitae vypusk ekologicheski chistyh avtomobilej vyros na 126,8 proc, sbyt – na 131,1 proc. IA «Sin'hua»*:]. [Electronic resource]: http://russian.news.cn/2016–05/11/c_135351303.htm. Last accessed 12.05.2016.

8. Petrunko, K. The transport complex of China: course – innovation [*Transportnyj kompleks KNR: kurs – innovacii*]. *Proceedings of the II International Conference of Young Orientalists in the RAS IFES*, 2015, pp. 89–90.

9. Taiyuan will be the first city in China with a 100 percent taxi fleet of electric cars. Information agency «Xinhua». [*Tajjuan' stanet pervym v Kitae gorodom so 100-procentnym avtoparkom taksi iz elektromobilej. IA «Sin'hua»*]. [Electronic resource]: http://russian.news.cn/2016–05/10/c_135348329.htm. Last accessed 11.05.2016.

10. China plans to double the power density of batteries. Information agency «Xinhua». [*Kitaj planiruet udvoit' energeticheskuju plotnost' akkumuljatorov. IA «Sin'hua»*.]. [Electronic resource]: http://russian.news.cn/2016–04/27/c_135316434.htm. Last accessed 01.05.2016.

15. Hu Jintao. The full text of the report at the 18th CPC National Congress [*Polnyj tekst doklada Hu Czin'tao na 18 s'ezde KPK*]. [Electronic resource]: http://www.cntv.ru/2012/11/19/ARTI1353293400614968.shtml. Last accessed 06.05.2015. ●

Information about the author:
Kharchenko, Maxim P. – Ph.D. (History), senior lecturer at the department of International relations and geopolitics of transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, harcenco@yandex.ru.

Article received 16.06.2016, accepted 24.08.2016.

УДК 621.327.534.15

Электромагнитные поля компактных люминесцентных энергосберегающих ламп



Елена ОЗЕРОВА
Elena S. OZEROVA

Мария ЕВДОКИМОВА
Maria P. EVDOKIMOVA





Елена ФАРАФОНОВА
Elena A. FARAFONOVA

Озерова Елена Сергеевна *– кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химия и инженерная экология» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Евдокимова Мария Павловна *– инженер Научно-исследовательского института медицины труда, Москва, Россия.*
Фарафонова Елена Александровна *– студентка 4-го курса МИИТ, Москва, Россия.*

Electromagnetic Fields of Compact Energy-Saving Fluorescent Lamps
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 228)

Рассматриваются вопросы, связанные с возможной эколого-гигиенической опасностью, которые могут представлять электромагнитные поля компактных энергосберегающих ламп. Приведены результаты измерений электромагнитных полей в низкочастотной области: спектрального состава, напряженности в зависимости от расстояния для ламп различных видов и потребляемой мощности. Показано, что максимальные величины напряженности электромагнитного поля частотой 50 Гц от измеренных энергосберегающих ламп не превышают предельно допустимых уровней.

Ключевые слова: экологическая безопасность, гигиена труда, компактные энергосберегающие лампы, электромагнитные поля, спектр электромагнитных полей, предельно допустимые уровни.

Переход на альтернативные источники энергии и ее рачительное использование – это одна из сегодняшних глобальных проблем человечества. Внедрение ресурсосберегающих систем и технологий в ОАО «Российские железные дороги» складывается из комплекса мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности, что определено федеральным законодательным актом [1]. В числе прочего – внедрение энергоэффективного светотехнического оборудования для освещения помещений и территорий железнодорожных объектов, перспективных источников света, к которым, в частности, относятся компактные люминесцентные энергосберегающие лампы.

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Переход с устаревших ламп накаливания на новые энергосберегающие лампы обусловлен их высокой световой отдачей, длительным сроком службы и незначительным тепловыделением. В связи с этим

Таблица 1

Основные характеристики компактных люминесцентных энергосберегающих ламп «Osram»

Общий вид и тип ламп	Мощность	Световой поток	Цветовая температура	Габариты
 Osram «Micro Twist»	15 Вт	970 лм	2700 K	103×48 мм
 Osram «Micro Twist»	12 Вт	740 лм	2700 K	97×48 мм
 Osram «Dulux Superstar Classic A»	14 Вт	740 лм	2700 K	140×71 мм
 Osram «Dulux Star compact»	11 Вт	600 лм	2700 K	119×43мм

возникают не только технические проблемы, но и вопрос о потенциальной опасности, которую могут представлять энергосберегающие лампы для окружающей среды и человека [2, 3].

Компактные люминесцентные лампы в отличие от традиционных ламп накаливания, которые излучают видимый свет при нагревании находящейся в стеклянной колбе с инертным газом вольфрамовой нити, работают по принципу люминесцентной трубки, свернутой или в виде компактной спирали, или наподобие буквы U. В корпусе такой лампы содержится балластное электронное устройство, которое обеспечивает генерацию электрических импульсов для поддержания газового разряда в парах ртути, содержащихся в трубке. Электрический разряд создает импульсное ультрафиолетовое излучение, преобразуемое в видимый свет с помощью нанесенного на внутренние стенки трубки люминофора.

Такая технология имеет более высокую эффективность, чем у обычных ламп накаливания, однако создает некоторые недостатки: другой спектральный состав излучаемого света, содержание в трубке ртути и генерацию электромагнитных полей (ЭМП), связанных главным образом с электронным балластным устройством. Измерения величины ЭМП у компактных люминесцентных ламп различных фирм-производителей проводились в низко- [4], средне- и высокочастотном диапазонах [5]. Но при этом не рассматривались вопросы, касающиеся спектрального состава ЭМП ламп в области низких частот, а также связь формы ламп и их мощности с расстоянием и интенсивностью создаваемых ими полей. И именно в том была цель нашего исследования, проводившегося на базе Научно-исследовательского института медицины труда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение интенсивности электромагнитного поля велось с помощью измерителя напряженности электрической и магнитной составляющих NARDA EFA-300 (NARDA Inc., США). Он позволяет проводить спектральный анализ ЭМП с использованием быстрого преобразования Фурье в диапазоне частот 5 Гц-32 кГц с шириной полосы (по уровню +0/–3 дБ) до 32 кГц. В измерениях фигурировало шесть компактных люминесцентных ламп «Osram» (Франция), имеющих незначительные различия в потребляемой мощности и отличающихся по виду и световому потоку. Тип и характеристики ламп приведены в таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе измерения антенна EFA 2245/90.31 в диэлектрическом держателе

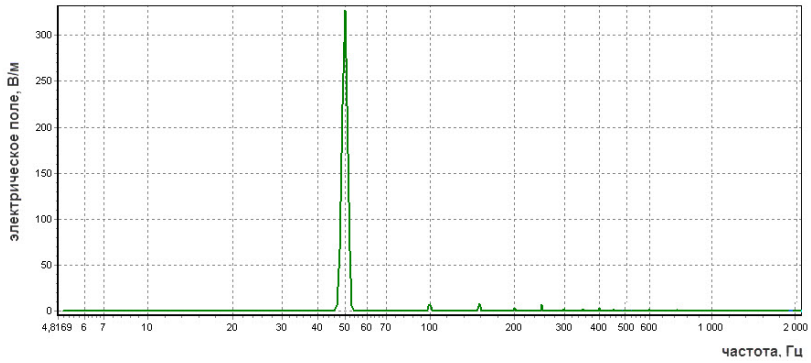


Рис. 1. Характерный спектр электромагнитного поля (электрическая составляющая) компактной люминесцентной лампы в диапазоне частот от 4 Гц до 2 кГц.

Таблица 2

Величины напряженности электрической составляющей ЭМП частотой 50 Гц на различных расстояниях от вершины компактной люминесцентной энергосберегающей лампы «Osram» (вертикальная ось)

Вид лампы, потребляемая мощность и световой поток	Напряженность электромагнитного поля частотой 50 Гц, В/м				
	Расстояние от лампы, см				
	1	5	10	15	30
«Micro Twist» 15 Вт, 970 лм	459,3	189,6	117,5	82,2	47,4
«Micro Twist» 12 Вт, 740 лм	449,7	175,6	113, 4	82,2	45,4
«Dulux Superstar Classic A» 14 Вт, 740 лм	339,8	177,2	105,5	77,8	48,9
«Duluxstar Compact» 11 Вт, 600 лм	403,2	196,6	109,8	78,0	47,2

размещалась по вертикальной оси компактной люминесцентной лампы в пяти точках на расстояниях 1, 5, 10, 15 и 30 см от ее вершины. Первый этап заключался в регистрации спектра ЭМП ламп в диапазоне частот от 5 Гц до 32 кГц. Анализ полученных результатов показал, что спектры отличаются только амплитудой спектральных составляющих, тогда как их соотношение не меняется в зависимости от вида лампы и ее мощности. Характерный вид спектра ЭМП (электрическая составляющая) компактной люминесцентной лампы приведен на рис. 1. В спектре присутствуют основная электрическая составляющая ЭМП на частоте 50 Гц и в значительно меньшей степени – гармоники.

Исходя из полученного спектрального состава ЭМП, были проведены основные измерения напряженности поля всех ламп на частоте 50 Гц. Анализ результатов свидетельствует, что величины напряженности ЭМП на расстоянии 30 см от ламп в пределах ошибки измерений практически одинаковы и находятся в пределах от 45,4 до 48,5 В/м. Однако на расстоянии одного см проявляются различия, касающиеся в первую очередь ламп с компактной спиралью («Micro Twist») и классической формы («Dulux Superstar Classic A») (см. таблицу 2).

Из всех шести измеренных ламп только у классической по форме «Dulux Superstar Classic A» величина напряженности ЭМП меньше зависит от расстояния до лампы. Однако, несмотря на самую меньшую величину ее напряженности ЭМП на расстоянии 1 см (339,8 В/м), значение того же параметра при 30 см является максимальным из всех измерений и составляет 48,9 В/м. Промежуточное положение по результатам измерения ЭМП частотой 50 Гц занимает «Duluxstar Compact», у которой при наименьшей потребляемой мощности 11 Вт величина напряженности сопоставима с величинами ламп «Micro



Twist», но световой поток у них меньше и составляет 600 лм.

ВЫВОДЫ

По результатам измерения можно предполагать, что величина напряженности электрической составляющей ЭМП на частоте 50 Гц компактных люминесцентных ламп зависит от конструктивного исполнени светоизлучающей трубки, а также от потребляемой лампами мощности.

Полученные данные позволяют считать наиболее оптимальной по сочетаемым характеристикам (световой поток, габариты и равномерное распределение интенсивности ЭМП в зависимости от расстояния) лампу «Dulux Superstar Classic A». Максимальные величины напряженности ЭМП частотой 50 Гц у нее составляют на расстоянии 1 см 459,3 В/м, а 30 см – 48,9 В/м.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭМП частотой 50 Гц на рабочем месте в течение всей рабочей смены в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами равен 5 кВ/м [7], а в жилых помещениях – не выше 0,5 кВ/м [8]. Обращаясь с позиций этих критериев к вопросам безопасности ЭМП компактных люминесцентных энергосберегающих ламп, можно однозначно отметить их безусловную безопасность для окружающей среды и человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]: http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html. Доступ 18.02.2016.

2. Гуревич В. Энергосберегающие лампы: обратная сторона медали // Электротехнический рынок.– 2010.– № 1–2.– С. 31–32.

3. Вредны ли люминесцентные лампы? Обзор по материалам СМИ // Энергосовет.– 2010.– № 6.– С. 56–59.

4. Azizi M., Aliabadi M., Golmohammadi R. The intensity of electromagnetic fields emitted by common compact fluorescent lamps // Journal of Ergonomics.– 2015.– Vol. 3, N. 2.– P. 76–84.

5. Bakos J., Nagy N., Juhász P., Thuróczy G. Spot measurements of intermediate frequency electric fields in the vicinity of compact fluorescent lamps // Radiat. Prot. Dosim.– 2010.– Vol. 142, N. 2–4.– P. 354–357.

6. Nadakuduti J., Douglas M., Capstick M., Kühn S., Kuster N. Application of an induced field sensor for assessment of electromagnetic exposure from compact fluorescent lamps // Bioelectromagnetics.– 2012.– Vol. 33, N.2.– P. 166–175.

7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4/1191–03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».– М., 2003.

8. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.2645–10. «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».– М., 2010.

Координаты авторов: **Озерова Е. С.**– kafedra_ec_miit@mail.ru,
Евдокимова М. П.– yevdokimova.m@gmail.com, **Фарафонова Е. А.**– falenk@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.02.2016, актуализирована 18.02.2016, принята к публикации 24.05.2016.

ELECTROMAGNETIC FIELDS OF COMPACT ENERGY-SAVING FLUORESCENT LAMPS

Ozerova, Elena S., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Evdokimova, Maria P., *Research Institute of Occupational Medicine, Moscow, Russia.*
Farafonova, Elena A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The questions related to potential environmental and hygienic hazard, which may be caused by electromagnetic field of compact energy saving lamps, are considered. The results of measurements of electromagnetic fields in low frequency domain: spectral composition, intensity depending on distance for lamps of various types and power consumption are presented. It is shown that maximum value of electromagnetic field frequency of 50 Hz from the measured energy saving lamps does not exceed the maximum permissible levels.

Keywords: ecological safety, occupational health, compact energy saving lamps, electromagnetic field, spectrum of electromagnetic fields, maximum permissible levels.

Background. *The transition to alternative energy sources and its sustainable use is one of modern global problems. The introduction of resource-saving systems and technologies in JSC Russian Railways is composed of a set of measures aimed at energy conservation and energy efficiency, as defined by federal legislation [1]. Among other things – introduction of energy-efficient lighting equipment for illumination of premises and territories of railway facilities, advanced light sources, which, in particular, include compact fluorescent energy saving lamps.*

Objective. *The objective of the authors is to consider some important issues related to electromagnetic fields strength of compact energy-saving fluorescent lamps.*

Methods. *The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, graph construction.*

Results.

The object of study

Transition from outdated incandescent light bulbs to new energy-saving lamps is caused by their high luminous efficiency, long service life and low heat generation. In this regard, there are not only technical problems, but also the question of potential danger that can be posed by energy-saving lamps for environment and human [2, 3].

Compact fluorescent lamps, unlike conventional incandescent lamps that emit visible light upon heating of a tungsten filament being in a glass flask with inert gas operate under a principle of a fluorescent tube, collapsed or in a form of a compact spiral or like letter U. The body of such a lamp contains a ballast electronic device that ensures generation of electric pulses to maintain a gas discharge in mercury vapor contained in the tube. The electrical discharge creates a pulsed ultraviolet radiation converted into visible light by phosphor deposited on inner walls of the tube.

This technology has a higher efficiency than conventional incandescent lamps, however, has some drawbacks: other spectral composition of emitted light, content of mercury in the tube and generation of electromagnetic fields (EMF) associated primarily with the electronic ballast device. Measurements of EMF of compact fluorescent lamps of different manufacturers were carried out in low [4], medium and high frequency ranges [5]. But it does not address issues related to spectral composition of EMF of lamps at low frequencies, as well as connection between the form of lamps and their power with distance and intensity of the fields generated by them. And that was the purpose of our study, conducted on the basis of Research Institute of Occupational Medicine.

Materials and methods

The study of electromagnetic field intensity was conducted using the field-intensity meter of electric and magnetic components NARDA EFA-300 (NARDA Inc., USA). It allows EMF spectral analysis using a Fast Fourier Transform in the frequency range of 5 Hz to 32 kHz with a bandwidth (at the level of + 0 / –3 dB) up to 32 kHz. The testing regarded six compact fluorescent lamps «Osram» (France), with minor differences in power consumption and differing in appearance and luminous flux. Type and characteristics of the lamps are shown in Table 1.

Results and discussion

During the measurement antenna of EFA 2245 / 90.31 in the dielectric holder was placed on the vertical axis of the compact fluorescent lamp at five points at distances of 1, 5, 10, 15 and 30 cm from its apex. The first step was to register the EMF spectrum of lamps in the frequency range from 5 Hz to 32 kHz. Analysis of the results showed that the spectra differ only in amplitude of the spectral components, while their ratio does not vary with the type of lamp and its power. The typical form of the EMF spectrum (electric component) of the compact fluorescent lamp is shown in Pic. 1. The spectrum contains the main electric component of EMF at a frequency of 50 Hz and to a lesser extent – harmonics.

Based on the obtained spectral composition of EMF were conducted basic field strength measurements of all lamps at a frequency of 50 Hz. Analysis of the results shows that the value of EMF strength at a distance of 30 cm from lamps within the measurement errors are virtually identical and are in the range of 45,4 to 48,5 V/m. However, at a distance of one cm differences arise regarding primarily bulbs of lamps with a compact spiral

Table 1

The main characteristics of energy-saving compact fluorescent lamps «Osram»

General view and type of lamps	Power	Luminous flux	Color temperature	Dimensions
Osram «Micro Twist»	15 W	970 lm	2700 K	103×48 mm
Osram «Micro Twist»	12 W	740 lm	2700 K	97×48 mm
Osram «Dulux Superstar Classic A»	14 W	740 lm	2700 K	140×71 mm
Osram «Dulux Star compact»	11 W	600 lm	2700 K	119×43mm

Table 2

The values of strength of the electric component of EMF of 50 Hz frequency at different distances from the top of the compact fluorescent energy-saving lamp «Osram» (vertical axis)

Lamp type, power consumption and luminous flux	Strength of electromagnetic field with a frequency of 50 Hz, V/m				
	Distance from the lamp, cm				
	1	5	10	15	30
«Micro Twist» 15 W, 970 lm	459,3	189,6	117,5	82,2	47,4
«Micro Twist» 12 W, 740 lm	449,7	175,6	113, 4	82,2	45,4
«Dulux Superstar Classic A» 14 W, 740 lm	339,8	177,2	105,5	77,8	48,9
«Duluxstar Compact» 11 W, 600 lm	403,2	196,6	109,8	78,0	47,2

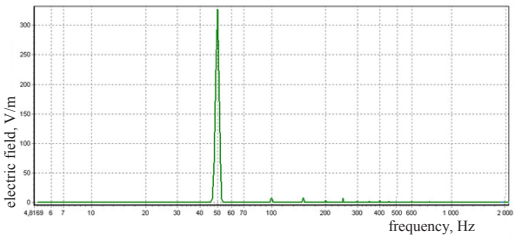
(«Micro Twist») and of classical forms («Dulux Superstar Classic A») (see Table 2).

Of all six measured lamps only for classically shaped «Dulux Superstar Classic A» a value of EMF intensity is less dependent on the distance from the lamp. However, despite the fact that it has the smallest value of its strength of EMF at a distance of 1 cm (339,8 V/m), the value of the same parameter at 30 cm is the maximum of all measurements and is 48,9 V/m. An intermediate position on the results of measurement of EMF with a frequency of 50 Hz is taken by «Duluxstar Compact», in which at least power consumption of 11 W the value of intensity is comparable with the values of «Micro Twist» lamps, but the luminous flux is less and is 600 lm.

Conclusions. *According to the measurement results it can be assumed that the value of strength of electric component of EMF at a frequency of 50 Hz of compact fluorescent lamps depends on design of the light emitting tube, as well as on the power consumption of the lamps.*

The obtained data allow to consider as the most optimal for compatible characteristics (luminous flux, dimensions and even distribution of EMF intensity depending on the distance) the lamp «Dulux Superstar Classic A». The maximum values of EMF intensity at 50 Hz frequency are at a distance of 1 cm of 459,3 V/m and at 30 cm are of 48,9 V/m.

Maximum permissible level of strength of EMF with frequency of 50 Hz in the workplace throughout the work shift in accordance with sanitary-epidemiological rules and norms is 5 kV/m [7], and in residential areas – not more than 0,5 kV/m [8]. Speaking from the standpoint of these criteria about EMF safety of compact fluorescent energy saving lamps, their absolute safety for the environment and humans can be clearly noted.



Pic. 1. The characteristic spectrum of electromagnetic field (electric component) of the compact fluorescent lamp in the frequency range from 4 Hz to 2 kHz.

REFERENCES

1. Federal Law of the Russian Federation dated November 23, 2009 № 261-FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» [*Federal'nyj zakon Rossijskoj Federatsii ot 23 noyabrya 2009 g. № 261-FZ «Ob ehnergosberezhenii i o povyshenii energeticheskoj effektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii»*]. [Electronic resource]: http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html. Last accessed 18.02.2016.

2. Gurevich, V. Energy-saving lamps: obverse case [*Energosberegayushhie lampy: obratnaya storona medali*]. *Elektrotekhnicheskij rynok*, 2010, Iss. 1–2, pp. 31–32.

3. Are fluorescent lamps harmful? Review of media materials [*Vredny li lyuminestsentnye lampy? Obzor po materialam SMI*]. *Energosovet*, 2010, Iss. 6, pp. 56–59.

4. Azizi, M., Aliabadi, M., Golmohammadi, R. The intensity of electromagnetic fields emitted by common compact fluorescent lamps. *Journal of Ergonomics*, Vol. 3, 2015, Iss. 2, pp. 76–84.

5. Bakos, J., Nagy, N., Juhász, P., Thuróczy, G. Spot measurements of intermediate frequency electric fields in the vicinity of compact fluorescent lamps. *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 142, 2010, Iss. 2–4, pp. 354–357.

6. Nadakuduti, J., Douglas, M., Capstick, M., Kühn, S., Kuster, N. Application of an induced field sensor for assessment of electromagnetic exposure from compact fluorescent lamps. *Bioelectromagnetics*, Vol. 33, 2012, Iss. 2, pp. 166–175.

7. Sanitary-epidemiological rules and norms SanPiN2.2.4 / 1191–03. «Electromagnetic field under production conditions» [*Sanitarno-ehpidemiologicheskie pravila i normativy SanPiN2.2.4/1191–03. «Elektromagnitnye polya v proizvodstvennykh usloviyakh»*]. Moscow, 2003.

8. Sanitary-epidemiological rules and norms SanPiN2.1.2.2645–10. «Sanitary-epidemiological requirements for living conditions in residential buildings and premises» [*Sanitarno-ehpidemiologicheskie pravila i normativy SanPiN2.1.2.2645–10. «Sanitarno-ehpidemiologicheskie trebovaniya k usloviyam prozhivaniya v zhilykh zdaniyakh i pomeshheniyakh»*]. Moscow, 2010.

Information about the authors:

Ozerova, Elena S. – Ph.D. (Biology), associate professor at the department of Chemistry and Environmental Engineering of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kafedra_ec_miit@mail.ru.

Evdokimova, Maria P. – engineer of Research Institute of Occupational Medicine, Moscow, Russia, yevdokimova.m@gmail.com.

Farafonova, Elena A. – a 4th year student of Moscow State University of Railway Engineering, Moscow, Russia, falenk@mail.ru.

Article received 09.02.2016, revised 18.02.2016, accepted 24.05.2016.

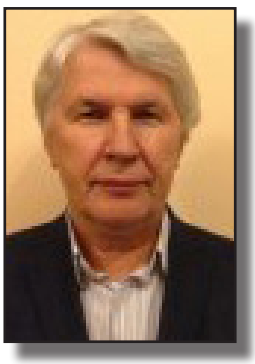
УДК 621.577:621.331

Тепловые насосы как ресурс энергосбережения на объектах железных дорог



Вера МЕДВЕДЕВА
Vera M. MEDVEDEVA

Евгений ПИРОГОВ
Evgeny N. PIROGOV





Василий СЕМЕНОВЫХ
Vasily A. SEMENOVYKH

Медведева Вера Михайловна *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Пирогов Евгений Николаевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортное строительство» МИИТ, Москва, Россия.*
Семеновых Василий Анатольевич *– главный инженер Центральной дирекции тепловодоснабжения – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия.*

Heat Pumps as a Resource for Energy Efficiency on Railway Facilities
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 235)

Поскольку микроклимат в производственном помещении нельзя рассматривать изолированно от целого ряда оценочных факторов (критериев), авторы обосновывают выбор тепловых насосов в качестве возможной альтернативы теплоснабжения с экологической, энергетической и эксергоэкономической точек зрения. При этом система аргументации прямо связана со спецификой объектов железных дорог и совокупностью технологических факторов безопасности, надежности предлагаемых вариантов.

Ключевые слова: теплоэнергетика, тепловой насос, железные дороги, эксергоэкономика, экология.

Теплоснабжение производственных помещений, в особенности удаленно расположенных от централизованного источника, предполагает возможности альтернативного способа отопления. Одним из таких способов является использование тепловых насосов.

Назначение установок для отопления помещений состоит в обеспечении требуемой температуры внутри помещений при любой наружной температуре в отопительный период. Обычно система отопления производственных помещений бывает децентрализованной, а температура в помещении может незначительно отличаться от температуры наружного воздуха, и для этих условий применение тепловых насосов является очень перспективным. Учитывая характер технологических процессов, реализуемых на предприятиях ОАО «РЖД», их специфике больше всего отвечают парокомпрессионные тепловые насосы.

Исследования [1–3] показывают, что потенциал энергосбережения за счет реконструкции и внедрения теплонасосной тех-

ники составляет порядка 60% от общего потребления энергии. Вместе с тем реализация этого потенциала требует, помимо прочего, использования современных методов комплексного анализа и диагностики систем термотрансформации, на основе которых можно получить максимальный эффект энергосбережения при минимуме финансовых затрат.

К настоящему времени эффективность отдельных элементов тепловых насосов в ряде случаев достигла такого уровня, что улучшение их конструкций уже не оказывает существенного влияния на повышение эффективности всей системы термотрансформации. И основным резервом энергосбережения становится совершенствование общих структурно-параметрических характеристик с учетом взаимосвязи и взаимовлияния элементов схемы.

Обязательными условиями эффективного применения тепловых насосов является наличие достаточных ресурсов низкопотенциальной теплоты и отсутствие ограничений в их присоединении к сети электроснабжения.

На данном этапе нет технических ограничений на применение тепловых насосов как по типу и мощности, так и виду используемого источника низкопотенциальной теплоты. Их выбор для теплоснабжения производственных объектов обосновывается технико-экономическими расчетами в зависимости от величины тепловых нагрузок зданий, условий их размещения, доступности и параметров источника низкопотенциальной теплоты.

Сегодня нет единого критерия (оценочного фактора), на основании которого можно было бы однозначно определить целесообразность применения тепловых насосов. Три фактора одновременно влияют на принятие решения: экологический, энергетический и экономический.

Экологический фактор основывается на анализе выбросов в атмосферу тепла и вредных веществ – CO_2, N_2O, NO_x, CO и других углеводородов, влияющих на глобальное потепление. Отметим, что этот фактор был предложен для экологической оценки холодильного и теплонасосного оборудования, и поэтому основывается на анализе вредного влияния рабочих веществ на окружающую среду при попадании их в атмосферу. Отсюда можно сделать вывод, что теплонасосная система (при работе в безаварийном режиме) не имеет выбросов в атмосферу, а потому является экологически чистой для потребителя.

Энергетический фактор многие годы был единственным, реально формализованным и широко используемым оценочным показателем. Для традиционных систем теплоснабжения – это КПД (η), для тепловых насосов – коэффициент преобразования теплового насоса (μ). Если учесть, что величина КПД в самом общем случае изменяется в пределах $0< \eta <1$, а другая величина в пределах $1< \mu <\infty$, то излишне пояснять некорректность их использования при сравнительном анализе различных систем теплоснабжения.

Использование эксергетического КПД способно объективно оценить эффективность любой из систем теплоснабжения: $e=\frac{E_{nc}}{E_m}$, где $E_{ПС}$ – эксергия продукта системы (произведенного тепла), $E_Т$ – эксергия топлива системы (затраченного первичного топлива) [4].

С появлением термоэкономики (эксергоэкономики) как инструмента для анализа и оптимизации принятие решения о рациональности использования тепловых насосов значительно облегчилось, так как слияние энергетического и экономического факторов понизило размерность решаемой задачи и позволило сформулировать однозначный ответ об эффективности применения той или другой систем теплоснабжения.

Коэффициент преобразования идеального цикла Карно для отопления в течение отопительного периода при средней наружной температуре 277°K и температуре внутри помещения 293°K составляет $\varepsilon_к$=18,66. Отопительные системы с тепловыми насосами имеют коэффициент преобразования существенно меньший. Они не могут работать с традиционными нагревательными приборами (радиаторами), использующими в большинстве случаев горячую воду с температурой 90–110°C. Теплонасосные отопительные установки с температурой горячей воды 55°C имеют коэффициент преобразования, находящийся ниже предельно допустимых значений экономически эффективного применения. Поэтому экономический

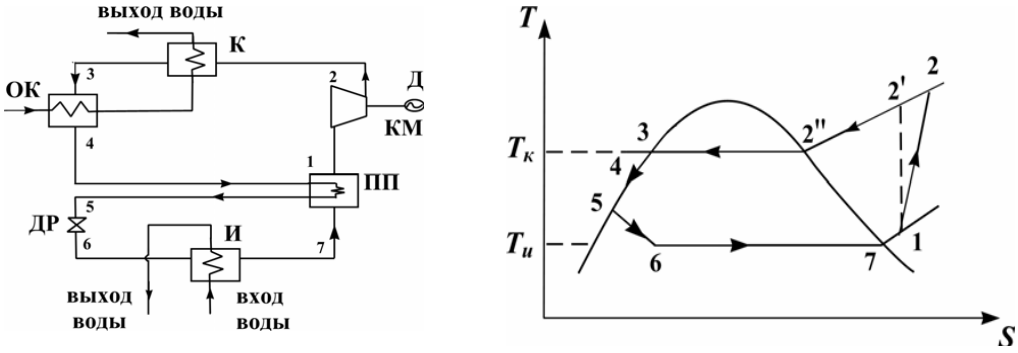


Рис. 1. Принципиальная схема ТНУ и круговой процесс в T, S-диаграмме: КМ – компрессор; К – конденсатор; И – испаритель; Д – двигатель; ОК – охладитель конденсата рабочего тела; ДР – дроссель; ПП – перегреватель пара рабочего тела.

эффект от применения тепловых насосов в системах теплоснабжения достигается только при использовании низкотемпературных систем.

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращённую холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Тепловой насос работает следующим образом (рис. 1). Тепло от теплоотдатчика (например, тепловая энергия грунта, сбросные потоки или солнечная энергия) подводится к рабочему агенту в испарителе. В результате подвода тепла рабочий агент кипит в испарителе при давлении $P_и$ и температуре $T_и$. Пар, полученный в испарителе, поступает в компрессор. В компрессоре пар рабочего агента сжимается от давления $P_и$ до давления $P_к$. Температура конденсации пара при этом соответственно повышается от $T_и$ до $T_к$.

Из-за трения и необратимого теплообмена процесс сжатия в компрессоре 1–2 не совпадает с изоэнропным сжатием 1–2′. Из компрессора пар поступает в конденсатор (К), где в результате отвода тепла к теплоприемнику происходит охлаждение рабочего агента и конденсация пара. Для повышения эффективности цикла иногда осуществляют внутренний регенеративный теплообмен между потоком жидкого рабочего тела (хладагента) перед дросселем и потоком пара перед компрессором (через охладитель конденсата рабочего тела ОК). В результате теплообмена жидкое рабочее тело дополнительно охлаждается (процесс 4–5 на рис. 1), а его насыщенный пар перегревается (процесс 7–1). После охладителя жидкий хладагент проходит через дроссель (ДР), где в результате дросселирования давление рабочего агента падает от $P_к$ до $P_и$ и температура снижается, а жидкий агент опять поступает в испаритель.

Энергетическая эффективность теплового насоса оценивается коэффициентом преобразования

$$\mu = \frac{Q_к}{L}, \qquad (1)$$

где $Q_К$ – тепловой поток в конденсаторе, кДж; L – работа, затраченная в цикле, кДж.

Для идеального теплового насоса

$$\mu_{ид} = \frac{T_к}{T_к - T_и}, \qquad (2)$$

где $T_и$, $T_к$ – температура рабочего тела в конденсаторе и испарителе соответственно.

Энергетическая эффективность теплового насоса повышается как с ростом температуры конденсации, так и уменьшением разницы температур между конденсатором и испарителем. Эта разница определяется температурой испарителя, которая, в свою очередь, связана с низкотемпературным источником.

Тепловой поток в конденсаторе складывается из теплового потока в испарителе и работы цикла:

$$Q_к = Q_И + L, \quad (3)$$

где $Q_И$ – представляет собой сумму теплового потока в испарителе, кДж.

Тепловой поток в конденсаторе отводится водой, которая используется для отопления и горячего водоснабжения. Тепловой поток для отопления промышленного помещения определяется как

$$Q_К = k \cdot F \cdot (T_{гв} - T_в), \quad (4)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^2 град; F – площадь поверхности нагрева, м^2; $T_{гв}$, $T_в$ – температура соответственно горячей воды в системе отопления и воздуха в помещении.

Таким образом, необходимо отметить, что по теории используется 100% тепловой энергии, причем 25% энергии затрачивается на работу компрессора, а остальные 75% забираются у низкопотенциальных источников тепла (земли, воды, солнца).

Для отопления помещения водой с температурой, характерной для тепловых насосов (50–55°С), необходима развитая поверхность отопительных приборов или трубопроводная система теплых полов. Другая возможность использования горячей воды, приготовленной теплонасосной установкой,– ее применение в качестве теплоносителя при воздушном отоплении помещений.

Определяющим аргументом при обосновании и проектировании системы теплоснабжения с тепловыми насосами является выбор источника низкопотенциальной теплоты, его расположение и параметры.

Источниками низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов могут быть: вытяжной воздух, наружный воздух, грунт, сточные воды, подземные и поверхностные воды и вторичные тепловые энергоресурсы различного происхождения.

Теплота наружного воздуха как источник низкопотенциальной теплоты характеризуется сезонными и краткосрочными колебаниями температуры, что влечет за собой колебания режимов теплового насоса, снижающие его эффективность. Средний уровень температуры окружающего воздуха влияет на коэффициент трансформации – чем ниже температура, тем ниже коэффициент трансформации.

Грунтовые и подземные воды имеют постоянную температуру и высокие теплофизические характеристики. Использование их в качестве низкопотенциального источника теплоты представляется предпочтительным ввиду доступности и кажущейся простоты схемы низкотемпературного (до 50°С) теплоснабжения, заключающейся в подаче воды в испаритель теплового насоса и ее возврате через соответствующие скважины. Но если вода непроточная, то не исключено перемешивание охлажденной и грунтовой воды, т.е. деградация источника тепловой энергии вплоть до полного истощения.

Вытяжной воздух является эффективным и доступным для использования в качестве низкопотенциального источника теплоты в системах теплоснабжения отдельных жилых зданий. Температура вытяжного воздуха стабильна в течение отопительного периода и составляет в среднем 18°С. Объемы удаляемого воздуха зависят от назначения и площади вентилируемых помещений.

Грунт верхних слоев земли, как и наружный воздух, представляет собой тепловой аккумулятор неограниченной емкости. Эффективность использования теплоты грунта определяется главным образом температурным режимом грунта в годовом цикле и зависит от его состава, влажности, температуры воздуха и др. Технически возможны системы отбора теплоты грунта с применением теплообменников из пластиковых труб разного диаметра: горизонтального исполнения (змейки, петли и др.), укладываемые с заглублением на 1,5–2,0 м в грунт, и вертикального (зонды) – в скважины разной глубины. Для оценочных расчетов принимается значение удельного теплового потока 45 Вт на 1 метр длины зонда. В связи с тем, что с каждым годом площадь охлажденного массива грунта будет увеличиваться, возникает вопрос о масштабах этого процесса и его влиянии на окружающую среду.

Время релаксации температуры грунта приблизительно равно времени охлаждения грунта, используемого как низкотемпературный источник энергии для теплонасосной установки. Так, если на летний период (май-сентябрь) полностью отключить отбор тепла из грунта, т.е. остаться без

горячего водоснабжения, то к октябрю произойдет практически полная релаксация.

Сточные воды очень перспективный, но пока мало используемый для теплоснабжения источник низкопотенциальной теплоты, что обусловлено их биологической и коррозионной агрессивностью, неравномерным режимом потока в канализационной сети. Однако следует различать сточные воды промышленного происхождения, состав которых более предсказуем, от сточных вод биологической очистки. Объемы и температура промышленных сточных вод зависят от технологического процесса и температуры водопроводной воды. Поэтому минимальная температура сточных вод, до которой допустимо их понижение в теплообменниках-утилизаторах, должна быть не ниже температуры, при которой температура смешенных сточных вод при их поступлении на очистные сооружения будет не ниже установленных регламентами. Уходящие со сточными водами отходы теплоты довольно эффективно можно перевести с помощью тепловых насосов на полезный температурный уровень. Особый интерес для этих целей представляют сточные воды с температурой ниже 30°С.

Вода оборотного водоснабжения. В большинстве случаев она служит для отвода тепла от технологического оборудования. Большое значение имеет выбор места в контуре циркуляции воды, где вода охлаждается настолько, что улучшается технологический процесс и при этом она является источником теплоты для тепловых насосов. Охлаждение оборотной водой используется во многих технологических процессах: в градирнях для охлаждения конденсаторов холодильных машин, компрессоров, конденсаторов электростанций и т.п.

Солнечная энергия используется в качестве источника низкопотенциальной теплоты через использование концентрирующих и непосредственно поглощающих солнечный поток солнечные коллекторы (панели). При концентрации солнечного излучения получают высокие плотности теплового потока и соответственно высокие температуры нагреваемого тела. Однако применение солнечных коллекторов в зимний и переходный периоды на территории РФ крайне ограничено незначительной плотностью солнечной радиации, облачностью, низкими температурами окружающей среды, снежными покровами.

ВЫВОДЫ

Рассмотрев основные положения применения тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения, а также потенциал и доступность источников низкопотенциальной теплоты, можно утверждать, что эффективность применения тепловых насосов, при всех прочих равных условиях, существенно зависит от соотношения стоимости электрической и тепловой энергии в данном регионе. При низкой стоимости электроэнергии и высокой стоимости тепловой энергии использование тепловых насосов в системе теплоснабжения перспективно.

Таким образом, тепловые насосы являются экономичным способом отопления промышленных объектов. Не требуется подвода дорогостоящих теплотрасс. В результате, имея всего лишь электроснабжение и водоснабжение, с помощью тепловых насосов можно целиком обеспечить автономность создания и поддержания требуемого микроклимата на отдельно стоящем объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии.– М., 2001.– 66 с.

2. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения.– М.: Стройиздат, 1985.– 351 с.

3. Долинский А. А., Драганов Б. Х., Морозюк Т. В. Альтернативное теплоснабжение на базе тепловых насосов: критерии оценки // Промышленная теплотехника.– 2007.– № 6.– С. 67–71.

4. Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения.– М.: Химия, 1988.– 279 с.

Координаты авторов: **Медведева В. М.**– v.m.medvedeva2010@yandex.ru, **Пирогов Е. Н.**– pirogov_e49@mail.ru, **Семеновых В. А.**– semenovyhva@cdtv-rzd.ru.

Статья поступила в редакцию 22.07.2016, принята к публикации 29.08.2016.

HEAT PUMPS AS A RESOURCE FOR ENERGY EFFICIENCY ON RAILWAY FACILITIES

Medvedeva, Vera M., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Pirogov, Evgeny N., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Semenovykh, Vasily A., *JSC Russian Railways, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

Since the microclimate in the workplace cannot be considered separately from a number of assessment factors (criteria), the authors justify the choice of heat pumps as a possible alternative to heating from environmental, energy and exergoeconomic viewpoints. This reasoning system is directly related to the specificity of objects of railways and to a set of technological safety factors, justifying reliability of the proposed options.

Keywords: heat power industry, heat pump, railways, exergonomics, ecology.

Background. *Heating of industrial premises, in particular remotely located from a central source, suggests the possibility of an alternative heating method. One of such methods is the use of heat pumps.*

Installations for heating are designed to ensure the required indoor temperature at any ambient temperature during the heating season. Typically, the heating system of production facilities is decentralized, and the room temperature may vary slightly from the outside temperature, under these conditions the use of heat pumps is very promising. Given the nature of technological processes implemented at the enterprises of JSC Russian Railways, vapor compression heat pumps correspond to their specifics mostly.

Studies [1–3] show that the potential for energy savings due to reconstruction and introduction of heat pump technology is about 60% of total energy consumption. However, realization of this potential requires, among other things, the use of modern methods of complex analysis and diagnostics of thermotransformation systems, on basis of which it is possible to get the maximum energy-saving effect with minimum financial expenses.

Objective. *The objective of the authors is to consider heat pumps in its application for heating of industrial facilities and as a resource for energy efficiency.*

Methods. *The authors use engineering methods, comparative analysis, mathematical apparatus, economic evaluation.*

Results. *To date, the efficiency of individual components of heat pumps in some cases reached such a level that an improvement in their designs does not have a significant impact on improving the efficiency of the entire system of thermotransformation. The main reserve of energy saving becomes a general improvement of structural and parametric characteristics, taking into account the relationship and mutual impact of elements of the scheme.*

The essential requirements for effective use of heat pumps are presence of sufficient resources of low-grade heat and the lack of restrictions on their accession to the electricity grid.

At this stage there is no technical limitation on the use of a heat pump, both by type and power, and a type of the used low-grade heat. Their choice for heating of production facilities is substantiated by technical and economic calculations, depending on the magnitude of the heat load of buildings, conditions of their placement, accessibility and low-grade heat source parameters.

Currently there is no single criterion (evaluation factor), on the basis of which it would be possible to uniquely identify the feasibility of the use of heat pumps. Three factors affect the decision: environmental, energy and economic.

The ecological factor is based on the analysis of emissions in the atmosphere of heat and pollutants – CO_2, N_2O, NO_x, CO and other hydrocarbons that affect global warming. Note that this factor has been proposed for the environmental assessment of refrigeration and heat pumping equipment and therefore it is based on the analysis of the harmful effects of substances on the working environment when they hit the atmosphere. It can be concluded that the heat pump system (operating in failsafe mode) has no emissions into the atmosphere, and therefore is environmentally friendly for the user.

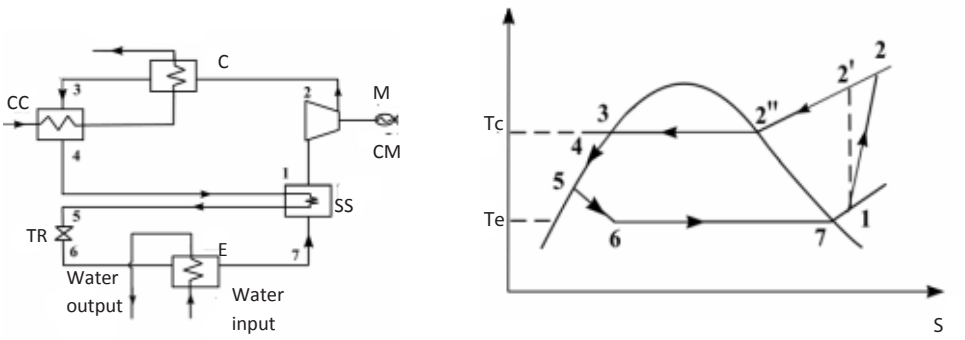
The energy factor for many years was the only really formalized and widely used estimate. For traditional heating systems – it is the efficiency (η), for heat pumps – heat pump conversion factor (μ). If we consider that the value of the efficiency in the most general case varies in the range $0 < \eta < 1$, and the other value varies in the range $1 < \mu < \infty$, then it is unnecessarily to explain the incorrectness of their use in a comparative analysis of various heating systems.

Using the exergy efficiency it is possible to objectively evaluate the effectiveness of any of the heating systems, $e = \frac{E_{PS}}{E_F}$, where E_{PS} is exergy of system's product (heat produced), E_F is exergy of fuel of the system (primary fuel consumed) [4].

With the appearance of thermoeconomics (exergoeconomics) as a tool, analyzing and optimizing decision-making on the rational use of heat pumps are significantly facilitated, since the merger of the energy and economic factors reduced the dimension of the problem being solved and made it possible to formulate a definite answer about the effectiveness of this or other heating systems.

Conversion factor of the ideal Carnot cycle for heating during the heating season when the mean outside temperature is 277°K and temperature inside the room is 293°K is $\varepsilon_к = 18{,}66$. Heating systems with heat pumps have a significantly lower conversion rate. They cannot work with traditional heating devices (radiators), using in most cases hot water with a temperature 90°–110°C. Heat pump heating systems with hot water temperature of 55°C have a conversion factor, which is below the maximum permissible values of cost-effective application. Therefore, the economic effect of the use of heat pumps in heating systems can only be achieved by using low-temperature systems.





Pic. 1. Schematic diagram of heat pumps and circular process in T, S-charts: CM – compressor; C – condenser; E – evaporator; M – motor; CC – working body condensate cooler; TR – throttle; SS – working body of steam superheater.

Heat pump is a device for transferring thermal energy from low-grade heat source (low temperature) to the consumer (heat carrier) at a higher temperature. Thermodynamically a heat pump is a converted refrigeration machine. If in the refrigeration machine the main aim is to produce cold through heat extraction from any volume by an evaporator and the condenser carries out heat rejection into the environment, in the heat pump the pattern is reverse. The condenser is a heat exchanger, generating heat to the consumer, and the evaporator is heat exchanger, disposing of low-grade heat: secondary energy resources and (or) non-conventional renewable energy sources.

The heat pump operates as follows (Pic. 1). Heat from heat sensor (for example, the thermal energy of ground, safety waste streams or solar power) is supplied to the working agent in the evaporator. As a result of supply of heat the working agent boils in the evaporator at a pressure P_e and a temperature T_e. The steam produced in the evaporator is supplied to the compressor. In the compressor working agent (vapor) is compressed from the pressure P_e to the pressure P_c. The condensation temperature of the steam at the same time, respectively, increases from T_e to T_c.

Because of friction and irreversible heat exchange compression process in the compressor 1–2 does not coincide with isentropic compression 1–2'. Vapor from the compressor enters the condenser (K), where as a result of heat conduction to the heat sink cooling of the working agent, and vapor condensation occur. To improve the efficiency of the cycle internal regenerative heat exchange is sometimes performed between the flow of liquid working body (refrigerant) in front of the throttle and the steam flow in front of the compressor (via the working body condensate cooler CC). As a result of heat transfer liquid working body is further cooled (process 4–5 in Pic. 1), and its saturated steam is superheated (process 7–1). After the cooler the liquid refrigerant passes through the throttle (TR), where as a result of the throttling the pressure of the working agent falls from P_c to P_e and the temperature drops and the liquid agent again enters the evaporator.

The energy efficiency of the heat pump is estimated with a conversion ratio

$$\mu = \frac{Q_c}{L}, \qquad (1)$$

where Q_c is heat flow in the condenser, kJ; L – work, spent in the cycle, kJ.

For an ideal heat pump

$$\mu_{id} = \frac{T_c}{T_c - T_e}, \qquad (2)$$

where T_e, T_c are working body temperatures in the condenser and evaporator, respectively.

The energy efficiency of the heat pump increases with increasing of condensation temperature and with decreasing of temperature difference between the condenser and the evaporator. This difference is determined by the temperature of the evaporator, which in turn is connected to a low temperature source.

Heat flow in the condenser is composed of the heat flow in the evaporator and the cycle operation:

$$Q_c = Q_e + L, \qquad (3)$$

where Q_e is a sum of the heat flow in the evaporator, kJ.

Heat flow in the condenser is backed away with water, which is used for heating and hot water supply. The heat flow for heating of industrial premises is defined as

$$Q_c = k \cdot F \cdot (T_{HW} - T_A), \qquad (4)$$

where k is coefficient of heat transfer, W/m^2, degrees; F is heating surface area, m^2; T_{HW}, T_A are temperature of respectively hot work in the heating system and air in the room.

Thus, it should be noted that in theory 100% of the thermal energy is used, with 25% of the energy consumed by the compressor, and the remaining 75% extracted from low-grade heat source (ground water, sun).

For heating of premises with water with a temperature characteristic of the heat pump (50–55°C) a developed surface of radiators or underfloor heating pipe system are necessary. Another possibility of the use of hot water, generated by heat pump installation, is its use as a coolant in air heating of the premises.

The decisive argument in justification and design of heating systems with heat pumps is a selection of a low-grade heat source, its location and parameters.

Low-grade heat sources for heat pumps can be: exhaust air, outdoor air, soil, wastewater, groundwater and surface water and secondary thermal energy sources of various origin.

The temperature of outdoor air *as a source of low-grade heat is characterized by seasonal and short-term fluctuations in temperature, which results in fluctuations in the heat pump mode, which reduces its effectiveness. The average level of the ambient temperature effects the transformation ratio – the lower is the temperature, the lower is transformation coefficient.*

Groundwater *has a constant temperature and high thermal characteristics. Using them as a low-grade heat source seems to be preferable in view of availability and apparent ease of the circuit of low temperature (up to 50°C) heating, which consists in supplying water to the evaporator of the heat pump and its return through the corresponding holes. But if the water is stagnant, mixing of cooled and ground water can happen, i.e., degradation of thermal energy source until the complete exhaustion.*

Exhaust air *is an effective and affordable for use as a low-grade heat source in heating systems of individual residential buildings. Exhaust air temperature is stable during the heating season and averages 18°C. The volume of exhaust air depends on the purpose and the area of ventilated premises.*

The soil *of the upper layers of the ground, as well as the outside air, is a heat accumulator of unlimited capacity. The effectiveness of the use of ground heat is mainly determined by the temperature mode of soil in the annual cycle and depends on its composition, humidity, air temperature, etc. Heat extraction systems of the soil with the use of heat exchangers made of plastic pipes of different diameters: horizontal version (snake, hinges, etc.), stacked with a deep of 1,5–2,0 m into the ground and vertical (probes) – in the boreholes of different depths are technically possible. For estimations value of the specific heat flow equal to 45 W per 1 meter length of the probe is assumed. Due to the fact that every year the cooled ground array area will increase, there is a question of the extent of this process and its impact on the environment.*

Soil temperature relaxation time is approximately equal to the soil cooling time used as a low-temperature energy source for the heat pump system. For example, if for the summer period (May-September) to completely eliminate extraction of heat from the ground, i.e., stay without hot water, then almost complete relaxation will happen by October.

Wastewater *is very promising, but so far little used for heating low-grade heat source, because of its biological and corrosive aggression, uneven flow regime in the sewer network. However, we must distinguish between the waste water of industrial origin, the composition of which is more predictable, and the wastewater of biological treatment. The volume and temperature of industrial wastewater depends on the technological process and the tap water temperature. Therefore, the minimum temperature of wastewater, to which it is allowed to reduce it via waste-heat exchangers must not be lower than the temperature at which the mixed wastewater enters the treatment plant in compliance with regulations. Leaving with wastewater heat waste can effectively be transferred with the help of heat pumps to a useful temperature level. Wastewater with a temperature below 30°C is of particular interest for this purpose.*

Water of recycling water supply. *In most cases, it serves to extract heat from technological equipment. Of great importance is the choice of location in the water circuit where the water is cooled so that the manufacturing process is improved and thus it is the heat source for heat pumps. Cooling with circulating water is used in technological processes: in tower-coolers to cool the condensers of refrigerating machines, compressors, condensers of power plants, etc.*

Solar energy *is used as a source of low-grade heat through the use of concentrated and directly absorbing solar flux solar collectors (panels). In case of concentration of solar radiation high heat flux density and correspondingly high temperature of the heated body are received. However, the use of solar collectors in winter and transitional periods in the territory of the Russian Federation is very limited because of low density of solar radiation, cloud cover, low ambient temperatures, snowpack.*

Conclusions. *After examining the main provisions of the application of heat pumps for heating and hot water supply, as well as capacity and availability of low-grade heat sources, it can be argued that the effectiveness of the use of heat pumps, all other things being equal, essentially depends on the ratio of the cost of electricity and thermal energy in the region. With a low cost of electricity and high cost of thermal energy the use of heat pumps in heating system is perspective.*

Thus, heat pumps are an economical way of heating of industrial facilities. Expensive heat pipelines are not required. As a result, with only electricity and water, using the heat pump it is possible to provide completely autonomous development and maintenance of the required microclimate at an industrial site.

REFERENCES

1. Guidelines on application of heat pumps using secondary energy resources and renewable energy sources [*Rukovodstvo po primeneniju teplovyh nasosov s ispol'zovaniem vtorichnyh energeticheskih resursov i netradicionnyh vozobnovljaemyh istochnikov energii*]. Moscow, 2001, 66 p.

2. Heinrich, G., Nayork, H., Nestler, V. Heat pump system for heating and hot water supply [*Teplonasosnye ustanovki dlja otoplenija i gorjachego vodosnabzhenija*]. Moscow, Strojizdat publ., 1985, 351 p.

3. Dolinsky, A. A., Draganov, B. H., Morozyuk, T. V. Alternative heating based on heat pumps: evaluation criteria [*Al'ternativnoe teplosnabzhenie na baze teplovyh nasosov: kriterii ocenki*]. *Promyshlennaja teplotehnika*, 2007, Iss. 6, pp. 67–71.

4. Brodyansky, V. M., Fratsher, V., Michalek, K. Exergic method and its application [*Eksergeticheskij metod i ego prilozhenija*]. Moscow, Himija publ., 1988, 279 p.

Information about the authors:

Medvedeva, Vera M. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Technosphere safety of the Russian Open Academy of Transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, v.m.medvedeva2010@yandex.ru.

Pirogov, Evgeny N. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Transport Construction of the Russian Open Academy of Transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, pirogov_e49@mail.ru.

Semenovykh, Vasily A. – chief engineer of Central Directorate of Heat-Water Supply – a branch of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, semenovyhva@cdtv-rzd.ru.

Article received 22.07.2016, accepted 29.08.2016.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

КОЛИЧЕСТВО ДТП НА ИНФРАСТРУКТУРЕ ОАО «РЖД» В ПЕРВОМ ПОЛУГОДИИ 2016 ГОДА СНИЗИЛОСЬ НА 26%

ОАО «РЖД» призывает водителей автотранспорта быть бдительными и неукоснительно соблюдать правила дорожного движения при пересечении железнодорожных переездов.

По итогам 6 месяцев 2016 года на железнодорожных переездах ОАО «РЖД» произошло 95 дорожно-транспортных происшествий. В результате происшествий пострадали 50 человек, 17 из них погибли. Для сравнения: в I полугодии 2015 года на сети железных дорог произошло 129 дорожно-транспортных происшествий, пострадали 129 человек, 30 из них погибли.

Причинами ДТП стали нарушения водителями правил дорожного движения, в том числе выезд на переезды при запрещающих показаниях автоматической сигнализации и закрытых шлагбаумах, либо неисправность автотранспортных средств, совершивших столкновение с проходящим подвижным составом.

Для предупреждения дорожно-транспортных происшествий ОАО «РЖД» проводится работа по модернизации железнодорожных переездов и оборудованию их современными предупредительными и заградительными устройствами.

Кроме того, совместно с администрациями регионов ведется важная работа по сокращению количества пересечений автомобильных и железных дорог на одном уровне. В данный момент ведутся работы на 10 таких объектах.

Всего на сети железных дорог России эксплуатируется около 11 тыс. железнодорожных переездов, из которых 2,3 тыс. обслуживаются работниками железнодорожного транспорта.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

EXPRESS INFORMATION

NUMBER OF ROAD ACCIDENTS ON INFRASTRUCTURE OF RUSSIAN RAILWAYS FELL BY 26% IN THE FIRST HALF OF 2016

Russian Railways encourages car drivers to be vigilant and strictly observe the highway code at level crossings.

During the first six months of 2016, 95 traffic accidents occurred at level crossings operated by Russian Railways. As a result of accidents, 50 people were injured, 17 of them fatally. To compare, during the first six months of 2015, 129 accidents occurred on the railway network, 129 people were injured, 30 of them fatally.

The main reasons for the accidents were traffic violations by drivers, including driving on to level crossings despite warning stop signs from the automatic alarm and signalling system and closed barriers, or vehicles breakdowns leading to collision with a passing train.

In order to prevent such traffic accidents, Russian Railways are modernising level crossings and equipping them with modern warning and protective devices.

In addition, Russian Railways are cooperating closely with regional administrations and carrying out major work to reduce the number of road and railway crossings at the same level. Currently, work is underway on ten such crossings.

The network of railways has about 11,000 level crossings, of which 2,300 are operated by railways.

Based on releases of Press service of JSC Russian Railways ●

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • HRM, EDUCATION & TRAINING

ПРИОРИТЕТЫ 240

Для экономики важен человеческий капитал, а для человеческого капитала – образование.



РЫНОК ТРУДА 246

ЕС за социальный диалог на железных дорогах.

ПСИХОЛОГИЯ 256

Не потерять, освоить больше.

ПАРТНЕРСТВО 270

В Омске проектируют взаимодействие.

PRIORITIES 240

Education is as important for human capital, as human capital is important for economics.

LABOR MARKET 246

The EU supports social dialogue at railways.

PSYCHOLOGY 256

The objective is to acquire more without losing anything.

PARTNERSHIP 270

The design of interaction: how it is done in Omsk.



УДК 378:330

О влиянии образования на экономический рост



Дмитрий МАЧЕРЕТ

Dmitry A. MACHERET

Мачерет Дмитрий Александрович *– доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика строительного бизнеса и управление собственностью» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

On influence of Education on Economic Growth

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 244)

В статье рассмотрено влияние образования на развитие человеческого капитала, включая способность к предпринимательству, экономической деятельности. Отмечена тенденция к замене текстового изложения учебного курса слайдовым представлением обучающих материалов и даже результатов научных исследований. Показано, что подобное отучение от восприятия текстовой информации может иметь негативные последствия как для интеллектуального развития индивидов, так и для экономического роста. Обращено внимание на высокое значение проводимых в сфере железнодорожного транспорта конкурсов творческих работ студентов и аспирантов.

Ключевые слова: человеческий капитал, экономический рост, железнодорожный транспорт, предпринимательство, образование.

Повышение уровня образования, развитие профессиональных навыков увеличивают стоимость человеческого капитала, который является важнейшей составляющей богатства современного общества и ключевым фактором экономического роста [1].

На железнодорожном транспорте, по самым осторожным оценкам, стоимость человеческого капитала в несколько раз выше, чем вещественного. Его приумножение стало актуальной задачей экономического управления в железнодорожной отрасли [2, 3]. Но главная особенность человеческого капитала – не высокая стоимость, а то, что его носителями являются индивиды, каждый из которых обладает не только специфическими профессиональными навыками, но и специфическими целями и ценностями, психологическими паттернами и поведенческими шаблонами[1].

Все эти аспекты значимо влияют на ценность человеческого капитала, на эффективность использования различных ресурсов

[1] Психологический паттерн – способ осознанного восприятия реальности индивидом, отражающий его предпочтения и склонности. Поведенческий шаблон – рутинная поведенческая практика индивида в условиях реальных жестких ограничений, воздействующих на него [4, с. 24, 420].

в рамках общественного воспроизводства, а значит – на динамику экономического роста.

Нынешняя «турбулентность» мировой экономики, серьезное замедление экономического роста в «старых» экономических центрах (прежде всего – в Западной Европе и Японии), резкое торможение динамичной китайской экономики, длительное ухудшение динамики экономики России делают проблему темпов экономического роста ключевой для каждой страны и каждой отрасли. Ведь в современном мире все очень тесно взаимосвязано. В исследованиях последних лет проанализированы различные причины замедления и неустойчивости экономического роста и дано множество рекомендаций по его ускорению. Выделена и роль транспортного фактора в долгосрочном обеспечении роста мировой экономики [5, 6].

Среди разных трактовок причин глобального экономического торможения следует обратить внимание на позицию Э. Коломбатто. Он справедливо выделяет в качестве ключевых факторов экономического роста технологический прогресс и предпринимательство [4, с. 266], при этом отмечая, что движущей силой технологического прогресса являются усилия предпринимателей [4, с. 245]. Следует напомнить, что предпринимательство –особая экономическая функция, связанная с обнаружением и реализацией новых, прибыльных, возможностей [7, 8]. Выполнять эту функцию могут не только бизнесмены, но и наемные менеджеры и другие работники, представители самых разных профессий, каждый человек в рамках своего домохозяйства (эту тему подробно рассматривал Й. А. Шумпетер [9, с. 142–143]). Поэтому уровень предпринимательской активности зависит не от относительно узкого круга владельцев капитала и организаторов производства, а в той или иной степени от большинства членов общества, и значит, от доминирующих в обществе идей, преобладания тех или иных психологических паттернов и поведенческих шаблонов.

Ключевую причину замедления экономического роста Э. Коломбатто видит в долгосрочном дрейфе от продуктивного предпринимательства к непродуктивному, выражающемуся в стремлении к бюрократической ренте [4, с. 274] и постепенном ослаблении предрасположенности к продуктивному предпринимательству. Эту тенденцию он называет «предпринимательским оцепенением» [4, с. 277].

Анализируя причины этого «оцепенения», Коломбатто останавливается на роли образования.

Во-первых, по его мнению, доминирование государственного образования снижает качество обучения и не вырабатывает у учащихся личной ответственности [4, с. 277–278].

Во-вторых, у индивидов не формируются поведенческие реакции (склонность к риску, принятию решений в условиях неопределенности), необходимые для адаптации к условиям экономических кризисов и, соответственно, для скорейшего преодоления кризисов. При этом «рыночные сигналы получают неверное прочтение в силу того... что индивидов научили (в образовательном учреждении или на рабочем месте) не читать» [4, с. 289–290].

Последний тезис заслуживает того, чтобы остановиться на нем подробнее. И в обучающих, и даже в научных материалах текстовое изложение все чаще заменяется презентационным, слайдовым. Это считается современным трендом, а текстовая форма рассматривается как своеобразная архаика, нуждающаяся в максимальной переработке в наглядные «картинки». Зачастую и в самих слайдах слова стремятся заменить какими-либо условными обозначениями. Все это напоминает возвращение, с помощью современных компьютерных программ, в доалфавитную эпоху пиктографического письма. Конечно, развитие идет по спирали, но данный пример диалектического «отрицания отрицания» невозможно считать прогрессом. Ведь язык является не только инструментом коммуникации, но и орудием мышления. Человек осмысливает реальность и рассуждает с помощью слов. Образы, символы вызывают прежде всего эмоциональную реакцию, и лишь их последующее осмысление, обдумывание генерирует в сознании словесные конструкции. Задача слайда – собрата рекламных щитов и пропагандических плакатов – не пробудить самостоятельное мышление, а донести, заронить в сознание, желательно без критического осмысления, несложные тезисы, подкрепленные эмоциональным восприятием.

Человек воспринимает и оценивает окружающую действительность, если пользоваться понятийным аппаратом нобелевского лауреата Д. Канемана, с помощью двух режимов или систем мышления: «Системы 1» и «Системы 2» [10].

«Система 1» срабатывает автоматически и очень быстро. Она импульсивна и интуитивна, порождает впечатления и чувства. Среди ее характеристик, описываемых Д. Канеманом [10, с. 141–142]: пренебрежение неоднозначностью и подавление сомнений; предрасположенность верить и подтверждать; переоценка малых вероятностей; восприятие окружающего мира по принципу «что ты видишь, то и есть», игнорируя обстоятельства, которые не лежат «на поверхности». (Последнее – распространенная при оценке экономических явлений ошибка, подробно разобранная еще в середине XIX века выдающимся французским мыслителем Ф. Бастиа в работе «Что видно и чего не видно» [11, с. 803–838], однако не ставшая с тех пор менее частой). Именно «Система 1» «ответственна» за так называемое «иррациональное» или «ограниченно рациональное» поведение индивидов, основанное на эмоциональной реакции и скороспелых выводах без критического осмысления ситуации.

«Система 2» отслеживает и контролирует мысли и действия, предлагаемые «Системой 1», «занимается активным намеренным поиском информации в памяти, сложными вычислениями, сравнениями, планированием и выбором» [10, с. 139]. Она «способна к рассуждениям и осторожна, но у некоторых людей она еще и ленива» [10, с. 67]. Поэтому чем меньше «Система 2» будет включаться в восприятие окружающей действительности, тем менее рациональным будет человеческое поведение.

«Система 2 формулирует суждения и делает выбор, но часто одобряет или обосновывает идеи и чувства, возникшие в Системе 1» [10. с. 543]. Чем больше информация адаптирована для восприятия «Системой 1» и чем более сильное воздействие она на «Систему 1» оказывает, тем больше вероятности, что «Система 2» останется пассивной и «одобрит» результаты работы импульсивной и впечатлительной «Системы 1».

Изображения, краткие тезисы адресуются прежде всего к «Системе 1», сложные тексты – к «Системе 2». Трансформация текстов в слайды (с неизбежным кардинальным упрощением их смысла) приводит к тому, что у адресатов этой информации минимизируется работа «Системы 2». Возникает своего рода «оцепенение» сознания, одним из последствий которого является «оцепенение» предпринимательских функций. Как гласит пословица: «простота – хуже воровства».

Недаром сотрудники консалтинговых компаний так любят слайдовую форму представления своих отчетов. С помощью слайдов гораздо проще, чем с помощью текста, убедить клиентов в своей правоте. Но зачем клиентам разделять эту любовь?

Люди, приобретая в ходе биологической и социальной эволюции новые навыки, многое и теряют. Умея обращаться с компьютером и управлять автомобилем, мы утратили умения изготавливать каменные рубила или добывать огонь трением.

При этом, как свидетельствуют исследования, средний объем человеческого мозга, достигший максимального уровня в период верхнего палеолита (40–25 тыс. лет назад), затем начал уменьшаться, а в последние 10 тысяч лет эта тенденция стала особенно заметной. По мнению известного биолога А. В. Маркова [12, с. 253–255], причиной этой тенденции могло быть насыщение культурной среды полезными способами поведения (мемами), и соответственно увеличение возможностей их заимствования. Так что уже не нужно стало «до всего доходить своим умом» и «для выживания и успешного воспроизводства, по-видимому, уже не требовался такой высокий интеллект, как прежде» [12, с. 254]. Причём, как показывает моделирование, сложные мемы, польза которых проявляется на более длительных отрезках времени, имеют тенденцию к вытеснению более простыми, которые легче выучиваются, что может стать основой эволюционного упрощения интеллекта. Конечно, эти объяснения носят гипотетический характер, но аналогия с вытеснением сложной текстовой информации упрощенными «картинками» очевидна. Также очевидно и то, что такое упрощение не стимулирует развитие интеллекта, активность рациональной, рассудительной «Системы 2».

Таким образом, отучение от восприятия текстовой информации может иметь крайне негативные долгосрочные последствия.

Безусловно, схематичное, слайдовое изображение полезно в качестве дополнения к тексту – чтобы показать эмпирический пример, наглядно продемонстрировать тенденцию, заострить внимание на ключевых моментах. Но только дополнения. Если целью является не «вбить» в сознание нехитрые тезисы, а показать сложные взаимосвязи эконо-

мических процессов, раскрыть неоднозначность тех или иных теоретических положений и тем самым побудить человека мыслить и рассуждать самостоятельно, это надо делать с помощью развернутых текстов, а не «шершавым языком плаката».

Схемы, слайды могут дополнять текст, являясь вторичным материалом, но ни в коем случае не заменять его, не становиться первичным, что подчас практикуется. В таком случае доклад или лекция «по презентации» нередко превращаются в набор комментариев к слайдам и не могут быть адекватно восприняты в отрыве от них, так как не обладают полнотой, связностью и логической стройностью.

То же самое можно сказать и относительно проверки знаний обучаемых с помощью тестов. Тесты пригодны опять же как вспомогательный инструмент, чтобы оценить знания ключевых положений. Но способность к самостоятельному анализу, развернутой аргументации, доказательству собственного мнения может выявляться только в ходе устной беседы (лучше – диспута, диалога, недаром это форма была ключевой при обучении и в античности, и в Средневековье) или с помощью письменной творческой работы, с помощью все того же текстового изложения.

В этом плане представляются важными проводимые в сфере железнодорожного транспорта конкурсы творческих работ студентов и молодых ученых, такие, например, как ежегодный всероссийский конкурс научных работ студентов и аспирантов по транспортной проблематике, организуемый Объединенным ученым советом ОАО «РЖД» [13, 14], конкурс «Молодые ученые транспортной отрасли» под эгидой Минтранса России [15].

Образование есть средство, посредством которого могут быть построены несущие конструкции продуктивного предпринимательства, толерантности, доверия и долгосрочного сотрудничества [4, с. 340]. Это имеет ключевое значение для обеспечения динамичного роста экономики. Ведь экономика – не перерабатывающий ресурсы в готовую продукцию комплекс капитальных благ и технологий, в котором достаточно что-то улучшить или добавить, чтобы он заработал более производительно. Экономика – поле человеческой деятельности, на котором результат определяется тем, как индивиды реагируют на стимулы. Поэтому ключевое значение имеет способность людей к правильному осмыслению экономической ситуации и адекватной адаптации к ней, что зависит как от экономического, так и от общего образования и мышления. Учитывая, в какой степени массовое сознание заполнено псевдоэкономической мифологией, задачу экономического просвещения следует считать одной из главных для обеспечения долгосрочного роста экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капелюшников Р. И. Сколько стоит человеческий капитал России? (Часть I) // Вопросы экономики.– 2013.– № 1.– С. 27–47.
2. Мачерет Д. А. Эффект выдвижения и повышение ценности человеческого капитала // Экономика железных дорог.– 2013.– № 1.– С. 70–75.
3. Мачерет Д. А., Гогричиани Г. В., Сыродоева Т. И. Экономико-математический подход к вопросам кадровых перемещений в организациях железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог.– 2015.– № 7.– С. 68–76.
4. Коломбатто Э. Рынки, мораль и экономическая политика: новый подход к защите экономики свободного рынка.– М.: Мысль, 2016.– 500 с.
5. Мачерет Д. А. Инновационное развитие транспортных систем открытого доступа // Мир транспорта.– 2012.– № 1.– С. 78–82.
6. Мачерет Д. А. Будущее транспорта в контексте мегаэкономических изменений // Мир транспорта.– 2014.– № 6.– С. 6–13.
7. Кирцнер И. Конкуренция и предпринимательство.– Челябинск: Социум, 2010.– XIV. – 272 с.
8. Мачерет Д. А. Предпринимательство и транспорт // Экономика железных дорог.– 2013.– № 4.– С. 12–19.
9. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия.– М.: Эксмо, 2008.– 864 с.
10. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро.– М.: АСТ, 2015.– 653 с.
11. Бастиа Ф. Экономические гармонии. Избранное.– М.: Эксмо, 2007.– 1200 с.
12. Марков А. В. Эволюция человека.– В 2 кн.– Кн. 2: Обезьяны, нейроны и душа.– М.: Астрель: CORPUS, 2012.– 512 с.
13. Титов Е. Ю. Итоги Третьего всероссийского конкурса среди студентов и аспирантов по транспортной проблематике // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».– 2015.– № 2.– С. 23–31.
14. Титов Е. Ю., Титова В. И. Концепция информационной платформы «Железнодорожная наука» // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».– 2016.– № 1–2.– С. 19–27.
15. Конкурс молодых ученых // Мир транспорта.– 2016.– № 1.– С. 232–235.

Координаты автора: **Мачерет Д. А.** – macheretda@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 01.06.2016, принята к публикации 12.08.2016.

ON INFLUENCE OF EDUCATION ON ECONOMIC GROWTH

Macheret, Dmitry A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article considers the influence of education on human capital development, as well as the effects of creative capacity for development of entrepreneurship and economic activity. Some modern trends in education are also considered in relationship with their impact on development of creativeness of future employees. Thus, while showing a tendency to replace the text presentation of training course and of research results with slide presentation of teaching materials, the author notes a risk that such a disaccustoming from the perception of textual information can have negative consequences for intellectual development of individuals as well as for economic growth. At the same time the high value of contests of creative works of students and Ph.D. students, held in the field of railway transport, is underlined.

Keywords: human capital, economic growth, rail transport, entrepreneurship, education.

Background. *Growth of the level of education, professional skills development increases the value of human capital, which is an essential component of the wealth of modern society and a key driver of economic growth [1].*

In rail transport, according to the most conservative estimates, the cost of human capital is several times higher than the material one. Its increase has become an urgent task of economic management in the railway sector [2, 3]. But the main feature of the human capital is not a high cost, but a fact that its carriers are individuals, each of whom has not only specific professional skills, but also specific goals and values, psychological patterns and behavioral patterns[1].

All these aspects significantly affect the value of human capital, the efficiency of the use of various resources within social reproduction, and so have important impact on the dynamics of economic growth.

Objective. *The objective of the author is to consider the influence of modern education and new forms of information presentation in teaching process on the economic growth.*

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

Results. *The current «turbulence» of the world economy, a serious slowdown in economic growth in the «old» economic centers (mostly – in Western Europe and Japan), a sharp deceleration of dynamics of Chinese economy, long-term disruption of the dynamics of the Russian economy make the problem of economic growth a key one for each country and each industry. All is very closely interconnected in the modern world. In recent studies the various causes of instability and slowing of economic growth were analyzed and a set of recommendations for its acceleration was given. The role of the transport factor in ensuring the long-term global economic growth was highlighted [5, 6].*

Among the various interpretations of the causes of the global economic deceleration we should pay attention to the position of E. Kolombatto. He identifies rightly as key factors for economic growth technological progress and entrepreneurship [4, p. 266], while noting that the driving force of technological progress are the efforts of entrepreneurs [4, p. 245]. It should be recalled that entrepreneurship is a special economic function associated with discovery and implementation of new, lucrative opportunities [7, 8]. This function can be carried out not only by businessmen, but also by hired managers and other employees, representatives of different professions, each person within their household (this subject in detail was regarded by J. A. Schumpeter [9, pp. 142–143]). Therefore, the level of business activity depends not on a relatively narrow range of capital owners and organizers of production, but in varying degrees on most members of society, and hence of the dominant ideas in society, the prevalence of certain psychological patterns and behavioral patterns.

E. Kolombatto sees as a key reason for the economic slowdown a long-term drift from productive to unproductive businesses, expressed in the pursuit of bureaucratic rent [4, p. 274] and the gradual weakening of a propensity to productive entrepreneurship. He calls this trend «entrepreneurial stupor» [4, p. 277].

Analyzing the causes of the «stupor» Kolombatto focuses on the role of education.

Firstly, in his opinion, the dominance of public education reduces the quality of teaching and does not produce the personal responsibility of students [4, p. 277–278].

Secondly, individuals do not form behavioral responses (attitude towards risk, decision making under uncertainty), needed to adapt to the economic crisis and, accordingly, for a speedy overcoming of crises. The «market signals get misreading due to the fact that individuals ... have learned (in an educational institution or in the workplace) not to read» [4, p. 289–290].

The last argument deserves to be considered in more detail. Both in training, and even in the scientific materials text materials are increasingly replaced by the presentation, slides. It is considered as a modern trend, and text form is considered as a kind of archaic, needing maximum visual processing into «pictures». Often, on slides the words themselves are replaced with any symbols. All this is reminiscent of a return, with the help of modern computer programs, to a pre-alphabetic era of pictographic writing. Of course, development is a spiral, but this example of dialectical «negation of negation» cannot be considered as a progress. After all, language is not only a communication tool, but also an instrument of thought. A person comprehends reality and argues with the help of words. The images, symbols cause primarily an emotional response, and only their subsequent interpretation, thinking generates in the minds the verbal construction. The task of a slide – a fellow of billboards and propaganda posters – is not to awaken independent thinking, but to bring, to sow in mind, preferably without critical reflection, simple thesis, supported by emotional perception.

A person perceives and evaluates the environmental reality, if we use the conceptual apparatus of Nobel laureate D. Kahneman, with two modes or systems of thought: «System 1» and «System 2» [10].

«System 1» comes into action automatically and very quickly. It is impulsive and intuitive, creates impressions and feelings. Among its characteristics described by D. Kahneman [10, p. 141–142] are: neglect of ambiguity and suppression of doubt; predisposition to believe and to confirm; overestimation of small probabilities; perception of the world on the principle of «what you see, then that there are» ignoring the circumstances that do not lie «on the surface». (Last is common in the evaluation of economic phenomena error discussed in detail even in the middle of the XIX century by the outstanding French thinker F. Bastiat in his paper «What is seen and what is not seen» [11, pp. 803–838], but has not become since less frequent). It is «System 1», which is «responsible» for the so-called «irrational» or «limited rational» behavior of individuals, based on emotional reactions and hasty conclusions without critical reflection of the situation.

«System 2» monitors and controls the thoughts and actions proposed by «System 1», «is actively engaged in intentional search for information in memory, complex calculations, comparisons, planning and choice» [10, p. 139]. It «is capable of reasoning and careful, but in some people it is also lazy» [10, p. 67]. Therefore, the less «System 2» will be included in the perception of reality, the less rational will be human behavior.

«System 2» formulates opinions and makes choices, but often approves or justifies the ideas and feelings that have arisen in «System 1» [10, p. 543]. The more adapted is information for perception of «System 1» and the greater impact has it on «System 1», the more likely is it that «System 2» will remain passive and «approve» the results of impulsive and impressionable «System 1».

Images, brief abstracts are addressed primarily to «System 1», complex texts – to «System 2». Transformation of texts into slides (with inevitable drastic simplification of their

[1] Psychological pattern – a way of conscious perception of reality by an individual, reflecting his preferences and inclinations. Behavioral pattern – a routine practice of individual behavior in real conditions of severe restrictions imposed upon him [4, p. 24, 420].

meaning) leads to the fact that the recipients of this information have minimized work of «System 2». There is a kind of «stupor» of consciousness, one consequence of which is «stupor» of business functions. As the proverb says: «simplicity is worse than stealing».

No wonder that the staff of consulting companies is so fond of the form of a slide presentation of their reports. With the help of slides it is much easier than using a text to convince customers that they are right. But why do customers have to share this love?

People getting in the biological and social evolution new skills, lose also a lot to. Knowing how to handle a computer and drive a car, we have lost the ability to make stone ax or make fire by friction.

At the same time, as evidenced by the research, the average volume of human brain has reached a maximum level during the Upper Paleolithic (40–25 thousand years ago), and then began to decline, and in the last 10 thousand years, this trend has become particularly noticeable. According to the eminent biologist A. V. Markov [12, pp. 253–255], the reason for this trend could be saturation of the culture medium with useful ways of behavior (memes), and accordingly increase in their borrowing capacity. So it was no longer necessary «to reach all your mind» and «for survival and successful reproduction, apparently, it is no longer needed such a high intelligence, as before» [12, p. 254]. Moreover, as the simulation shows, complex memes, the use of which is shown at longer intervals of time, tend to be replaced by more simple, which are learned easily, that could be the basis of the evolutionary simplification of intelligence. Of course, these explanations are hypothetical, but the analogy with the displacement of the complex textual information with simplistic «pictures» is obvious. It is also clear, however, that this simplification does not stimulate the development of intelligence, activity of rational, reasonable «System 2».

Therefore, disaccustoming from the perception of textual information can have very negative long-term consequences.

Of course, a schematic, slide image is useful as a supplement to the text – to show an empirical example, to demonstrate a tendency, to focus on the key points. But only a supplement. If the goal is not to «drive» in the minds some simple abstracts, but to show the complex relationship between economic processes, to reveal the ambiguity of certain theoretical positions and thereby to encourage a person to think and reason alone, it should be done with the help of the detailed text, instead of «rough tongue of a poster».

Schemes, slides can complement the text, as a secondary material, but in any case not replace it, not become the primary, which is sometimes practiced. In this case a report or a lecture «via presentation» transforms often into a set of comments to slides and cannot be adequately interpreted in isolation from them, because they do not possess fullness, connectivity and logical harmony.

The same can be said of the test of students' knowledge by means of tests. Tests are suitable again as an auxiliary tool to assess knowledge of the key provisions. But the ability to self-analysis, expanded argumentation, proof of own opinion can be detected only during the oral interview (better–debate, dialogue, no wonder this form was a key one in teaching and in antiquity and the Middle Ages) or by writing creative work, using again textual presentation.

In this regard contests of creative works of students and young scientists, carried out in the sphere of railway transport, such as the annual All-Russian contest of scientific works of students and graduate students on transport issues organized by the United Academic Council of JSC Russian Railways [13, 14], contest «Young scientists of the transport industry» under the auspices of the Ministry of transport of Russia [15] are important.

Conclusion. *Education is a tool, by which the supporting structures of productive business, tolerance, trust and long-term cooperation can be built [4, p. 340]. It is crucial to ensure the dynamic growth of the economy. After all, the economy is not a complex of capital goods and technologies, transforming resources into finished products, in which it is sufficient to improve something or to add something in order it works more productively. Economy is a field of human activity, in which the result is determined by the way individuals respond to incentives. Therefore, the key importance is given to the ability of people to a correct understanding of the economic situation and adequate adaptation to it, which depends on both the economic and the general education and thinking. Given the extent to which the mass consciousness is filled with pseudo economic mythology, the task of economic education should be considered as one of the key tasks to ensure long-term economic growth.*

REFERENCES

1. Kapelyushnikov, R. I. How much does Russian human capital cost? (*Part I*). [*Skol'ko stoit chelovecheskij kapital Rossii? (Chast' I)*]. *Voprosy ekonomiki*, 2013, Iss. 1, pp. 27–47.

2. Macheret, D. A. Effect of extension and increase of the value of human capital [*Effekt vydvizhenija i povyshenie cennosti chelovecheskogo kapitala*]. *Ekonomika zheleznyh dorog*, 2013, Iss. 1, pp. 70–75.

3. Macheret, D. A., Gogrichiani, G. V., Syrodoeva, T. I. Economic-mathematical approach to the issues of staff displacement in the organizations of railway transport [*Ekonomiko-matematicheskij podhod k voprosam kadrovyh peremeshhenij v organizacijah zheleznodorozhnogo transporta*]. *Ekonomika zheleznyh dorog*, 2015, Iss. 7, pp. 68–76.

4. Kolombatto, E. Markets, morality and economic policy: a new approach to protection of the free market economy [*Rynki, moral' i ekonomicheskaja politika: novyj podhod k zashhite ekonomiki svobodnogo rynka*]. Moscow, Mysl' publ., 2016, 500 p.

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

6. Macheret, D. A. The Future of Transport in the Context of Megaeconomic Changes. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 6, pp. 6–13.

7. Kirzner, I. Competition and Entrepreneurship [*Konkurencija i predprinimatel'stvo*]. Chelyabinsk, Socium publ., 2010, XIV. – 272 p.

8. Macheret, D. A Enterpreneurship and transport [*Predprinimatel'stvo i transport*]. *Ekonomika zheleznyh dorog*, 2013, Iss. 4, pp. 12–19.

9. Schumpeter, J. A. Theory of Economic Development. Capitalism, Socialism and Democracy [*Teorija ekonomicheskogo razvitija. Kapitalizm, socializm i demokratija*]. Moscow, Eksmo publ., 2008, 864 p.

10. Kahneman, D. Think slow ... solve quickly [*Dumaj medlenno... reshaj bistro*]. Moscow, AST publ., 2015, 653 p.

11. Bastiat, F. Economic harmony. Favorites [*Ekonomicheskie garmonii. Izbrannoe*]. Moscow, Eksmo publ., 2007, 1200 p.

12. Markov, A. V. Human evolution. In 2 books. Book 2: Monkey, neurons and soul [*Evoljucija cheloveka.– V 2 kn.– Kn. 2: Obez'jany, nejrony i dusha*]. Moscow, Astrel': CORPUS, 2012, 512 p.

13. Titov, E. Yu. Results of the Third All-Russian contest among students and Ph.D. students on the transport problems [*Itogi Tret'ego vserossijskogo konkursa sredi studentov i aspirantov po transportnoj problematike*]. *Bjulleten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO «RZhD»*, 2015, Iss. 2, pp. 23–31.

14. Titov, E. Yu., Titova, V. I. Concept of information platform «Railway science» [*Koncepcija informacionnoj platformy «Zheleznodorozhnaja nauka»*]. *Bjulleten' Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO «RZhD»*, 2016, Iss. 1–2, pp.19–27.

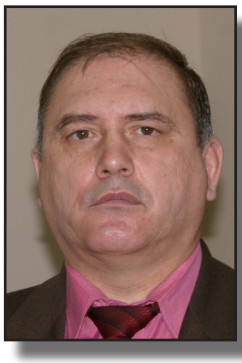
15. Contest of young scientists. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 1, pp. 232–235.

Information about the author:
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.

Article received 01.06.2016, accepted 12.08.2016.

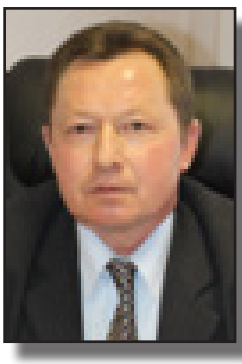
УДК 625:336.7:658.3

Социальный диалог на европейских железных дорогах: поиск баланса



Сергей ЗУБКОВ
Sergey A. ZUBKOV

Григорий КРАЙНОВ
Grigory N. KRAINOV



Зубков Сергей Александрович *– доктор философских наук, профессор кафедры «Политология, история и социальные технологии» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*
Крайнов Григорий Никандрович *– доктор исторических наук, профессор кафедры «Политология, история и социальные технологии» МИИТ, Москва, Россия.*

Social Dialogue on European Railways: Search for a Balance
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 252)

Одним из условий реформ на железных дорогах в странах ЕС стали укрепление позиций отрасли на рынке перевозок, обязательность поддержки компаний, выполняющих социально значимые функции. В этом контексте авторы статьи выделяют деятельность комитета социального диалога на железнодорожном транспорте, который во взаимодействии с Еврокомиссией осуществляет проекты и готовит решения, призванные защищать интересы персонала, трудовые права наёмных работников, и одновременно сохраняет возможность для взаимовыгодного сотрудничества профсоюзов, бизнеса и государства.

Ключевые слова: железные дороги, персонал, человеческие ресурсы, рынок труда, социальный диалог, профсоюз, бизнес, государство.

В рамках стратегии транспортного развития для стран ЕС в конце XX–начале XXI века особое место заняло реформирование моделей государственных железнодорожных монополий, принципы которого были определены в директиве ЕС 91/440 о разделении функций содержания инфраструктуры железных дорог и организации эксплуатационной работы. Основные изменения сводились к тому, что дальнейшее развитие отрасли возможно только при усилении её позиций на транспортном рынке и создании условий к тому, чтобы нерентабельные хозяйства, выполняющие социально значимые функции, получали бы должную поддержку заинтересованных сторон, в том числе государства [1].

В процессе реализации этой директивы государственными органами стран ЕС были осуществлены:

1) частичное списание и реструктуризация долговых обязательств, проведение мероприятий по финансовому оздоровлению железнодорожных монополий, частичная отмена системы государственного субсидирования;

2) разделение и организационное обособление железнодорожных монополий на два сектора – инфраструктуру и эксплуатацию,

а также предоставление возможности выхода на рынок частным компаниям;

3) внедрение системы самоокупаемости (т.е. признание основным целевым ориентиром не получение прибыли, а достижение безубыточности).

Главные направления реформирования определены в четвертом железнодорожном пакете. В этом документе Европейской комиссии представлен комплекс мероприятий, ключевым ориентиром которых является инновационная составляющая в организации конкуренции на рынке пассажирских перевозок, что требует одновременного проведения технических и структурных перемен. В результате ожидается более качественное обслуживание потребителей транспортной услуги, получение экономии в 40 млрд евро до 2035 года и повышение клиентоориентированности отрасли [2].

Четвертый железнодорожный пакет затрагивает стандарты, качество услуг, структурные реформы, профессиональные навыки специалистов. В первую очередь предусматривается сокращение административных расходов и упрощение входа новых операторов на рынок услуг. Предполагается замена национальной системы разрешений на выдаваемые Европейским железнодорожным агентством сертификаты для операторов, а также на право использовать локомотивы и подвижной состав. По мнению специалистов, такая мера будет способствовать не только сокращению времени выхода на железнодорожный рынок операторов (на 20%), но и снижению стоимости (тоже на 20%) [3].

Анализируя механизм реформирования железных дорог стран ЕС, стоит отдельно выделить деятельность комитета социального диалога на железнодорожном транспорте – представителей профсоюзов, бизнеса и государственных органов, включая Европейскую федерацию транспортников (ETF), Сообщество европейских железных дорог и инфраструктурных компаний (CER), а также Европейскую ассоциацию менеджеров железнодорожной инфраструктуры (EIM).

Институциональной основой этого диалога выступает решение Еврокомиссии от 20 мая 1998 года 98/500/ЕС. В нем закреплены положения, касающиеся создания и организации работы комитетов отраслевого социального диалога, предназначенных в качестве центральных органов для консультаций, совместных инициатив и переговоров [4]. В комитеты входят представители профсоюзов и предпринимательских структур с учетом самостоятельности социальных партнеров. Они должны осуществлять свою работу во взаимодействии с Европейской комиссией, их участие в социальном диалоге касается конкретных отраслей экономики или категорий трудящихся, комитеты состоят из организаций, которые сами по себе являются неотъемлемой и признанной частью государства-члена Евросоюза и имеют возможность заключать соглашения, репрезентативные для нескольких государств-членов.

* * *

Среди проблем, которым уделяют наибольшее внимание в европейском комитете социального диалога на железнодорожном транспорте, особое место занимают социальные аспекты реструктуризации отрасли.

В 2013 году ETF и CER организовали совместный проект «Социальные аспекты защиты персонала в случае изменения железнодорожного оператора (текущая ситуация)». Цель – получить представление о том, как реализуются установки директивы ЕС 1370/2007, какие средства защиты применяются, чтобы гарантировать социальные стандарты для персонала при смене оператора.

Доклад, подготовленный в рамках проекта, исследует практику проведения конкурсных торгов (тендеров) в секторе железнодорожных пассажирских перевозок в 10 странах-членах ЕС. При этом отмечается, что есть очень разные ситуации с точки зрения социальной защиты персонала в случае изменения оператора и особенно применения статей 4(5) и 4(6) директивы ЕС 1370/2007. С одной стороны, некоторые государства-члены установили на национальном уровне правила, аналогичные директивным положениям, и заложили основу для социального партнерства в отрасли. С другой стороны, есть еще государства, где социальные аспекты при проведении торгов вообще не принимаются во внимание. Это увеличивает риск социального демпинга и связанного с ним снижения привлекательности работы в то время, когда нехватка квалифицированных кадров влияет на качество обслуживания клиентов.

В итоговом документе проекта CER и ETF как партнеры признают, что хорошие социальные стандарты – фундаментальное условие для предоставления качественных услуг. Они согласны с тем, что конкуренция не должна влиять на характер работы персонала. Они готовы добиваться того, чтобы при заключении коллективных соглашений на железнодорожном транспорте в них вносились положения об общеобязательном установлении социальных стандартов

и социальных критериев для участия в тендере. Это лучший способ гарантировать, что защита занятости и выполнение социальных обязательств по отношению к персоналу являются правилом поведения для всех операторов.

ETF и его итальянский филиал ФИЛТ-ВИКТ осуществили проект при финансовой поддержке Европейской комиссии под названием «ERTMS – новая технология для железнодорожной отрасли. Предвидя ее влияние на занятость и социальные условия (AIMESC) – VS/2009/0176» [5]. ERTMS – система управления движением на европейских железных дорогах, включающая в себя единый общеевропейский стандарт и сопутствующее оборудование сигнализации. Разработана и внедрена с целью повышения трансграничной совместимости существующих дорог.

Авторы проекта подготовили отчет, содержащий ряд выводов, касающихся влияния ERTMS на занятость и условия труда. Выявлен рост социальной напряженности, готовность машинистов локомотивов, диспетчеров и обслуживающего персонала поездов к протестным действиям. Отмечено, что система усилила интерес к рационализации, формализует процессы и делает всю организацию железных дорог более «прозрачной» для наблюдения. Как следствие, руководство увеличивает свои прерогативы, особенно с точки зрения административного давления и контроля, но нуждается в сотрудничестве, особенно машинистов локомотивов и диспетчеров.

В отчете содержатся рекомендации об основных направлениях взаимодействия социальных партнеров. Организация обучения персонала стоит на первом плане. Учебные мероприятия, которые позволяют работникам познакомиться с технологией ERTMS, являются продолжительными и дорогостоящими, требуют периодического обновления, но это необходимость, поскольку персоналу нужны такие дополнительные компетенции, как навыки общения, управления конфликтами, лингвистические навыки и т.д.

В деятельности европейского комитета социального диалога на железнодорожном транспорте отдельное место занимают проекты, связанные с управлением рисками.

В 2013 году завершился совместный проект ETF и CER «PSR-Rail – выявление и предотвращение психологических рисков в железнодорожной отрасли» [6]. Он ставил целью анализ психосоциальных угроз и потерь в профессиональной среде и разработку профилактических мер, призванных улучшить ситуацию в компаниях.

Как выяснилось, психосоциальные риски на железнодорожном транспорте связаны преимущественно со стрессом, актами внутреннего домогательства и насилия, а также насилия и агрессии в отношении работников со стороны третьих лиц и пассажиров. Это может быть опасно для безопасности и здоровья персонала, вредно для мотивации и сохранения благоприятной рабочей среды и грозит непредвидимыми и часто высокими расходами компаний на покрытие издержек при воспроизводстве человеческих ресурсов.

Для предотвращения психосоциальных рисков требуется комплексный подход. Европейские социальные партнеры пришли к выводу, что управление этими рисками не только должно быть частью программ по охране здоровья и повышения транспортной безопасности, но и рассматриваться во всех соответствующих областях политики компании, включая организацию труда, внутренние коммуникации и т.д. Применительно к компаниям уменьшение рисков означает сокращение издержек и повышение прибылей. Для работников – это повышение качества работы, снижение проблем со здоровьем.

Группа специалистов, осуществлявшая проект, подготовила руководство по выявлению и предотвращению психосоциальных рисков, в котором помимо теоретических обоснований даются примеры постановки и реализации планов действий железнодорожных компаний. Особое внимание при этом уделяется рискам, связанным с процессами реструктуризации железных дорог [7], а также рекомендациям дочерним компаниям и профсоюзам, которые призваны взять на себя собственные обязательства по решению проблем социально-психологических рисков своих работников.

В 2011–2012 годах ETF и CER осуществили совместный проект «Отсутствие безопасности и чувство незащищенности на железнодорожном пассажирском транспорте» [8]. Цель проекта заключалась в обсуждении проблем личной безопасности работников и пассажиров на общественном железнодорожном транспорте, предотвращения агрессии и насилия. Отправной точкой было убеждение, что тема актуальна как для рабочих, которые вместе с пассажирами прямые жертвы агрессии, насилия и оскорблений, так и для компаний, которые заинтересованы в обеспечении безопасной транспортировки людей.

ETF и CER подписали документ «Содействие безопасности и чувство безопасности в отношении насилия со стороны третьих лиц в европейской железнодорожной отрасли – рекомендации европейских социальных партнеров железнодорожного сектора», где выделены:

– управление безопасностью и технические меры;

– профилактическое обучение и повышение осведомленности персонала;

– распространение передового опыта;

– диалог с политиками, другими заинтересованными сторонами и социальными партнерами (гражданский и социальный диалог);

– регулярная оценка эффективности мер [9].

При разработке рекомендаций европейские социальные партнеры руководствовались намерениями инициировать стратегии, направленные на профилактику и предотвращение насилия со стороны третьих лиц; способствовать улучшению условий труда на железнодорожном пассажирском транспорте.

Среди вопросов, которые стоят в повестке дня комитета социального диалога на железнодорожном транспорте с начала 2000-х годов – расширение участия женщин в делах отрасли:

– доказанным фактом является то, что гендерное разнообразие способствует улучшению социально-психологического климата в организации и достижении качества работы;

– накоплен огромный потенциал женской рабочей силы, с точки зрения образования, навыков и квалификации, и компании с политикой равных гендерных возможностей будут иметь преимущество в соревновании за этот потенциал;

– женщины составляют большинство персонала в современных сервисных компаниях, в том числе и на европейских железных дорогах.

Именно в этом контексте реализуется проект под названием «Расширение участия и улучшение интеграции женщин в железнодорожных профессиях» [10]. Его разработка началась с создания смешанной рабочей группы по вопросам равных возможностей в Брюсселе в декабре 2001 года, целью которой являлось исследование причин низкого уровня занятости женщин в отрасли. В результате удалось собрать большой массив научной информации, позволившей впервые взглянуть на европейский железнодорожный транспорт «глазами женщины».

В 2004 году ETF и CER продолжили начатое серией посещений компаний в одиннадцати странах-членах ЕС. Проведено шесть встреч с участием профсоюзов и представителей железнодорожного бизнеса. Полученные данные обобщены в итоговом докладе, который включал следующие выводы:

– женщины составляют лишь 18,8% от общего числа занятых в 11 железнодорожных компаниях, подлежавших обследованию; наблюдается тенденция к снижению уровня женской занятости на железных дорогах Европы, что связано с ускоренными темпами реструктуризации;

– железнодорожный сектор характерен горизонтальной и вертикальной сегрегацией: среди женщин-работниц преобладают канцелярские служащие, в то время как в технических профессиях доминируют мужчины; управленческие должности поровну распределены между мужчинами и женщинами; лишь 1% женщин занимает руководящие должности в обследованных компаниях;

– разрыв в оплате труда между мужчинами и женщинами (в средней отраслевой заработной плате) варьируется между странами в диапазоне от 10 до 30%;

– женщины-железнодорожницы разделяют твердую точку зрения, что декретный отпуск имеет негативное влияние на карьерный рост и оплату труда [11].

В 2006 году прошло обсуждение вопросов гендерного равенства и по отдельным проблемам принимались меры. При этом использовались материалы научного исследования, которое проводил Европейский фонд по улучшению жилищных и трудовых условий [12].

12 июня 2007 года в Риме ETF и CER подписали «Совместные рекомендации для более тесной интеграции женщин в железнодорожной отрасли» [13]. Церемония состоялась в рамках конференции, в которой принимали участие железнодорожные профсоюзы и представители компаний из 17 европейских стран. Эти рекомендации включают в себя действия, способные помочь увеличению доли женской занятости и формированию культуры гендерного равенства в секторе, где традиционно преобладают мужчины. В частности предполагается:

– создание условий для освоения женщинами технических железнодорожных профессий;

– расширение их доступа ко всем железнодорожным профессиям;

– улучшение баланса между работой и личной жизнью женщин-железнодорожниц;

– реализация мер безопасности и защиты на рабочем месте, возможность женщинам выбирать сменную работу на транспорте;

– обеспечение равного доступа мужчин и женщин к обучению железнодорожным профессиям;

– формирование культуры гендерного равенства на рабочем месте.

На уровне компании рекомендуются следующие типы действий:

– борьба со стереотипами;

– разработка недискриминационных критериев для доступа к железнодорожным профессиям;

– продвижение женщин на всех уровнях принятия решений;

– предоставление женщинам средств по уходу за детьми;

– адаптации рабочей среды к потребностям женщин и мужчин.

В том же 2007 году ETF осуществила проект «Мобилизация деятельности профсоюзов по обеспечению гендерного равноправия на транспорте», который финансировался ЕС. Проект имел три направления: 1) пересмотр существующих инструментов, приборов, систем измерения для обеспечения гендерного равноправия на европейском и национальном уровнях; 2) выявление рабочих мест, на которых имеются проблемы; 3) выявление наилучших методов, с помощью которых профсоюзы могут внести свой вклад в решение указанных проблем [13].

В 2011–2012 годах совместный проект ETF и CER по улучшению положения женщин на железнодорожном транспорте охватывал 25 компаний из 17 европейских стран. В его рамках было проведено три тематических семинара, сделаны обзоры развития женской занятости, анализ результатов сравнительных исследований по реализации рекомендаций социальных партнеров, подготовлено руководство по внедрению передового гендерного опыта [14].

* * *

В связи с вступлением в начале 2000-х годов в Евросоюз новых членов, представляющих страны Центральной Европы и Балтии, возникает новое направление деятельности европейского комитета социального диалога на железнодорожном транспорте.

В 2004 году европейские социальные партнеры организовали два совещания с участием пяти новых государств-членов. Эти встречи проходили в Будапеште, где были представлены Венгрия и Словения, и Братиславе, где свою причастность к социальному диалогу продемонстрировали железнодорожники Словакии, Чехии и Польши. Оба мероприятия проведены при финансовой поддержке Европейской комиссии. Семинары послужили хорошим примером общего реагирования на новые обстоятельства.

В 2006 году в ходе двух семинаров, организованных европейскими социальными партнерами в Таллинне и Бухаресте, участники смогли убедиться, насколько разнообразны континентальные промышленные традиции и как это разнообразие увеличилось со вступлением в Европейский союз стран Центральной и Восточной Европы.

Сведения, собранные по итогам совещаний и семинаров, были обобщены и изданы в виде брошюр, которые рекомендованы для социальных партнеров железнодорожного сектора во всех государствах-членах ЕС [15].

Заслуживает внимания проект «Укрепление социального диалога на предприятиях железнодорожного транспорта стран Балтии посредством распространения европейского опыта финансового участия работников» VS/2007/0545 [17]. Его составной частью стало исследование под названием «Европейский опыт участия работников в финансовых результатах деятельности предприятий и возможности его использования в странах Балтии», проведенное Институтом европейских исследований совместно с профсоюзами железнодорожников и работников отрасли сообщений Латвии, железнодорожников Литвы и Эстонии [16]. Аналитики делают вывод, что в прибалтийских государствах существует настоятельная необходимость во внедрении европейской модели социального развития, включая такой ее элемент, как социальное партнерство с присущей ему системой финансового участия работников в бизнес-деятельности своих предприятий.

Особенно успешно подобные системы могут существовать в компаниях, которые образовались в процессе реструктуризации железных дорог, поскольку в них устойчиво действуют организации профсоюзов железнодорожников. Наиболее сильна система в Латвии, но у нее неплохие пер-

спективы в Литве, Эстонии. Профсоюзы имеют богатый опыт заключения коллективных трудовых договоров, что является важнейшей предпосылкой к внедрению известных форм финансового участия работников.

Проблема заключается, однако, в недостаточной активности социальных партнеров, отстраненности государства от решения насущных вопросов жизни трудового населения. Предоставление налоговых льгот и более четкое законодательное регулирование наверняка позволили бы существенно ускорить внедрение систем финансового участия в странах Балтии.

С 1 июня 2010-го по 31 мая 2011 года осуществлялась реализация проекта «Социальный диалог в транспортном секторе – Румыния, Болгария, Македония и Хорватия». Работа координировалась ETF [18] и нацелена она была на улучшение обмена информацией и опытом представителей профсоюзов со всеми заинтересованными в сотрудничестве сторонами. В числе прочего разработан справочник по вопросам социального диалога и подготовлен доклад ЕС [19].

* * *

Социальный диалог на железнодорожном транспорте стал неотъемлемым элементом механизма реформирования отрасли. Благодаря деятельности, которую осуществляют в европейском комитете социального диалога представители профсоюзов, бизнеса и государства, создаются гарантии реализации трудовых прав наёмных работников. Опыт, накопленный европейскими социальными партнерами, может применяться и в нашей стране с учетом специфики реструктуризации российских железных дорог. Ведь поиск баланса интересов для каждой из сторон социального диалога (в том числе профсоюзов, представляющих персонал отраслевых структур) – перманентная задача, решать которую в равной степени предназначено всем участникам рынка рабочей силы.

ИСТОЧНИКИ

1. Европейские реформы железных дорог – основные этапы и основные документы. [Электронный ресурс]: http://go.mail.ru/search?q=1430+mm.ru%2F2013.&fr=xtn_back&gp=800000. Доступ 23.03.2016.

2. Перспективы развития железных дорог в Европе // EuropeRails. 2012. 22 мая. [Электронный ресурс]: http://blog.europerails.ru/2012/05/22/perspektivy-razvitiyazheleznyx-dorog-v-evrope. Доступ 23.03.2016.

3. Еврокомиссия предлагает открыть внутренние рынки железнодорожного транспорта // Новости Евросоюза по-русски. 2013. 30 января. [Электронный ресурс]: http://euplus.info/2013–01–30/evrokomissiya-predlagaet-otkry-t-vnutrenniery-nki-zheleznodorozhnogo-transporta/. Доступ 23.03.2016.

4. Психосоциальные риски в железнодорожной отрасли. [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

5. Руководство для определения и предотвращения психосоциальных рисков при работе в железнодорожной отрасли. [Электронный ресурс]: http://www.cer.be/search/node: Доступ 23.03.2016.

6. Aggressions / Отсутствие безопасности. [Электронный ресурс]: http://www.etf-europe.org/. Доступ 23.03.2016.

7. Совместные рекомендации по содействию безопасности в железнодорожном секторе (2012 г.). [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

8. Совместные рекомендации по содействию безопасности в железнодорожном секторе (2012 г.). [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

9. ETF-CER. Исследования (2005). [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

10. Исполнительный комитет МФТ. Отчет секретариата за 2007 год, с. 50. [Электронный ресурс]: http://www.itfglobal.org. Доступ 23.03.2016.

11. ETF-CER. Совместные рекомендации для более тесной интеграции женщин в железнодорожной отрасли. [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

12. Исполнительный комитет МФТ. Отчет секретариата за 2007 год, с. 51 [Электронный ресурс]: http://www.itfglobal.org. Доступ 23.03.2016.

13. Женщины в железнодорожной отрасли (2012). [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

14. Женская занятость остается постоянной в европейской железнодорожной отрасли. Пресс-релизы. [Электронный ресурс]: http://www.cer.be/links/railway-organisations/ 21 января 2014 г. Доступ 23.03.2016.

15. Социальный диалог в железнодорожной отрасли: к крепким партнерским отношениям в расширенной Европе. Брошюры – подробности. [Электронный ресурс]: http://www.cer.be/links/railway-organisations/ 26 марта 2007 г. Доступ 23.03.2016.

16. Европейский опыт участия работников в финансовых результатах деятельности предприятий и возможности его использования в странах Балтии.– Рига–Таллин–Вильнюс, 2008. [Электронный ресурс]: http://rud.exdat.com/docs2/index-606310.html: Доступ 23.03.2016.

17. Балтийский курс. Новости и аналитика Четверг, 06.02.2014. [Электронный ресурс]: http://www.baltic-course.com/rus/_analytics/?doc=1257: Доступ 23.03.2016.

18. Социальный диалог в транспортном секторе – Румыния, Болгария, Македония и Хорватия. [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016.

19. Справочник по социальному диалогу. [Электронный ресурс]: www.etf-europe.org. Доступ 23.03.2016. ●

Координаты авторов: **Зубков С. А.** – (495) 655–5434, **Крайнов Г. Н.** – krainovgn@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.03.2016, принята к публикации 16.06.2016.

SOCIAL DIALOGUE ON EUROPEAN RAILWAYS: SEARCH FOR A BALANCE

Zubkov, Sergey A., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*
Krainov, Grigory N., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The reform of the railways in the EU was followed by strengthening of the position of the industry in the transport market, and at the same time by the necessary support rendered to rail companies that perform important social functions. In this context, the authors distinguish the activities of the committee for social dialogue in the railway transport, which, in cooperation with the European Commission carries out projects and prepares decisions designed to protect the interests of staff, labor rights of wage earners, and simultaneously preserves the opportunity for mutually beneficial cooperation between trade unions, businesses and governments.

Keywords: railways, personnel, human resources, labor market, social dialogue, trade union, business, state.

Background. *As part of the transport development strategy for the EU in the late XX– early XXI centuries a special place is occupied by reform of public railway monopoly models, the principles of which were defined in EU Directive 91/440 on division of functions of maintenance of railway infrastructure and organization of operational work. Major changes were limited to the fact that further development of the industry is possible only while strengthening its position in the transport market and creation of conditions to ensure that unprofitable economies, performing socially significant functions, would receive adequate support from stakeholders, including the state [1].*

During implementation of this directive by public authorities of the EU countries the following aspects were implemented:

1) Write-down and restructuring of debt, taking measures for financial rehabilitation of railway monopolies and partial cancellation of the state subsidy system;

2) Division and organizational separation of railway monopolies into two sectors – infrastructure and operation, as well as providing the possibility of entering the market to private companies;

3) Introduction of a self-sufficiency system (i.e. recognition as a basic target reference point not receipt of profit, but achievement of break-even).

The main directions of reforming are identified in the fourth railway package. This document of the European Commission presents a set of measures, which key reference point is an innovative component in organization of competition in the passenger transportation market, which requires simultaneous technical and structural changes. As a result, better service of transport services consumers, receipt of savings of 40 billion euros by 2035 and increase of industry's customer focus are expected[2].

The fourth railway package affects standards, quality of services, structural reforms, professional skills of specialists. Primarily a reduction of administrative costs and simplifying the entry of new operators into the market of services are provided for. It is anticipated to replace the national system of permissions with certificates for operators issued by European Railway Agency, as well as for the right to use locomotives and rolling stock. According to experts, such a measure will not only reduce the time to entry the railway operator's market (by 20%), but will also reduce cost (also by 20%) [3].

Analyzing the mechanism of reforming of railways of the EU countries, it is necessary to separately highlight the activities of the committee for social dialogue in the railway transport – representatives of trade unions, business and government agencies, including European Transport Workers Federation (ETF), Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER), as well as European Association of Rail Infrastructure Managers (EIM).

Institutional framework of this dialogue is the Decision of the European Commission dated 20 May 199898/500 / EC. It contains provisions regarding establishment and organization of committees of sectoral social dialogue, intended as central bodies for consultation, joint initiatives and negotiation [4]. The committees include representatives of trade unions and business organizations, taking into account the independence of social partners. They should carry out their work in cooperation with the European Commission, their participation in social dialogue concerns specific sectors of the economy or categories of workers, committees consist of organizations which are themselves an integral and recognized part of the EU Member States and have the ability to enter into agreements, representative for several Member States.

Objective. *The objective of the authors is to consider the issues of social dialogue, which is implemented on European railways.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparison, evaluation approach, analytical method.*

Results.

* * *

Among the problems, to which the most attention is paid in the European social dialogue committee on railways, a special place is occupied by social aspects of the industry's restructuring.

In 2013, ETF and CER organized a joint project «Social aspects of personnel protection in case of change of a railway operator (the current situation)». The goal is to get an idea of how the provisions of the EU Directive 1370/2007 are implemented, what remedies are used to guarantee social standards for the personnel when the operator changes.

Report prepared in the framework of the project explores the practice of competitive bidding (tendering) in rail passenger transport in 10 EU Member States. It is noted that there are very different situations from the point of view of social protection of workers in case of the operator's changes and especially the application of Articles 4(5) and 4(6) of the EU Directive 1370/2007. On the one hand, some Member States have established national rules similar to the provisions of the directive, and laid the foundation for social

partnership in the industry. On the other hand, there are states where the social aspects in general are not taken into account when tendering. This increases the risk of social dumping and associated decrease in attractiveness of work at a time when the shortage of skilled staff affects the quality of customer service.

In the final document of CER and ETF project the partners recognize that good social standards are a fundamental condition for provision of qualitative services. They agree that competition should not affect the nature of the staff work. They are willing to work to ensure that at the conclusion of collective agreements in the rail transport the provisions on compulsory establishment of social standards and social criteria for participation in the tender were included in them. This is the best way to ensure that protection of employment and fulfillment of social obligations towards staff are the rules of conduct for all operators.

ETF and its Italian subsidiary FILT-VIKT implemented a project funded by the European Commission under the title «ERTMS – a new technology for the rail industry. Anticipating its impact on employment and social conditions (AIMESC) – VS / 2009/0176 «[5]. ERTMS is a traffic control system on the European railways, including a single European standard and accompanying signaling equipment, developed and implemented in order to improve cross-border interoperability of existing railways.

The authors of the project prepared a report containing a number of conclusions concerning ERTMS impact on employment and working conditions. They revealed an increase in social tension, a readiness of locomotive drivers, dispatchers and train maintenance personnel for protest actions. It is noted that the system has increased interest in rationalization; it formalizes processes and makes the entire organization of the railways more «transparent» for observation. As a consequence, the management increases its prerogatives, especially in terms of administrative burden and control, but needs cooperation, especially of locomotive drivers and dispatchers.

The report includes recommendations on main directions of cooperation of social partners. Organization of staff training is in the foreground. Training activities that allow employees to get acquainted with ERTMS technology, are lengthy and costly, require periodic updates, but it is a necessity, because the staff needs additional competencies such as communication skills, conflict management, language skills, etc.

In the activities of the European social dialogue committee on railways a separate place is occupied by projects related to risk management.

In 2013 a joint project of ETF and CER «PSR-Rail – identification and prevention of psychological risks in the rail industry» was completed [6]. It was aimed to analyze psychosocial risks and losses in the professional environment and development of preventive measures to improve the situation in the companies.

As it turned out, psychosocial risks on railways relate mainly to stress, harassment and acts of domestic violence as well as violence and aggression against staff by third parties and passengers. This can be dangerous for health and safety of staff, bad for motivation and maintaining a positive working environment and threatens with unforeseen and often high costs of companies to cover the costs of reproduction of human resources.

An integrated approach is required for prevention of psychosocial risks. The European social partners have concluded that the management of these risks is not only to be part of programs of health protection and improving transport safety, but also considered in all relevant areas of policy, including work organization, internal communications, etc. For companies risk reduction means a reduction in costs and increase in profits. For workers – it is to increase the quality of work, to reduce health problems.

The team of specialists, carrying out the project, prepared guidelines for identification and prevention of psychosocial risks, in which in addition to theoretical studies there are examples of formulation and implementation of action plans of railway companies. Particular attention is paid to the risks associated with railway restructuring process [7], as well as recommendations to subsidiary companies and trade unions, which should undertake their own commitments to address the problems of social and psychological risks of their employees.

In 2011–2012, ETF and CER implemented a joint project «The lack of safety and a sense of insecurity in the railway passenger transport» [8]. The aim of the project was to discuss personal safety issues of workers and passengers on public railway transport, prevention of aggression and violence. The starting point was a conviction that the topic is relevant both for workers, who, together with passengers are direct victims of aggression, violence and abuse, as well as for companies which are interested in ensuring safe transportation of people.

ETF and CER signed the document «Promoting safety and a sense of security against violence by third parties in the European railway sector – Recommendations of the European social partners of the rail sector», which highlighted:

– Safety management and technical measures;

– Preventive training and staff awareness;

– Dissemination of best practices;

– Dialogue with politicians, other stakeholders and social partners (civil and social dialogue);

– Regular evaluation of effectiveness of measures [9].

In developing the recommendations European social partners were guided by the intention to initiate strategies aimed at prevention of violence by third parties; contribute to improvement of working conditions in the railway passenger transport.

Among the issues that are on the agenda of the social dialogue committee for the railways since the early 2000s there is the increase of women's participation in the actions of the industry:

– It is a proven fact that gender diversity helps to improve the socio-psychological climate in the organization and to achieve the quality of work;

– Enormous potential of the female workforce is accumulated, in terms of education, skills and qualifications, and the companies with a policy of equal gender opportunities will have an advantage in the competition for this potential;

– Women make up the majority of staff in modern service companies, including on the European railways.

It is in this context a project entitled «Enhancing participation and advancement of women's integration into the railway professions» is being implemented [10]. Its development began with creation of a joint working group on equal opportunities in Brussels in December 2001, which purpose was to investigate the reasons for a low level of female employment in

the sector. As a result, it was managed to gather a large amount of scientific information that allowed to look first at the European railway transport «through the eyes of a woman».

In 2004, ETF and CER continued with a series of visits to companies in eleven EU Member States. Six meetings with participation of trade unions and representatives of the railway business were held. The data obtained were summarized in the final report, which included the following conclusions:

– Women make up only 18,8% of total employment in 11 railway companies under survey; there is a tendency to reduce a level of female employment on the European railways, due to the accelerated pace of restructuring;

– The railway sector is characterized by horizontal and vertical segregation: among women workers clerks dominate, while in technical occupations men dominate; management positions are equally divided between men and women; only 1% of women are in leadership positions in the surveyed companies;

– The gap in wages between men and women (in average industry wages) varies between countries, ranging from 10 to 30%;

– Women- railway specialists share a strong view that maternity leave has a negative impact on career development and remuneration [11].

In 2006, a discussion was held on gender equality and measures on individual issues were taken. At the same time materials of the research was used that was held by the European Foundation for improvement of living and working conditions [12].

On June 12, 2007 in Rome, ETF and CER signed «Joint recommendations to increase participation and improvement of women's integration in the rail industry» [13]. The ceremony took place at the conference, which was attended by representatives of railway trade unions and the companies from 17 European countries. These recommendations include actions that can help increase the share of female employment and form a culture of gender equality in the sector, traditionally dominated by men. In particular, it is supposed:

– Creation of conditions for development of technical rail professions by women;

– Improvement of their access to all rail occupations;

– Improvement of balance between work and personal life of women – railway specialists;

– Implementation of safety and security measures in the workplace, the possibility for women to choose shift work on transport;

– Ensuring equal access for men and women to train railway professions;

– Promoting a culture of gender equality in the workplace.

At the company level, the following types of actions are recommended:

– Combating stereotypes;

– Development of non-discriminatory criteria for access to the railway occupations;

– Promotion of women at all decision-making levels;

– Provision of funds for women taking care of children;

– Adaptation of the working environment to the needs of women and men.

In the same 2007 ETF implemented a project «Mobilizing trade unions to promote gender equality in transport», which was funded by the EU. The project had three areas: 1) revision of existing tools, instruments, measuring systems to ensure gender equality at the European and national levels; 2) identification of workplaces in which there are problems; 3) identification of the best methods by which trade unions can contribute to the solution of these problems [13].

In 2011–2012, a joint project of ETF and CER for advancement of women in the railway sector covered 25 companies from 17 European countries. Three thematic seminars were conducted within its framework, an overview of development of women's employment, analysis of the results of comparative studies on implementation of recommendations of social partners were performed, a manual on implementation of best gender practices was prepared [14].

* * *

In connection with accession of new members representing Central Europe and Baltic countries to the EU in the early 2000s, there is a new area of activity of the European social dialogue committee on railways.

In 2004, the European social partners organized two meetings with participation of five new Member States. These meetings took place in Budapest, where there were representatives of Slovenia and Hungary, and Bratislava, where the involvement in the social dialogue was demonstrated by the railways of Slovakia, Czech Republic and Poland. Both events were held with the financial support of the European Commission. The workshops served as a good example of a common response to the new circumstances.

In 2006, in course of two workshops organized by the European social partners in Tallinn and Bucharest, the participants were able to see how varied are continental industrial traditions and how this diversity has increased with accession of Central and Eastern Europe countries to the European Union.

The information collected on the basis of meetings and workshops was summarized and published in a form of brochures, which are recommended for social partners of the rail sector in all EU Member States [15].

The project «Strengthening of social dialogue at the enterprises of railway transport of the Baltic countries by disseminating European experience of financial participation of workers» VS / 2007/0545 is worth noting [17]. Its component part was a study entitled «The European experience of employee participation in financial results of enterprises and the possibility of its use in the Baltic countries», conducted by the Institute for European Studies in cooperation with trade unions of railway workers and employees of the sector of traffic of Latvia, railway workers of Lithuania and Estonia [16]. Analysts conclude that in the Baltic States there is an urgent need for implementation of the European social model of development, including its elements such as social partnership with its usual system of financial participation of employees in business activities of their companies.

Such systems might exist especially successfully in the companies, which were formed in the process of restructuring of railways, because organizations of trade unions of railway workers operate in them. The most powerful system is in Latvia, but it has also good prospects in Lithuania, Estonia. Trade unions have a rich experience of collective labor contracts, which is an essential prerequisite to implementation of the known forms of financial participation of employees.

The problem is, however, insufficient activity of social partners, detachment of the state from

addressing pressing issues of life of the working population. Providing tax incentives and clearer legislative regulation certainly would significantly accelerate the introduction of financial participation systems in Baltic States.

From 1 June 2010 to 31 May 2011 the project «Social Dialogue in Transport Sector – Romania, Bulgaria, Macedonia and Croatia» was carried out. The work was coordinated by ETF [18] and it was aimed at improving the exchange of information and experience between representatives of trade unions with all parties interested in cooperation. Among other things, a handbook on social dialogue was developed and the report was prepared by the EU [19].

Conclusion. *Social dialogue on railway transport has become an integral part of the industry reform mechanism. Due to the activity which is carried out in the European social dialogue committee by representatives of trade unions, business and government, guarantees for realization of labor rights of wage earners are created. The experience gained by the European social partners, can be applied in our country, taking into account the specifics of Russian railways restructuring. After all, search for balance of interest for each of the parties to the social dialogue (including trade unions representing the staff of branch structures) is a permanent task, which should be solved by all the participants of the labor market.*

REFERENCES

1. European reforms of railways – milestones and key documents [*Evropejskie reformy zheleznyh dorog – osnovnye jetapy i osnovnye dokumenty*]. [Electronic source]: http://go.mail.ru/search?q=1430+mm.ru%2F2013.&fr=xtn_back&gp=800000. Last accessed 23.03.2016.

2. Prospects for development of railways in Europe [*Perspektivy razvitija zheleznyh dorog v Evrope*]. *EuropeRails, 2012, 22 May*. [Electronic source]: http://blog.europerails.ru/2012/05/22/perspektivy-razvitiyazheleznyx-dorog-v-evrope. Last accessed 23.03.2016.

3. The European Commission proposes to open domestic markets of railway transport [*Evrokomissija predlagaet otkryt' vnutrennie rynki zheleznodorozhnogo transporta*]. *News of the EU in Russian*, 2013, 30 January. [Electronic source]: http://euplus.info/2013–01–30/evrokomissiya-predlagaet-otkry-t-vnutrenniery-nki-zheleznodorozhnogo-transporta/. Last accessed 23.03.2016.

4. Psychosocial risks in the railway industry [*Psihosocial'nye riski v zheleznodorozhnoj otrasli*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

5. Guidelines for identification and prevention of psychosocial risks at work in the rail industry [*Rukovodstvo dlja opredelenija i predotvrashhenija psihosocial'nyh riskov pri rabote v zheleznodorozhnoj otrasli*]. [Electronic source]: http://www.cer.be/search/node: Last accessed 23.03.2016.

6. Aggressions / Lack of safety [*Aggressions / Otsutstvie bezopasnosti*]. [Electronic source]: http://www.etf-europe.org/. Last accessed 23.03.2016.

7. The joint recommendations to promote safety in the railway sector (2012) [*Sovmestnye rekomendacii po sodejstviju bezopasnosti v zheleznodorozhnom sektore (2012 g.)*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

8. The joint recommendations to promote safety in the railway sector [*Sovmestnye rekomendacii po sodejstviju bezopasnosti v zheleznodorozhnom sektore (2012 g.)*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

9. ETF-CER. Research (2005) [*ETF-CER. Issledovanija (2005)*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

10. The Executive Committee of ITF. The report of the Secretariat for the year 2007, p. 50 [*Ispolnitel'nyj komitet MFT. Otchet sekretariata za 2007 god, s. 50*]. [Electronic source]: http://www.itfglobal.org. Last accessed 23.03.2016.

11. ETF-CER. Joint recommendations for closer integration of women in the railway sector [*ETF-CER. Sovmestnye rekomendacii dlja bolee tesnoj integracii zhenshhin v zheleznodorozhnoj otrasli*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

12. The Executive Committee of ITF. The report of the Secretariat for the year 2007, p. 51. [*Ispolnitel'nyj komitet MFT. Otchet sekretariata za 2007 god, s. 51*]. [Electronic source]: http://www.itfglobal.org. Last accessed 23.03.2016.

13. Women in the railway sector (2012) [*Zhenshhiny v zheleznodorozhnoj otrasli (2012)*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

14. Women's employment remains constant in the European railway industry. Press Releases [*Zhenskaja zanjatost' ostaetsja postojannoj v evropejskoj zheleznodorozhnoj otrasli. Press-Relizy*]. [Electronic source]: http://www.cer.be/links/railway-organisations/ 21 January 2014. Last accessed 23.03.2016.

15. Social dialogue in the railway industry: to strong partnership in the enlarged Europe. Brochures – details [*Social'nyj dialog v zheleznodorozhnoj otrasli: k krepkim partnerskim otnoshenijam v rasshirennoj Evrope. Broshjury – podrobnosti*]. [Electronic source]: http://www.cer.be/links/railway-organisations/ 26 March 2007. Last accessed 23.03.2016.

16. The European experience of employee participation in financial results of enterprises and the possibility of its use in the Baltic countries.– Riga–Tallinn–Vilnius, 2008 [*Evropejskij opyt uchastija rabotnikov v finansovyh rezul'tatah dejatel'nosti predprijatij i vozmozhnosti ego ispol'zovanija v stranah Baltii.– Riga–Tallin–Vil'njus, 2008*]. [Electronic source]: http://rud.exdat.com/docs2/index-606310.html. Last accessed 23.03.2016.

17. The Baltic Course. News and Analysis [*Baltijskij kurs. Novosti i analitika*]. Thursday, 06.02.2014. [Electronic source]: http://www.baltic-course.com/rus/_analytics/?doc=1257. Last accessed 23.03.2016.

18. Social dialogue in the Transport Sector – Romania, Bulgaria, Macedonia and Croatia [*Social'nyj dialog v transportnom sektore – Rumynija, Bolgarija, Makedonija i Horvatija*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016.

19. Handbook of social dialogue [*Spravochnik po social'nomu dialogu*]. [Electronic source]: www.etf-europe.org. Last accessed 23.03.2016. ●

Information about the authors:

Zubkov, Sergey A. – D.Sc. (Philosophy), professor of the Department of Political science, history and social technologies of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, (495) 655–5434.

Krainov, Grigory N. – D.Sc. (History), professor of the department of Political science, history and social technologies of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, krainovgn@mail.ru.

Article received 23.03.2016, accepted 16.06.2016.

УДК 658.846.6/7:629.7

Формирование компетентностной модели выпускника-управленца



Людмила БОЛЬШЕДВОРСКАЯ

Lyudmila G. BOLSHEDVORSKAYA

Большедворская Людмила Геннадьевна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия.*

Development of a Competence Model for a Graduate Manager

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 264)

В статье анализируются факторы, влияющие на конкурентные преимущества выпускников вузов. Подчеркивается необходимость нового подхода к формированию профессиональной компетентности менеджера в сфере информационно-аналитической деятельности. Компетентностную модель, обеспечивающую соответствие будущего управленца требованиям рынка в условиях современного информационного общества, можно представить в виде совокупности моделей общенаучного, специального, универсального, профессионального и информационного характера. Для определения степени развития информационно-аналитических компетенций рассмотрены три базовых уровня: низкий, средний, высокий и предложен численный критерий оценки подготовленности выпускника.

Ключевые слова: образование, рынок труда, компетенция, компетентностная модель, выпускник-управленец.

В начале XXI века для высшей школы России сложились объективные предпосылки к проведению широкомасштабного реформирования образовательных систем, охватывающих все уровни образования и требующих систематического анализа изменений качества обучения будущих специалистов. В таблице 1 представлен сравнительный анализ конкурентных особенностей современных выпускников-управленцев. Этот анализ сделан на основе данных социологического опроса, который был организован сотрудниками автоматизированных профориентационных систем ТУСУР [7].

Анализируя представленные данные, можно сформулировать две группы факторов, влияющих на конкурентные особенности выпускников. Одна группа характеризует личностные качества, которые оказывают существенное влияние на формирование профессионализма: готовность к обучению, открытость, инициативность к новым начинаниям, восприимчивость, динамичность, организованность и готовность начинать с малого. Другая группа отражает требования работодателя, ориентированные на профессиональные качества выпускника: возможность развития устойчивых привычек и профессиональных навыков, профессиональная подготовка и уровень кру-

Таблица 1

Конкурентные особенности современных выпускников-управленцев

Прием молодых специалистов в компанию	
Преимущества	Недостатки
Энергия, активность	Отсутствие стабильности и текучесть кадров
«Незашоренность»	Профессиональная подготовка, уровень кругозора
Динамичность	Низкий уровень ответственности
Открытость к новым начинаниям	Низкий или отсутствующий опыт работы
Экономия затрат на оплату труда	Несоблюдение норм делового этикета, повышенная амбициозность
Активизация старых работников	Отсутствие навыков работы на результат
Интегрирование в организационную культуру компании	Низкий уровень самостоятельности в достижении цели
Развитие устойчивых привычек и профессиональных навыков	Низкий уровень заинтересованности

гозора, наличие опыта работы, позволяющего достичь конкретной цели.

Изменения факторов, влияющих на конкурентные особенности выпускников, продиктованы кадровой политикой привлечения молодых специалистов и характером требований работодателей к уровню качества профессиональной подготовки студентов по специальности «менеджмент» в высшем образовании.

I.

Понятие «качество образования» предполагает комплексность и включает три группы характеристик:

– качество потенциала достижения цели образования;

– качество процесса формирования профессиональных навыков и умений;

– качество результатов образования.

Критерием уровня качества образования современного выпускника является комплекс характеристик, отражающих его компетентность, профессионализм, способность самостоятельно приобретать знания, применять их в будущей профессии. В научной литературе существуют разнообразные трактовки понятий «компетенция», «компетентность» (таблица 2).

Практически в каждой трактовке отечественных и зарубежных авторов можно отметить, что в отличие от термина «квалификация» компетенции отражают не только уровень профессиональных знаний и умений, но и такие качества, как инициативность, способность к работе в коллективе, коммуникативность, умение учиться, оценивать и логически мыслить, отбирать и использовать информацию. В общем виде можно сформулировать и принять такие понятия «компетенция» и «компетентность» для выпускника:

Компетенция – это профессиональная область, в которой выпускник хорошо осведомлен и проявляет готовность к самостоятельной деятельности.

Компетентность – это умения (действия), интегрированная характеристика личностных качеств выпускника, выступающая как результат его подготовки по избранной специальности.

Динамичные преобразования экономических процессов в стране подчеркивают особенности формирования компетенций выпускника-управленца. Это обусловлено тем, что ответственность за конкурентоспособность организации в условиях рыночной экономики практически на 80% возлагается на руководителя. Кроме этого, современный менеджер находится в жесткой среде постоянных внешних и внутренних изменений. Следовательно, совокупность компетенций, характеризующих личностный и профессиональный потенциал, будет иметь особенности и динамическое изменение в зависимости от уровня карьерного роста (таблица 3).

Российским компаниям требуются специалисты с ярко выраженными лидерскими способностями, позволяющими выстраивать свои взаимоотношения с партнерами, сотрудниками, клиентами на принципах сотрудничества, профессионализма, и с высоким чувством заинтересованности, ответственности, доброжелательности. При этом современный руководитель, менеджер должен быть психологически, морально и физически готовым к работе трудной, подверженной внезапным изменениям. Поэтому параллельно с преобразованиями,

Таблица 2

Классификация определений компетенции, компетентности

Термин	Содержательная часть (определение)	Автор (источник)
Компетентность	Описание конечного результата обучения	[9]
	Качественное использование компетенций	Алмазова Н. И. [1]
	Доскональное знание своего дела, существа выполняемой работы, сложных связей, явлений и процессов, возможных способов и средств достижения намеченных целей	Нечаев Н. И. [7]
	Предполагает владение знаниями, умениями, навыками и жизненным опытом	Талызина Н. Ф. Печенюк Н. Т. [9]
	Эффективное взаимодействие человека с окружающей средой	Вайт(White 1959) [7]
	Уровень владения совокупностью компетенций, отражающий степень готовности выпускника к применению знаний, умений, навыков и сформированных на их основе компетенций для успешной деятельности в определенной области	ФГОС третьего поколения
Компетенция	Сформированные способности	Вайт (White 1959) [7]
	Способность применять знания, умения, навыки и личностные качества для успешной деятельности в различных проблемных профессиональных ситуациях	ФГОС третьего поколения
	Знание и понимание того, как следует действовать в различных профессиональных и жизненных ситуациях	Проект TUNING – настройка образовательных структур в Европе
	Основывается на знаниях, конструируется через опыт, реализуется на основе воли	Джон Эрпенбек
	Характеристики, необходимые для успешной управленческой деятельности	МакКлеланд
	Совокупность знаний (предметных «что», процедурных «как», ценностно-смысловых «зачем и почему») ответственности, равной полномочиям, и личностных характеристик человека, обеспечивающих эффективность его трудовой деятельности	Городнова А. А. [3]
	Владение кругом вопросов, в котором человек обладает познаниями, опытом, позволяющими судить о чем-либо, определяющими возможности, способности, умения человека в какой-то сфере деятельности	Гительман Л. Д. [2]

происходящими в стране и мире, изменяются и задачи, которые приходится решать современным управленцам.

II.

За рубежом принято выделять четыре подхода к введению в практику развития профессиональных компетенций. Эти подходы появились независимо друг от друга. Впервые в США, затем в Великобритании, Франции и Германии.

Американский подход заключается в соотнесении компетенции с эффективностью профессиональной деятельности и развивается в двух направлениях: изучение индивидуальных функциональных компетенций; исследование компетенций в зависимости от развития стратегического менеджмента.

Английский подход состоит в соотнесении компетенции со стандартами профессиональной деятельности.

В Великобритании при формировании профессиональных компетенций предпочтение отдается целостности и функциональности обучения путем интеграции знаний, навыков, умений в процессе обучения. При сравнении подходов к развитию профессиональных компетенций в США и Великобритании отмечается, что американский принцип ориентирован преимущественно на развитие поведенческих характеристик будущего профессионала. Опыт британской высшей школы при формировании профессиональных компетенций выпускников отдает предпочтение развитию функциональных характеристик базовых знаний.

Модель развития профессиональных компетенций в процессе обучения, применяемую во Франции, можно назвать многомерной, представляющей собой нечто среднее между американскими и британскими прототипами. Ее принцип ориентирован на формирование у выпускника двух групп компетенций: личностных и профессиональных:

• личностные компетенции сконцентрированы на выработке навыков поведения выпускника в коллективе;

Таблица 3

Общий подход к моделированию образовательного процесса менеджера нового поколения

Приём молодых специалистов в компанию	
Преимущества	Недостатки
Энергия, активность	Отсутствие стабильности и текучесть кадров
«Незашоренность»	Профессиональная подготовка, уровень кругозора
Динамичность	Низкий уровень ответственности
Открытость к новым начинаниям	Низкий или отсутствующий опыт работы
Экономия затрат на оплату труда	Несоблюдение норм делового этикета, повышенная амбициозность
Активизация старых работников	Отсутствие навыков работы на результата
Интегрирование в организационную культуру компании	Низкий уровень самостоятельности в достижении цели
Развитие устойчивых привычек и профессиональных навыков	Низкий уровень заинтересованности

• профессиональные компетенции ориентированы на формирование навыков организации эффективной работы всего коллектива в целом.

Немецкая система профессионального образования имеет отличия от американской, британской и французской высших школ в том, что выделяет формирование у выпускников «компетенций действия». Особенность заключается в том, что ключевым звеном образования являются учебные планы профессионального обучения, в которых формулируется совокупность развивающих компетенций, знаний и умений, соответствующих изучаемому предмету. Согласно немецкой системе образования, основанной на развитии компетенций познавательного и функционального значения, способности выпускника решать практические задачи и проблемы профессионального характера ограничиваются лимитом предметных знаний и навыков.

Обобщив опыт четырех ведущих западных школ, можно заметить, что появление функциональных и когнитивных компетенций значительно расширило формат компетентностного подхода США к образованию, придав ему структуру целостности, наиболее характерную для образовательных технологий Франции и Германии, где знания и навыки в сочетании с поведенческими и мотивационными аспектами составили совокупное содержание компетенций.

III.

Опыт отечественных исследователей в области развития компетенций свидетельствует о многообразии компромиссных мнений и выводов. Предлагается базовые компетенции отнести в группу обязательных, которыми должен обладать выпускник, чтобы как минимум соответствовать требованиям современного работодателя.

В практике внедрения компетентностного подхода в образовательный процесс совокупность профессиональных компетенций ориентированы на три группы: организационно-управленческая деятельность, информационно-аналитическая деятельность, предпринимательская деятельность [4].

Задачи развития информационной компетентности являются неотъемлемой частью познавательных, коммуникативных, адаптивных, нормативных, оценочных и информационных функций, необходимых менеджеру.

Формирование информационной компетентности личности осуществляется путем передачи информации, включая три ее основных компонента [6]:

– получение информации (пользователь грамотно и объективно ее отбирает);

– оценивание информации (пользователь делает это критически и компетентно);

– использование информации (корректно и творчески).

Трудно представить современного выпускника без элементарных знаний компьютерной грамотности, распространенных программных продуктов (Word, XL, Microsoft PowerPoint, и др.). Развитие информационных компетенций менеджеру требуется на постоянной основе, но основополагающая база формируется в процессе обучения. Для развития функциональных компетенций менеджеров обычно можно выделить три характерных этапа (рис. 1).

Эволюционные преобразования в области информационных технологий формируют изменения требований к процессу обучения

1 ЭТАП Функциональная составляющая	▶	Углубление и расширение знаний в области информатики и информационных технологий с учетом изучаемых дисциплин. Построение динамических моделей решения экономических задач с использованием специализированных средств.
2 ЭТАП Системная составляющая	▶	Развитие умений и навыков свободного ориентирования в мире компьютерных технологий. Переход от одного программного средства к другому. Освоение новых программных средств и продуктов.
3 ЭТАП Акмеологическая составляющая	▶	Наличие умственных способностей к планированию своей деятельности с целью достижения высоких профессиональных качеств и коммуникативному развитию.

Рис. 1. Этапы формирования функциональных компетенций управленца в сфере использования информационных технологий.

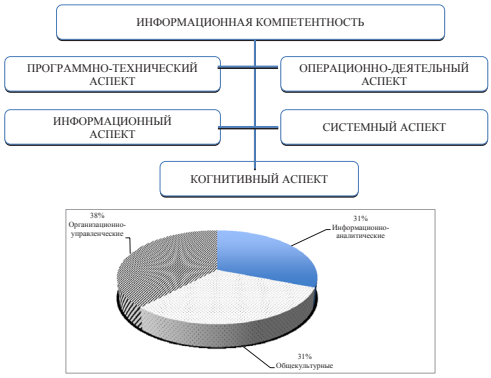


Рис. 2. Структура формирования профессиональной компетентности менеджера в сфере информационно-аналитической деятельности.

выпускников-управленцев. Разработчики федерального образовательного стандарта ВПО третьего поколения придерживаются мнения, что информационная составляющая подготовки менеджера является единой компетентностью, представленной 22 компетенциями, ориентированными на развитие у обучающихся навыков: сбора, обработки и анализа информации; построения внутренней информационной системы организации; создания и внедрения баз данных; оценки эффективности проектов; подготовки отчетов по результатам информационно-аналитической деятельности; оценки эффективности управленческих решений.

На рис. 2 представлены основные аспекты формирования модели информационной компетентности в общей структуре подготовки менеджеров (согласно требований ФГОС ВПО).

Проведенный анализ программ подготовки бакалавров направления «менеджмент» позволил установить, что доля компонентов информационных компетенций будущих выпускников составляет более 30% в общем объеме образовательного комплекса. К основным из них относятся:

– понимание роли и значения информации и информационных технологий в развитии современного общества и экономических знаний;

– владение основными способами, методами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией;

– способность работать в глобальных информационных компьютерных сетях и корпоративных информационных системах;

– способность осуществлять деловое общение, публичные выступления, переговоры, проведение совещаний, деловую переписку, электронные коммуникации;

– владение методами управления проектами и готовностью к их реализации с использованием программного обеспечения;

– владение средствами программного обеспечения анализа и количественного моделирования систем управления;

– владение методами и программными средствами обработки деловой информации, способностью взаимодействовать со службами информационных технологий и эффективно использовать корпоративные информационные системы.

IV.

Компетентностную модель, обеспечивающую соответствие выпускника требованиям рынка в условиях информационного общества, можно представить в виде совокупности моделей общенаучного, специального, универсального, профессионального и информационного характера (таблица 4).

В процессе профессионального образования должен происходить качественный рост компетенций, связанных с информационной

Таблица 4

Компетентностная модель выпускника
в условиях современного информационного общества

КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА-УПРАВЛЕНЦА														
Общенаучные компетенции Познавательная деятельность Профессиональное развитие				Специальные Профессиональная этика Социальная ответственность Самообразование			Универсальные Творческий подход к применению теоретических знаний Правовые основы управленческой деятельности				Профессиональные Аналитические Исследовательские Профессиональные			
Информационно-аналитические компетенции														
Мотивационные				Когнитивные			Поведенческие				Личностные			
Стремление развивать личность	Стремление овладевать современными технологиями	Стремление применять современные технологии в практической деятельности	Стремление к достижению высокого уровня профессиональных компетенций	Понимание роли информации и перспектив ее использования в деятельности организации	Знание базовых понятий, связанных с информацией, техническими программными средствами	Знание принципов, методов и средств, применяемых в учебной и информационно-аналитической деятельности	Владение навыками поиска, передачи, преобразования и хранения данных с использованием ИТ-технологий	Владение средствами информационных технологий, необходимых для представления деловой информации	Владение технологиями инструментального анализа данных для решения поставленных задач в информационно-аналитической деятельности	Способность к анализу, систематизации, обобщению, представлению полученных результатов	Способность адекватно оценивать собственные достижения при использовании информационных технологий	Развитие профессионально важных качеств (психологические, социальные и т.д.)	Настойчивость в овладении информационными технологиями	

деятельностью, и обеспечиваться развитие конкурентных преимуществ, в конечном счете образующих информационно-аналитическую компетентность менеджера, т.е. знания, умения, практический опыт.

В качестве примера рассмотрим минимальные требования к таким компетенциям менеджера [8].

1. Работа на компьютере в операционной системе *Microsoft Windows XP Professional*.

Включение и выключение компьютера. Работа с главным меню. Вызов программ, папок, файлов. Создание, копирование, перемещение, сортировка, измерение размеров папок и файлов. Настройка проводника. Работа с избранным. Работа с корзиной. Проверка, дефрагментация диска. Форматирование, копирование, очистка дисков, в том числе и внешних, карт памяти и др. Создание логических дисков. Настройка рабочего стола. Настройка монитора, панели задач, многопользовательского режима. Определение свойств системы. Установка и удаление программ. Установка оборудования. Изменение настройки принтера. Установка шрифтов. Смена кодировок. Получение справок операционной системы.

2. Работа с текстовыми документами.

Набор текста на русском (других языках), сохранение, загрузка, редактирование, оформление, печать. Ввод колонтитула. Создание, заполнение, вызов, изменение шаблона. Работа с мастерами. Ввод свойств файла. Просмотр файла. Формирование структуры документов. Реализация структуры папок. Создание форм сводных документов. Защита файлов от доступа, от внесения изменений, снятие защиты. Создание, вызов, удаление закладок. Поиск заранее выделенных фрагментов (закладок), поиск задаваемых символьных строк. Создание быстрых публикаций (рекламные объявления, почетные грамоты, деловые бланки и др.), пуб-

ликаций для web-узлов и электронной почты. Просмотр имеющихся баз данных.

3. Организация хранения документов.

Создание архива, добавление файлов в архив, удаление файлов из архива. Создание самораскрывающегося архива. Чтение, запись, копирование, удаление информации на картах памяти и USB накопителях. Запись, копирование, архивирование, восстановление, удаление информации с CD, DVD дисков, Blu-ray дисков.

4. Работа с документами, включающими изображения.

Импорт, поиск, просмотр, управление, получение, редактирование, улучшение, публикация, печать изображений. Ввод текстового документа в виде изображения, распознавание, передача в текстовый редактор или электронную таблицу, сохранение в форматах TXT, RTF, XLS, PDF и HTML с полным сохранением оформления документа.

5. Работа с документами мультимедиа.

Воспроизведение и упорядочивание файлов мультимедиа на компьютере менеджера по персоналу и в Интернете. Воспроизведение, копирование, создание собственных CD с мультимедийной информацией. Воспроизведение дисков DVD и VCD. Копирование аудио и видео файлов на переносные цифровые проигрыватели и карманные ПК. Запись аудио и видео файлов на компьютер с видеокамеры, web-камеры или другого источника для использования в создаваемых фильмах. Импорт существующих аудио, видео данных, изображений, текстов для использования в создаваемом фильме. Отправка фильма по электронной почте или размещение на web-узле. Импорт фильма на внешние устройства.

6. Создание мультимедийных презентаций.

Создание новой презентации с помощью мастера и шаблона. Манипуляции со слайдами. Редактирование слайдов: добавление и изменение текста, размещение изображений, рисование, добавление графиков и диаграмм, вставка объектов мультимедиа. Публикация презентаций: демонстрация на экране, вывод материала на печать, подготовка и предварительный просмотр web-страницы.

7. Планирование персональной деятельности.

Ввод работ. Сортировка по времени их завершения. Формирование таблицы с назначенными столбцами. Представление информации о работах.

8. Автоматизация работы с персоналом.

Знание основ работы в следующих специализациях пакета программ автоматизации: аттестация, воинский учет, движение персонала, командировки, обучение, организационная структура, отпуска, подбор персонала, расчет зарплаты, учет личных дел, учет рабочего времени (1С: зарплата и управление персоналом 8, версия базовая или профессиональная).

9. Управление электронными коммуникациями.

Поиск и просмотр сведений в Интернете. Настройка домашних страниц. Печать и сохранение данных. Отправка данных через Интернет. Настройка обозревателя. Набор текста писем, сохранение, редактирование, оформление, прикрепление приложений, печать, удаление. Отправление, прием писем, написание ответа, пересылка, перенаправление, поиск, сортировка писем. Создание, настройка, блокирование почтового ящика. Использование шаблонов. Организация массовой рассылки. Фильтрация нежелательной почты. Организация мгновенного обмена сообщениями в Интернете, голосового и видео общения, ведение телефонных переговоров на компьютере с абонентами обычных телефонов, организация аудио и видео конференций.

10. Обеспечение безопасной работы.

Установка программы защиты информации на компьютере. Проверка файлов, почтовых сообщений, web-страниц и загружаемых файлов на момент обращения к ним. Контроль поведения всех запускаемых на компьютере приложений. Защита данных пользователя от сетевых атак и мошенничества. Фильтрация нежелательной почтовой корреспонденции, анализ содержимого открываемых web-сайтов. Проверка компьютера, его отдельных папок и файлов на присутствие вредоносных объектов. Обновление баз и программных модулей.

V.

Для оценки степени развития информационно-аналитических компетенций можно выделить три базовых уровня: низкий, средний, высокий.

1. Низкий уровень. Менеджер-выпускник обладает общими представлениями о способах сбора, обработки и анализа информации. Однако умений недостаточно, чтобы эффективно использовать информационные ресурсы.

2. Средний уровень. Знания менеджера в области анализа информации преобладают

над навыками, чем и обусловлены трудности в решении проблем управления организационными системами. В то же время менеджер успешно выполняет большинство работ, связанных с аналитической деятельностью в отдельных сферах управления. Для повышения компетентности следует уделять больше внимания развитию прикладных умений.

3. Высокий уровень. В работе с информационными потоками менеджер проявляет себя уверенным пользователем, не испытывающим серьезных затруднений. Это дает ему значительные конкурентные преимущества и возможность оперативно решать актуальные управленческие задачи, принимать грамотные решения.

Одним из важных аспектов формирования компетентностной модели выпускника-управленца является выбор и обоснование критерия и методики оценки уровня подготовленности. Для организации комплексного процесса обучения следует оценивать все виды подготовки: общенаучные, специальные, универсальные, профессиональные. Сюда же стоит добавить оценку развития информационно-аналитических компетенций: мотивационных, когнитивных, поведенческих и личностных.

Численный критерий, оценивающий уровень подготовки выпускника, может быть представлен как среднее взвешенное набора частных показателей качества X_1, X_2, X_3,...X_n. Данные показатели позволят определить необходимый уровень подготовки с учетом значимости частных показателей W_1, W_2, W_3,...W_n (n – количество значимых показателей):

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{\omega_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^{n} \omega_i} = \exp\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \omega_i} \sum_{i=1}^{n} \omega_i \ln x_i \right). \quad (1)$$

Данное выражение (1) является наиболее общим выражением, определяющем уровень профессиональной подготовленности менеджера-управленца. С учетом перечисленных компетенций подготовки (n = 8) и принимая в качестве допущения равенство весов (W_i), получим критерий уровня подготовки ($K_{под}$):

$$K_{под} = = \sqrt[8]{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8}, \quad (2)$$

где: K_1 – общенаучные компетенции;

K_2 – специальные;

K_3 – универсальные;

K_4 – профессиональные;

K_5 – мотивационные;

K_6 – когнитивные;

K_7 – поведенческие;

K_8 – личностные компетенции.

Проверка итоговых знаний и уровень приобретенных навыков может производиться по специальным разработанным тестам. С одной стороны, структура тестов должна быть жестко регламентирована, с другой – иметь гибкую систему тестирования, позволяющую выявлять недостаточно проработанные вопросы курса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазова Н. И. Когнитивные аспекты формирования межкультурной компетентности при обучении иностранному языку в неязыковом вузе / Автореф. дис... док. пед. наук.– Санкт-Петербург, 2003. – 47 с.

2. Гительман Л. Д., Исаев А. П. Амбициозные менеджеры: дерзость и интеллект.– М.: Дело, 2004.– 360 с.

3. Городнова А. А. Компетенции современного российского менеджера. Интернет-журнал «Науковедение». Выпуск 4 (23), июль–август 2014. [Электронный ресурс]: http://naukovedenie.ru publishing@naukovedenie.ru. Доступ 30.06.2016.

4. Бабенко Е. И., Кудрявцева Е. П. Компетентностно-ориентированный подход к подготовке магистра по направлению «Менеджмент» // Сб. трудов.– Пермь, 2010.– С. 72–78.

5. Информационная система для оценки профессиональных и личностных компетенций, проект № 06–06–12629В, М.: Грант РГНФ, 2006.

6. Лау Х. Руководство по информационной грамотности для образования на протяжении всей жизни.– М.: Информация для всех, 2007.– 45 с.

7. Нечаев Н. Н., Резницкая Г. И. Формирование коммуникативной компетенции как условие становления профессионального сознания специалиста// Вестник УРАО.– 2002.– № 1.– С. 3–21.

8. Статистика использования операционных систем (Обзор по материалам публикаций). http://news.softodrom.ru/ap/b6521.shtml. Доступ 30.06.2016.

9. Талызина Н. Ф., Печенюк Н. Т., Хихловский Л. Б. Пути разработки профиля специалиста.– Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1987. 173 с.

10. Chuchalin A., Zamyatin A. Integrated QMS of Tomsk polytechnic university // 3 rd EQAF. Budapest. [Электронный ресурс]: http://www.eua.be/events/quality-assuranceforum-2008/ pp. 2–11. Доступ 30.06.2016.

Координаты автора: **Большедворская Л. Г.** – l.bolshedvorskaya@mstuca.aero.

Статья поступила в редакцию 30.06.2016, принята к публикации 29.08.2016.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного грантом Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) проекта № 15–02–00007.
(С февраля 2016 года РГНФ присоединен к Российскому фонду фундаментальных исследований.– прим. ред.).

DEVELOPMENT OF A COMPETENCE MODEL FOR A GRADUATE MANAGER

***Bolshedvorskaya, Lyudmila G.**, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The paper analyzes the factors that influence competitive advantages of graduates. The need for a new approach to formation of professional competence of a manager in the field of information and analytical activities is emphasized. A competence model that ensures compliance of a future manager with market requirements in today's information society can be represented as a set of models of general scientific, special, universal, professional and informative nature. To determine the degree of development of information-analytical competencies three basic levels are considered: low, medium, high, and finally a numerical measure of graduate's preparedness is offered.

Keywords: education, labor market, competence, competence model, graduate-manager.

Background. *At the beginning of the twenty-first century for the Russian higher school the objective conditions formed to hold large-scale reform of educational systems, covering all levels of education and requiring a systematic analysis of the changes in quality of training of future specialists. Table 1 presents a comparative analysis of competitive features of modern graduates – managers. This analysis is made on the basis of data of a sociological survey, which was organized by the staff of automated systems of vocational guidance TUSUR [7].*

Analyzing data, it is possible to formulate two groups of factors that influence the competitive characteristics of graduates. One group describes the personal qualities that have a significant influence on formation of professionalism: willingness to learn, openness, initiative to new undertakings, sensitivity, dynamism, self-discipline and willingness to start small. Another group reflects the requirements of employers, focused on professional features of graduates: an opportunity to develop sustainable habits and skills, professional training and the level of the range of vision, availability of work experience, allowing to achieve a specific goal.

Changes in the factors affecting competitive features of graduates are motivated by personnel policy to attract young professionals and the nature of employers' requirements for the quality of vocational training of students in the specialty «Management» in higher education.

Objective. *The objective of the author is to consider competence model of a future specialist in management.*

Methods. *The author uses general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation, analytical approach.*

Results.

I.

The concept of «quality of education» implies complexity and includes three performance groups:

– quality of the potential for achieving goals of education;

– quality of the process of formation of professional skills;

– quality of education outcomes.

The criterion for the level of quality of education of a modern graduate is a complex of characteristics that reflect his competence, professionalism, ability to independently acquire knowledge and to apply them in their future profession. In the scientific literature there are various interpretations of the concepts of «competency», «competence» (Table 2).

In practice, it may be noted that in each interpretation of domestic and foreign authors in contrast to the term «qualification» competence does not only reflect the level of professional knowledge and skills, but also such features as initiative, ability to work in a team, communication skills, ability to learn, to evaluate and to think logically, to select and use information. In general terms, we can formulate and adopt these concepts of «competence» and «competency» for a graduate:

Competence is a professional area in which a graduate is well aware and shows a willingness to self-employment.

Competency is skills (actions), integrated characteristic of personal qualities of a graduate serving as a result of his training in the chosen specialty.

Dynamic transformation of economic processes in the country highlights the features of formation of competences of a graduate manager. This is due to the fact that the responsibility for the organization's competitiveness in a market economy is almost 80%

Table 1

Competitive features of modern graduate managers

Hiring young specialists in the company	
Advantages	Disadvantages
Energy, activity	Lack of stability and staff turnover
«Non-narrow-mindedness»	Training, level of range of vision
Dynamism	Low level of responsibility
Openness to new beginnings	Low or no work experience
Savings in remuneration of labor	Non-compliance with the rules of business etiquette, high ambition
Activization of old workers	Lack of skills to work for result
Integration into the organizational culture of the company	Low level of self-reliance in achieving a goal
Development of sustainable habits and skills	Low interest rate

Table 2

Classification of definitions of competence, competency

Term	Content (definition)	Author (source)
Competency	Description of education outcomes	[9]
	Qualitative use of competences	Almazova N. I. [1]
	Thorough knowledge of business, the essence of the work performed, complicated links, phenomena and processes, possible ways and means to achieve the objectives	Nechaev N. I. [7]
	Assumes ownership of knowledge, abilities, skills and life experience	Talyzina N. F. Pechenyuk N. T.[9]
	Efficient interaction of a man with environment	White (1959) [7]
	Level of proficiency of a set of competences, reflecting the degree of readiness of graduates to apply knowledge, skills, and the competencies formed on their basis to be successful in a certain area	Federal educational standard of the third generation
Competence	Formed abilities	White (1959) [7]
	Ability to apply knowledge, skills and personal qualities to be successful in a variety of problematic professional situations	Federal educational standard of the third generation
	Knowledge and understanding of how to act in different professional and life situations	Project TUNING – tuning of educational structures in Europe
	Based on the knowledge, constructed through the experience, realized on the basis of the will	John Erpenbek
	Characteristics required for successful management activities	McClelland
	Body of knowledge (subject «what», procedural «how», value and meaning «for what and why») of responsibility, equal to powers, and personal characteristics of a person, ensuring the effectiveness of his labor activity	Gorodnova A. A. [3]
	Possession of a range of issues in which the person has knowledge, experience to judge anything, determining the possibilities, abilities, human skills in any field of activity	Gitelman L. D. [2]

of the responsibility of the company's head. In addition, the modern manager is in a tough environment of constant internal and external changes. Therefore, a set of competencies that characterize the personal and professional potential, will have features and dynamic change depending on the level of career growth (Pic. 1).

Russian companies need specialists with strong leadership abilities, allowing to build their relationships with partners, employees, customers on the principles of cooperation, professionalism and high sense of commitment, responsibility and kindness. This modern head, the manager must be psychologically, mentally and physically ready to work hard, prone to sudden changes. Therefore, in parallel with the transformations, taking place in the country and the world, the challenges that must be solved with modern managers are changing.

II.

Abroad four approaches to the introduction in the practice of development of professional competencies are found. These approaches appeared independently. For the first time in the USA, then in the UK, France and Germany.

The American approach is in correlation with the competence and efficiency of professional activity and it develops in two directions: study of individual functional competencies; research competencies depending on the development of strategic management.

The English approach is in correlation of the competence with professional work standards.

In the UK, in the formation of professional competencies the preference is given to integrity and functionality of learning through the integration of knowledge, skills and abilities in the learning process. When comparing the approaches to development of

Table 3

General approach to modeling of educational process of a manager of new generation

Hiring young specialists in the company	
Advantages	Disadvantages
Energy, activity	Lack of stability and staff turnover
«Non-narrow-mindedness»	Training, level of range of vision
Dynamism	Low level of responsibility
Openness to new beginnings	Low or no work experience
Savings in remuneration of labor	Non-compliance with the rules of business etiquette, high ambition
Activization of old workers	Lack of skills to work for result
Integration into the organizational culture of the company	Low level of self-reliance in achieving the goal
Development of sustainable habits and skills	Low interest rate

1 STAGE Functional component		Deepening and expanding knowledge in the field of computer science and information technology, taking into account studied subjects Construction of dynamic models of solving economic problems with the use of specialized tools
2 STAGE System component		Development of skills of free orientation in the world of computer technology The transition from one software tool to another Mastering of new software and products
3 STAGE Acmeological component		Presence of mental abilities to plan their activities in order to achieve the highest professional qualities and communicative development

Pic. 1. Stages of formation of functional competencies of a manager in the field of information technology use.

professional competencies in the US and the UK it is noted that the American principle focuses mainly on the development of behavioral characteristics of a future professional. The experience of the British higher school in the formation of professional competencies of graduates favors the development of functional characteristics of the basic knowledge.

The model of development of professional competencies in the learning process, applied in France, can be called a multi-dimensional, which is a cross between the American and British counterparts. Its principle is aimed at development of two groups of competencies of a graduate: personal and professional:

• personal competencies are focused on the development of graduate's skills of behavior in a team;

• professional competencies are focused on formation of skills of the organization of effective work of the whole team in general.

The German system of vocational education is different from the American, British and French high schools in the fact that it highlights the formation of graduates' «competences of action». The peculiarity lies in the fact that a key part of education is training plans, which formulate a set of developing competencies, knowledge and skills corresponding to the subject studied. According to the German education system, based on development of competences of cognitive and functional values, the ability of a graduate to solve practical problems and problems of professional nature is limited to a limit of subject knowledge and skills.

Summarizing the experience of four leading Western schools, it can be seen that the emergence of functional and cognitive competencies significantly expanded US competency approach format to education, giving it structure of integrity, the most characteristic of the educational technologies of France and Germany, where the knowledge and skills in combination with behavioral and motivational aspects amounted to the total content of competences.

III.

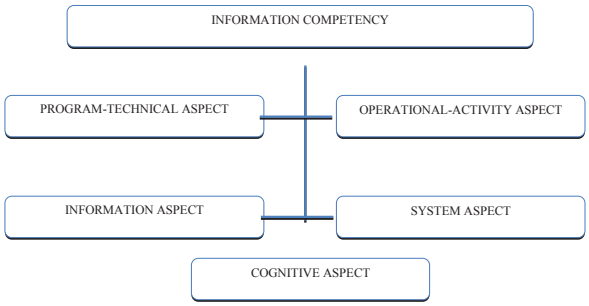
The experience of Russian researchers in the field of competence development highlights the diversity of compromise opinions and conclusions. It is proposed to attribute basic competences to the group of mandatory competences, which a graduate must possess, to at least meet the requirements of a modern employer.

In practice of introduction of competence-based approach in the educational process a set of professional competencies focuses on three groups: organizational and management activity, information-analytical activity, business activity [4].

Tasks of development of information competence are an integral part of cognitive, communicative, adaptive, legal, valuation and information functions necessary to the manager.

Formation of information competence of a person is carried out by transfer of information, including its three main components [6]:

– obtaining information (user correctly and objectively selects it);



Pic. 2. Structure of formation of professional competence of the manager in the field of information and analytical activities.

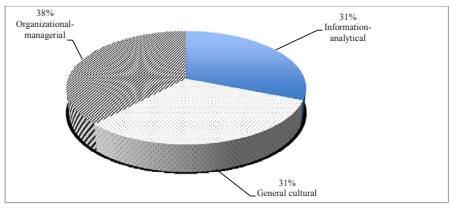


Table 4

Competence model of a graduate in today's information society

COMPETENCES OF A GRADUATE-MANAGER															
General scientific competences Cognitive activity Professional development				Special Professional ethics Social responsibility Self-education				Universal Creative approach to application of theoretical knowledge Legal basis of management activities				Professional Analytical Research Professional			
Information-analytical competences															
Motivational				Cognitive				Behavioral				Personal			
Desire to develop personality	Aspiration to master modern technologies	Aspiration to use modern technology in the practical activity	Aspiration to achieve a high level of professional competence	Understanding of a role of information and prospects of its use in the organization's activity	Knowledge of basic notions related to information, technical software	Knowledge of principles, methods and tools used in educational and information-analytical activity		Possession of skills of search, transmission, conversion and storage of data using IT technologies	Possession of means of information technologies necessary for the presentation of business information	Possession of data instrumental analysis techniques for solving tasks in the information-analytical activity	Ability for analysis, systematization, generalization and presentation of the results	Ability to adequately assess own achievements when using information technologies	Development of professionally important qualities (psychological, social, etc.) и т.д.)	Persistence in mastering information technologies	

– assesstment of information (user makes it critically and comptenetly)

– the use of information (reasonably and creatively).

It is hard to imagine a modern graduate without the basic knowledge of computer literacy, common software (Word, XL, Microsoft PowerPoint, etc.). Development of information competence of managers is required on a permanent basis, but the underlying base is formed in the learning process. For the development of functional competencies of managers three characteristic phases can usually be divided (Pic. 2).

Evolutionary changes in the information technology form changes in requirements for the process of training of graduates – managers. The developers of federal educational standard of higher education of the third generation are of the opinion that the information component of the training of the manager is a single competency represented by 22 competencies, focused on the development of students' skills of: collecting, processing and analyzing information; the construction of the internal information system of the organization; creation and implementation of databases; evaluating the effectiveness of projects; preparation of reports on the results of information and analytical activities; evaluation of effectiveness of management decisions.

Pic. 3 shows the main aspects of formation of information competence model in the overall structure of training of managers (in accordance with the requirements of Federal educational standard of higher education).

The analysis of the training programs of bachelors in the specialty «Management» revealed that the

proportion of the components of information competence of future graduates is more than 30% of the total educational complex. The main ones include:

– Understanding of the role and importance of information and information technologies in the development of modern society and economic knowledge;

– Possession of the main ways, methods and means of obtaining, storage, processing of information, computer skills as an information management tool;

– Ability to work in global information computer networks and corporate information systems;

– Ability to carry out business communication, public speaking, negotiations, meetings, business correspondence, electronic communications;

– Possession of project management methods and willingness to implement them using the software;

– Possession of the means of software analysis and quantitative modeling of control systems;

– Possession of methods and software of processing of business information, the ability to interact with the services of information technology and use corporate information systems effectively.

IV.

Competence model that ensures compliance of a graduate with market requirements in the information society can be represented as a set of models of general scientific, special, universal, professional and informative nature (Table 3).

In the process of vocational education there should be a qualitative growth of competencies related to information activities, and the development of competitive advantages should be ensured, eventually forming information-analytical competence of a manager, i.e. knowledge, skills, practical experience.

As an example, let's consider the minimum requirements for such competences of a manager [8].

1. Work with computer in Microsoft Windows XP Professional operating system.

Turning on and off the computer. Work with main menu. Call of programs, folders, files. Creation, copying, moving, sorting, measuring the size of folders and files. Setup guide. Work with favorites. Work with the basket. Checking, disk defragmentation. Formatting, copying, cleaning of disks, including external, memory cards and others. Creation of logical disks. Setting desktop. Setting monitor, taskbar, multi-user mode. Determination of system properties. Installation and removal of programs. Equipment installation. Change printer settings. Installing fonts. Changing encodings. Getting the operating system reference.

2. Work with text documents.

Typing on the Russian (other languages), saving, loading, editing, design, printing. Entering header. Creation, filling, call, change of a template. Work with wizards. Entering the file properties. View of a file. Formation of the document structure. Implementation of the folder structure. Creation of a form of summary documents. Protection of files against access, modification, removal of protection. Creation, call, deletion of bookmarks. Search for pre-selected fragments (bookmarks), search for defined character strings. Creation of quick publications (advertisements, diplomas, business forms, etc.), publications for WEB and e-mail. View of available databases.

3. Storage of documents.

Creation of an archive, adding files to an archive, deletion of files from the archive. Creation of self-extracting archive. Reading, recording, copying, deleting data on memory cards and USB drives. Recording, copying, archiving, recovery, removal of information from CD, DVD discs, Blu-ray discs.

4. Work with documents, including image.

Import, search, browse, control, receipt, editing, improvement, publishing, printing images. Entering a text document as an image, recognition, transfer to a word processor or spreadsheet, saving in TXT, RTF, XLS, PDF and HTML with full saving of a document's design.

5. Work with multimedia documents.

Reproduction and organization of media files on the computer of a personnel manager and on the Internet. Reproduction, copying, creation of own CD with multimedia information. Playing a DVD or VCD. Copying of audio and video files on portable digital players, and PDAs. Recording of audio and video files to the computer from a camcorder, WEB camera or another source for use in the films produced. Import of existing audio, video data, images, texts to be used in a film created. Sending a film by e-mail or placing it on the WEB site. Import of the movie to an external device.

6. Creation of multimedia presentations.

Creation of a new presentation using wizards and templates. Manipulation of the slides. Editing slides: adding and changing text, placement of images, placement of images, drawing, adding charts and graphs, inserting multimedia objects. Publication of presentations: demonstration on a screen, printout of the material, preparation and preview of a WEB page.

7. Planning of personal activity

Introduction of works. Sorting by time they are completed. Formation of the table with designated columns. Presentation of information about the works.

8. Automation of work with the staff.

Knowledge of basics of work in the following specializations of the package of automation software: certification, military records, movement of personnel, business trips, training, organizational structure, holidays, recruitment, payroll, keeping personal files, records of working hours (1C: Salary and Personnel Management 8, basic or professional version).

9. Management of electronic communications.

Search and browse information on the Internet. Home page setting. Print and saving the data. Sending data via the Internet. Setting the browser. Typing the text of the letters, saving, editing, design, attaching the applications, print, deleting. Sending, receiving emails, response writing, sending, forwarding, searching, sorting letters. Creation, setting, locking mailbox. Using templates. Organization of mass mailing. Spam filtering. Organization of instant messaging on the Internet, voice and video communication, conducting telephone conversations on the computer with the subscribers of conventional phones, the organization of audio and video conferences.

10. Provision of safe work

Installing security software on the computer. Checking files, email messages, WEB pages and downloadable files at the time of treatment to them. Controlling the conduct of all applications running on the computer. User data protection against network attacks and fraud. Spam filtering, analysis of content of the WEB sites opened. Checking the computer, its separate folders and files for the presence of

malicious objects. Updating databases and program modules.

V.

To assess the degree of development of information-analytical competencies three basic levels can be divided: low, medium, high.

1. Low level. Manager-graduate has a general idea of the way of collecting, processing and analyzing information. However, skills are not enough to effectively use information resources.

2. Medium level. Knowledge of a manager in the field of data analysis prevails over skills, and this causes difficulties in solving the problems of control of organizational systems. At the same time the manager fulfills successfully the most of the work related to the analytical work in specific areas of management. To improve the competence more attention should be paid to the development of applied skills.

3. High level. In working with the information flow manager behaves as a confident user, who does not experience serious difficulties. This gives him significant competitive advantages and the ability to quickly resolve current management tasks, to make competent decisions.

One important aspect of the formation of competence model of a graduate-manager is selection and justification of criteria and methodology for assessing the level of preparedness. All types of training should be assessed for the organization of integrated learning process: general scientific, special, universal, professional. It is necessary to add here an assessment of the information and analytical competencies: motivational, cognitive, behavioral and personal.

The numerical criterion, assessing the level of graduate training, can be represented as a weighted average of a set of partial indicators of quality X_1, X_2, X_3,...X_n. These figures will determine the necessary level of preparation, taking into account the importance of particular indicators W_1, W_2, W_3,...W_n (n – number of significant figures):

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{\omega_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^{n} \omega_i} = \exp\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \omega_i} \sum_{i=1}^{n} \omega_i \ln x_i \right) \qquad (1)$$

This expression (1) is the most common expression that determines the level of professional training of the manager. Taking into account these competencies of training (n = 8) and taking as the assumptions equal weights (W_i), we obtain the criterion of the level of training (K_{tr}):

$$K_{tr} = \sqrt[8]{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8}, \qquad (2)$$

where: K_1 – general scientific competences;
K_2 – special competences;
K_3 – universal competences;
K_4 – professional competences;
K_5 – motivational competences;
K_6 – cognitive competences;
K_7 – behavioral competences;
K_8 – personal competences.

Conclusion. *Checking final level of knowledge and acquired skills can be performed on a specially designed test. On the one hand, the test structure must be strictly regulated, on the other hand, it should have a flexible test system that allows to identify poorly developed topics of the course.*

REFERENCES

1. Almazova, N. I. Cognitive aspects of formation of intercultural competence when learning a foreign language in not language high school. Abstract of D.Sc. (Pedagogy) [*Kognitivnye aspekty formirovanija mezhkul'turnoj kompetentnosti pri obuchenii inostrannomu jazyku v nejazykovom vuze. Avtoref. dis... dok. ped. nauk*]. St. Petersburg, 2003, 47 p.

2. Gitelman, L. D., Isaev, A. P. Ambitious managers: audacity and intelligence [*Ambicioznye menedzhery: derzost' i intellect*]. Moscow, Delo publ., 2004, 360 p.

3. Gorodnova, A. A. Competences of a modern Russian manager [*Kompetencii sovremennogo rossijskogo menedzhera*]. Internet journal «NAUKOVEDENIE», July-August 2014, Iss. 4 (23). [Electronic resource]: http://naukovedenie.ru publishing@naukovedenie.ru. Last accessed 30.06.2016.

4. Babenko, E. I., Kudryavtseva, E. P. Competence-oriented approach to the trainig of a Master in the specialty «Management» [*Kompetentnostno-orientirovannyj podhod k podgotovke magistra po napravleniju «Menedzhment»*]. Collection of works, Perm, 2010, pp. 72–78.

5. Information system for evaluation of professional and personal competencies, project № 06–06–12629V [*Informacionnaja sistema dlja ocenki professional'nyh i lichnostnyh kompetencij, proekt № 06–06–12629V*]. Moscow, Grant RGNF, 2006.

6. Lau, H. Information literacy guide for education throughout life [*Rukovodstvo po informacionnoj gramotnosti dlja obrazovanija na protjazhenii vsej zhizni*]. Moscow, Informacija dlja vseh publ., 2007, 45 p.

7. Nechaev, N. N., Reznitskaya, G. I. Formation of communicative competence as a condition of formation of professional consciousness of a specialist [*Formirovanie kommunikativnoj kompetencii kak uslovie stanovlenija professional'nogo soznanija specialista*]. *Vestnik URAO*, 2002, Iss. 1, pp. 3–21.

8. Statistics of operating systems use (Review based on publications) [*Statistika ispol'zovanija operacionnyh sistem (Obzor po materialam publikacij)*]. [Electronic resource]: http://news.softodrom.ru/ap/b6521.shtml. Last accessed 30.06.2016.

9. Talyzinam, N. F., Pechenyuk, N. T., Khihlovskij, L. B. Ways of development of a profile of a specialist [*Puti razrabotki profilja specialista*]. Saratov, Publishing house of Saratov University, 1987, 173 p.

10. Chuchalin, A., Zamyatin, A. Integrated QMS of Tomsk polytechnic university // 3rd EQAF. Budapest. [Electronic resource]: http://www.eua.be/events/quality-assuranceforum-2008/ pp. 2–11. Last accessed 30.06.2016.

Information about the author:
Bolshedvorskaya, Lyudmila G.– Ph.D. (Economics), associate professor at the department of economics of Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTU CA), Moscow, Russia, l.bolshedvorskaya@mstuca.aero.

Article received 30.06.2016, accepted 29.08.2016.

Acknowledgments. The publication has been prepared in the frame of the project № 15–02–00007 supported by the grant of the Russian scientific foundation for humanities (RSFH)
(From February 2016 RSFH is part of Russian Foundation for Basic Research.– Note of editorial board)**.**

УДК 001.89

О вкладе отраслевых вузов в научно-техническое развитие ОАО «РЖД»



Сергей ШАНТАРЕНКО
Sergey G. SHANTARENKO

Евгений ПОНОМАРЕВ
Evgeny V. PONOMAREV



Шантаренко Сергей Георгиевич *– доктор технических наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС), Омск, Россия.*
Пономарев Евгений Владимирович *– кандидат технических наук, начальник научно-исследовательской части ОмГУПС, Омск, Россия.*

On Contribution of Rail Sectorial Universities to Scientific and Technical Development of JSC Russian Railways
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 276)

В статье представлен анализ участия отраслевых вузов в научно-техническом развитии холдинга ОАО «РЖД». Приведены примеры перспективных инновационных проектов, реализуемых по заказу и при содействии структур железнодорожного транспорта. Предложены пути дальнейшего повышения эффективности научно-исследовательской деятельности вузовских коллективов, их творческого сотрудничества и партнерства со специалистами железных дорог.

Ключевые слова: железнодорожный вуз, железнодорожный транспорт, развитие, взаимодействие, научно-технические разработки, приоритетные направления.

Для железнодорожных вузов трудно переоценить значение их участия в научно-техническом развитии холдинга «Российские железные дороги». Основными результатами этого взаимодействия являются формирование в университетской среде научных школ и направлений, тематики поисковых и фундаментальных научных исследований, совершенствование материальной базы учебно-научно-производственных лабораторий, повышение качества подготовки специалистов для железнодорожного транспорта.

Яркими примерами положительных результатов такого взаимодействия в Омском государственном университете путей сообщения стали:

– участие в реконструкции локомотивного депо Волховстрой Октябрьской железной дороги в 2000–2003 годах, явившееся основой для развития научного направления по технологической готовности технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава;

– участие в 2000–2002 и 2003–2005 годах в реализации двух программ сотрудничества железных дорог и железнодо-



Рис. 1. Автоматизированный стенд проверки выпрямительно-инверторных преобразователей электровозов переменного тока.



Рис. 2. Диагностический комплекс для проведения реостатных испытаний тепловозов.

рожных вузов Восточного региона страны «Снижение эксплуатационных расходов за счёт оптимизации перевозочного процесса и внедрения новых технологий и технических средств», что определило дальнейшее развитие научных школ по энергоэффективности и энергосбережению, системам токосъема электрического транспорта.

Важнейшим итогом сотрудничества стало создание целого ряда технологического и диагностического оборудования для ремонта и технического обслуживания подвижного состава и технических средств инфраструктуры железных дорог. Это прежде всего механизированные комплексы для ремонта (разборки-сборки) тележек, технологические участки разборки и сборки колесно-моторных блоков, технологические позиции ремонта тяговых электродвигателей и вспомогательных электрических машин, отдельные виды нестандартного технологического оборудования для ремонта и восстановления деталей и оборудования локомотивов и вагонов, а также автоматизированные комплексы для испытания, контроля и диагностирования технических средств, узлов и агрегатов железнодорожной техники (рис. 1–4).

Сформировались приоритетные направления и тематика работ по научно-технической деятельности ОмГУПС для железнодорожного транспорта:

1. Повышение энергетической эффективности тягового электроснабжения и электроподвижного состава:

– разработка и создание автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии на электроподвижном составе и фидерах контактной сети на основе нового (инновационного) метода измерения электрической энергии с возможностью определения расхода электроэнергии на тягу поездов в границах тарифных зон, границах железных дорог и проблемных участков с пониженными показателями энергоэффективности использования электроэнергии на тягу поездов;

– актуализация применения стандартов качества электроэнергии и нормативно-правовой базы для российских железных дорог с учетом специфических особенностей построения системы тягового электро-



Рис. 3. Комплекс для автоматизированных испытаний силовых полупроводниковых приборов.



Рис. 4. Технологическая позиция разборки колесно-моторных блоков локомотивов.

снабжения, вызванных необходимостью одновременной электрификации железных дорог, промышленных и сельскохозяйственных нагрузок, населенных пунктов и городов, а также вынужденной мерой применения неэффективных схем электрификации железнодорожного транспорта с заниженными коэффициентами использования установленной мощности трансформаторов и несимметричной нагрузкой;

– разработка унифицированных устройств фильтрации и поперечной компенсации реактивной мощности в тяговой сети переменного тока с возможностью автоматического регулирования мощности;

– разработка технологии применения накопителей электрической энергии в системах тягового электроснабжения и нетяговой энергетики.

2. Мониторинг качества токосъема, совершенствование технологии диагностирования и конструкции устройств контактной сети и токоприемников подвижного состава:

– научное обоснование участковой скорости движения с учетом минимизации затрат на эксплуатацию скоростного и высокоскоростного ЭПС с учетом ресурсных и экологических показателей системы токосъема;

– разработка и организация производства контактных элементов токоприемников скоростного и высокоскоростного ЭПС;

– автоматизированная система контроля токоприемников скоростного ЭПС при выходе на магистраль;

– разработка устройств встроенной диагностики систем токосъема, токоприемников и контактной сети.

3. Технологическое обеспечение ремонта и технического обслуживания подвижного состава:

– проведение технологического аудита локомотиво- и вагоноремонтных предприятий и подготовка программ повышения эффективности и качества ремонта;

– разработка и внедрение технологической документации и нестандартного оборудования для технического обслуживания и ремонта подвижного состава, его агрегатов, узлов и деталей;

– разработка диагностического оборудования и приборов контроля технического состояния деталей и узлов подвижного состава.

4. Повышение эффективности работы локомотивов новых серий. Развитие скоростного, высокоскоростного и тяжеловесного движения на Транссибирской магистрали, увеличение пропускной способности Транссиба и БАМ:

– модернизация систем интервального регулирования поездов для организации высокоскоростного движения на основе разработки алгоритмов и методов определения точных координат головы и хвоста поезда с использованием существующих рельсовых цепей на базе апробированного математического аппарата комфортных отображений;

– разработка проектов тягово-энергетического обеспечения скоростного и высокоскоростного движения;

– исследование и анализ возможностей технических средств инфраструктуры, обеспечивающих интервальное регулирование движения поездов, и разработка мероприятий по увеличению пропускной способности магистралей;

– разработка научно обоснованных норм массы и режимов вождения поездов.

5. Исследование коррозионного состояния и защита от коррозии подземных металлических сооружений железнодорожного транспорта:

– разработка методики и программно-аппаратных средств определения коррозионного состояния железобетонных опор линий электропередач и контактной сети;

– разработка системы дистанционного мониторинга инженерного состояния заземляющих сооружений и железнодорожных объектов от импульсных электромагнитных воздействий.

6. Совершенствование эксплуатации технических средств и инфраструктуры железнодорожного транспорта:

– устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки;

– технических средств электроснабжения железных дорог и метрополитенов;

– систем связи и информатизационного обеспечения.

За последние пять лет результаты исследований реализованы в целом комплексе работ по планам НТР ОАО «РЖД», основными из которых являются:



Рис. 5. Лаборатория конструкций контактных сетей, линий электропередач и токосъёма.



Рис. 6. Учебно-научно-производственная лаборатория «Металловедение и структурный анализ металлов и сплавов».

1. Разработка методик по проведению энергетического обследования объектов ОАО «РЖД», формированию энергетического паспорта, программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности эксплуатационных систем.

2. Оценка энергоэффективности системы тягового электроснабжения и электроподвижного состава и потенциала её повышения.

3. Научно-методическое сопровождение экспериментальных работ на постоянно действующем полигоне по исследованию процессов рекуперации.

4. Формирование новой модели технической эксплуатации локомотивного пар-

ка на базе мониторинга технического состояния и технического аудита на Восточном полигоне.

5. Автоматизированная система для расчета тяговых токов в обратной тяговой сети при электротяге постоянного и переменного токов.

6. Методика анализа и прогнозирования расхода ТЭР на тягу поездов.

7. Создание автоматизированной системы мониторинга и учета электроэнергии ЭПС и ФКС тяговых подстанций.

8. Разработка показателей энергоэффективности электровозов и методик их определения.

9. Разработка методики нормирования, планирования и анализа использования дизельного топлива для локомотивов по данным бортовых приборов учета или скоростомерных лент.

10. Методика расчета свободной мощности на объектах тягового и стационарного электроснабжения инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД».

Все научные исследования в ОмГУПС выполяются на современной лабораторно-экспериментальной базе (рис. 5–6).

За этот период объем выполненных работ по заказам структурных подразделений функциональных филиалов, дочерних и зависимых обществ ОАО «РЖД» составил 363,9 млн руб., в том числе по планам НТР 295,4 млн руб. Тем не менее с 2013 года произошло значительное снижение объемов научно-технической продукции, основными причинами которого, по нашему мнению, стали:

– передача локомотивного парка в сервисные компании для производства ТО и ремонта и неготовность ООО «ТМХ–Сервис» и ООО «СТМ–Сервис» вкладывать денежные средства в развитие сервисных локомотивных депо;

– отсутствие средств для финансирования научно-технических разработок на железных дорогах и предприятиях ОАО «РЖД»;

– переход на систему определения исполнителя работ через аукционы (конкурсы) на электронной торгово-закупочной площадке ОАО «РЖД».

И даже после выхода на этап заключения и последующего выполнения работ по договору появляются новые сложности:

– снижение стоимости работ экспертной группой при комиссии ОАО «РЖД» по ценам;

– ответственность только со стороны исполнителя (сроки выполнения, качество работ и т.д.);

– сложности в получении от заказчика необходимых для выполнения работ материалов и документации;

– закрытие работ в целом, без поэтапного актирования и оплаты выполненных работ;

– длительный процесс согласования результатов, низкая ответственность функциональных заказчиков за сроки согласования;

– длительные сроки оплаты – 45–60 дней.

На наш взгляд, в ближайшие годы для ОАО «РЖД» по-прежнему останутся перспективными и востребованными инновационные проекты вузов железнодорожного транспорта.

Это прежде всего участие в программах по организации высокоскоростного движения: проведение экспертизы и опытной проверки проектных решений, заложенных в СТУ «Железнодорожное электроснабжение участка Москва–Казань высокоскоростной магистрали Москва–Казань–Екатеринбург; технические нормы и требования к проектированию и строительству»; проведение аэродинамических и динамических исследовательских испытаний токоприемников ЭПС.

В связи с продолжающейся интенсивной заменой магистральных грузовых и пассажирских локомотивов советской постройки на современные, значительно более мощные, повышением весовых норм поездов необходимо разработать концепцию развития системы тягового электроснабжения и программу ее реализации, что позволит устранить существующие и предотвратить возможные ограничения пропускной способности железных дорог, обусловленные недостаточной мощностью оборудования тяговых подстанций и контактной сети.

В условиях наметившегося отставания в совершенствовании эксплуатации и техническом перевооружении систем электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог по сравнению с городски-

ми и районными электросетями целесообразно разработать концепцию модернизации и обновления системы нетягового электроснабжения и программу ее реализации, что обеспечит повышение надежности и пропускной способности сетей, а также снижение эксплуатационных расходов.

Накопленный ОмГУПС опыт в области проведения теоретических исследований и практической оценки потенциала повышения эффективности использования электрической энергии на тягу поездов и нетяговые нужды позволяет сделать заключение о том, что в настоящее время существуют все предпосылки для разработки в ОАО «РЖД» концепции создания автоматизированной системы управления энергосбережением, итогом реализации которой должен стать автоматизированный информационный комплекс поддержки принятия решений о внедрении энергосберегающих систем, устройств и технологий.

В связи с реализацией ОАО «РЖД» стратегических задач по совершенствованию технологических нормативов с учетом достигнутого уровня техники и технологий, оптимизации локомотивного хозяйства вследствие перехода на полигонную технологию перевозочного процесса предлагаем разработать концепцию технологической подготовки локомотиворемонтных предприятий, которая позволит оптимизировать организацию и повысить качество ремонта и технического обслуживания локомотивов на основе стандартизированных процедур анализа существующей разработки новой технологии (технологическая документация, технологическое оборудование и оснастка, материально-техническое обеспечение, квалификация ремонтного персонала).

Для осуществления технологической подготовки в ремонтном производстве на современном уровне, это надо подчеркнуть особо, необходимы квалифицированные инженеры-технологи со специальным базовым образованием.

Система повышения квалификации мастеров и слесарей ремонтных цехов требует пересмотра, в том числе с использованием возможностей заводов-изготовителей локомотивов новых серий, для обеспечения по-настоящему компетентным персоналом всех видов работ на техническом обслуживании и ремонте. Это поможет использовать современные системы управления ремонтом с обратной связью, основанные на сетевом планировании.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Для дальнейшего повышения эффективности участия железнодорожных вузов в научно-техническом развитии ОАО «РЖД» считаем необходимым:

1. Предусматривать ежегодное выделение денежных средств вузам отрасли (по отдельной программе) для выполнения фундаментальных и поисковых НИР, направленных на разработку инновационных технологий и решение первоочередных задач в области модернизации транспорта.

2. Создать на базе железнодорожных вузов региональные отраслевые центры научного сопровождения и мониторинга внедрения и эффективности использования новых серий подвижного состава и современных технических средств.

3. Создать в ОАО «РЖД» банк данных с перечнем проблемных вопросов и актуальных научно-технических задач для формирования в вузах отрасли практико-ориентированной тематики научно-технических работ, диссертационных исследований и выпускных квалификационных работ (дипломных проектов) студентов.

4. Разработать систему обеспечения отраслевых университетов технической документацией и образцами новой техники, поступающей в эксплуатацию на железнодорожный транспорт.

ИСТОЧНИКИ

1. Омский государственный университет путей сообщения [Электронный ресурс]: http://www.omgups.ru/. Доступ 01.08.2016.

Координаты авторов: **Шантаренко С. Г.** – nauka@omgups.ru,
Пономарев Е. В. – nich.omgups@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 08.06.2016, актуализирована 01.08.2016, принята к публикации 13.08.2016.

ON CONTRIBUTION OF RAIL SECTORIAL UNIVERSITIES TO SCIENTIFIC AND TECHNICAL DEVELOPMENT OF JSC RUSSIAN RAILWAYS

Shantarenko, Sergey G., *Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, Russia.*
Ponomarev, Evgeny V., *Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, Russia.*

ABSTRACT

The article presents an analysis of participation of rail specific (sectorial) universities in the scientific and technological development of the holding company JSC Russian Railways. Examples of promising innovative projects implemented by the commission and with the assistance of the railway transport business are given. The ways of further improving the effectiveness of research activities of university teams and their creative collaboration and partnership with railway specialists are offered.

Keywords: railway university, railway transport, development, cooperation, research and technical development, priorities.

Background. *For railway universities the importance of their participation in the scientific and technical development of the holding company Russian Railways cannot be overestimated. [In Russia there are 9 universities that are founded by Federal railway agency, traditionally called «railway universities» and having close partnership ties with railway business – note of the editorial board]. The main results of this interaction is the formation of scientific schools and trends, themes of search and fundamental scientific research, improvement of material base of educational, scientific and industrial laboratories, improvement of quality of training of specialists for railway transport in the university environment.*

Obvious examples of the positive results of this cooperation in Omsk State Transport University (OSTU) are:

– participation in the reconstruction of locomotive depot Volkhovstroy of Oktyabrskaya railway in 2000–2003, which became a foundation for development of scientific direction in technological readiness of maintenance and repair of traction rolling stock;

– participation in 2000–2002 and 2003–2005, in the implementation of two programs of cooperation of railways and railway universities of Eastern region of the country «Reduction of operating costs due to optimizing the transportation process and introduction of new technologies and equipment», which determined further development of scientific schools on energy efficiency and energy saving, current collection system of electric transport.

The most important outcome of the cooperation was the creation of a number of technological and diagnostic equipment for repair and maintenance of rolling stock and technical means of railway infrastructure. This is primarily mechanized complexes for repair (disassembling, assembling) of bogies, technological areas for disassembly and assembly of wheel-motor units, the technological position of repair of traction motors and auxiliary electrical machines, certain types of non-standard technological equipment for repair and restoration of components and equipment of locomotives and cars, as well as automated systems for test, control and diagnostics of technical equipment, components and assemblies of railway equipment (Pic. 1–4).

Objective. *The objective of the authors is to consider the contribution of railway universities to the scientific and technical development of JSC Russian Railways, based on the analysis of OSTU activity.*

Methods. *The authors use general scientific methods, comparative method, analytical approach, economic evaluation, scientific description.*

Results. *The priority directions and the themes of work of scientific and technical activity of OSTU for railway transport were formed:*

1. Improvement of energy efficiency of traction power supply and electric rolling stock:

– development and creation of an automated system of control and accounting of energy on electric rolling stock and feeders of contact network on the basis of new (innovative) electric energy measurement method with a possibility to determine power consumption per train traction within the boundaries of tariff zones, borders of railways and problem areas with reduced indicators of energy efficiency of the use of electricity per traction;

– updating application of power quality standards and legal regulatory framework for Russian Railways in view of specific features of construction of the traction power supply system due to the need for simultaneous electrification of railways, industrial and agricultural loads, settlements and cities, as well as a necessary measure of application of inefficient schemes of electrification of rail transport with reduced coefficients of use of the set capacity of transformers and unbalanced load;

– development of standardized filtration units and cross reactive power compensation in AC traction network with automatic power control;

– development of technology of application of electrical energy storage in the systems of traction power supply and non-traction power.

2. Monitoring the quality of current collection, improvement of the technology of diagnosis and design of devices of contact network and catenary and pantographs of rolling stock:

– scientific substantiation of the service speed with account of minimizing the cost of operation of speed and high-speed ERS taking into account resource and environmental performance of the current collection system;

– development and organization of production of contact elements of current collectors of speed and high-speed ERS;

– automated control system of current collectors of high-speed ERS at the exit to the main line;

– development of devices of built-in diagnostics of current collection systems, current collectors and contact network.

3. Technological support of repair and maintenance of rolling stock:

– conducting technological audit of locomotive and car-repair enterprises and preparation of programs to improve the efficiency and quality of repair;



Pic. 1. Automated test stand of rectifier-inverter transformers AC electric locomotives.



Pic. 2. The diagnostic complex for rheostat tests of locomotives.



Pic. 3. Complex for automated testing of power semiconductors.



Pic. 4. Technological disassembly position of wheel-motor blocks of locomotives.





Pic. 5. The laboratory of construction of catenary, power lines and current collection.

– development and implementation of process documentation and non-standard equipment for maintenance and repair of rolling stock, its components, assemblies and elements;

– development of diagnostic equipment and instruments for monitoring the technical condition of parts and assemblies of rolling stock.

4. Improvement of efficiency of work of new series of locomotives. Development of speed, rapid and heavy traffic on the Trans-Siberian Railway, increasing the capacity of the Trans-Siberian railway and BAM:

– modernization of interval control of trains for organization of high-speed traffic on the basis of development of algorithms and methods for determining the exact coordinates of the head and tail of the train, using existing track circuits on the basis of a proven mathematical apparatus of comfort images;



Pic. 6. Teaching and research development laboratory «Metallurgy and structural analysis of metals and alloys».

– development of projects of traction and energy supply of speed and high-speed traffic;

– research and analysis of possibilities of technical equipment of infrastructure, which ensure interval railway traffic control and development of measures to increase the capacity of main lines;

– development of scientifically-based standards of weight and train driving modes.

5. Investigation of the corrosion status and protection against corrosion of underground metal constructions of rail transport:

– development of methods and hardware-software means of determining the state of corrosion of reinforced concrete supports of overhead power lines and catenary;

– development of the system of remote monitoring of engineering state of ground facilities and railway facilities from pulsed electromagnetic influences.

6. Improvement of operation of technical equipment and railway infrastructure:

– devices and systems of signaling, centralization and blocking;

– technical means of power supply of railways and subways;

– systems of communication and informatization support.

Over the past five years, research results have been implemented in the whole complex of works on plans of STD of JSC Russian Railways, the main ones are:

1. Development of techniques for conducting energy audit of facilities of JSC Russian Railways, formation of energy certificates, energy efficiency programs and improvement of energy efficiency of operational systems.

2. Evaluation of the energy efficiency system of traction power supply and electric rolling stock and the potential of its increase.

3. Scientific and methodological support of experimental work on the permanent training ground for the study of regenerative processes.

4. Formation of a new model of technical operation of the locomotive fleet on the basis of technical condition monitoring and technical audit on the Eastern range.

5. Automated system for calculating the traction current in the reverse electric traction network of direct and alternating currents.

6. Methods of analysis and forecasting of consumption of energy resources for train traction.

7. Creation of an automated system for monitoring and accounting of energy of ERS and FCC of traction substations.

8. Development of electric energy efficiency indicators and methods of their determination.

9. Development of techniques of valuation, planning and analysis of the use of diesel fuel for locomotive according to the on-board metering or speed measuring tapes.

10. The method of calculating free capacity at the facilities of traction and stationary power supply of infrastructure complex of JSC Russian Railways.

All research in OSTU is conducted on the modern laboratory and experimental base (Pic. 5–6).

During this period, the volume of work performed on the orders of structural subdivisions of the functional branches, subsidiaries and affiliates of JSC Russian Railways was 363,9 million rubles., including plans of STD295,4 million rubles. Nevertheless, there was a significant decrease in the volume of scientific and technical production, the main reasons of that process started from 2013, in our opinion, are:

– transfer of the locomotive fleet to service companies for maintenance and repair of and unreadiness of LLC TMX-Service and LLC STM-Service to invest money in the development of service locomotive depots;

– lack of funding for scientific and technical developments on the railways and enterprises of JSC Russian Railways;

–transition to a system of determining a contractor through the auction (tenders) on the electronic trading and procurement platform of JSC Russian Railways.

Even after reaching the stage of conclusion and subsequent execution of works under the contract there are new challenges:

– reducing the cost of the work of the expert group under the commission of JSC Russian Railways for prices;

– liability only on the part of a contractor (deadlines, quality of work, etc.);

– difficulties in obtaining from the customer materials and documentation required to perform the work;

– closure of works as a whole, without phased drawing up acts and payment of work performed;

– long process of coordination of results, low responsibility of functional customers for the terms of coordination;

– long payment periods – 45–60 days.

In our opinion, in the coming years for JSC Russian Railways innovative projects of railway universities will continue to be promising and popular.

It is primarily participation in the programs on organization of high-speed traffic: examination and experimental verification of design solutions embodied in STR «Railway power supply of the section Moscow–Kazan of a high-speed main line Moscow–Kazan–Yekaterinburg; technical standards and requirements for design and construction»; conducting aerodynamic and dynamic research of current collectors of ERS.

In connection with the ongoing intensive replacement of main freight and passenger locomotives built in the Soviet time with modern, much more powerful, increasing weight standards of trains it is necessary to develop a concept for development of a traction power supply system and a program for its implementation that will eliminate existing and prevent possible restrictions of railway capacity due to insufficient capacity of equipment of traction substations and contact network.

In terms of perceived gaps in improving the operation and technical upgrading of power supply systems of non- traction consumers of railways compared to urban and regional power grid it is expedient to develop a concept of modernization and renewal of non- traction power supply system and a program for its implementation that will improve the reliability and network bandwidth, as well as reduced maintenance costs.

Experience accumulated in OSTU in the field of theoretical research and practical assessment of the potential for improving the efficiency of the use of electric energy for traction and non-traction needs leads to the conclusion that there are all prerequisites for development in JSC Russian Railways of a concept of creating an automated control system of energy saving, the result of implementation of which should be an automated information complex for decision-making support on implementation of energy saving systems, devices, and technologies.

In connection with the implementation by JSC Russian Railways of strategic objectives for improving technological standards in view of the prior art and technology, optimization of locomotive economy due to the transition to the landfill technology of transportation process, we offer to develop a concept of technological preparation of locomotive repair companies that will optimize the organization and improve the repair and maintenance quality of locomotives on the basis of standardized procedures for the analysis of the current development of new technologies (technological documentation, production equipment and inventory, logistics, qualified maintenance personnel).

To carry out the technological preparation in repair production at the present level, it must be emphasized especially, skilled production engineers with a special basic education are required.

The system of advanced training of craftsmen and mechanics of repair shops require revision, including with the use of capacities of manufacturing plants of locomotives of new series, to provide a truly competent personnel for all types of works on maintenance and repair. It will help to use modern repair control system with a feedback, based on the network planning.

Instead of conclusion

To further enhance the effectiveness of the participation of railway universities in the scientific and technological development of JSC Russian Railways we consider it necessary to:

1. Provide for an annual allocation of funds to universities of the industry (separate program) to perform fundamental and exploratory research aimed at the development of innovative technologies and solution of priority tasks in the field of transport modernization.

2. Create on the basis of railway universities regional branch centers of scientific support and monitoring of implementation and effectiveness of the new series of rolling stock and modern technical means.

3. Create at JSC Russian Railways a database with a list of problematic issues and relevant scientific and technical tasks for formation in higher education institutions of the industry practice-oriented subjects of scientific and technical papers, thesis and final qualifying work (diploma projects) of students.

4. Develop a system to provide branch university with technical documentation and samples of new equipment entering into service in rail transport.

REFERENCES

1. Omsk state transport university [Electronic resource]: http://www.omgups.ru/. Last accessed 01.08.2016.

Information about the authors:
Shantarenko, Sergey G. – D.Sc. (Eng.), vice-rector for scientific work, head of the department of Technology of mechanical engineering and repair of rolling stock of Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, Russia, nauka@omgups.ru.
Ponomarev, Evgeny V. – Ph.D. (Eng.), head of scientific and research division of Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, Russia, nich.omgups@mail.ru.

Article received 08.06.2016, revised 01.08.2016, accepted 13.08.2016.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКИ ОТМЕТИЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ПРАЗДНИК БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫМ ЗАБЕГОМ «ДОСТИГАЯ ЦЕЛИ!»





7 августа 2016 года в Москве на территории выставочного комплекса ВДНХ состоялся благотворительный забег «Достигая цели!» по случаю 120-летия Дня железнодорожника и 80-летия со дня основания РФСО «Локомотив».

Участие в благотворительном забеге приняли порядка 10 тыс. человек, включая работников холдинга «РЖД» и членов их семей, а также ветеранов железнодорожного транспорта. Президент компании Олег Белозёров, ряд вице-президентов также принимали участие в забеге. Забег был организован на три дистанции (500 м, 1520 м, 10 км) и в разных возрастных категориях – для детей от 4 лет до пенсионеров старше 70 лет.

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД» ●

EXPRESS INFORMATION

RAILWAY WORKERS CELEBRATE THEIR PROFESSIONAL HOLIDAY WITH CHARITY RUN «REACHING OUR GOAL!»

A charity race called «Reaching Our Goal!» was held at the VDNKh, the Exhibition of Achievements of National Economy, in Moscow on 7 August 2016.

The run was held on the occasion of the 120th anniversary of the Day of Railway Workers and the 80th anniversary of the founding of Lokomotiv Sports Society.

About 10,000 people took part in the charity race, including employees of RZD Holding and their families, as well as veteran workers in rail transport. Company President Oleg Belozerov and a number of vice-presidents also participated in the run.

The race was held over three distances, 500 m, 1520 m and 10 km and in different age categories, for children from 4 years of age to senior citizens over 70.

All funds raised during the race will be donated to the «Life Line» charity fund to help very ill children.

In addition, in honor of the 120th anniversary of the Day of Railway Workers, an exhibition was opened which is dedicated to the development of rail transport and the modern projects being carried out by Russian Railways. The exhibition is being held in the historic Pavilion Number 59 and runs until 9 October 2016.

Based on releases of Press service of JSC Russian Railways ●

КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL

У ЛИНИИ ФРОНТА 282

Заполярье и Карелия: транспорт в годы войны.



ПРЕСС-АРХИВ 298

Торопились, но медленно.



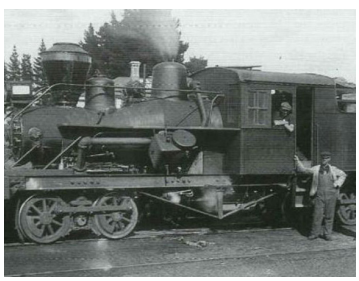
NEAR THE FRONT 282

Polar region and Karelia: transport during war years.



MEDIA ARCHIVES 298

They were precipitating, but… slowly.



УДК 656.2:9(с)27:625.1:656.6

«Олени не летают, не ржут и не стонут»



Валентин БОРЗУНОВ

Борзунов Валентин Фёдорович *– доктор исторических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

Valentin F. BORZUNOV

«Deer Do Not Fly, Do Not Neigh, and Do Not Moan»

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 292)

В памяти поколений эта дата для россиян особая. Более 75 лет назад, в июне 1941-го, началась та незабываемая для многих поколений граждан России война – Великая Отечественная. Автор статьи знакомит с героическими страницами военных лет в Заполярье и Карелии, где в суровых арктических условиях и обстановке боев за каждую пядь прифронтовой земли железнодорожники, водники, портовики помогали выстоять нашим солдатам и морякам, населению в борьбе с врагом.

Ключевые слова: история, транспортные коммуникации, Великая Отечественная война, Вторая мировая война, Заполярье, Карелия, рокада, фронт, железная дорога, порт, водный транспорт, гужевой транспорт.

В сложнейших условиях арктической зоны, имея природу, климат и бездорожье одновременно и в качестве союзника, и невольного «врага», железнодорожники, портовики и все остальные транспортники советского Заполярья и Карелии героически, мужественно боролись на боевых и трудовых фронтах Великой Отечественной войны. В зависимости от местонахождения транспортных коммуникаций в тот или иной момент событий – до, на, за линией боевых действий – менялись задачи и сам характер проводимой работы. Борьба шла на всех направлениях и по-разному.

РОКАДА – СИМВОЛ И ОПОРА

Стержнем всех транспортных коммуникаций Карелии и Заполярья были Мурманский торговый порт, железнодорожный узел и Кировская железная дорога. Соответственно формировалось к этому району действий и отношение Берлина, хотя среди германского военного командования стратегическое значение Мурманска и Кировской железной дороги понималось неодинаково. В дополнение к плану «Барбаросса» ставилась цель оторвать СССР от его морских транспортных коммуникаций, от Арктики, сделать Мурманск опорой продвижения немецких войск

и фронта по Северному морскому пути к Уралу, Сибири и Дальнему Востоку (12–14, 18, 38–40, 51, 52). Согласно стратегическим планам «Голубой песец» и «Черно-бурая лиса» в кратчайшие сроки должен быть захвачен Мурманск и Кандалакшская военно-морская база Северного флота, прекращено функционирование Кировской железной дороги [5, 8, 10, 29, 51, 53].

Немецкие военные историки видели в захвате Мурманска средство заключения союза Германии с Англией и США против СССР, разрыва союзных отношений с Советским Союзом. Солдатская масса видела в Мурманске «Мальдивы», ключ от всего Заполярья [3, 1]. Генштабисты планировали захват незамерзающего порта, «вторых Дарданелл», Кировской железной дороги, Кольского полуострова и Карелии [50, с. 1]. Германское командование считало благоприятным фактором молниеносной войны уничтожение транспортных коммуникаций Заполярья. Расчет был на общую слабость транспортной системы страны, особенно на неспособность железнодорожной сети управляться с массовыми перевозками в условиях масштабной войны [48, с. 2].

Первоначально (1941 г.) важнейшим оперативным направлением на Северо-Западном театре военных действий было Кандалакшское направление. От границы Финляндии до Кандалакши кратчайшее расстояние. Захватив этот район и перерезав Кировскую железную дорогу, противник овладевал бы Мурманском – воротами страны в Арктику и мировой океан. Однако немецким войскам не удалось прорваться к Кандалакшскому заливу через железнодорожную станцию Лоухи, захватить Мурманск и Кандалакшу. В 1941–1944 годах на Северном участке Кировской магистрали противник был остановлен в 50–60 км к западу от Мурманска, в 75–90 км от Кандалакши [37, с. 1; 46, с. 90]. Защитникам Заполярья удалось отстоять основную часть Кольского полуострова, обеспечить свободу действий Северному флоту в Баренцевом море, плавание кораблей по Северному морскому пути, возможность для северных конвоев и функционирование стальной магистрали на северном её участке. Немцам не дали пробиться к Кандалакшскому заливу [50, с. 3; 48, с. 2–3; 51, с. 1–10].

На южном участке магистрали в 1941 году финны захватили железнодорожную станцию Лоймола, дорогу от Лодейного поля до Мосельской и создали угрозу изолировать Мурманск от страны. Лишь в 1944 году этот участок был освобожден и 16 июля по трассе прошел первый сквозной поезд Мурманск–Ленинград [18, с. 158–159]. Тем самым удалось сократить на 556 км путь грузам в сравнении с Вологодским маршрутом Сорока–Обозерская–Вологда–Ленинград [49, с. 158–159].

В 1941–1944 годах Мурманский торговый порт, железнодорожный узел и Кировская магистраль были единой рокадной (прифронтовой) системой. Её защита от врага была главной задачей командования Карельского фронта. 1 января 1942 года в новогоднем поздравлении воинам Севера Военный совет Карельского фронта особо подчеркивал значение Мурманского железнодорожного узла, обеспечения бесперебойной работы дороги, необходимость отражать все усилия врага [4].

Военно-стратегическими и эксплуатационными задачами Кировской магистрали изначально были:

1. Организационная перестройка управления железной дорогой на военный лад.

2. Изменение структуры и увеличение числа железнодорожных соединений и частей.

3. Эвакуация населения, предприятий и имущества железной дороги.

4. Обеспечение охраны, технического прикрытия транспортных коммуникаций, проведение заградительных работ.

5. Строительство новой ветки (Сорока–Обозерская) в обход оккупированного южного участка дороги.

6. Проведение военных операций на оккупированном южном участке.

7. Увеличение пропускной и провозной способности магистрали.

8. Участие железнодорожников в мобилизации, трудовом фронте, создании военной экономики, развитии движения за увеличение Фонда обороны, донорстве.

Организационная перестройка управления железной дорогой на военный лад началась с первых дней войны. Отдаленность Заполярья и Карелии, плохая связь, концентрация центральных властных структур на решении глобальных вопросов обороны страны привели к большей автономизации управления в Мурманской области и Карело-Финской ССР. Резко усилилась роль партии и органов чрезвычайного руководства Мурманского, Канда-

лакшского и Петрозаводского комитетов обороны (с сентября 1942 г.). Образовалась единая централизованная система партийно-военного руководства. Для проведения неотложных, первостепенных мероприятий (эвакуация, мобилизация, трудовой фронт, военное хозяйство, ленд-лиз, наращивание Фонда обороны) была создана военизированная организация «Оборонстрой» [50, с. 2]. Ее влияние распространялось и на деятельность магистрали [46, с. 10; 51, с. 4].

Наряду с «Оборонстроем» в Мурманске и Кандалакше появились областные и городские комитеты обороны. Они провели большую работу по мобилизации людских и материальных ресурсов в помощь фронту. Вся их деятельность согласовывалась с партийно-советским руководством Мурманской области и Карелии. Совместно они выезжали на места и проводили комплекс организационных, политических, идеологических, экономических, военных мероприятий, но прежде всего мобилизацию военнообязанных первой очереди в ряды армии и флота [49, с. 1; 51, с. 4, 64].

Между тем управление самой магистралью страдало от двойного руководства железнодорожными войсками со стороны Народного комиссариата обороны (НКО) и Народного комиссариата путей сообщения (НКПС). Двойственность дополнилась слабостью самих железнодорожных войск. Железнодорожные части в составе Карельского фронта были малочисленны, плохо оснащены инструментами, подъемными сваебойными механизмами, автотранспортом и тракторами. Ощущался острый недостаток восстановительных материалов. Все это не обеспечивало главного – высоких темпов работ. Восстановление магистрали отставало от растущих потребностей войск, отрицательно сказывалось на подвозе всего необходимого фронту. Требовалось незамедлительно перестроить управление процессом [35].

3 января 1942 года ГКО (Государственный Комитет Обороны) принял решение об объединении всех сил и средств, предназначенных для восстановления железной дороги и передачи их в НКПС. Железнодорожные войска, находившиеся в НКО, тоже переподчинили Комиссариату путей сообщения. Численность личного состава войск значительно увеличилась. Общевойсковому руководству запретили использовать железнодорожные части не по прямому назначению.

В системе НКПС организовали Главное управление военно-восстановительных работ (ГУВВР), которое возглавило все железнодорожные войска и спецформирования НКПС. Для непосредственного руководства ими в составе ГУВВР было сформировано управление железнодорожных войск со своими штатами. На Карельском фронте посчитали нужным иметь управление военно-восстановительных и заградительных работ (УВВР) и организовали боевые базы восстановительных материалов. Создание УВВР, объединение под его началом всех строительно-восстановительных сил и средств, определение их ответственности за состояние фронтовых коммуникаций придали этого рода деятельности большой размах, усилили железнодорожные войска высококвалифицированными специалистами, значительно улучшили снабжение действующих на фронте частей восстановительными материалами, техникой и механизмами. Позволили широко использовать технические средства НКПС, размещать на его предприятиях заказы на изготовление нужных механизмов и материалов [48, с. 1–3].

В условиях Заполярья даже вполне реальные и видимые достоинства перестройки управления железнодорожными войсками были все-таки относительными. И все же суммарный ущерб, нанесенный немецко-финскими войсками, особенно их авиацией Кировской железной дороге, удалось существенно уменьшить. Громадные пространства, на которых разверстывались сражения, потребность в массовых перевозках, в том числе для обеспечения крупных стратегических операций на всех направлениях превратили Кировскую железную дорогу в военный фактор первостепенного значения. На её долю приходилось до 80–90% грузооборота Заполярья и Карелии, прежде всего воинских перевозок. Крупнейшие операции без помощи транспорта вряд ли оказались бы успешными.

Централизация руководства обернулась сверхцентрализацией транспортных перевозок. В пустынном Заполярье и Карелии это имело особое значение. Кировская железная дорога и Мурманский железнодорожный узел обслуживали армию и флот строго по потребностям боевых операций. Так физико-географическая специфика региона сомкнулась с особенностью эксплуатации транспортных коммуникаций.

ОЛЕНЕЛЫЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Одна из страниц истории транспортных коммуникаций военных лет связана с появлением в прифронтовых зонах Заполярья и Карелии партизанских формирований, которые с июля-августа 1941 года [7, 16, 17] взаимодействовали с регулярными армейскими частями, совершая рейды по тылам противника.

Участие партизан принято оценивать обычно нанесенным ущербом врагу. С этой точки зрения, естественно, есть чем гордиться. К примеру, только в период летних операций 1942 года партизанскими отрядами, помимо прочего, было организовано семь крушений воинских поездов, взорвано 18 железнодорожных и автомобильных мостов [49]. За 38 месяцев войны на территориях региона подорваны 31 воинский эшелон, 151 мост, более 10 км железнодорожного полотна, 236 автомашин, семь самолетов, десять танков и бронемашин [49, с. 49]. Но в нашем контексте выделить интересно еще и другое.

В ходе учений и боевых действий партизаны освоили особый вид транспорта для Карелии и Заполярья – оленьи упряжки [6, 19, 41]. Оленетранспортные подразделения 14-й армии стали организовываться зимой 1941 года. В них служили саамы, ненцы, коми и русские. Олений транспорт использовали в условиях полного бездорожья для отправки раненых, доставки военных грузов, переброски в тыл врага разведчиков, вывоза моторов с подбитых самолетов и их экипажей, поддержки связи с пограничниками, развозки почты и рекогносцировки на местности.

В 1941–1944 годах на оленьем транспорте вывезли с передовой 10 тыс. человек, доставили на фронт по бездорожью 17 тыс. тонн боеприпасов и военных грузов. Эвакуировали из тундры более 160 подбитых самолетов, переправлено в дальние тылы врага до 8 тыс. бойцов и партизан [58, с. 1].

В арктических условиях этот уникальный транспорт часто бывал единственным. Гусеничные тракторы и автомобили застревали в раскисших дорогах, огромных сугробах, в сильные морозы и встречные ветры. Но не олени. На санях легко по бездорожью проникнуть в тыл врага. Северный олень неприхотлив к пище, не требует специального ухода, сам добывает себе корм (серебристый ягель, траву, листья), никогда не нарушает тишины – даже раненый, он не издает ни звука. К тому же очень вынослив. Форсированным маршем олени способны преодолеть до 80 км в сутки.

Всего за годы войны оленеводы-ловозерцы сформировали семь транспортов, передали армии и фронту 5900 транспортных оленей, 1700 комплектов упряжки к ним, 1119 нарт [58, с. 2].

Формирование оленьего транспорта шло, впрочем, с большим опозданием и в чрезвычайной спешке. Лишь 20.11.1941 года вышло постановление Государственного Комитета Обороны о мобилизации из народного хозяйства Архангельской области, Коми АССР, Ямало-Ненецкого автономного округа: каюров – 1400 чел., оленей 10 тыс. голов, нарт 500 шт. и о прибытии их в Архангельск до 01.01.1942 года [58, с. 3].

Олени шли с грузом от Печоры до Архангельска и Мурманска своим ходом, по Кировской железной дороге это 2600 км. В пути 222 оленя пали от истощения, 710 выбракованы на забой. Из 4552 особей до зверосовхоза под Петрозаводском дошли лишь 3600. Общая численность оленей в 14-й армии достигла в годы войны 5 тыс. голов, несколько меньше было в 19-й армии [58, с. 4].

В конце 1941 года фронт на Мурманском и Кандалакшском направлениях стабилизировался. В брешах обороны в тыл врага отправились лыжные отряды и бойцы на оленьих упряжках, разведывательные группы, партизанские отряды и войсковые подразделения.

В марте 1942 года в 14-ю армию Карельского фронта поступило 12 оленелыжных батальонов, три из них убыли в распоряжение 10-й армии. Из оставшихся девяти батальонов сформировали две бригады. 19 марта обе они прибыли на фронт и заняли оборону, на открытом левом фланге 14-й армии на 7-километровом участке от озера Ножъявр до реки Лебяжья.

Гитлеровское командование, узнав о создании оленьих частей и подразделений, направило авиацию для уничтожения движущихся на формирование оленьих стад, посылало специальные отряды диверсантов для их истребления [58, с. 4].

О реальной жизни бойцов оленелыжного транспорта говорит исследователь: «Условия жизни личного состава бригад были экстремальными. Бойцы ютились в снежных ямах, покрытых ветками и плащ-палатками. Дров не было, сырые ветки кустарника не горели.

Теплого обмундирования и обуви не хватало. Продовольствие и боеприпасы подвозили с перебоями. Многие бойцы заболевали. Усилился падеж оленей. До половины личного состава ежедневно направлялось на расчистку дорог в расположении 10-й гвардейской дивизии. Это сильно выматывало бойцов физически и морально [58, с. 5].

И все же боевые задания выполнялись. Оленелыжные отряды проникали глубоко в тыл врага, доходили до Ревониеми. Трудным делом оказались организация и применение способов перевозки. Материальную часть авиации, артиллерии и минометов транспортировали на специальных нартах, лыжах, буксируемых за оленями. *Оленелыжные батальоны превратили полярную ночь и бездорожье в своих союзников*. Они занимались транспортными операциями, участвовали в разведке, наступлениях, крупных рейдах в тыл врага. Особое место в перевозках занимала эвакуация раненых, доставка срочной почты, помощь авиации, участие в морских операциях, форсировании рек и морских заливов.

Невероятную стойкость оленелыжные отряды проявили в трагической Мурманской наступательной операции в апреле-мае 1942 года. В исключительно трудных условиях в ходе боев армейские части получили помощь со стороны выносливых, всепроходимых оленелыжных подразделений. 3–11 мая в мороз, буран образовался лёд-наст, непробиваемый копытом. Голодные олени встали. Оленеводы полезли на скалы собирать ягель животным. Крошили снег топором, чтобы напоить животных. С большим трудом удалось доставить из Полярного овсяную крупу. Оленелыжный транспорт спас многих погибающих, замерзающих солдат и матросов 14-й армии, 152-й дивизии и 12-й бригады морского десанта [58, с. 8].

06.09–06.11.1944 года. 3-я оленелыжная бригада в составе 14-й армии участвовала в боях за Петсамо, Никель, Рудники, Киркенес, за освобождение Советского Заполярья и Северной Норвегии.

В глубоком тылу оленелыжные отряды нападали на немецкие гарнизоны, опорные пункты, минировали дороги. Это были трудные походы. «Усталость была безмерна, чудовищная усталость...» [58, с. 9]. Эффективность уникального транспорта была тем не менее высокой. Оленеводы ехали по горам и болотам. Запряженные олени плыли через реки и озера, заливы без единого звука. «Олени не лают, не воют, не ржут, не стонут. Олени помогли выстоять и защитить родной край» [9, 1]. Уникальными были и природа, и транспорт, и люди, признавал позднее бывший командующий Карельским фронтом маршал К. А. Мерецков [58, с. 9].

Важнейшей частью деятельности руководства Мурманской области и Карелии была эвакуация гражданского населения из прифронтовых районов. Из области значительная доля населения (115 тыс. чел.) и крупных предприятий была эвакуирована почти сразу. Эвакуация началась в конце июня 1941 года по Кировской железной дороге, позднее – кораблями в Архангельск. Вывозили детей, женщин, не связанных с производством, запасы строительного сырья, оборудование комбината «Североникель», агрегаты Туломских и Нильских гидростанций. Всего за пределы региона было отправлено более 8 тыс. вагонов и свыше 100 судов [53, с. 4]. На 1 августа 1943 года в области оставались лишь 824 предприятия (включая колхозы, совхозы, организации и учреждения), на которых работало 43,2 тыс. человек [46, с. 10; 51, с. 5; 53, с. 3]. Из 33 тыс. проживавших в Мончегорске людей в конце июня уехали 28 тысяч [15, 36, 42, 43].

Оказавшийся в прифронтовой зоне комбинат «Североникель» перебазировали в Норильск и частично на «Южуралникель». В Норильск был эвакуирован практически весь инженерный и рабочий состав кольского комбината. Оперативно (почти экстренно) вывезено 1086 вагонов оборудования и 886 вагонов материалов. В первые дни июля 1941 года столь же быстро создали «группу особого назначения» из 12 инженерно-технических работников и 13 рабочих. Они должны были подготовить к ликвидации основные объекты и оставшееся оборудование в случае прямой угрозы захвата комбината противником. В основаниях дымовых труб сделали камеры для закладки взрывчатки.

В начале 1942 года наступление противника было остановлено. Захват Мурманска не удался. Уральские заводы были не в состоянии удовлетворить запросы фронта в никеле. 18 мая ГКО СССР решил восстановить комбинат «Североникель». Начался этап реэвакуации. Стали возвращаться металлурги, горняки, проектировщики, механики, электрики. В конце месяца прибыла первая партия мо-

лодых рабочих из Рязанской, Ярославской и Кировской областей.

С запуском восстановительных работ участились налеты вражеской авиации. Мончегорск стали оборонять зенитно-артиллерийский дивизион и эскадрилья на временном аэродроме, подключилась система ПВО зенитных батарей. Из-за бомбежек на линии Кировской железной дороги до Мончегорска дошли не все эшелоны с оборудованием. Были повреждены и сами пути, и две станции Кумужья и Железная (15-й км ветки на Оленью).

Военная обстановка и близость фронта к Кандалакше заставили эвакуировать вглубь страны стратегически важные предприятия, детей, стариков, а также женщин, не связанных напрямую с производством. Людей и оборудование отправляли как по железной дороге, так и морским путем. Очень большая нагрузка легла на морской порт и железнодорожный узел Кандалакши. Четкая оперативная работа портовиков и железнодорожников обеспечила успешное проведение операции по вывозу грузов и населения. За это время не пострадал от вражеской авиации ни один пароход, ни один вагон с людьми и материальными ценностями. В сжатые сроки прошла эвакуация из города и области 5416 вагонов с производственным оборудованием и материалами комбината «Апатит» и других предприятий.

ЭВАКУАЦИЯ И РЕЭВАКУАЦИЯ

В Карелии, благодаря четкой организации дела, эвакуация, хотя и имела широкие масштабы, происходила без паники и растерянности, причем в по-настоящему фронтовых условиях. Самолеты противника обстреливали поезда на Кировской железной дороге, пароходы и баржи на Онежском, Ладожском и других озерах, шоссейные дороги, по которым эвакуировалось население. 27 сентября 1941 года на Онежском озере артиллерия противника обстреляла пароход «Кингисепп» и баржу с женщинами и детьми. Немногим довелось спастись.

Из 536 тыс. эвакуированных около 90–100 тыс. проживали в период войны в соседних регионах – Коми республике, Архангельской и Вологодской областях. Более 400 тыс. человек были направлены в Челябинскую область, Башкирскую, Чувашскую, Удмуртскую, Татарскую автономные республики. На новых местах им пришлось вести суровую борьбу за выживание, самоотверженно трудиться в помощь фронту.

В ходе эвакуации удалось своевременно вывезти оборудование и имущество 293 промышленных предприятий Карелии (без Беломорско-Балтийского комбината), в том числе Онежского завода, Петрозаводских лыжной и слюдяной фабрик, Кондопожского и Сенежского целлюлозно-бумажных комбинатов, большинство предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности. Вывезенные на восток, они в короткий срок устанавливались на новых местах и начинали выпуск продукции для нужд обороны страны. Так, первые эшелоны с оборудованием Онежского завода прибыли в Красноярск в августе 1941 года, а в октябре уже онежцы отправили на фронт первую партию снарядов, в декабре объем всей продукции завода в 1,5 раза превышал масштабы производства мирного времени. Оборудование 36 предприятий, работавших до последнего момента на нужды Карельского фронта, пришлось уничтожить на месте.

Большую трудность представляла эвакуация колхозов, совхозов, скота, сельхозмашин. Скот приходилось перегонять с пастьбой на сотни километров. Возможности использования Кировской железной дороги и водного транспорта для перевозки сельхозгрузов были исчерпаны. Эвакуировано и частично сдано государству около 60 тысяч голов (из 75,5 тыс.) крупного рогатого скота, 20 тыс. (из 25,6 тыс.) свиней, 40 тысяч (из 54 тыс.) овец, 35 тысяч (из 45,5 тыс.) лошадей. Вывоз продовольствия по железной дороге составил 21877 тонн муки и зерна, 1100 тонн крупы и другой продукции [28].

Большую работу по эвакуации населения и грузов проделали водники и железнодорожники Карелии. Водники летом 1941 года перевезли в тыловые районы страны более 200 тыс. тонн ценных грузов и около 250 тыс. человек. Железнодорожники в июле-ноябре того же года отправили 8076 вагонов с промышленным оборудованием.

Однако сложная обстановка приводила все же в отдельных местах к растерянности и спонтанным действиям. Так, руководство Калевалского района, опасаясь захвата противником Ухты, при первом же приближении вражеских войск спешно уничтожило продовольствие, запасы цветных металлов и архив-

ные материалы госучреждений. Ухту удалось отстоять. В районе Повенецкой губы Онежского озера из-за наступивших морозов застрял караван из 19 судов с промышленным оборудованием, товарами, архивами. Пришлось посылать диверсионные группы и самолеты для уничтожения этих грузов. Часть ценностей сгорела, а часть попала в руки противника.

В тыловые районы страны эвакуировались учреждения науки и культуры. Государственные и партийные органы республики были отправлены из Петрозаводска в Медвежьегорск, а затем Беломорск [49, с. 2]. Управление Кировской железной дороги перевели из Беломорска в Кемь.

После освобождения территории Карелии в процессе реэвакуации вернулись более 500 тыс. человек из почти 700-тысячнего довоенного населения республики. Вновь огромная нагрузка пала на железнодорожный и водный транспорт. Только в сентябре-ноябре 1944 года реэвакуировались свыше 50 тысяч совершенно истощенных человек. Правительство спешно оказало им помощь (пособие в 1000 рублей на семью, временное освобождение от денежных налогов и обязательных поставок государству сельхозпродуктов, помощь нуждающимся обувью, тканями и т.п.). Из Ленинграда в Петрозаводск прибыл первый вагон с учебными пособиями для школ города и освобожденных районов республики [49, с. 2].

СТРАНЕ, ЛЮДЯМ, ПОБЕДЕ

В защите транспортных коммуникаций, городов и поселков Заполярья и Карелии боевой фронт слился с трудовым фронтом, в котором железнодорожники сыграли огромную роль. Не менее 33 тысяч жителей Мурманской, Архангельской, Вологодской областей и Карелии были мобилизованы на военно-строительные работы. Участники трудового фронта на подступах к Мурманску и Кандалакше создали несколько оборонительных линий. С участием гражданского населения велось массовое строительство окопов, щелей, бомбоубежищ [49, с. 4].

Мурманские портовики взаимодействовали с железнодорожниками. Они приняли участие в строительстве долговременных оборонительных сооружений, возвели 122 укрепления для 3700 человек. По трудовой мобилизации во время летнего (1941 г.) наступления противника на Мурманск горожане строили оборонительные объекты на западном берегу Кольского залива. В другие водные бассейны было переселено 1068 специалистов, на фронт ушли 600 работников мурманского порта, в народное ополчение – 250. В результате трудиться там осталось всего 700 человек. Они охраняли военные грузы, порт, железнодорожный узел, систему ПВО. Работали круглосуточно. Питались вместе с солдатами. Портовики устраняли повреждения на подъездных путях, строили участок Кировской железной дороги от лесных причалов к северу, в направлении на Росту [11, 44, 46, 47].

Транспортные коммуникации (водные, сухопутные и морские) заняли в «военной экономике» Заполярья ведущее место. Они были мобилизованы на борьбу не только за выживание тыла, но и укрепление армии [55, с. 7–8; 54, 57]. В январе 1942 года через Мурманск пошел поток грузов по ленд-лизу. Разгрузка союзных караванов велась в порту и на железнодорожном узле круглосуточно, несмотря на авианалёты противника. Были привлечены все трудовые силы Заполярья, Карелии и еще ряда регионов [25, 30–34, 46, с. 10; 51, с. 5–62].

Весомый вклад внесли работники Кировской железной дороги. Они обеспечили бесперебойную доставку прибывающих по ленд-лизу грузов к местам их назначения. Коллектив Мурманского вагонного депо построил бронепоезд «Мурманец», принявший затем участие в боевых операциях советских войск [51, с. 6]. На особом положении с первых дней войны оказались Кемские железнодорожники, вставшие на защиту обходного рельсового пути (Сорока–Обозерская) – основного вида транспортной связи Заполярья с центральными районами страны (1941–1943 гг.). Стремление противника парализовать работу этой «дороги жизни» железнодорожники сорвали. Паровозы выходили из депо только ночью. Составы шли без огней. С исключительным мужеством и искусством локомотивные бригады выводили поезда из-под бомбежки, доставляя грузы куда следует точно в срок. Не считаясь со временем, как минимум по 10–12 часов в сутки трудились все железнодорожники [20, 21, 27, 50, с. 2].

Работа Кандалакшского электровозного депо была полностью перестроена на военный лад. Разрушенные вражеской авиацией же-

лезнодорожный узел, станционные сооружения, пути, мосты железнодорожники быстро восстановили, ремонтировали локомотивы и вагоны, обеспечивали бесперебойную перевозку оборонных грузов, в том числе военной техники, снаряжения и продовольствия. Кроме ремонта электровозов в депо наладили изготовление взрывателей к противотанковым минам, отдельных узлов к минометам, деталей к колесным машинам [37, с. 4].

Лозунг «Всё для фронта, всё для победы!» нашел воплощение и в сборе средств для фонда обороны, которые пошли на строительство танков, самолетов и другой боевой техники. Жители Мурманской области сдали 15 кг золота, 23,5 кг серебра, вложили более 65 млн рублей. В 1941 году 2,8 млн руб. было перечислено на создание эскадрильи «Комсомолец Заполярья».

Железнодорожники построили на свои средства эскадрилью «Советский Мурман». Было собрано и отправлено более 60 тысяч подарков на фронт бойцам Красной Армии. Школьные здания в населенных пунктах переоборудовали под госпитали. Тимуровские команды установили шефство над ранеными в госпиталях, семьями погибших фронтовиков. Все это делалось в прифронтовых условиях, под постоянными ударами вражеской авиации, диверсантов [45, с. 8; 46, с. 10].

По инициативе диспетчеров Кандалакшского железнодорожного узла собрано 4 млн руб. на постройку самолетов и 1 млн 134 тыс. руб. на облигации госзайма. Очень многие по призыву медиков приняли участие в донорстве. За время войны через пункты переливания крови Мурманской области прошло 72470 доноров. Они обеспечили кровью раненых бойцов Карельского и частично Ленинградского фронтов.

Железнодорожники Кировской железной дороги передали в начале 1943 года на строительство самолетов, танков и бронепоездов 1140 тыс. руб. На эти средства была построена танковая колонна «Железнодорожник Кировской магистрали». Танки были переданы в распоряжение генерал-полковника Катукова (будущего маршала бронетанковых войск). Всего за годы войны жители Карелии подписались на государственные займы, внесли на строительство танков и самолетов свыше 126 млн руб. личных сбережений. Танковые колонны «Карельский колхозник», «Железнодорожник Кировской магистрали», боевые самолеты «Карело-финский донор», «Карельский пионер» и другие, построенные на деньги трудящихся республики, воевали на разных фронтах Великой Отечественной войны [22, 23, 38–40, 56].

Выполнение заданий ГКО во многом зависело от состояния воздушно-транспортных коммуникаций, вышедших на передний план боев в 1942 году. В условиях прифронтовой зоны города населенные пункты, Кировская железная дорога и озерные пристани подвергались постоянным ударам с воздуха. С лета того года Мурманск подвергся жестоким бомбардировкам, в отдельные дни немцы совершали по 15–18 налетов. Только 18 июня их самолеты сбросили 12 тыс. бомб. Огонь уничтожил в городе больше 600 деревянных зданий.

Всего с 1941 по 1944 год на Мурманск было 792 налета немецких ВВС [46, с. 3; 51, с. 3]. Люфтваффе сброшено около 7 тысяч фугасных и 200 тысяч зажигательных бомб. В городе разрушено и сожжено более 1500 домов (3/4 всего жилого фонда), 437 производственных и служебных зданий. Немецкая авиация регулярно наносила удары по Кировской железной дороге. За время военных действий в Заполярье на каждый километр железнодорожной магистрали фашисты сбросили в среднем 120 бомб. Недаром немецкие публицисты назвали Мурманск «Северным Сталинградом». Оба города сопоставимы по интенсивности авианалетов и количеству разрушений. Силами ПВО над Мурманском и Кировской железной дорогой в 1941–1943 годах было сбито 185 самолетов врага.

Несмотря на постоянную бомбардировку и обстрел, мурманские портовики и железнодорожники магистрали обеспечивали непрерывную связь с Большой землей. По Кировской дороге круглосуточно шли составы [45, с. 8]. С первых дней войны Кандалакша подвергалась точечным налетам с воздуха. Город и особенно железнодорожный узел атаковали в отдельные дни до 15 раз. За полтора года фашисты 666 раз бомбили железнодорожный узел, но так и не сумели вывести его из строя [37, с. 3]. За военное время на Кировскую железную дорогу было совершено 2800 вражеских воздушных налётов. Сброшено более 90 тыс. авиабомб, разрушено 1126 железнодорожных зданий, повреждено свыше 500 паровозов, 4950 вагонов. Благодаря самоотверженному труду железнодорожных войск

и работников магистрали из Мурманска было отправлено вглубь страны 1246 тыс. тонн боевой техники и военных материалов, оборудование и продовольствие, полученные от союзников по ленд-лизу [35, с. 2]. Кировская дорога функционировала даже в усеченном виде – после временной утраты её южного участка и постройки рокадной линии (Сорокская–Обозерская).

Железнодорожные войска Карельского фронта в течение всей войны занимались техническим прикрытием участков Кировской железной дороги. Здесь находились три путевых и две эксплуатационные роты железнодорожного батальона. Во время проведения Петсамо-Киркенесской операции (7.10–1.11.1944 г.) количество путевых батальонов было увеличено до четырех общей численностью 3631 человек.

Северный участок рокады от станции Мурманск до станции Кандалакша протяженностью 297 км обслуживался электротягой, а от станции Кандалакша до станции Волховстрой – паровой тягой. В 1941–1942 годах большинство авианалетов приходилось на участки с электрической тягой, а с 1943-го – с паровой тягой (89%). Авианалеты совершались неравномерно (1941 г.– 475, 1942 г.– 1081, 1943 г.– 481, 1944–159) [48, 2]. В апреле 1943 года из 524 сброшенных врагом авиабомб 89 были замедленного действия. В начале их ликвидация и обезвреживание вызывали задержки поездов. Вскоре команды прикрытия раскрыли «секреты» финских и немецких взрывателей и ликвидировали бомбы без перерыва движения железнодорожных составов. Особое внимание уделялось технической разведке. Она устанавливала места падения бомб замедленного действия. На участках с интенсивными авианалетами оставлялись команды минёров из 2–3 человек, снабженных необходимыми средствами для уничтожения «подарков с неба».

Для борьбы с вражеской авиацией на важнейших станциях (Мурманск, Оленая, Имандра, Апатиты, Кандалакша, Полярный круг, Кемь и другие) были организованы участковые местные пункты ПВО и поставлены зенитные средства. Восстановительные поезда выезжали на линию с зенитным прикрытием, либо при поддержке истребительной авиации. Ликвидация последствий вражеских налетов производилась восстановительными поездами, путевыми и мостовыми летучками, летучками связи, водоснабжения и восстановления контактной сети. К возвращению в строй крупных международных объектов привлекались железнодорожные батальоны. Они участвовали, к примеру, в восстановлении Мурманского порта, вместе со спецформированиями НКПС обеспечили бесперебойную работу Кировской железной дороги. За всем этом стояли мужество, хладнокровность, бесстрашие и изобретательность портовиков и железнодорожников [24, 26, 48, 2, 3].

Транспортные коммуникации и прежде всего люди, их обслуживавшие, стали стальной опорой единства фронта и тыла, прочной основой победы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боевая деятельность подводных лодок ВМФ СССР в Великой отечественной войне 1941–1945.– Т. 1.– М., 1969.
2. В боях за Советское Заполярье // Сост. А. И. Краснобаев, В. П. Загребин. Мурманск: Кн. изд-во, 1982, – 271 с.
3. В боях морская пехота: Сб. воспоминаний воинов 12-й отдельной Краснознаменной Печенгской бригады морской пехоты Северного флота / Сост. С. И. Поляков, В. П. Загребин.– Мурманск, 1984.– 70 с.
4. Елькин Г. Н. Мурманский морской торговый порт: Исторический очерк. 1915–1980.– Мурманск: Кн. изд-во, 2005.– 123 с.
5. Железнодорожники в Великой Отечественной войне 1941–1945 / Под ред. Н. С. Конарева.– М., Транспорт, 1987.– 591 с.
6. Журин Л. В бой на лыжах и оленьих упряжках // Мурманский вестник.– 1997.– 24 октября.
7. За родную Карелию. Партизаны и подпольщики. Воспоминания и документы.– Петрозаводск: Карелия, 1990.– 328 с.
8. Кабанов П. А. Стальные перегоны.– М., 1973.– 326 с.
9. Карелия в Великой Отечественной войне. Освобождение от оккупации и возрождение мирной жизни. 1941–1945.– Петрозаводск: Фонд творческой инициативы, 2010.– 510 с.
10. Ковалев И. В. Транспорт в решающих операциях Великой Отечественной войны.– М., Знание, 1969.– 321 с.
11. Краснов В. Н., Краснов И. В. Ленд-лиз для СССР.– М., Наука, 2008.– 246 с.
12. Куманев Г. А. Советские железнодорожники в годы Великой Отечественной войны 1941–1945.– М., 1963.– 208 с.
13. Куманев Г. А. На службе фронта и тыла. Железнодорожный транспорт СССР накануне и в годы 1939–1941.– М., Наука, 1976.– 454 с.
14. Куманев Г. А. Война и железнодорожный транспорт СССР в 1941–1945 гг.– М., 1988.– 388 с.
15. Куманев Г. А. Война и эвакуация в СССР, 1941–1942 // Новая и новейшая история.– 2006.– № 6.– С. 7–27.
16. Куприянов Г. Н. За линией Карельского фронта.– Петрозаводск: Карелия, 1982.– 272 с.
17. Куприянов Г. Н. Во имя великой победы. Воспоминания.– Петрозаводск: Карелия, 1985.– 270 с.

18. Магистраль имени Октября.– М., 1990.– 344 с.
19. Михняк Т. На упряжках через Мурман // Ловозерская правда.– 1994.– 23 мая.
20. Морозов В. М. Взаимодействие бронепоездов и пехоты в обороне // Журнал автотранспортных войск.– 1942.– № 6.– С. 38–42.
21. На огневых рубежах. Из опыта боевых действий бронепоездов внутренних войск / Сост. В. Ф. Некрасов.– М., 1986.– 160 с.
22. Образцов В. Н. Железнодорожный транспорт в дни Великой Отечественной войны.– М., 1943.– 62 с.
23. Октябрьская фронтовая. Воспоминания железнодорожников о работе Октябрьской магистрали в годы Великой Отечественной войны 1941–1945.– Л., 1970.– 431 с.
24. Памяти павших. Великая Отечественная война.– М., 1995.– 114 с.
25. Папанин И. Д. Лед и пламя.– М.: Политиздат,1977.– 416 с.
26. Первушин В. Г. Людские потери в Великой Отечественной войне // Вопросы истории.– 2000.– № 7.– С. 116.
27. Поцелуев В. А. Бронепоезда железных дорог.– М., 1982.– 112 с.
28. Разумова П. А. Тема эвакуации в биографических рассказах старожилов Петрозаводска // Ученые записки Петрозаводского гос. ун-та.– 2012.– № 3.– С. 7–12.
29. Романов Б. С. Причалы мужества. Очерки истории. // Под науч. ред. А. А. Киселева. – Мурманск: Изд-во Мурм. мор. торг. порта, 1977.– 256 с.
30. Северные конвои. Исследования. Воспоминания. Документы. Вып. 2 / Поморский межд. педагогический ун-т им. М. В. Ломоносова.– М.: Наука, 1992.– 256 с.; Северные конвои. Исследования, воспоминания, документы. Вып. 3.– Архангельск, 2000.– 364 с.
31. Северные конвои: исследования, воспоминания, документы. Вып. 1 / АН СССР. Географ. о-во СССР, Арханг. филиал.– Архангельск, 1991.– 174 с.
32. Смирнов С. А. Мурманская область в годы Великой отечественной войны.– Мурманск, Кн. Изд-во, 1959.– 120 с.
33. Союзники в войне 1941–1945 гг.– М., Наука, 1995.– 451 с.
34. Супрун М. Н. Ленд-лиз и Северные конвои. 1941–1945.– М., 1997.– 364 с.
35. Терехин К. И., Таралов А. С., Томашевский А. А. Воины стальных магистралей.– М., 1969.– 312 с.
36. Тыл советских вооруженных сил в Великой Отечественной войне.– М.,1977.– 165 с.
37. Федоров П. В. Спорные вопросы в истории Мурманска 1917–1997: Концепции. Суждения. Гипотезы.– Мурманск, 1998.– 126 с.
38. Хабаров В. А. Магистраль.– Мурманск: Кн. изд-во, 1986.– 160 с.
39. Харитонов С. Ф. Рассказ о великом северном пути.– Петрозаводск: Карелия, 1984.– 144 с.
40. Харитонов С. Ф., Звягин Ю. И. Мурманская. Кировская. Октябрьская.– Петрозаводск: Карелия, 1996.– 158 с.
41. Шерстобитов С. П. На фронте олений транспорт // В боях за Советское Заполярье.– Мурманск: Кн. изд-во, 1982.– 272 с.
42. Эшелон за эшелоном / Под ред. А. С. Клемина.– М., 1981.– 248 с.
43. Юдков С. По тундре, по железной дороге // Мурманский вестник.– 2012.– 22 сентября.
44. Города-герои. Мурманск. [Электронный ресурс]: http://ordenrf.ru/geroy-murmansk.php. Доступ 18.11.2015.
45. История. Битва за Заполярье. Советские войска в освобождении Норвегии. [Электронный ресурс]: http://www.perunica.ru/istoria/5855-bitva-za-zapolyarecovetskie-voyska-v-osvobozhdenie-norvegii.html. Доступ 18.11.2015.
46. История Мурмана // Кольская энциклопедия. [Электронный ресурс]: http://ke.culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5239/#100398. Доступ 18.11.2015.
47. Киселев А. Подвиг портовиков и железнодорожников. [Электронный ресурс]: militera.leb.ru/h/kiselev_aa/07.html. Доступ 18.11.2015.
48. Крюков Н. И. На фронтах Великой Отечественной войны. Кн. 3. Электронный ресурс]: wap.yugmd/forum24ru./ ?1–18–0–0000003–000–0–0–1236077489. Доступ 18.11.2015.
49. Макуров В. Г. Карелия в Великой Отечественной войне 1941–1945. Исторический очерк. [Электронный ресурс]: http://monuments.karelia.ru/ob-ekty-kul-turnogo-nasledija/kniga-velikaja-otechestvennaja-vojna-v-karelii-pamjatniki-i-pamjatnye-mesta/karelija-v- velikoj- otechestvennojvojne-1941–1945-gg-istoricheskij-ocherk/. Доступ 18.11.2015.
50. Маленькая Кемь в большой войне. [Электронный ресурс]: http://kemlibrary.karelija.ru/biblioteka_chitateljam/n_site 56/n-site 69. Доступ 18.11.2015.
51. Мурманск 1941–1945. [Электронный ресурс]: http://www.gameru.net/forum/index/php?showfopic=35051. Доступ 18.11.2015.
52. Мурманская железная дорога. [Электронный ресурс]: http://lexicon.dobrohot.org/index.php/Мурманская железная дорога. Доступ 18.11.2015.
53. Мурманская область в Великой Отечественной войне 1941–1945. [Электронный ресурс]: http://goda 1941–1945.narod.ru/napravlenie.html. Доступ 18.11.2015.
54. Николаева А. С., Храмцов М. С. Ледовыми трассами. Беломорский конвой осенью-зимой 1941–1942 гг. [Электронный ресурс]: http://www.polarpost.ru/Library/Nikolaeva-trassami/main-nikolaeva-trassi.html. Доступ 18.11.2015.
55. Полярный в Великой Отечественной войне. [Электронный ресурс]: http://srgvs.ru/poljarnyy-v-vov. Доступ 18.11.2015.
56. 73-й отдельный броневой поезд. [Электронный ресурс]: http://armyman.info/bronetehnika/bronepoezda/21353–73-y-otdelnyy-bronepoezd.html. Доступ 18.11.2015.
57. Советские арктические пути в программе ленд-лиза в первый период Великой Отечественной войны (июнь 1941-ноябрь 1942 гг.) [Арктика: экология и экономика.– 2013.– № 3]. [Электронный ресурс]: http://arctica-ac.ru/docs/3%2811%29/112_115_ARKTIKA_3%2811%29_09_2013.pdf. Доступ 18.11.2015.
58. Соколова М. Уникальное подразделение. Оленетранспортные батальоны в годы Великой Отечественной войны в Заполярье. 2010. [Электронный ресурс]: http://urokiistorii.ru/2010/12/pobeda-9. Доступ 18.11.2015.

Координаты автора: **Борзунов В. Ф.** – maja@maja.mkc.ru.

Статья поступила в редакцию 18.11.2015, принята к публикации 16.04.2016.

«DEER DO NOT FLY, DO NOT NEIGH, AND DO NOT MOAN»

Borzunov, Valentin F., *Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

ABSTRACT

This date is special for Russians. More than 75 years ago, in June of 1941 the Great Patriotic War began, which remains in the memory of many generations of Russian citizens. The author introduces the heroic pages of the war years in the polar region and Karelia, where in harsh Arctic conditions and environment of fighting for every inch of front-line ground railmen, water transport workers, dockers helped to survive our soldiers and sailors, population in the fight against the enemy.

Keywords: transport communications, history, World War II, polar region, Karelia, belt road, front, railway, port, water transport.

Background. *In the difficult conditions of the Arctic zone, having nature, climate and lack of good roads at the same time as an ally, and involuntary «enemy», railmen, dockers and all other transport employees of the Soviet polar region and Karelia fought heroically, bravely at combat and labor fronts of the Great Patriotic War. Depending on the location of transport communications in one time or another – before, on, behind the line of the fighting – tasks and the nature of work varied. The fight went at all fronts and in different ways.*

Objective. *The objective of the author is to demonstrate some important pages in the history of Russian polar region and Karelia in terms of their participation in the Great Patriotic War 1941–1945.*

Methods. *The author uses general scientific methods, historical-retrospective method, comparative analysis, scientific description.*

Results.

Belt road – symbol and support

The core of all transport communications of Karelia and the polar region were Murmansk commercial port, railway junction and Kirov railway. Accordingly, Berlin formed its attitude to the area of action and, although the German military command understood the strategic importance of Murmansk and Kirov railway differently. In addition to the «Barbarossa» plan the goal was to tear the USSR from its sea transport linkages, from the Arctic, to make Murmansk a support for the advance of German troops and the front through the Northern Sea Route to the Urals, Siberia and the Far East (12–14, 18, 38–40, 51, 52). According to the strategic plans of «Blue polar fox» and «Black and brown fox» in the shortest possible time Murmansk and Kandalaksha naval base of the Northern Fleet were to be captured, the functioning of Kirov railway should be stopped [5, 8, 10, 29, 51, 53].

German military historians have seen in the capture of Murmansk means to enter into an alliance of Germany with England and the United States against the Soviet Union, breaking the allied relations with the Soviet Union. Soldier mass saw «Maldives» in Murmansk, a key to the entire polar region [3, 1]. General Staff had planned to capture ice-free port, «the second of the Dardanelles», Kirov railway, the Kola Peninsula and Karelia [50, p. 1]. The German command considered as a favorable factor of blitzkrieg destruction of transport communications of the polar region. The hope was the general weakness of the country's transport system, particularly inability of the railway network to cope with mass transportation in a large-scale war [48, p. 2].

Initially (1941) Kandalaksha direction was the most important operational area of the Northwest theater of war. From the border of Finland to Kandalaksha distance is the shortest. After capturing the area and cutting Kirov railway, the enemy would have got a hold of Murmansk – the country's gateway to the Arctic and the world's ocean. However, German troops could not break through to the Kandalaksha Gulf through the railway station Louhi, seize Murmansk and Kandalaksha. In 1941–1944, in the northern section of the Kirov mainline the enemy was stopped 50–60 kilometers west of Murmansk, 75–90 km from Kandalaksha [37, p. 1; 46, p. 90]. Defenders of the polar region managed to defend the major part of the Kola Peninsula, to ensure freedom of action for the Northern Fleet in the Barents Sea, the ships sailing along the Northern Sea Route, the opportunity for the northern convoys and operation of a steel mainline on the northern portion of it. The Germans were not allowed to get to the Kandalaksha Gulf [50, p. 3; 48, p. 2–3; 51, p. 1–10].

In the southern section of the mainline in 1941 the Finns seized the railway station Loimola, the road from Lodeynoye field to Moselskaya and threatened to isolate Murmansk from the country. Only in 1944 the site was set free and on July 16 along the track moved the first through-train Murmansk–Leningrad [18, p. 158–159]. Thus road for goods was reduced by 556 km in comparison with the Vologda route Soroka–Obozerskaya–Vologda–Leningrad [49, p. 158–159].

In 1941–1944, Murmansk commercial port, railway junction and Kirov mainline were united into a belt road (front-line) system. Its protection against the enemy was the main task of the Karelian Front Command. January 1, 1942 in the New Year's greetings to the soldiers of the North Karelian Front Military Council had emphasized the importance of Murmansk railway junction, ensuring smooth operation of the railway, the need to counter all the efforts of the enemy [4].

Military-strategic and operational objectives of Kirov mainline originally were:

1. Organizational restructuring of railway management on a war footing.

2. Changes in the structure and increase in the number of rail units.

3. Evacuation of the population, enterprises and property of the railway.

4. Ensuring protection, technical protection of transport communications, carrying out protective works.

5. Construction of a new branch (Soroka–Obozerskaya) bypassing the occupied southern section of the road.

6. The conduct of military operations in the occupied southern section.

7. Increased capacity and carrying capacity of the mainline.

8. The participation of railway workers in mobilization, labor front, creating war economy, development of movement for an increase in the defense fund, donation.

The organizational restructuring of management of the railway on a war footing started since the early days of the war. The remoteness of the polar region and Karelia, poor communication, concentration of the central authorities on the global issues of defense of the country have led to a greater autonomy in the management of Murmansk region and the Karelia–Finnish SSR. The role of the party and the organs of emergency management of Murmansk, Kandalaksha and Petrozavodsk defense committees (since September 1942) increased dramatically. A single centralized system of party and military leadership was formed. For immediate, primary measures (evacuation, mobilization, labor front, military, agriculture, Lend-Lease, buildup of Defence Fund) paramilitary organization «Oboronstroy» was established [50, p. 2]. Its influence extended to the activities of the mainline [46, p. 10; 51, p. 4].

Along with «Oboronstroy» in Murmansk and Kandalaksha regional and city committees of defense

emerged. They made great efforts to mobilize human and material resources to help the front. All their activities were consistent with the Party and the Soviet leadership of Murmansk region and Karelia. Together they went to the scene and carried out a complex of organizational, political, ideological, economic, military events, but above all mobilization of reservists of the first stage in the ranks of the army and navy [49, p. 1; 51, p. 4, 64].

Meanwhile, management of the mainline itself suffered from double management of rail troops from the People's Commissariat of Defense (PCD) and the People's Commissariat of Railways (PCR). Duality was supplemented by the weakness of railway troops. Rail units as part of the Karelian front were small, poorly equipped with tools, lifting pile driving machinery, trucks and tractors. There was an acute lack of restorative materials. All this did not provide the main – high pace of work. Restoring the main line lagged behind the growing needs of troops, affected negatively on delivery of all necessary to the front. It was necessary to immediately rebuild process control [35].

January 3, 1942 SDC (State Defense Committee) decided to unite all the forces and means intended to restore the railway and transfer them to the PCR. Railway troops stationed in PCD were also reassigned to Commissariat of Railways. The number of military personnel increased significantly. Combined military leadership was banned to use railway units not for intended purpose.

The People's Commissariat of Railways organized Central administration of military recovery operations (CAMRO), which headed all railway troops and special units of PCR. For direct management of them in CAMRO was formed railway troops administration with their staffs. At the Karelian front it was considered necessary to have Administration of military recovery and barrier work (AMRBW) and military base of restorative materials was organized. Creating AMRBW, uniting under its command all the construction and restoration forces and means, definition of their responsibility for the state of the front of communications gave this kind of activity a large scale, reinforced railway troops with highly qualified specialists, improved greatly the supply of current units on the front portion with reconstructive materials, equipment and machinery. They allowed a wider use of technical means of the PCR, to place on its enterprises orders for manufacturing necessary tools and materials [48, p. 1–3].

In the polar region, even quite real and visible advantages of adjustment of rail troops management were still relative. Still, it was managed to reduce significantly the total damage caused by the German–Finnish troops, especially their aviation to Kirov railroad. The huge space, on which battle took place, the need for mass transportation, including for major strategic operations in all areas turned Kirov railway into a military factor of paramount importance. It accounted for up to 80–90% of cargo turnover of the polar region and Karelia primarily military transportation. Major operations without aid of transport would have hardly been successful.

Centralizing management turned into centralization of transportation. In the desert polar region and Karelia it had a special significance. Kirov railway and Murmansk railway junction served army and navy strictly for military operations needs. Since physical and geographical specificity of the region merged with the feature of the operation of transport communications.

Deer-Ski transportation

One of the pages in the history of transport communications of the war years is associated with the appearance in front-line areas of the polar region and Karelia of guerrilla forces that since July-August 1941 [7, 16, 17] interacted with regular army units, making raids on the enemy's rear.

Participation of guerrillas is usually assessed in terms of the damage to the enemy. From this point of view, of course, we have something to be proud of. For example, only during the summer operations in 1942 guerrillas, among other things, organized seven wrecks of military trains, blew up 18 railway and road bridges [49]. Over 38 months of war in the territories of the region they undermined 31 troop trains, 151 bridges, more than 10 km railway track, 236 cars, seven aircrafts, ten tanks and armored vehicles [49, p. 49]. But in this context, it is more interesting to highlight something else.

During the training exercise, and fighting guerrillas have mastered a particular form of transport for the Republic of Karelia and the polar region – deer sleds [6, 19, 41]. Deer-transport units of the 14th Army were organized in the winter of 1941. They included Sami, Nenets, Komi and Russian. Deer vehicles were used in cross-country to send the wounded, to deliver military cargo, to transfer intelligence men behind enemy lines, to get motors with wrecked aircraft and their crews, to support communications with the border guards, conveying mail and reconnaissance on the ground.

In 1941–1944, deer transport took from the vanward 10 thous. men, delivered to the front in the lack of good roads 17 thous. tons of ammunition and military goods. They evacuated from the tundra over 160 wrecked aircraft, ferried to the far rear of the enemy to 8 thous. soldiers and partisans [58, p. 1].

In arctic conditions this unique transport was often the only one. Crawler tractors and cars stuck in the muddy roads, huge snowdrifts, in extreme cold and headwinds. But not the deer. On the sled on the poor road it was ease to penetrate into the enemy's rear. Reindeer food is unpretentious, deer does not require special care, gets its own food (silver moss, grass, leaves), never breaks silence – even the wounded, it did not make a sound. Moreover, it is very tough. Deer are able to overcome to 80 km per day in forced march.

During the war the herders-lovozertsy formed seven transports, gave the army and the front 5900 transport deer, 1700 sets of sleds for them, 1119 sledges [58, p. 2].

Formation of reindeer transport went on, however, with a long delay and in extreme haste. Only on 20.11.1941 a decree of the National Defense Commission was issued on mobilization from the national economy of Arkhangelsk region, Komi ASSR, Yamalo-Nenets Autonomous District: mushers – 1400 people, 10 thousand heads of deer, sledge 500 pcs.; on their arrival in Arkhangelsk until 01.01.1942 [58, p. 3].

Deer walked loaded from Pechora to Arkhangelsk and Murmansk on their own, along Kirov railway 2600 km. En route 222 deer fell from exhaustion, 710 were casted out for killing. Of the 4552 animals only 3600 reached an animal-breeding farm near Petrozavodsk. The total number of deer in the 14th Army during the war reached 5 thous. heads, somewhat less than it was in the 19th Army [58, p. 4].

In late 1941, the front of Murmansk and Kandalaksha directions stabilized. In defense gap to the rear of the enemy troops went skiing units and fighters on reindeer, reconnaissance groups, guerrilla groups and military units.

In March 1942, the 14th Army of the Karelian front received 12 deer-ski battalions, three of them were at the disposal of the 10th Army. Of the remaining nine battalions two teams were formed. On March 19 they both came to the front and took up defensive positions in the open left flank of the 14th Army on the 7-kilometer stretch of lake Nozhyavr to Lebyazhia River.

Hitler's command, learning about the creation of deer units sent aircraft to destroy reindeer herds moving for formation, sent special forces of subverters for their destruction [58, p. 4].

About real-life of fighters of deer-ski transport the investigator says: «The living conditions of the personnel of the brigades were extreme. The men huddled in snow pits covered with branches and ground sheets. Firewood was absent, raw branches of bush did not burn. Warm clothing and footwear was not enough. Food and ammunition were hauled intermittently. Many soldiers fell ill. Deaths of deer increased. Up to half of the military personnel daily was directed at clearing roads in the arrangement of the 10th Guards Division. This greatly exhausted fighters physically and mentally» [58, p. 5].

Yet combat missions were carried out. Deer-ski troops penetrated deep into the enemy rear, reached Revoniemi. It turned out to be difficult to organize and use methods of transportation. The material part of the air force, artillery and mortars were transported on special sledges, skis, towed behind the deer. Deer-ski battalions turned the polar night and the poor roads into their allies. They were engaged in transport operations, participated in the exploration, offensives, large raids behind enemy lines. A special place in transportation was taken by evacuation of the wounded, delivery of urgent mail, aviation assistance, participation in naval operations, crossing the rivers and bays.

Deer-ski units showed incredible resistance in the tragic Murmansk offensive in April-May 1942. In the extremely difficult conditions in the fighting army units received assistance from the hardy, cross country deer-ski units. On 3–11 May in frost, storm ice-crust was formed, impenetrable with hoof. Hungry deer stood. Herders climbed the rocks to collect moss for animals. They crumbled snow with ax to give the animals to drink. With great difficulty, they managed to get oats from Polyarniy. Deer-ski transport saved many dying, freezing soldiers and sailors of the 14th Army, the 152nd Division and the 12th Brigade of amphibious assault [58, p. 8].

On 06.09–06.11.1944 the 3rd deer-ski brigade as a part of the 14th Army participated in the battles for Petsamo, Nickel, Rudniki, Kirkenes, for liberation of the Soviet polar region and Northern Norway.

In the rear deer-ski troops attacked German garrisons, strongpoints, mined roads. It was a difficult hike. «Fatigue was immense, monstrous fatigue…» [229, p. 9]. The effectiveness of a unique transport was nevertheless high. Herders drove through the mountains and swamps. Reindeer put in harness swam across rivers and lakes, bays without a sound. «The deer do not bark, do not howl, do not neigh, do not groan. Deer helped to survive and protect their homeland» [9, 1]. Nature, transport and people were unique as it was recognized later by the former commander of the Karelian Front, Marshal K. A. Meretskov [58, p. 9].

The most important part of the activities of management of Murmansk region and Karelia was evacuation of civilians from the war zone. From the region a large proportion of the population (115 thous. people) and large enterprises was evacuated almost immediately. The evacuation began at the end of June 1941 along Kirov railway, later – by ships to Arkhangelsk. Children, women who were not related to production, stocks of building materials and equipment of «Severonikel» plant, aggregates of Tulomskye and Nickel hydro stations were evacuated. Total outside the region were sent more than 8 thous. cars and more than 100 vessels [53, p. 4]. As of August 1, 1943 in the region there were only 824 enterprises (including collective and state farms, organizations and institutions), which employed 43,2 thous. people [46, p. 10; 51, p. 5; 53, p. 3]. Of 33 thous. people living in Monchegorsk in late June 28 thousand left the city [15, 36, 42, 43].

Caught in the frontline zone plant «Severonikel» was moved to Norilsk and partly on «Yuzhuralnikel». To Norilsk was evacuated almost all engineering and operating structure of the Kola plant. Operatively (almost urgently) 1086 cars and 886 cars of equipment materials were taken out. In the first days of July 1941 a «special purpose group» of 12 engineers and technicians and 13 workers was created quickly. They had to prepare for liquidation the basic objects and the remaining equipment in case of a direct threat of plant capture by the enemy. In the grounds of chimneys chambers for explosives were made.

In early 1942, the enemy attack was stopped. Murmansk capture failed. Ural factories were unable to meet the demands of the front in nickel. On May 18 State Defense Committee of the USSR decided to restore the plant «Severonikel». It began re-evacuation phase. Steelworkers, miners, designers, mechanics, electricians began to return. At the end of the month the first batch of young workers arrived from Ryazan, Yaroslavl and Kirov regions.

With the launch of reconstruction work raids by enemy aircraft became more frequent. Anti-aircraft artillery battalion and squadron at the temporary airport began to defend Monchegorsk, the system of air defense of anti-aircraft batteries was also involved. Because of the bombing on Kirov railway line not all trains with equipment arrived in Monchegorsk,. Tracks were damaged and also two stations Kumuzhia and Zheleznaya (15 km of the branch to Olenia).

The military situation and the proximity of the front to Kandalaksha forced to evacuate far inland strategically important enterprises, children, elderly people and women, not directly related to production. Men and equipment were sent by rail and by sea. Very large burden was placed on the seaport and railway junction Kandalaksha. Clear operational work of dockers and railway workers ensured the success of the operation for removal of goods and people. During this time, none of aircrafts, boats, cars with people and material assets suffered from enemy. In a short time the evacuation of the city and region with 5416 cars with production equipment and materials of «Apatit» plant and other enterprises took place.

Evacuation and re-evacuation

In Karelia, thanks to efficient organization, evacuation, although it was widespread, occurred without panic and confusion, and in a real front-line conditions. Enemy aircrafts fired train on Kirov railway, ships and barges on the Onega, Lake of Ladoga and other lakes, highways, on which population was evacuated. September 27, 1941 on Onega Lake enemy artillery attacked by fire the steamer «Kingisepp» and a barge with women and children. Few had a chance to escape. Of 536 thous. evacuated about 90–100 thousand lived during the war in the neighboring regions – the Republic of Komi, Arkhangelsk and Vologda regions. More than 400 thousand. people were sent to Chelyabinsk region, Bashkir, Chuvash, Udmurt, Tatar Autonomous Republics and other regions of the Soviet Union. In the new places they had to wage a fierce struggle for survival, work selflessly to help the front.

During evacuation it was managed to promptly remove the equipment and property of 293 industrial enterprises of Karelia (without the White Sea–Baltic Plant), including Onega plant, Petrozavodsk ski and mica factory, Kondopoga and Senezhsky pulp and paper mills, the majority of enterprises of wood and wood-processing industry. Removed to the east, they were installed in a short time in new places, and began manufacturing products for the needs of national defense. So, the first trains with Onega plant equipment arrived in Krasnoyarsk in August 1941, and in October already onezhtsy sent to the front first batch of shells, in December, the volume of total production was 1,5 times higher the magnitude of peacetime production. Equipment of 36 enterprises working until the last moment for the needs of the Karelian Front, had to be destroyed on the spot.

Most of the difficulty represented evacuation of collective and state farms, livestock, farm machinery. Cattle was to be moved with grazing for hundreds of kilometers. The possibility of using Kirov railway and water transport for agricultural goods were exhausted. Partially evacuated and handed over to the state: about 60 thous. heads (from 75.5 thousand) cattle, 20 thous. (from 25,6 thous.) pigs, 40 thous. (from 54 thous.) sheep, 35 thous. (from 45, 5 thous.) horses. As for food 21877 tons of flour and grain, 1100 tons of cereals and other products worth about 29 million rubles were transported by rail [28].

Most of the work on population and goods evacuation was done by water transport workers and railmen of Karelia. Water transport workers in summer of 1941 moved to the rear parts of the country more than 200 thous. tons of valuable cargo and 250 thous. people. Railway workers in July and November of that year sent 8076 cars with industrial equipment.

However, the difficult situation in some places resulted in confusion and spontaneous action. So, management of Kalevalsky area, fearing Ukhta capture by the enemy, at the first approach of the enemy forces hastily destroyed the food, supplies of non-ferrous metals and archival materials of state institutions. Ukhta was defended. In the area of Povenets bay of Onega Lake due to the frosts convoy of 19

ships with industrial equipment, goods, archive stuck. Raiding units and planes were sent to destroy these goods. Part of the property was burned, and some fell into the hands of the enemy.

To the rear parts of the country were evacuated institutions of science and culture. The state and party organs of the republic were sent from Petrozavodsk to Medvezhyegorsk and then to Belomorsk [49, p. 2]. Management of Kirov railway was transferred from Belomorsk to Kem.

After liberation of the territory of the Republic of Karelia in the process of re-evacuation more than 500 thous. people from almost 700 thous. pre-war population returned. Once again, a huge burden fell on rail and water transport. In September-November 1944, more than 50 thousand completely exhausted people were re-evacuated. The government rushed to assist them (allowance of 1000 rubles per family, temporary relief from cash taxes and compulsory deliveries of agricultural products to the state, assistance for those in need of footwear, textiles, etc.). From Leningrad to Petrozavodsk arrived the first car with teaching aids for schools in the city and the liberated areas of the republic [49, p. 2].

For country, people, victory

On defense of transport communications, towns and villages of the polar region and Karelia battle front merged with the labor front, where the railway men played a huge role. Not less than 33 thousand inhabitants of Murmansk, Arkhangelsk, Vologda and Karelia were mobilized to military construction. The participants of the labor front on the outskirts of Murmansk and Kandalaksha created several defensive lines. With the participation of the civilian population large-scale construction of trenches, gaps, bomb shelters was carried out [49, p. 4].

Murmansk port workers interacted with railway men. They took part in construction of long-term fortifications, erected 122 strengthening for 3700 people. According to labor mobilization during the summer (1941) enemy offensive on Murmansk citizens were building defensive facilities on the western shore of the Kola Bay. In other water bodies 1068 specialists were removed, 600 of Murmansk port workers went to the front, to people's volunteer army – 250. As a result, only 700 people remained working there. They guarded military cargo, port, railway junction, air defense system. They worked around the clock. They ate with soldiers. Dockers eliminated damage to access roads, built a section of Kirov railway from wood piers to the north, in the direction to Rosta [11, 44, 46, 47].

Transport communications (water, land and sea) took a leading position in «war economy» of the polar region. They were mobilized to fight not only for the survival of the home front, but also for strengthening of the army [55, p. 7–8; 54, 57]. In January 1942, through Murmansk went cargo flow of lend-lease. Unloading of the allied convoys was carried out at the port and railway junction around the clock, despite air raids of the enemy. All labor forces of the polar region, Karelia and a number of regions have been involved [25, 30, 31–34, 46, p. 10; 51, p. 5–62].

An important contribution was made by employees of Kirov railway. They ensured uninterrupted delivery of arriving on the lend-lease cargoes to their destination. The staff of Murmansk train depot built an armored train «Murmanets», which then took part in combat operations of Soviet troops [51, p. 6]. At a special position in the first days of the war were Kem railway men, who defended the bypass track (Soroka–Obozerskaya) – the main type of transport link of the polar region to central regions of the country (1941–1943). Railway men disrupted enemy aspiration to paralyze the work of the «road of life». Steam locomotives left depots only at night. The trains were moving without lights. With exceptional courage and skill locomotive crews took trains out from under bombing, delivered goods to their destination just in time. Regardless of time of at least 10–12 hours, all the railway men worked a day [20, 21, 27, 50, p. 2].

Work of Kandalaksha electric locomotive depot was completely rebuilt on a war footing. Railway men restored quickly destroyed by enemy aircraft railway junction, station facilities, tracks, bridges, repaired locomotives and cars, ensured smooth transportation of defense goods, including military vehicles, equipment and food. Besides repairing locomotives manufacture of fuses for antitank mines, individual nodes for mortar rounds, parts for crawler machines was established in depot [37, p. 4].

The slogan «All for the front, everything for victory!» has found its embodiment also in fundraising for the defense fund, which went for construction of tanks, aircraft and other military equipment. The residents of Murmansk region have handed over 15 kg of gold, 23.5 kg of silver, have invested more than 65 million rubles. In 1941, 2.8 million rubles were credited on establishment of the squadron «Komsomolets of the Arctic».

The railway men built at their own expense a squadron «Soviet Murman». More than 60 thousand gifts were collected and sent to the front for soldiers of the Red Army. School buildings in the settlements were converted into hospitals. Timur teams established patronage over the wounded in the hospitals, the bereaved families of soldiers. All this was done in front-line conditions, under constant attacks by enemy aircraft, saboteurs [45, p. 8; 46, p. 10].

At the initiative of dispatchers of Kandalaksha railway junction 4 million rubles were collected for construction of aircrafts and 1 million 134 thousand rubles on state loan bonds. Many physicians participated in donorship. During the war, the points of blood transfusion Murmansk region received 72470 donors. They provided with blood wounded soldiers of the Karelian and partially Leningrad front.

Railway men of Kirov railroad transferred 1140 thousand rubles in early 1943 to build planes, tanks and armored trains. Tank column «Railroader of Kirov mainline» was built using these funds. Tanks were placed at the disposal of Colonel-General Katukov (future marshal of armored troops). During the war the inhabitants of Karelia have subscribed to government loans, contributed to the construction of tanks and aircraft more than 126 million rubles of personal savings. Tank columns «Karelian farmer», «Railroader of Kirov mainline», combat aircraft «Karelian-Finnish donor», «Karelian pioneer» and others built on the money of the working people of the republic, fought on different fronts of the Great Patriotic War [22, 23, 38–40, 56].

Implementation of tasks of SDC depended largely on the state of air transport communications that came to the forefront of the fighting in 1942. In the context of the frontal area of the city, the settlements, Kirov railway and lake pier subjected to constant air strikes. Since the summer of that year Murmansk was badly bombed, on some days the Germans produced 15–18 attacks. Only on 18 June their aircraft dropped 12 thous. bombs. The fire destroyed more than 600 wooden buildings in the city.

Total from 1941 to 1944 in Murmansk occured 792 air attacks of the German Air Force [46, p. 3; 51, p. 3]. Luftwaffe dropped about 7 thousand high-explosive and 200 thousand incendiary bombs. In the city were destroyed and burned more than 1500 homes (3/4 of the total housing stock), 437 industrial and office buildings. The German air force regularly struck at Kirov railway. During the military operations in the polar region at every kilometer of railway mainline fascists dropped an average of 120 bombs. No wonder the German publicists called Murmansk «northern Stalingrad». Both cities are comparable in intensity of airstrikes and number of destruction. With the help of Air Defense Forces above Murmansk and the Kirov railroad 185 enemy aircraft were shot down in 1941–1943.

Despite constant bombing and shelling, Murmansk dockers and railway men of the mainline provided a continuous connection to the mainland. Along Kirov railway trains were moving around the clock [45, p. 8]. From the first days of the war Kandalaksha subjected to targeted air raids. City and especially the railway junction were attacked some days up to 15 times. For eighteen months the Nazis bombed 666 times a railway junction, but were not able to bring it out of operation [37, p. 3]. During the time of war

on Kirov railway 2800 enemy air raids were committed. Over 90 thous. bombs were dropped, 1126 railway buildings were destroyed, more than 500 locomotives, 4950 cars were damaged. Thanks to the selfless work of railway troops and mainline workers from Murmansk were sent far inland 1246 thous. tons of military equipment and military supplies, equipment and supplies received from Allies on Lend-Lease [35, p. 2]. Kirov railway functioned even in truncated form – after a temporary loss of its southern section and construction of a belt road line (Soroka–Obozerskaya).

Railway troops of the Karelian Front throughout the war engaged in technical protection of areas of Kirov railway. There were three track and two operating company commands of Railway Battalion. During Petsamo-Kirkenes operation (7.10–1.11.1944) the number of track battalions increased to four of the total number of 3631 people.

The northern section of the belt road from station Murmansk to station Kandalaksha length of 297 km was served by electric traction, and from station Kandalaksha to station Volkhovstroy – steam traction. In 1941–1942, the majority of air strikes were in areas with electric traction, and from 1943 – with steam traction (89%). Airstrikes were made irregularly (in 1941 – 475, 1942 – 1081, 1943 – 481, 1944 – 159) [48, 2]. In April 1943, of 524 bombs dropped by the enemy 89 were time bombs. At the beginning their elimination and neutralization caused delays of trains. Soon protection team uncovered «secrets» of Finnish and German fuses and neutralized bomb, not interrupting movement of trains. Particular attention was paid to technical exploration. It discovered the scene of fall of time bombs. In areas with intensive air raids arrived miners team of 2–3 people, equipped with necessary facilities for destruction of «gifts from heaven».

To combat enemy aircraft at major stations (Murmansk, Olenia, Imandra, Apatity, Kandalaksha, the Arctic Circle, Kem and other) district local defense units were established and antiaircraft weapons were put. Emergency trains went to the line with anti-aircraft cover or supported by fighter aircraft. Dealing with the consequences of enemy raids was made by emergency trains, track and bridge short exercise, communication short exercise, water supply and restoration of the contact network. To return to operation of major international facilities railway battalions were involved. They participated, for example, in reconstruction of the port of Murmansk, together with special units of PCR ensured smooth operation of Kirov railway. Behind all this stood courage, cold-bloodeness, courage and resourcefulness of port and railroad workers [24, 26, 48, 2, 3].

Conclusions. *Transport communications and, above all people, serving them, became a steel support for unity of the front and rear, a solid foundation of victory.*

REFERENCES

1. The combat activity of submarines of the Navy of the USSR in the Great Patriotic War 1941–1945 [*Boevaja dejatel'nost' podvodnyh lodok VMF SSSR v Velikoj otechestvennoj vojne 1941–1945*]. Vol. 1. Moscow, 1969.

2. In the battles for the Soviet polar region [*V bojah za Sovetskoe Zapoljar'e*]. Compiled by Krasnobaev, A. I., Zagrebin, V. P. Murmansk, Knizhnoe izdatelstvo, 1982, 271 p.

3. Marines in the fighting: Coll. of memories of soldiers of the 12th separate Red Banner Pechenga Marine Brigade of the Northern Fleet [*V bojah morskaja pehota: Sb. vospominanij voinov 12-j otdel'noj Krasnoznamennoj Pechengskoj brigady morskoj pehoty Severnogo flota*] / Comp. by S. I. Polyakov, V. P. Zagrebin. Murmansk, 1984, 70 p.

4. Elkin, G. N. Murmansk commercial Seaport: Historical background. 1915–1980. [*Murmanskij morskoj torgovyj port: Istoricheskij ocherk. 1915–1980*]. Murmansk. 2005, 123 p.

5. Railmen in the Great Patriotic War 1941–1945 [*Zheleznodorozhniki v Velikoj otechestvennoj vojne 1941–1945*]. Ed. by N. S. Konarev. Moscow, 1987, 591 p.

6. Zhurin, L. In the battle skiing and on reindeer sledges [*V boj na lyzhah i olen'ih uprjazhkah*]. *Murmanskij vestnik*, 1997, October 24.

7. For native Karelia. Partisans and underground fighters. The memories and documents. [*Za rodnuju Kareliju. Partizany i podpol'shhiki. Vospominanija i dokumenty*]. Petrozavodsk, 1990, 328 p.

8. Kabanov, P. A. Steel hauls [*Stal'nye peregony*]. Moscow, 1973, 326 p.

9. Karelia in the Great Patriotic War. The liberation from occupation and the revival of a peaceful life. 1941–1945. [*Karelija v Velikoj otechestvennoj vojne. Osvobozhdenie ot okkupacii i vozrozhdenie mirnoj zhizni. 1941–1945*]. Petrozavodsk, 2010, 510 p.

10. Kovalev, I. V. Transport in the decisive operations of the Great Patriotic War [*Transport v reshajushhih operacijah Velikoj otechestvennoj vojny*]. Moscow, 1969, 321 p.

11. Krasnov, V. N., Krasnov, I. V. Lend-Lease to the USSR [*Lend-liz dlja SSSR*]. Moscow, 2008, 246 p.

12. Kumanev, G. A. Soviet railway workers during the Great Patriotic War 1941–1945 [*Sovetskie zheleznodorozhniki v gody Velikoj otechestvennoj vojny 1941–1945*]. Moscow, 1963, 208 p.

13. Kumanev, G. A. In the service of the front and rear. Railway Transport of the USSR on the eve and during 1939–1941 [*Na sluzhbe fronta i tyla. Zheleznodorozhnyj transport SSSR nakanune i v gody 1939–1941*]. Moscow,1976, 454 p.

14. Kumanev, G. A. The war and rail transport in the Soviet Union in 1941–1945 [*Vojna i Zheleznodorozhnyj transport SSSR v 1941–1945 gg.*]. Moscow, 1988, 388 p.

15. Kumanev, G. A. War and evacuation in the Soviet Union, 1941–1942 [*Vojna i evakuacija v SSSR, 1941–1942*]. *Novaja i novejshaja istorija*, 2006, Iss. 6, pp. 7–27.

16. Kupriyanov, G. N. Behind the line of the Karelian Front [*Za liniej Karel'skogo fronta*]. Petrozavodsk, 1982, 272 p.

17. Kupriyanov, G. N. In the name of the great victory. Memories [*Vo imja velikoj pobedy. Vospominanija*]. Petrozavodsk, 1985, 270 p.

18. The mainline of October [*Magistral' imeni Oktjabrja*]. Moscow, 1990, 344 p.

19. Mikhnyak, T. Sledding through Murman [*Na uprjazhkah cherez Murman*]. *Lovozerskaja Pravda*, 1994, May 23.

20. Morozov, V. M. The interaction of armored trains and infantry in the defense [*Vzaimodejstvie bronepoezdov i pehoty v oborone*]. *Zhurnal avtotransportnyh vojsk*, 1942, Iss. 6, pp. 38–42.

21. At the shooting range. From the experience of fighting of armored trains of internal troops [*Na ognevyh rubezhah. Iz opyta boevyh dejstvij bronepoezdov vnutrennih vojsk*]. Comp. V. F. Nekrasov. Moscow, 1986, 160 p.

22. Obraztsov, V. N. Rail transport in the days of the Great Patriotic War [*Zheleznodorozhnyj transport v dni Velikoj otechestvennoj vojny*]. Moscow, 1943, 62 p.

23. October frontline. Memories of railway men about the work of October mainline during the Great Patriotic War 1941–1945 [*Oktjabr'skaja frontovaja. Vospominanija zheleznodorozhnikov o rabote Oktjabr'skoj magistrali v gody Velikoj otechestvennoj vojny 1941–1945*]. Leningrad, 1970, 431 p.

24. In the memory of the fallen. The Great Patriotic War [*Pamjati pavshih. Velikaja otechestvennaja vojna*]. Moscow, 1995, 114 p.

25. Papanin, I. D. Ice and fire [*Led i plamja*]. Moscow, 1977, 416 p.

26. Pervushin, V. G. Human losses in the Great Patriotic War [*Ljudskie poteri v Velikoj otechestvennoj vojne*]. *Voprosy istorii*, 2004, Iss. 7, 116 p.

27. Potseluev, V. A. Armored trains of railways [*Bronepoezda zheleznyh dorog*]. Moscow, 1982, 112 p.

28. Razumova, P. A. Topic of evacuation in biographical stories of old residents of Petrozavodsk [*Tema evakuacii v biograficheskih rasskazah starozhilov Petrozavodska*]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gos. un-ta*, 2012, Iss. 3, pp. 7–12.

29. Romanov, B. S. Piers of courage. Essay on the history [*Prichaly muzhestva. Ocherki istorii*]. Murmansk, Murmansk merchant port publ., 1977, 256 p.

30. Northern convoys. Research. Memories. Documentation. Iss. 2 [*Severnye konvoi. Issledovanija. Vospominanija. Dokumenty*]. Pomor international pedagogical university named after M. Lomonosov. Moscow, Nauka publ., 1992, 256 p.; Northern convoys. Research. Memories. Documentation. Iss. 3 [*Severnye konvoi. Issledovanija. Vospominanija. Dokumenty*]. Arkhangelsk, 2000, 364 p.

31. Northern convoys. Research. Memories. Documentation. Iss. 1 [*Severnye konvoi. Issledovanija. Vospominanija. Dokumenty*]. Russian academy of sciences, Geographical society of the USSR, Arkhangelsk branch, Arkhangelsk, 1991, 174 p.

32. Smirnov, S. A. Murmansk region during the Great Patriotic War [*Murmanskaja oblast' v gody Velikoj otechestvennoj vojny*]. Murmansk, 1959, 120 p.

33. The Allies in the war of 1941–1945 [*Sojuzniki v vojne 1941–1945 gg.*]. Moscow, 1995, 451 p.

34. Suprun, M. N. Lend-Lease and Northern convoys. 1941–1945 [*Lend-liz i Severnye konvoi. 1941–1945*]. Moscow, 1997, 364 p.

35. Terekhin, K.I., Taralov, A.S., Tomashevskiy, A. A. Warriors of steel mainlines [*Voiny stal'nyh magistralej*]. Moscow, 1969, 312 p.

36. The rear of the Soviet armed forces in the Great Patriotic War [*Tyl sovetskih vooruzhennyh sil v Velikoj otechestvennoj vojne*]. Moscow,1977, 165 p.

37. Fedorov, P. V. Controversial issues in the history of Murmansk 1917–1997: Concept. Judgments. Hypotheses [*Spornye voprosy v istorii Murmanska 1917–1997: Koncepcii. Suzhdenija. Gipotezy*]. Murmansk, 1998, 126 p.

38. Khabarov, V. A. Mainline [*Magistral'*]. Murmansk, 1986, 160 p.

39. Kharitonov, S. F. The story of the Great Northern Road [*Rasskaz o velikom severnom puti*]. Petrozavodsk, 1984, 144 p.

40. Kharitonov, S. F., Zvyagin, Yu. I. Murmansk. Kirov. October [*Murmanskaja. Kirovskaja. Oktjabr'skaja*]. Petrozavodsk, 1996, 158 p.

41. Sherstobitov, S. P. Deer transport at the front [*Na fronte olenij transport*]. In: The battles for the Soviet polar region. Murmansk, 1982, 272 p.

42. Echelon after echelon [*Eshelon za eshelonom*]. Ed. by A. S. Klemin. Moscow, 1981, 248 p.

43. Yudkov, S. Across the tundra, by rail [*Po tundre, po zheleznoj doroge*]. *Murmanskij vestnik*, 2012, September 22.

44. Cities-Heroes. Murmansk [*Goroda-geroi. Murmansk*]. [Electronic resource]: http://ordenrf.ru/geroy-murmansk.php. Last accessed 18.11.2015.

45. History. Battle for the polar region. Soviet troops in the liberation of Norway [*Istorija. Bitva za Zaploljar'e. Sovetskaja vojska v osvobozhdenii Norvegii*]. [Electronic resource]: http://www.perunica.ru/istoria/5855-bitva-za-zapolyarecovetskie-voyska-v-osvobozhdenie-norvegii.html. Last accessed 18.11.2015.

46. History of Murman // Kola encyclopedia [*Istorija Murmana // Kol'skaja enciklopedija*]. [Electronic resource]: http://ke.culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5239/#100398. Last accessed 18.11.2015.

47. Kiselev, A. Feat of dockers and railway workers [*Podvig portovikov i zheleznodorozhnikov*]. [Electronic resource]: militera.leb.ru/h/ kiselev_aa/07.html. Last accessed 18.11.2015.

48. Kryukov, N. I. On the fronts of the Great Patriotic War. Book 3 [Na *frontah Velikoj otechestvennoj vojny. Kn. 3*]. [Electronic resource]: wap.yugmd/forum24 ru./?1–18–0–0000003–000–0–0–1236077489. Last accessed 18.11.2015.

49. Makurov, V. G. Karelia in the Great Patriotic War of 1941–1945. Historical essay [*Karelija v Velikoj otechestvennoj vojne 1941–1945. Istoricheskij ocherk*]. [Electronic resource]: http://monuments.karelia.ru/obekty-kul-turnogo-nasledija/kniga-velikaja-otechestvennaja-vojna-v-karelii-pamjatniki-i-pamjatnye-mesta/karelija-v-velikoj-otechestvennoj-vojne-1941–1945-gg-istoricheskij-ocherk/. Last accessed 18.11.2015.

50. Little Kem in the great war [*Malen'kaja Kem' v bol'shoj vojne*]. [Electronic resource]: http://kemlibrary.karelija.ru/biblioteka_chitateljam/n_site 56/n-site 69. Last accessed 18.11.2015.

51. Murmansk 1941–1945 [Electronic resource]: http://www.gameru.net/forum/index/php?showfopic=35051. Last accessed 18.11.2015.

52. Murmansk Railway [*Murmanskaja zheleznaja doroga*]. [Electronic resource]: lexicon.dobrohot.org/index.php/Мурманская железная дорога. Last accessed 18.11.2015.

53. Murmansk region in the Great Patriotic War 1941–1945 [*Murmanskaja oblast' v Velikoj otechestvennoj vojne 1941–1945*]. [Electronic resource]: http://goda1941–1945.narod.ru/napravlenie.html. Last accessed 18.11.2015.

54. Nikolaeva, A. S., Khramtsov, M. S. Ice routes. White Sea convoy in the fall and winter of 1941–1942 [*Ledovymi trassami. Belomorskij konvoj osen'ju-zimoj 1941–1942 gg.*]. [Electronic resource]: http://www.polarpost.ru/Library/Nikolaeva-trassami/main-nikolaeva-trassi.html. Last accessed 18.11.2015.

55. Polyarniy in the Great Patriotic War [*Poljarnyj v Velikoj otechestvennoj vojne*]. [Electronic resource]: http://srgvs.ru/poljarnyy-v-vov. Last accessed 18.11.2015.

56. 73rd autonomous armored train [*73-j otdel'nyj bronevoj poezd*]. [Electronic resource]: http://armyman.info/bronetehnika/bronepoezda/21353–73-y-otdelnyy-bronepoezd.html. Last accessed 18.11.2015.

57. Soviet Arctic routes in the Lend-Lease program during the first period of the Great Patriotic War (June 1941-November 1942) [*Sovetskie arkticheskie puti v programme lend-liza v pervyj period Velikoj otechestvennoj vojny (ijun' 1941-nojabr' 1942 gg.)*]. *Arktika: ekologija i ekonomika*, 2013, Iss. 3.

58. Sokolova, M. The unique division. Deer-transport battalions during the Great Patriotic War in the polar region. 2010 [*Unikal'noe podrazdelenie. Olenetransportnye batal'ony v gody Velikoj otechestvennoj vojny v Zapoljar'e]*. [Electronic resource]: http://urokiistorii.ru/2010/12/pobeda-9. Last accessed 18.11.2015.

Information about the author:
Borzunov, Valentin F. – D.Sc. (History), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, maja@maja.mkc.ru.

Article received 18.11.2015, accepted 16.04.2016.

К ВОПРОСУ О ПРИСПОСОБЛЕНИИ ДОРОГ К УСИЛЕННОМУ КОММЕРЧЕСКОМУ ДВИЖЕНИЮ

English text at p. 302

(По поводу заметки инженера Шухтана в №№ 29–30).

В журнале «Железнодорожное Дело» с.г., №№ 29–30 помещена весьма интересная заметка инженера Шухтана, под заглавием: «Приспособление дорог к усиленному коммерческому движению». Заметка эта представляет собою отрадное явление, обнаруживая стремление поставить на почву научных и серьезных изысканий довольно темные и мало разработанные стороны постройки и эксплуатации железных дорог. Говорим «отрадное» в общем смысле, так как всегда отрадно видеть, как луч света пробивается в темноту, и особенно отрадное в настоящее время, когда нередко можно слышать мнение, что всего можно достигнуть не трудом и знанием, а энергией и даже суровостью, и что если где дело идет плохо, то только потому, что недостает должной энергии и исполнительности, которые, согласно этому мнению, могут победить все.

В заметке, которая обратила на себя наше внимание, сделан, между прочим, опыт определения длины запасных и разъездных путей в зависимости от размеров движения.

Мысль эта имеет здравое основание и нуждается в дальнейшей разработке, но к таковой можно приступить лишь путем эмпирическим.

Можно признать за истину, что, чем правильнее совершается движение поездов, чем вернее исполняется расписание, тем менее надо запасных путей для того, чтобы ставить опоздавшие поезда. С другой стороны, правильность движения, в моменты её нарушения от разных причин, скорее всего восстановится там, где количество запасных путей вполне достаточно и запоздавший поезд не заграждает пути другому поезду, идущему по расписанию. А так как правильность движения поездов, т.е. строгое выполнение ими расписания, зависит от множества причин, из которых многие во власти Божей, то, следовательно, точного арифметического расчета для определения нормальной длины запасных путей сделать нельзя.

Поэтому надо идти путем опытным, эмпирическим.

Но кроме того способа исчисления, который предлагает автор, надо прибавить другой. Определить отношение числа часов опозданий поездов к числу поездо-верст, и сравнить с процентным отношением протяжения запасных путей к общему протяжению дороги. Мы убеждены, что два эти отношения будут находится между собою в обратной пропорции.

Желательно было бы сделать такие расчёты для большего числа дорог и тогда можно было бы получить ряд цифр, которые могли бы выяснить, хотя приблизительно, нарицательное отношение длины запасных путей к общей длине дороги.

Но для получения полезных цифр следует брать не всё количество запасных путей, из которых многие имеют специальное назначение, как например пути для нагрузок и выгрузок, а исключительно те пути, которые служат для скрещения и приема поездов. Мысль нашу мы можем подтвердить следующим примером из практики дела*).

В своей заметке инженер Шухтан приводит следующие цифры: коэффициент полезных запасных путей на Курско-Харьково-Азовской дороге 2, на Тамбово-Саратовской 3,6.

*) Этот вопрос в нашей литературе обстоятельно разработан И. И. Рихтером в ст. «Техническая организация железнодорожных станций», «Жел.-дор. Дело» 1883 г., стр. 149, 155, 166, 178, 185, 199, 213 и 234. В этой статье автор остановился подробно на необходимости точного исследования пропускной способности станций по имеющимся данным об опозданиях поездов, а также на необходимости снабжения отчетов сведениями, потребными для сопоставления средств и операций станций каждой дороги. Ред.)

Мы можем удостоверить, за личною ответственностью, что на Тамбово-Саратовской – опоздание товарного поезда на одном перегоне тягового участка на час времени – явление исключительное по своей редкости, тогда как на Курско-Харьково-Азовской такое же опоздание на один час представляет явление уже утешительное, так как редкий поезд не опаздывал часа на три и более.

Положим, что на такое опоздание поездов Азовской дороги влияют и другие причины, но, насколько влиял недостаток запасных путей на станциях, легко можно видеть из того, что на ней историческим путем выработались официальные формы для телеграфных сношений начальников станций между собой относительно отправления поездов, т.е. формы депеш запросов и ответов на путь для всевозможных случаев задержек движения. Таких форм было, кажется, до 20-ти и из них весьма многие относились к разным случаям переполнения станций вагонами.

Исторический путь составления таких форм ясно доказывают факты тех происшествий, которые происходили от такого переполнения станции. В то же время на Саратовской дороге не было случаев отказа в приеме поезда вследствие переполнения станций, а между тем движение Азовской дороги на участке Белгород–Курск равносильно движению Саратовской на участке Кирсанов–Тамбов, так как максимальный обмен в Курске и Тамбове одинаков – в 300 вагонов*).

Итак, на основании этого примера можно с уверенностью сказать, что достаточное число запасных путей, необходимое не только для усиленного, но и для нормального движения, дает значительные выгоды в экономическом отношении и сберегая непроизводительный простой подвижного состава, увеличивая скорость его оборотов, и особенно важно в смысле безопасности движения.

В виду этого опыт исследования этого вопроса, хотя бы эмпирическим путем, может дать благотворные результаты.

*) В этом случае большее значение имеет не договорный, а действительный maximum обмена. Число прибывающих с Азовской дороги в Курск груженых вагонов весьма часто превышало и превышает договорный maximum, иногда даже до 50%. – Ред.

Обращаясь к дальнейшим замечаниям инженера Шухтана относительно расположения путей на станциях, мы хотим обратить внимание читателя на ту пользу, которую приносят отдельные вытяжные пути для маневров в экономическом отношении.

На Тамбово-Саратовской ж.д. до 1883 года процентное отношение бесполезного пробега к общему колебалось в пределах от 35 до 40%. С окончанием переустройства больших станций, в основание которого было положено обязательно устройство особых вытяжных путей, управление дороги могло ввести премию за сбережение уже против 25% отношения бесполезного пробега к общему. И так от 10% до 15% бесполезного пробега, т.е. около 150 тысяч вёрст в год, с устройством вытяжных путей исчезли сами собою.

Кроме того, сократилось на дороге два маневровых паровоза, т.е. увеличились её производительные силы.

Такой же результата, насколько нам известно, получился и на Харьково-Николаевской дороге после такого же переустройства её больших станций. И этот результат получится потому, что при специальных вытяжных путях для маневров производящий паровоз работает без перерывов для пропуска поездов.

Но польза устройства специальных вытяжных путей этим не исчерпывается. Машинист и составитель, не теряя напрасно времени в ожидании прихода поездов, менее утомляются, маневры делаются тщательнее и аккуратнее, чем не только уменьшаются случаи повреждения подвижного состава, но и поезда составляются более тщательно. Вагоны в поезде подбираются по направлениям движения, ставятся в порядке их назначения, чем уменьшаются маневры на последующих станциях.

Несомненно, что устройство специальных вытяжных путей для маневров на больших станциях не только уменьшает число верст бесполезного пробега и увеличивает шансы безопасности, но оказывает влияние на уменьшение расходов по ремонту подвижного состава и ускоряет его оборот*).

*) См. также выше указанную ст. И. Рихтера. – Ред.

Перейдем к замечаниям о личном составе. Этот вопрос составляет одно из самых больных мест эксплуатации. С одной стороны, суровый экономический закон заставляет стремиться уменьшить бесполезные расходы по содержанию лишних людей, с другой – неравномерность движения на наших дорогах ставит администрацию в весьма затруднительное положение.

В последнее усиленное движение было даже предложение объявить в газетах вызов желающих поступить на временную службу, с условием подвергнуться предварительному экзамену в знании правил движения и сигналов. Такой способ несомненно требует много времени и рискован в смысле качества лиц, набираемых при его посредстве.

Преклоняясь перед законом рубля, мы в то же время откровенно скажем, что не сочувствуем распространяющемуся обычаю поручать начальнику станции и его помощнику телеграфные аппараты.

Эта система будет хороша только тогда, когда телеграф заменится телефоном, а пока она напоминает собаку в басне Крылова, которая нанялась двор стеречь, печи топить и капусту поливать и не сделала ни того, ни другого, ни третьего.

При проходе поездов через станции всегда есть моменты, когда одному и тому же лицу надо быть одновременно и на платформе, и при аппарате.

Какую-нибудь из этих обязанностей он непременно проманкирует и администрация должна смотреть на это сквозь пальцы, а подобное отношение действует растлевающим образом на служащих.

Нас не убеждают в пользе такого соединения обязанностей примеры некоторых заграничных и финляндских железных дорог. Мы имели случай практиковать на одной из заграничных дорог со слабым движением и с уверенностью говорим, что дело передачи депеш на этой дороге шло крайне плохо, а когда усиливалось движете, то и отправление поездов тоже хромало*).

В этом отношении, по нашему мнению, лучше держаться пословицы ***«дорого да мило – дешево да гнило»***, тем более, что и дороговизна не очень велика**).

Ещё менее мы согласны с автором заметки в его мнении о составителях. Обязанности этих служащих требуют от них высокого развития некоторых личных качеств, а именно: сметливости, быстроты, но отнюдь не торопливости.

В них необходима даже некоторая доля удали, но спокойной и хладнокровной.

Этих качеств в русском народе не занимать стать и таких людей находить легко, но надо, чтобы составители отлично знали свою станцию, чтобы она у них была вся перед глазами, и потому они могут избираться только из числа служивших на той же станции.

Присылка с других дорог мало поможет делу и только очень опытный и высоко развитый в своем деле составитель, присмотревшись два-три дня к станции, освоится с нею и запомнит ее хорошо.

По нашему мнению, единственное средство не экономить в числе служащих этой категории и во время слабого движения держать сильные составительские смены из составителя, помощника и одного или даже двух сцепщиков. Менее как из трех человек составительская смена не должна быть.

Тогда из одной составительской смены легко на время усиленного движения формировать две и даже три.

Расход на содержание сильных числом составительских смен во время слабого движения может выполняться сбережениями:

*) В такой хромоте, кажется, нельзя упрекнуть финляндские железные дороги.

**) Здесь важную роль играет система централизации управления сигналами (а не переводами), служащими для впуска поездов на станции и выпуска их со станции. При большом вообще протяжении наших станций, очевидно, в этом отношении сделано пока слишком мало. Затем, независимо от совмещения должностей по телеграфу с должностями по движению, необходимо иметь в виду, что часть маневров может быть исполняема под надзором главного кондуктора,– это нисколько не противоречит существующим правилам,– и, наконец, что, в случае сохранения принятого разделения обязанностей станционных служащих по движению и телеграфу, было бы совершенно уместно рассматривать телеграфистов как самостоятельных сигналистов, с поручением им непосредственной (без записи начальника станции) передачи сведений на смежную станцию, представляющих собою простое извещение без всякого распорядительного характера. а именно, о прибытии и отправлении поездов. – Ред.



Курско–Харьково–Азовская железная дорога.

1) от большей успешности маневров и следовательно от сбережения в работе паровозов,

2) от соответственного сокращения числа стрелочников, так как некоторые стрелки при маневрах могут обслуживаться сцепщиками.

Этим мы ограничим наши замечания по поводу любопытного сообщения инженера Шухтана и пожелаем от души, чтобы добрый почин его не остался без подражания, чтобы затронутые им вопросы начали разрабатываться предложенным им способом, путем сравнения результатов эксплуатации с её техническим и административным устройством.

Надо также пожелать, чтобы отчеты наших дорог давали побольше точных данных, которые освещали бы собою пока мало заметные стороны эксплуатации. Но еще более надо пожелать исполнения мысли автора, выраженной в начале его заметки, т.е. чтобы в момент усиленного движения составлялись быстро общие планы перевозки, сообразованные с действительной возможностью усиления провозоспособности дорог.

Чтобы наибольшая коммерческая провозоспособность каждой дороги была строго обсуждена и определена. Чтобы провозоспособность одной дороги была уравнена с провозоспособностью дорог дальнейшего следования грузов, а если этого нельзя достигнуть, то чтобы транзитные дороги не загромождались бесполезно груженными вагонами, которых некуда девать и которые запирают транзит по другим направлениям и наносят громадные убытки торговле и промышленности, разоряя частных лиц.

Этим путем мы избегнем бестолочи и суеты, более всего противной русскому человеку.

Но при составлении такого плана надо помнить о невозможности достигнуть того, чтобы на всём необъятном пространстве России сотни двигающихся поездов ходили, как часы. Кто будет составлять свой план при таком предположении, не оставляя запаса на случаи нарушений правильности и своевременности движения поездов, тот впадёт в большую ошибку. Составитель такого плана не должен забывать, что благоприятный результат легко получить на короткое время на одной дороге небольшого протяжения, но совершенно невозможно – на большом протяжении всей русской сети.

(Железнодорожное дело.– 1892.– № 43–44.– С. 438–440) ●

Благодарим Научно-техническую библиотеку Московского государственного университета путей сообщения за помощь в подготовку публикации.

ON THE QUESTION OF ADAPTATION OF RAILWAYS TO INCREASED COMMERCIAL TRAFFIC

(Concerning the note of the engineer Shukhtan in №№ 29–30).

The journal «Zheleznodorozhnoe delo» №№ 29–30 published a very interesting article of the engineer Shukhtan, entitled «Adaptation of railways to increased commercial traffic». This note represents an encouraging phenomenon, revealing a desire to put on the serious and scientific ground quite dark and little developed issues of construction and operation of the railways. We say «encouraging» in a general sense, as it is always encouraging to see how a ray of light breaks into the darkness, and particularly encouraging at the moment when one can often hear an opinion that everything can be achieved not by labor and knowledge, but by energy, and even severity, and if the situation is bad, it is only because of lack of adequate energy and efficiency that, according to this view, can conquer all.

In the note, which our attention was drawn to, among other things, an experiment on determination of the length of siding and passing tracks, depending on the size of the movement, was made.

This idea has a good base and requires further development, but we can proceed to it only empirically.

We can recognize the truth of that, the more correct is movement of trains performed, the more correct is the schedule executed, the less siding tracks are necessary in order to put the trains, which are late. On the other hand, the correctness of movement, at the moments of its violation due to different reasons, is likely to be recovered, where the number of siding tracks is enough and a late train does not block a way to another train on schedule. And as the correct movement of trains, i.e. the strict implementation of the schedule is dependent on a variety of reasons, many of which are at the mercy of God, then, consequently, precise arithmetical calculation for determination of the normal length of siding tracks cannot be done.

Therefore, it is necessary to go experimentally, empirically.

But, besides the method of calculation, which is offered by the author, it is necessary to add another. To determine the ratio of the number of hours of train delays to the number of train-kilometers, and to compare with a percentage of length of siding tracks to the total length of the railway. We are convinced that these two ratios will be in inverse proportion to each other.

It would be desirable to make such calculations for a large number of roads, and then we could get a series of numbers, which could find, although approximately, the common ratio of the length of siding tracks to the total length of the road.

But to get useful numbers we should take not the total number of siding tracks, many of which have special purpose, such as the tracks to load and unload, but only those tracks which are used for crossing and trains reception. Our thought can be confirmed with the following example from the practice of business[1]).

In his article engineer Shukhtan gives the following figures: coefficient of useful siding tracks on Kursk-Kharkov-Azov road 2, on Tambov-Saratov 3,6.

We can certify for personal responsibility, that on Tambov-Saratov – delay of a freight train on the same haul of the traction area for an hour of time is an exceptional phenomenon on its rarity, whereas on Kursk-Kharkov-Azov the same one hour delay, is phenomenon, which is already comforting, as the rare train was late for three hours or more.

Let's assume such train delay on Azov road is affected by other reasons, but how much influence was made by the lack of siding tracks at stations can be easily seen from the fact that at it historically were developed official forms for telegraphic communication of chiefs of stations with each

[1] This question in our literature was extensively developed by I. I. Richter in art. «Technical organization of railway stations», «Zheleznodorozhnoe delo», 1883, pp. 149, 155, 166, 178, 185, 199, 213 and 234. In this article the author elaborated on the need for a precise study on the capacity of stations under available data about train delays, as well as on the need to supply reports with information, necessary for matching means and operations of stations of each road. Ed.

other with respect to the departure of trains, i.e. form of dispatches of requests and responses on the track for all sorts of cases of delays in the movement. Such forms would seem to be up to 20, and many of them were related to different cases of overloading of stations with cars.

The historical way of drawing up such forms is clearly proved by the facts of the incidents that occurred because of this overloading. At the same time on Saratov road there were no cases of refusal to accept the train due to station overloading, and meanwhile the movement of Azov road at the section of Belgorod–Kursk is equivalent to the movement of Saratov road on the section Kirsanov–Tambov, since the maximum exchange in Kursk and Tambov is the same – 300 cars[2]).

So, based on this example, it is safe to say that a sufficient number of siding tracks, needed not only for increased but also for normal traffic, provides significant benefits in economic terms and saving unproductive lay-over of rolling stock, increasing its speed, and especially important in terms of safety.

In view of this the experience of study of this issue, at least empirically, can give beneficial results.

Turning to further comments of the engineer Shukhtan regarding the location of tracks at stations, we want to draw the reader's attention to the benefits that bring the individual turnout tracks for maneuvering in economic terms.

On Tambov-Saratov railway prior to 1883 the percentage of useless run to the total ranged from 35 to 40%. With the end of reconstruction of large stations, the base of which was mandatory arrangement of special turnout tracks, the road management could introduce an award for saving against 25% ratio of the useless run to the total. And from 10% to 15% of useless run, i.e. about 150 thousand miles a year, with the arrangement of turnout tracks have disappeared by themselves.

In addition, two shunting locomotives decreased on the road, i.e. its productive forces increased.

The same result, as far as we know, turned on Kharkov-Nikolaev road after the same reconstruction of its large stations. And this result is obtained because in case of special turnout tracks for maneuvering a producing steam locomotive runs non-stop for passing trains.

But the use of arrangement of special turnout tracks is not exhausted. A driver and a shunting master, without losing time in vain waiting for arrival of trains, are less fatigued, maneuvers are done carefully and accurately, than not only the cases of rolling stock damage decrease, but the trains are compiled more carefully. The cars in the train are selected in the directions of movement, placed in order of their destination, which decreases the maneuvers at the next stations.

There is no doubt that arrangement of special turnout tracts to maneuver at large stations, not only reduces the number of miles of useless run and increases the chances of safety, but has an effect on reducing the cost of rolling stock repair and accelerates its turnover[3]).

Let's turn to the comments about the manpower. This question is one of the most painful places of operation. On the one hand, severe economic law makes to reduce useless costs to support extra people, on the other – uneven movement on our roads puts the administration in a very difficult position.

In recent increased traffic it was even proposed to announce in newspapers a call for those wishing to enter a temporary service, with a condition of being subjected to a preliminary examination in the knowledge of traffic rules and signals. Such a method is certainly time consuming and risky in terms of the quality of those recruited through him.

Bowing before the law of the ruble, we at the same time openly say that we do not sympathize propagating custom of charging station chief and his assistant telegraphs.

This system is good only when the telegraph is replaced with the phone, as long as it resembles a dog in the fable of Krylov, who was hired to guard the yard, to heat furnaces and to water the cabbage, but has done neither the one nor the other, nor the third.

When a train passes through a station there are always moments when one and the same person has to be at the same time on the platform, and with the machine.

He will certainly disregard any of these duties and the administration needs to turn a blind eye on it, and this attitude acts in a defiling way on employees.

We are not convinced by the usefulness of such a compound of duties with examples of some foreign and Finnish railways. We had occasion to practice on one of the foreign roads with little traffic

[2] In this case, not the contractual, but the actual maximum of exchange is more important. The number of loaded cars arriving from Azov road to Kursk very often exceeded and exceeds the contractual maximum, sometimes even up to 50%. Ed.

[3] See also above mentioned article of I. Richter. Ed.

and we say with certainty that the transfer of dispatches on this road went very badly, and when traffic was increasing, and the departure of the train also was also limping[4]).

In this respect, in our opinion, it is better to keep the proverb «*expensive and tasty, cheap and nasty*», the more that the high cost is not very large[5]).

We agree even less with the note's author in his opinion about shunting masters. The duties of these employees require high development of some personal qualities, namely, sharpness, speed, but not haste.

They need even a certain amount of daring, but calm and cold-blooded.

These qualities of the Russian people are common and it is easy to find such people, but it is necessary that shunting masters are well aware of their stations, so that it is all they have before their eyes, and therefore they can be elected only from among persons who served at the same station.

Sending from other roads will hardly help and only a very experienced and highly developed in its activity shunting master, after looking two or three days closer to the station, will get comfortable with it and remember it well.

In our opinion, the only remedy not to save in the number of employees in this category and while weak traffic to keep strong, shunting teams comprising of a shunting master, an assistant and one or even two couplers. The shunting team could not be less than three people.

Then, from one shunting team it is possible at the time of increased traffic to form two or even three.

The cost of supporting of strong in the number shunting teams during weak traffic can be performed by saving:

1) from the most successful maneuvers and therefore from the savings in locomotives' operation,

2) from a corresponding reduction in the number of switchers, as some switches at maneuvers can be served by couplers.

Thus, we will limit our comments on the curious article of the engineer Shukhtan and wish from the heart that his good initiative is not to be left without emulation, raised questions begin to be developed with the proposed method, by comparing the results of operation with its technical and administrative arrangement.

We should also wish that the reports of our roads allow more accurate data that would highlight little noticeable sides of operation. But we should wish even more the fulfillment of the author's thoughts expressed at the beginning of his note, i.e. that at the time of increased traffic overall transportation plans are built quickly, conformed to the actual possibility to enhance the carrying capacity of roads.

The greatest commercial carrying capacity of each road should be strictly defined and discussed. Carrying capacity of one road should be equalized with the carrying capacity of roads of further transportation of goods, and if this cannot be achieved, then that transit roads should not be blocked with useless loaded cars, which are enough and to spare and which lock transit in other areas and cause huge losses of trade and industry ruinating individuals.

Using this way, we will avoid muddle and haste, which are the most against the Russian man.

But it is necessary in the preparation of such a plan to bear in mind the impossibility to achieve that on the whole vast expanse of Russia hundreds of moving trains went like clockwork. Who would draw its plan with this assumption, leaving no margin for violations of accuracy and timeliness of train movement, he falls into a big mistake. Compiler of such a plan should not forget that a favorable outcome is easy to get for a short time on one road of little length, but it is not possible – on a large length of the Russian network.

(Zheleznodorozhnoe delo.– 1892.– № 43–44.– pp. 438–440) ●

Acknowledgments. The editorial board addresses special thanks to the Scientific and Engineering Library of Moscow State University of Railway Engineering for the assistance in preparing the publication.

[4] It seems that Finnish railways cannot be blamed for this lameness.

[5] An important role is played here by the system of centralization of control of signals (not transfers), serving for the admission of trains at the station and release them from the station. In general, with a large length of our stations, obviously, too little is made in this respect. Then, regardless of the alignment of posts on telegraph with posts on motion, it is necessary to bear in mind that some of the maneuvers can be executable under the supervision of chief conductor – it does not contradict the existing rules – and, finally, that, in the case of preserving the received separation of duties of station employees on motion and telegraph, it would be quite appropriate to consider the telegraphists, as independent signalists, charging them with direct (without record of the station chief) transmitting information to an adjacent station, which is a simple notification without any administrative nature, namely, about arrival and departure of trains. Ed.

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS

ТРАНСПОРТНОЕ ПРАВО 306

Настоящая наука не боится настоящей дискуссии.



АВТОРЕФЕРАТЫ 309

• *Экономическая оценка безопасности.*
• *Управление затратами на локомотивы.*
• *Качество электроэнергии для тяги в метро.*
• *Опоры моста на вечной мерзлоте.*
• *Экономика – управление – конкуренция.*
• *Методы перевозки опасных грузов.*

НОВЫЕ КНИГИ 311

Научная и методическая литература о транспорте.

TRANSPORT LAW 306

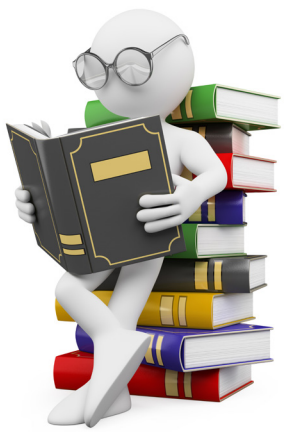
Real science is not afraid of real discussion.

SELECTED ABSTRACTS OF PH.D. THESES 309

• *Economic assessment of safety.*
• *Electric power quality for traction facilities in metro.*
• *Bridge bearings in permafrost conditions.*
• *Economics – management – competition.*
• *Methods of transportation of dangerous goods.*
• *Control of locomotive maintenance costs.*

NEW BOOKS 311

Scientific and methodological publications on transport and transportation topics.



УДК 347.763.01

Логика права и смысл закона



Legal logics and spirit of the law
(текст рецензии на англ. яз. – English text of the review – p. 308)

Духно Н. А., Корякин В. М. Теория транспортного права: монография. – М.: Юрлитинформ, 2016. – 288 с.

В книге нашли отражение важнейшие вопросы транспортного права, его отраслевой специфики, проблемы генезиса и институционализации, образовательные задачи университетского обучения будущих транспортников. В равной мере эта фундаментальная работа заинтересует и теоретиков, и практиков правовой сферы.

Ключевые слова: транспортное право, законодательство, нормативный пакет, правовое образование, юридическая наука.

Транспортный комплекс является сегодня динамично развивающейся отраслью российской экономики. Учитывая территориальные масштабы Российской Федерации, наличие значительных расстояний между местоположением источников энергетических, промышленных, природных и сельскохозяйственных ресурсов, а также мест проживания населения страны, вопрос повышения эффективности функционирования транспортного комплекса и, как следствие, рост политического, экологического влияния России на мировой арене находятся в сфере пристального внимания российских политиков, предпринимателей, ученых, законодателей.

Практика как нашей страны, так и других государств убедительно показывает, что оптимизация деятельности российской транспортной системы невозможна без разработки соответствующего пакета нормативных правовых актов, всесторонне учитывающих особенности функционирования транспортной сферы, а равно без выработки современной концепции российского транспортного права, которая отражала бы его сущность, специфику, место в системе права России и форму его выражения в системе федерального законодательства.

В связи с этим актуальность и научная ценность исследования теории и практики применения транспортного права, осуществленного Н. А. Духно и В. М. Корякиным, являющимися руководителями Юридического института в составе одного из ведущих транспортных вузов России – Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), вполне очевидна и бесспорна.

В монографии, явившейся результатом многолетних исследований теоретических и практических проблем правового обеспечения транспортной деятельности, осуществляемых в Юридическом институте МИИТ, представлена авторская концепция транспорт-

ного права как комплексной (может быть, интегрированной) отрасли права и законодательства, показано место транспортного права в отечественной правовой системе, обоснованы перспективы его становления и дальнейшего развития.

В книге получили отражение такие важнейшие проблемы теории транспортного права, как генезис (происхождение) отечественного транспортного законодательства и транспортного права; предмет и метод, принципы и функции транспортного права; институционализация транспортного права в качестве комплексного правового образования в правовой системе России; структура, содержание и источники транспортного права и законодательства; становление транспортного права как отраслевой юридической науки; транспортное право как учебная дисциплина; соотношение транспортного права и транспортной политики; другие проблемы, заслуживающие внимания ученых, практиков, правоприменителей.

Взятые в совокупности, результаты научного анализа и неординарного обобщения перечисленных и иных правовых транспортных проблем позволяют квалифицировать рецензируемую научную работу как крупное творческое, научное достижение ее авторов – ученых-юристов с транспортной юридической специализацией.

В большинстве научных и учебных изданий по транспортно-правовой проблематике рассматриваются законопроектные, прикладные, практические вопросы транспортного права (например, фундаментальные работы В. А. Егиазарова). Рецензируемая книга отличается от ранее вышедших именно своей теоретической направленностью, анализом проблем теории права в их преломлении к специфическим транспортным правоотношениям, в этом, собственно, и состоит научная новизна проведенного авторами исследования.

Важно отметить и то обстоятельство, что, несмотря на свою теоретизированность и использование множества специальных юридических понятий и обозначающих их терминов, монографическая работа выполнена вполне доступным языком, отличается логичностью мысли и системностью изложения материала. Монография насыщена таблицами, структурно-логическими схемами, которые позволяют лучше понять теоретико-правовые конструкции и уяснить логику авторского замысла даже специалистам-неюристам.

Не со всеми выводами и умозаключениями авторов можно согласиться, некоторые из них носят полемический, дискуссионный характер (например, относительно рассмотрения транспортного права в качестве самостоятельной отрасли (подотрасли, категории) права; о введении транспортного права в качестве научной специальности в номенклатуру научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени). Но в том-то и заключается смысл и предназначение научного исследования, чтобы высказывать и обосновывать новые идеи, критиковать имеющиеся взгляды и представления, вызывать полемику, дискуссию, без которых не обходится настоящая наука: все это в полной мере присуще рецензируемому научному изданию.

Большую ценность для юридической науки представляет сформулированная авторами тематика перспективных научных исследований по транспортному праву, что может дать толчок для подготовки новых научных работ по транспортно-правовой проблематике – диссертаций, монографических изданий, научных статей, а также учебных и учебно-методических пособий.

ВЫВОДЫ

Монография «Теория транспортного права», подготовленная докторами юридических наук Н. А. Духно и В. М. Корякиным, является целостным, самостоятельным научным произведением, в котором рассмотрена научная проблема, имеющая существенное значение для юридической науки, для повышения эффективности правового обеспечения функционирования транспортного комплекса страны.

Работа в полной мере отвечает потребностям времени, найдет своего заинтересованного читателя как среди ученых-теоретиков, так и практических работников, занимающихся вопросами правового обеспечения транспортного комплекса.

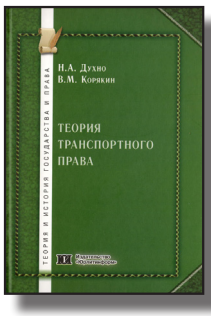
Сергей БОГОЛЮБОВ,
доктор юридических наук, профессор,
заведующий отделом экологического законодательства
Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации,
заслуженный деятель науки РФ, Москва, Россия ●

Координаты автора: **Боголюбов С. А.** – bogolyubovsa@mail.ru.

Рецензия поступила в редакцию 01.08.2016, принята к публикации 11.08.2016.

LEGAL LOGICS AND SPIRIT OF THE LAW

Dukhno, N.A., Koryakin, V.M. Theory of transport law: a monograph. Moscow, Yurlitinform publ., 2016, 288 p.



ABSTRACT OF THE BOOK

The book reflects the main topics of the transport law, its features, problems of genesis and institutionalization, educational tasks regarding university training of future employees. This work can equally draw attention of practical and theoretical experts in the legal field.

ABSTRACT OF THE REVIEW

As any development of transport systems is impossible without the development of an appropriate package of normative legal acts, study of the theory and practice of transport law application is undoubtedly of importance. The reviewer appreciates the attempt of the authors to develop a theoretical aspect of the transport law, while the text remains well understandable even for the students in legal studies. While the reviewer does not share some authors' views, e.g. the suggestion to consider transport law as an independent branch of law, he supports the idea of the development of advanced research in transport law.

Keywords: *transport law, legislation, legal acts, legal education, legal studies, legal science.*

The transport complex is today a fast growing sector of the Russian economy. Given the territorial scope of the Russian Federation, significant distances between the location of sources of energy, industrial, natural and agricultural resources, as well as between habitation areas of Russia's population, the issue of increasing the efficiency of the transport complex of our country and, as a consequence, of the growth of political, environmental involvement of Russia on the world stage is in the area of attention of Russian politicians, businessmen, scientists, legislators.

The practice of both our country and other countries, clearly shows that optimization of activity of the Russian transport system is impossible without the development of an appropriate package of normative legal acts, fully taking into account the peculiarities of the transport sector, as well as without development of a modern concept of the Russian transport law, which would reflect its essence, specificity, its place in the system of Russian law and the form of its expression in the system of Russian legislation.

In this regard, the relevance and scientific value of the study of the theory and practice of transport law application, carried out by N. A. Dukhno and V. M. Koryakin, managing the Law Institute, which is part of one of the leading Russian transport universities – Moscow State University of Railway Engineering (MIIT) is obvious and undeniable.

The monograph, which is a result of years of research of theoretical and practical problems of legal support of transport activities carried out by the Law Institute of MIIT, presents the author's concept of transport law and legislation as a complex (maybe integrated) field of law and legislation. The place of transport law in the domestic legal system is shown, the prospects for its further development are substantiated.

The book reflected such important issues of transport law theory as the genesis (origin) of the domestic transport legislation and transport law; object and method, the principles and functions of transport law; institutionalization of transport law as a comprehensive legal entity in the legal system of Russia; structure, contents and sources of transport law and legislation; formation of transport law as of a sectoral legal science; transport law as an academic discipline; the ratio of transport law and transport policy; other problems that deserve attention of scientists, practitioners, law enforcers.

Taken together, the results of scientific analysis and extraordinary generalization of these legal and other transport problems make it possible to qualify the scientific work under review as a major creative, scientific achievement of its authors – scientists-lawyers with specialization in transport law.

Most scientific and educational publications on transport and legal issues consider lawmaking, applied, practical issues of transport law (e.g., fundamental work of V. A. Egiazarov). The book under review is different from earlier published works by its theoretical orientation, the analysis of the theory of law issues as they relate to the specific transport legal relations, what is the novelty of the authors' study.

It is important to note the fact that, in spite of its theorizing and the use of a variety of special legal concepts and terms denoting them, this monographic work has been done in quite a plain language, differs in its logical language and systematicity of presentation. The book is full of tables, structural and logical schemes, which allow a better understanding of the theoretical and legal structures and understanding of the logic of the author's intention even by specialists – non-lawyers.

We cannot agree with all the findings and conclusions of the authors, some of them are polemical, of controversial nature (for example, with respect to the consideration of transport law as of an independent branch (sub-branch, category) of law; the introduction of transport law as a scientific specialty in the nomenclature of scientific specialties, in which degrees are awarded, and some others). But that is just the meaning and purpose of scientific research, to express and to validate new ideas, to criticize the existing views and ideas, to cause controversy, debate, without which real science cannot do: everything is fully inherent in peer-reviewed scientific publication.

The formulated topics of advanced research on transport law are of great value for legal science, as they could give an impetus to prepare new scientific papers on transport and legal issues – theses, monographs, research papers, as well as educational and educational-methodological publications.

Conclusions.

The monograph «Theory of transport law», prepared by D.Sc. (Law) N. A. Dukhno and V. M. Koryakin is a holistic, independent scientific work, which considers a scientific problem, which has a significant importance for jurisprudence, for improvement of effectiveness of legal maintenance of functioning of the transport complex of the country.

The work fully meets the needs of time, will find its interested readers among scientists, both theorists and practitioners, involved in legal support of functioning of the country's transport complex.

Head of the department of environmental legislation of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Russian Government, Honored Scientist of Russia, D.Sc. (Law), Professor Sergey A. BOGOLYUBOV ●

Information about the author:
Bogolyubov, Sergey A. – D.Sc. (Law), Professor, head of the department of environmental legislation of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Russian Government, Honored Scientist of Russia, bogolyubovsa@mail.ru, Moscow, Russia.

Review received 01.08.2016, accepted 11.08.2016.

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

Selected abstracts of Ph.D. theses submitted at Moscow State University of Railway Engineering
(англ. текст – English text – p. 310)

Аверьянова О. А. Обоснование методов экономической оценки безопасности железнодорожных перевозок в системе управления качеством / Автореф. дис… канд. экон. наук.– М., 2016.– 24 с.

В ходе исследования предложен новый подход к экономической оценке безопасности движения поездов с позиций менеджмента качества; выявлено взаимное влияние уровня безопасности движения и других показателей качества транспортного обслуживания; апробирован методический подход к оценке эффекта от роста безопасности как предотвращенного ущерба; разработана методика экономической оценки безопасности движения поездов на основе улучшения качества.

Валеев Н. А. Управление затратами в локомотивном комплексе железнодорожной компании / Автореф. дис… канд. экон. наук.– М., 2016.– 24 с.

Для оценки резервов экономии затрат локомотивного комплекса и выработки управленческих решений разработана методика оценки влияния качества использования парка грузовых локомотивов на эксплуатационные затраты с применением укрупненной расходной ставки на локомотиво-сутки. Предложены новый показатель оценки эффективности – коэффициент полезного использования грузовых локомотивов, а также модификация «эталонного» метода, на основе чего создана методика оптимизации локомотивного парка и финансовых затрат комплекса. При этом определены критерий оптимизации затрат и условия использования коэффициента капиталоотдачи субъекта бизнес-деятельности.

Данг Вьет Фук. Повышение качества электрической энергии в системе тягового электроснабжения метрополитена за счет внедрения 12-пульсовых выпрямителей / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2016.– 24 с.

Диссертантом предложены критерии, определяющие целесообразность повышения качества электроэнергии (КЭ) и системы тягового электроснабжения (СТЭ) метрополитенов. Получено подтверждение роста показателей КЭ при использовании12-пульсового преобразовательного агрегата в ходе имитационных и экспериментальных исследований на линиях Московского метрополитена. Разработаны имитационная модель СТЭ и программа статистической обработки теоретических и экспериментальных данных для получения показателей КЭ по спектру гармонических составляющих тягового тока с учетом требований типовых методик.

Дубинин В. Г. Технология возведения столбчатых опор мостов на вечной мерзлоте / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2016.– 24 с.

Выведена формула зависимости времени прогрева скважины для установки опор моста от температуры прогрева, толщины прогреваемой прослойки и влажности грунта. Установлена зависимость от наружной температуры воздуха, характера совмещения во времени двух процессов: нагрева стенок скважины и погружения столбов из пустотелых труб. Выявлены зависимости деформаций от нагрузок при испытаниях металлических труб – в ходе предварительной проверки и в процессе загружения эксплуатационной нагрузкой, закономерности растепления вечномёрзлых грунтов и обратного смерзания в случае заполнения полости труб бетоном.

Подкопаев М. Ю. Экономическая оценка управленческих решений по повышению конкурентоспособности транспортной компании / Автореф. дис… канд. экон. наук.– М., 2016.– 24 с.

Основная задача диссертации сводилась к разработке методического инструментария по экономической оценке функционирования транспортной компании в процессе принятия управленческих решений по повышению ее конкурентоспособности. Разработана система показателей финансовой эффективности транспортной компании как меры критерия стратегической конкурентоспособности и ее факторов, представляющих локальные цели поведения функциональных подсистем. Исследованы возможности использования «комплексных показателей конкурентоспособности» в управлении и экономической оценке деятельности компании. Определена значимость методического подхода к выработке управленческого решения, основанного на всесторонней оценке вариантов комплекса мероприятий по повышению конкурентоспособности, опираясь на характеристику реальной ситуации и результатов их осуществления, в том числе и в перспективе.

Подлесников Я. Д. Методы улучшения динамических качеств вагонов для перевозки опасных грузов / Автореф. дис… канд. техн. наук.– М., 2016.– 24 с.

Научная новизна исследования заключается в разработке упрощенной математической модели с переменной структурой для проведения экспресс-анализа различных аварийных ситуаций или определения влияния на динамические процессы некоторых параметров вагона и рельсовой колеи. При этом уточнены важнейшие динамические параметры вагонов, перевозящих опасные грузы, проверена достоверность упрощенной методики исследования устойчивости вагона от схода с рельсов, выполнен анализ конструкции ходовых частей грузовых вагонов и схем опирания кузова на тележку. ●

ABSTRACTS OF PH.D. THESES

Selected abstracts of Ph.D. theses submitted at Moscow State University of Railway Engineering

Averyanova, O. A. Substantiation of methods of economic evaluation of rail transportation safety in the quality management system. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The study provides a new approach to economic evaluation of traffic safety from the standpoint of quality management; the mutual influence of a level of traffic safety, and other indicators of the quality of transport services is revealed; the methodological approach to assessing the impact of security growth as prevented damage is tested; a method of economic evaluation of traffic safety on the basis of quality improvement is developed.

Dang Viet Phuc. Improving the quality of electric power in the system of metro traction power supply through the introduction of a 12-pulse rectifier. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The author proposed criteria to determine the feasibility of increasing the quality of electricity (QE) and traction power supply system (TPSS) of metro. The confirmation of the growth rates of QE was received when using a 12-pulse converter unit in the simulation and experimental research on the lines of the Moscow Metro. A simulation model of TPSS and the program of statistical processing of theoretical and experimental data were developed for obtaining QE indicators from the spectrum of the harmonic components of traction current, taking into account the typical techniques requirements.

Dubinin, V. G. Technology of construction of columnar bridge piers in the permafrost. Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The formula of dependence of time of warming up a head well for installation of the bridge supports on the heating temperature, the thickness of the heated layer and soil moisture is suggested. The dependence on the outside temperature, the nature of overlapping of two processes in time: heating borehole walls and sinking columns of hollow tubes is set. The dependences of deformations on load when testing metal pipes – in the course of preliminary testing and in the process of loading with operational load, patterns of thawing permafrost soils and reverse freezing in the case of filling the cavity of pipes with concrete are revealed.

Podkopaev, M. Yu Economic evaluation of management solutions to improve the competitiveness of a transport company. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The main objective of the thesis was to develop methodological tools for the economic assessment of the functioning of a transport company in the process of management decision-making to improve its competitiveness. The system of indicators of financial efficiency of a transport companies as a measure of a criterion of strategic competitiveness and its factors, representing the local targets of functional subsystems conduct is developed. The possibilities of the use of «integrated indicators of competitiveness» in the management and economic valuation of the company are studied. The significance of a methodical approach to development of an administrative decision based on a comprehensive assessment of options of a set of measures to increase competitiveness, based on the characteristics of an actual situation and the results of their implementation, including in the long term is determined.

Podlesnikov, Ya. D. Methods to improve the dynamic properties of cars for transportation of dangerous goods. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

The scientific novelty of the research is to develop a simplified mathematical model with variable structure for a rapid analysis of various emergency situations or to determine the effect of some of the parameters of a car and a track on dynamic processes. With this, the most important dynamic parameters of cars, transporting dangerous goods are defined, the accuracy of a simplified method of researching stability of a car on derailment is verified, the analysis of the structure of running parts of freight cars and circuits of body's bearing body on the bogie is made.

Valeev, N. A. Cost management in the locomotive complex of a railway company. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis. Moscow, 2016, 24 p.

To estimate the cost savings reserves of the locomotive sector and development of administrative decisions the technique of assessing the impact of the quality of the use of freight locomotives fleet on operating costs with the use of the enlarged flow rates for locomotive-day is suggested. The author proposes a new indicator to assess the effectiveness – coefficient of efficient use of freight locomotives, as well as the modification of the «standard» method, on the basis of which a technique of optimization of the locomotive fleet and financial costs of the complex is created. A criterion of optimizing the costs and conditions of use of invested capital ratio of the subject of business activity is determined. ●

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

English text at p. 312

Агеев Е. В. [и др.] Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп.– Курск: ЮЗГУ, 2016.– 216 с.

Беженцев А. А. Безопасность дорожного движения: учеб. пособие.– М.: Вуз. учеб., 2016.– 271 с.

Бунеев В. М., Григорьев Е. А. Эффективность ресурсосберегающих технологий работы буксирных судов и их ремонта: монография.– Новосибирск: Сиб. гос. ун-т вод. трансп., 2016.– 140 с.

Виноградов В. М. Технологические процессы ремонта автомобилей: учеб. пособие. – 7-е изд., стер.– М.: Академия, 2016.– 425 с.

Галимханов Н. Х., Прокшин С. С. Расчет механизма подъема груза: учеб. пособие.– Уфа: УГАТУ, 2016.– 56 с.

Галин А. В. Прогнозирование направления развития порта: монография.– СПб.: Изд-во ГУМРФ им. С. О. Макарова, 2016.– 151 с.

Головченко Г. В. [и др.]. Автоматизация производственной и финансово-экономической деятельности предприятий гражданской авиации: учеб. пособие – М.: Студент, 2016.– 349 с.

Гукетлев Ю. Х. [и др.] Управление региональным транспортным комплексом: учеб. пособие. – 2-е изд., доп.– Майкоп: МГТУ, 2016.– 159 с.

Денисов А. С., Гребенников А. С. Практикум по технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб.– М.: Академия, 2016.– 240 с.

Жмачинский В. И., Веселов С. В., Карташов М. В. Формирование и развитие транспортно-логистических центров в Поволжском макрорегионе: монография.– Астрахань: Сорокин Р. В., 2016.– 150 с.

Захарычев С. П. Организация эксплуатации подъемно-транспортных, строительных, дорожных, горных машин и оборудования: учеб. пособие.– Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2016.– 87 с.

Зябиров Х. Ш., Шапкин И. Н. Современные технологии в управлении перевозочным процессом на железнодорожном транспорте.– М.: Транспорт, 2016.– 480 с.

Карагодин В. И., Митрохин Н. Н. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник. – 12-е изд., стер.– М.: Академия, 2016.– 495 с.

Кланица В. С. Охрана труда на автомобильном транспорте: учеб. пособие. – 7-е изд., испр.– М.: Академия, 2016.– 172 с.

Климов И. П. Развитие транспорта на Урале (октябрь 1917 – июнь 1941 гг.): монография. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Спутник+, 2016.– 215 с.

Комиссаров А. В. [и др.] АСУ «Экспресс» – автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте; под ред. А. В. Комиссарова.– М.: Аналитика Родис, 2016.– 127 с.

Кононов Д. П. Техническая эксплуатация машин: учеб.– метод. пособие.– СПб.: ПГУПС, 2016.– 52 с.

Матанцева О. Ю. Правовые аспекты экономической устойчивости автотранспортной организации: монография.– М.: Юстицинформ, 2016.– 247 с.

Палкина Е. С., Скобелева И. П. Управление реализацией стратегии роста транспортных компаний России в концепции стоимостного менеджмента: методология и экономический механизм: монография.– СПб.: Изд-во ГУМРФ им. С. О. Макарова, 2016.– 355 с.

Пахно А., Шок А. Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом: пособие для консультантов.– М.: Спецпортал, 2016.– 439 с.

Пегин П. А., Карев В. Ф., Карева В. В. Обеспечение безопасности дорожного движения в сложных погодно-климатических условиях.– Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2016.– 272 с.

Петров А. И. Особенности функционирования городского общественного транспорта в переменных условиях внешней среды.– Тюмень: ТюмГНГУ, 2016.– 175 с.

Пехальский А. П., Пехальский И. А. Устройство автомобилей: учебник. – 10-е изд., стер.– М.: Академия, 2016.– 521 с.

Писарева И. Н., Самарцев П. В. Управление безопасностью движения на железнодорожном транспорте: учеб. пособие.– Новосибирск: СГУПС, 2016.– 68 с.

Попов С. И. [и др.] Технические средства диагностирования транспортных машин: учеб. пособие.– Ростов н/Д: ДГТУ, 2016.– 198 с.

Ходош М. С. [и др.] Организация сервисного обслуживания на автомобильном транспорте: учебник.– М.: Академия, 2016.– 287 с.

Шабанов В. И., Гарибин П. А., Гладков Г. Л. Водные пути и порты: учеб. пособие.– СПб.: Изд-во ГУМРФ им. С. О. Макарова, 2016.– 191 с.

Якимов М. Р., Арепьева А. А. Транспортное планирование: особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах.– М.: Логос, 2016.– 277 с.

***

Prace Naukowe. Transport. Z. 109. Badania elementów systemów gospodarki zasobami oraz transportu kolejowego i morskiego. Z. 110. Organizacyjne i techniczne problemy transportu lądowego, lotniczego i wodnego. Z. 111. Metody badania procesów logistycznych i systemów transportowych. Z. 112. Organizacyjne i techniczne zagadnienia środków i infrastruktury transportu. Z. 113. Zagadnienia inteligentnego transportu i sterowania ruchem. Z. 114. Aspekty bezpieczeństwa i ekologii w transporcie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.

Подготовила Н. ОЛЕЙНИК

NEWLY PUBLISHED BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Ageev, E. V. [*et al.*] Designing of road transport enterprises of motor transport: educational guide, 2nd ed., rev. and ext. [*Proektirovanie predprijatij avtomobil'nogo transporta: ucheb. posobie, 2-e izd., pererab. i dop.*]. Kursk, YuZGU publ., 2016, 216 p.

Bezhentsev, A. A. Road safety: educational guide [*Bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija: ucheb. posobie*]. Moscow, Vuz. ucheb., 2016, 271 p.

Buneev, V. M., Grigoriev, E. A. Efficiency of resource-saving technologies of working of tugboats and their repair: a monograph [*Effektivnost' resursosberegajushhih tehnologij raboty buksirnyh sudov i ih remonta: monografija*]. Novosibirsk, Siberian State University of Water Transport, 2016, 140 p.

Denisov, A. S. Grebennikov, A. S. Pracitical course on the technical operation of cars: educational guide,3rd ed., rev. [*Praktikum po tehnicheskoj ekspluatacii avtomobilej: ucheb. posobie, 3-e izd., pererab.*]. Moscow, Academia publ., 2016, 240 p.

Galimkhanov, N. H., Prokshin, S. S. Calculation of lifting mechanism: educational guide [*Raschet mehanizma pod'ema gruza: ucheb. posobie*]. Ufa, RIK UGATU publ., 2016, 56 p.

Galin, A. V. Prediction of the port development directions: a monograph [*Prognozirovanie napravlenija razvitija porta: monografija*]. St. Petersburg, Izd-vo GUMRF im. S. O. Makarova, 2016, 151ps.

Golovchenko, G. V. [*et al.*]. Automation of production and financial and economic activity of the enterprises of civil aviation: educational guide [*Avtomatizacija proizvodstvennoj i finansovo-ekonomicheskoj dejatel'nosti predprijatij grazhdanskoj aviacii: ucheb. posobie*]. Moscow, Student publ., 2016, 349 p.

Guketlev, Yu. H. [*et al.*] Management of the regional transport complex: educational guide, 2nd ed., enl. [*Upravlenie regional'nym transportnym kompleksom: ucheb. posobie, 2-e izd., dop.*].Maikop, MGTU publ., 2016, 159 p.

Karagodin, V. I., Mitrokhin, N. N. Repair of cars and engines: Textbook, 12th ed. [*Remont avtomobilej i dvigatelej: uchebnik, 12-e izd., ster.*].Moscow, Academia publ., 2016, 495 p.

Khodosh, M. S. [*et al.*] Service organization for road transport: textbook [*Organizacija servisnogo obsluzhivanija na avtomobil'nom transporte: uchebnik*]. Moscow, Academia publ., 2016, 287 p.

Klanitsa, V. S. Occupational safety in road transport: educational guide, 7th ed., rev. [*Ohrana truda na avtomobil'nom transporte: ucheb. posobie, 7-e izd., ispr.*].Moscow, Academia publ., 2016, 172 p.

Klimov, I. P. Transport development in the Urals (October 1917 – June 1941): monograph, 2nd ed., rev. and enl. [*Razvitie transporta na Urale (oktjabr' 1917 – ijun' 1941 gg.): monografija, 2-e izd., pererab. i dop.*]. Moscow, Sputnik+, 2016, 215 p.

Komissarov, A.V. [*et al.*] ACS «Express» – an automated control system of passenger traffic on the railways; ed. by A. V. Komissarov [*ASU «Ekspress» – avtomatizirovannaja sistema upravlenija passazhirskimi perevozkami na zheleznodorozhnom transporte*]. Moscow, Analitika Rodis publ., 2016, 127 p.

Kononov, D. P. Technical operation of cars: educational-methodological guide [*Tehnicheskaja ekspluatacija mashin: ucheb.– metod. posobie*]. St. Petersburg, PSTU publ., 2016, 52 p.

Matantseva, O. Yu. Legal aspects of economic sustainability of road transport organization: monograph [*Pravovye aspekty ekonomicheskoj ustojchivosti avtotransportnoj organizacii: monografija*]. Moscow, Yustitsinform publ., 2016, 247 p.

Pakhno, A., Shock, A. Transportation of dangerous goods by road: guide for counselors [*Perevozka opasnyh gruzov avtomobil'nym transportom: posobie dlja konsul'tantov*]. Moscow, Spetsportal publ., 2016, 439 p.

Palkina, E. S., Skobeleva, I. P. Management of implementation of the growth strategy of the Russian transport companies in the value management concept: methodology and economic mechanism: a monograph [*Upravlenie realizaciej strategii rosta transportnyh kompanij Rossii v koncepcii stoimostnogo menedzhmenta: metodologija i ekonomicheskij mehanizm: monografija*]. St. Petersburg, Izd-vo GUMRF im. S. O. Makarova, 2016, 355 p.

Pegin, P. A., Karev, V. F., Kareva, V. V. Ensuring road safety in difficult climatic conditions [*Obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija v slozhnyh pogodno-klimaticheskih uslovijah*]. Khabarovsk, Izd-vo TOGU, 2016, 272 p.

Pekhalsky, A. P., Pehalsky, I. A. Motor vehicle construction and layout: textbook, 10th ed. [*Ustrojstvo avtomobilej: uchebnik, 10-e izd., ster.*].Moscow, Academia publ., 2016, 521p.

Petrov, A. I. Features of functioning of public transport in variable environmental conditions [*Osobennosti funkcionirovanija gorodskogo obshhestvennogo transporta v peremennyh uslovijah vneshnej sredy*]. Tyumen, TyumGNGU, 2016, 175 p.

Pisareva, I. N., Samartsev, P. V. Traffic safety control in railway transport: educational guide [*Upravlenie bezopasnost'ju dvizhenija na zheleznodorozhnom transporte: ucheb. posobie*]. Novosibirsk, SGUPS, 2016, 68 p.

Popov, S.I. [*et al*]. Technical means of diagnosing transport machines: educational guide [*Tehnicheskie sredstva diagnostirovanija transportnyh mashin: ucheb. posobie*]. Rostov-on-Don, DGTU publ., 2016, 198 p.

Shabanov, V. I., Garibin, P. A., Gladkov, G. L. Waterways and ports: educational guide [*Vodnye puti i porty: ucheb. posobie*].St. Petersburg, Izd– vo GUMRF im. S. O. Makarova, 2016, 191 p.

Vinogradov, V. M. Technological processes of car repair: educational guide, 7th ed., sr. [*Tehnologicheskie processy remonta avtomobilej: ucheb. posobie, 7-e izd., ster.*]. Moscow, Academia publ., 2016, 425 p.

Yakimov, M. R., Arepieva, A. A. Transport planning: features of simulation of traffic flows in major Russian cities [*Transportnoe planirovanie: osobennosti modelirovanija transportnyh potokov v krupnyh rossijskih gorodah*]. Moscow, Logos publ., 2016, 277 p.

Zakharychev, S. P. Organization of operation of lifting and transport, building, road, mining machines and equipment: educational guide [*Organizacija ekspluatacii pod'emno– transportnyh, stroitel'nyh, dorozhnyh, gornyh mashin i oborudovanija: ucheb. posobie*]. Khabarovsk, Izd-vo TOGU, 2016, 87 p.

Zhmachinsky, V. I., Veselov, S. V., Kartashov, M. V. Formation and development of transport and logistics centers in the Volga macro-region: monograph [*Formirovanie i razvitie transportno-logisticheskih centrov v Povolzhskom makroregione: monografija*]. Astrahan', Sorokin R. V. publ., 2016, 150 p.

Zyabirov, H. Sh., Shapkin, I. N. Modern technology in the management of transportation process on the railways [*Sovremennye tehnologii v upravlenii perevozochnym processom na zheleznodorozhnom transporte*]. Moscow, Transport publ., 2016, 480 p.

***

Prace Naukowe. Transport. Z. 109. Badania elementów systemów gospodarki zasobami oraz transportu kolejowego i morskiego. Z. 110. Organizacyjne i techniczne problemy transportu lądowego, lotniczego i wodnego. Z. 111. Metody badania procesów logistycznych i systemów transportowych. Z. 112. Organizacyjne i techniczne zagadnienia środków i infrastruktury transportu. Z. 113. Zagadnienia inteligentnego transportu i sterowania ruchem. Z. 114. Aspekty bezpieczeństwa i ekologii w transporcie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.

List compiled by N. OLEYNIK