

ISSN 2413-9203

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

рецензируемый научный журнал

**TRANSPORTATION
SYSTEMS AND
TECHNOLOGY**
peer-review journal

transsyst.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

«ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Электронный рецензируемый научный журнал
Выходит ежеквартально – 4 раза в год
Основан в 2013 году

ИНДЕКСАЦИЯ

РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)
ВАК (Высшая аттестационная комиссия)
Google Scholar
WorldCat
Crossref
CyberLeninka

КОНТАКТЫ

Адрес: 190031, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, 115, ауд. 9/11-5
E-mail: info@transsys.ru
WEB: www.transsys.ru
Телефон: +7 (812) 6198152; +7 (911) 2384445

Научный редактор Ю. Ф. Антонов, доктор технических наук, профессор
Перевод на английский язык А. Ю. Гнатенко
Выпускающий редактор Т. С. Антонова
Редактор сайта А. В. Дитрих
Литературный редактор Е. В. Васильева
Верстка А. А. Стуканова

СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации средства массовой информации

Эл№ФС77-53673 от 17.04.2013 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

ОПИСАНИЕ ЖУРНАЛА

Сетевой электронный журнал "Транспортные системы и технологии" публикует статьи фундаментального характера и прикладного направления, а также обзорные статьи, относящиеся ко всем видам транспортной технологии

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ

Журнал отбирает материал для публикации из числа присланных для рассмотрения рукописей. В ходе отбора проводится независимое двойное слепое рецензирование членами редакционной коллегии и внешними экспертами. Для публикации рукопись, а также все сопроводительные и дополнительные файлы следует направить в редакцию через личный кабинет на сайте журнала по URL: <http://transsys.ru/>
Рукопись и дополнительные материалы следует оформить в соответствии с правилами редакции, см. подробно по <https://transsys.ru/transsys/about/submissions>

ПОДПИСКА

Журнал распространяется через Интернет без ограничений и по адресно-целевой подписке через редакцию

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Том 6, № 2

2020

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

Зайцев Анатолий Александрович,
Д.э.н., профессор, ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА, НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Антонов Юрий Федорович, д.т.н., профессор ПГУПС,
Санкт-Петербург, Россия

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Богданов Александр Владимирович, д.физ.-мат.н., профессор Санкт-Петербургского Государственного университета, Санкт-Петербург, Россия;

Верескун Владимир Дмитриевич, д.т.н., профессор, ректор Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия;

Ганиев Ривнер Фазылович, академик РАН, д.т.н., профессор, Директор Института машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия;

Глухих Василий Андреевич, академик РАН, д.т.н., профессор, Научный руководитель НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, Санкт-Петербург, Россия;

Клюшпис Йоханнес, доктор наук 2-й степени, полный профессор Деггендорфской высшей технической школы, Мюнхен, Германия;

Колесников Владимир Иванович, академик РАН, д.т.н., профессор, президент Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов, Россия;

Кручинина Ирина Юрьевна, д.т.н., ВРИО директора Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

Линь Гобинь, PhD, профессор, директор Национального транспортно-инженерного центра Маглев, доцент Университета Тунцзи, Шанхай, КНР;

Ли Вэйли, PhD, профессор Пекинского транспортного университета, Пекин, КНР;

Ма Чжисюнь, PhD, старший научный сотрудник Национального транспортно-инженерного центра Маглев, доцент Университета Тунцзи, Шанхай, КНР;

Мулюков Радик Рафикович, член-кор. РАН, д.физ.-мат.н., директор Института проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия;

Мыльников Сергей Владимирович, к.биологич.н., доцент, ученый секретарь ООО «Эко-Вектор», Санкт-Петербург, Россия;

Никитенко Владимир Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика» Российского университета транспорта, Москва, Россия;

Никитин Виктор Валерьевич, д.т.н., профессор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия;

Ни Фэй, PhD, младший научный сотрудник, Национальный транспортно-инженерный центр Маглев, Университет Тунцзи, Шанхай, КНР

Паньчев Александр Юрьевич, к.э.н., доцент, ректор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия;

Подсорин Виктор Александрович, д.э.н., профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия;

Повадол Сирирангси, Dr., Заместитель декана Факультета логистики и управления транспортом Паняпаватского института управления, Паккред, Таиланд;

Соколова Яна Викторовна, к.э.н., MBA, Заместитель руководителя Научно-образовательного центра инновационных пассажирских перевозок ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия;

Соломин Владимир Александрович, д.т.н., профессор Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия;

Стэфан Ричард, д.т.н., полный профессор Факультета электротехники, заведующий Лабораторией электрических машин Федерального университета Рио-де-Жанейро, Рио-де-Жанейро, Бразилия;

Терешина Наталья Петровна, д.э.н., профессор, Заведующая кафедрой «Экономика и управление на транспорте» Российского университета транспорта, Москва, Россия;

Титова Тамила Семёновна, д.т.н., Первый проректор – Проректор по науке Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия;

Хан Хёнг-Сук, PhD, начальник Департамента Маглев и линейных двигателей, старший научный сотрудник Корейского института машиностроения и материаловедения, Тэджон, Республика Корея.

FOUNDER AND PUBLISHER

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
St. Petersburg, Russia

"TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY"

Electronic peer-reviewed research journal
Issued 4 times a year (quarterly)
Established in 2013

INDEXING

eLibrary (Russian Science Citation Index)
Higher Attestation Commission of Russia's Ministry of Education
and Science (VAK)
Google Scholar
WorldCat
Crossref
CyberLeninka

CONTACTS

Address: 190031, St. Petersburg, 115 Moskovskiy Ave., room 9/11-5
E-mail: info@transsyst.ru
Website: www.transsyst.ru
Phone: +7 (812) 6198152; +7 (911) 2384445

Science Editor Yu. F. Antonov, Doctor of Technical Science, Professor
Translation into English A. Yu. Gnatenko
The Executive Editor T. S. Antonova
WEB- Editor A. V. Dietrichs
Literary Editor E. V. Vasileva
Layout Editor A. A. Stukanova

AIMS & SCOPE

Network electronic journal "Transportation Systems and Technology" publishes articles of a fundamental nature and application areas, as well as review articles pertaining to all types of transport technology

JOURNAL CONTENT SELECTION

The journal selects material based on the double-blind peer-review conducted by members of the editorial board and external experts.

To be published, the manuscript and all accompanying files should be sent to the editorial team through a personal account on the journal's website at: <http://transsyst.ru/>

The manuscript and additional materials should be prepared and arranged in accordance with the author guidelines (see in detail at: <https://transsyst.ru/transsyst/about/submissions>)

SUBSCRIPTION

The Journal is distributed via Internet for free and by subscription via Editorial office

TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

Vol. 6, Issue 2

2020

ELECTRONIC PEER-REVIEWED RESEARCH JOURNAL**EDITOR-IN-CHIEF**

Anatoly Zaitsev, Dr. Economics, Professor, PSTU, St. Petersburg, Russia

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF, THE SCIENTIFIC EDITOR

Yuri Antonov, Dr.Sc., Professor PSTU, St. Petersburg, Russia

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Aleksandr Bogdanov, Dr. Physics and Mathematics, Professor, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;

Vladimir Vereskun, Dr. Sc., Professor, Rector of Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia;

Rivner Ganiev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc., Professor, Director Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

Vasily Glukhikh, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc., Professor, Scientific Adviser at JSC «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus», St. Petersburg, Russia;

Johannes Kluehspies, 2nd Dr.'s Degree, Full Professor at Deggendorf Institute of Technology, Munich, Germany;

Vladimir Kolesnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc., Professor, the President Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia;

Irina Kruchinina, Dr.Sc., Acting Director of Institute of Silicate Chemistry of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;

Guobin Lin, PhD, National Maglev Transportation Engineering Technology R&D Center (NMTC), Director, Professor, Tongji University, Shanghai, China;

Weili Li, Ph.D., Professor, Beijing Jiaotong University, Beijing, China;

Zhixun Ma, PhD, Associate Professor, National Maglev Transportation Engineering Technology R&D Center (NMTC), Tongji University, Shanghai, China;

Radik Mulyukov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Dr. Physics and Mathematics, Director of Superplasticity Metals Institute for Metals Superplasticity Problems at RAS, Ufa, Russia;

Sergey Mylnikov, PhD, Associate professor, Scientific secretary LCC "Eco-Vector", St. Petersburg, Russia;

Vladimir Nikitenko, Dr. Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Physics Russian University of Transport, Moscow, Russia;

Viktor Nikitin, Dr.Sc., Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia;

Fei Ni, PhD, Assistant Researcher, National Maglev Transportation Engineering Technology R&D Center, Tongji University, Shanghai, China;

Aleksandr Panychev, PhD, Associate professor, rector Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia;

Viktor Podsorin, Doctor of Economics Science, Professor Russian Transport University, Moscow, Russia;

Sirirangsi Poovadol, Dr.Sc., MBA, Deputy Dean Faculty of Logistics and Transportation Management Panyapiwat Institute of Management, Pakkred, Thailand;

Yana Sokolova, PhD, MBA, Deputy Head Scientific-Educational Center for Innovative Passenger Transport Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia;

Vladimir Solomin, Dr. Sc., Professor, Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia;

Richard Magdalena Stephan, Dr.Sc., Full Professor, Department of Electrical Engineering, Head of Electric Machines Laboratory, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

Natalya Tereshina, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Economics and Transport Management Russian University of Transport, Moscow, Russia;

Tamila Titova, Dr.Sc., Professor, First Vice-Rector, Vice-Rector for Research at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia;

Han Hyung-Suk, PhD, Head of the Department of Maglev and Linear Drives, Principle Researcher, Korea Institute of Machinery & Material (KIMM), Daejeon, the Republic of Korea.

СОДЕРЖАНИЕ		TABLE OF CONTENTS
ОБЗОРЫ		REVIEWS
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Волкова Е.М. Факторы, определяющие успех реализации проектов строительства высокоскоростных магистралей	5	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Volkova E.M. Factors Determining the Success of HSR Building Projects
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Трегубов В.Н. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях	20	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Tregubov V.N. Mobile Data Usage in Urban Transport Research
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Сиверцева Е.С., Чибизова Ю.А. Налоговый мониторинг – эффективная среда системы внутреннего контроля ОАО «РЖД»	34	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Sivertceva E.S., Chibizova J.A. Tax Monitoring – an effective environment for the Internal Control System of Russian Railways
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ		ORIGINAL STUDIES
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Электротехника Ким К.К., Крон И.Р., Вешкин В.В. Расчет геометрических размеров левитационного полотна	47	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field - Electrical Engineering Kim K.K., Kron I.R., Veshkin V.V. Calculation of Geometric Dimensions of the Levitation Track
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Проектирование и строительство дорог Лычковский А.А., Луцкий С.Я., Ландсман А.Я., Навроцкая Н.В. Диагностика морозного влагонакопления и технологическое регулирование сооружения земляного полотна	61	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field - Rolling Stock of Railways Lychkovskiy A.A., Lutskiy S.Y., Landsman A.Y., Navrotskaya N.V. Diagnostics of Frost Water Accumulation and Technological Regulation of the Construction of the Roadbed
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Подвижной состав железных дорог Троицкий П.С. Обоснование снижения массы рамы вагона-платформы для перевозки контейнеров в модульных грузовых электропоездах	70	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field - Electrical Engineering Troitskiy P.S. Justification for Reducing The Weight of the Frame of the Platform Car for Transporting Containers in Modular Electric Freight Trains

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ Раянов Т.А. Математическое моделирование тензометрической системы измерения в программе MATLAB SIMULINK	85	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field - Mathematical Modeling, Numerical Methods and Program Complexes Raianov T.A. Mathematical modeling of a strain gauge measurement system in MATLAB SIMULINK program
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Транспортная инфраструктура Карпова Т.С., Моисеев В.И., Ксенофонтова В.А. Имитационное моделирование циркуляционного способа слива вязких нефтепродуктов	94	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field – Transport Infrastructure Karpova T.S., Moiseev V.I., Ksenofontova V.A. Simulation of the Circulation Method for Discharging Viscous Petroleum Products
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Каменков А.Л. Применение больших данных для анализа пассажиропотока на скоростных магистралях Российской Федерации	106	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Kamenkov A.L. The application of Big Data for the Analysis of Passenger Flow on the High-Speed Lines of the Russian Federation
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Неманова Н.А. Концептуальная схема цифровой трансформации компании-оператора на рынке транспортных услуг	116	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Nemanova N.A. The Conceptual Scheme of Digital Transformation of the Operator Company in the Transport Services Market
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Манова В.А., Лебедева А.С. Факторы, определяющие формирование инновационных транспортнологистических комплексов	129	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Manova V.A., Lebedeva A.S. Factors Determining the Formation of Innovative Logistics Complexes

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.027.3

DOI 10.17816/transsyst2020625-19

© **Е. М. Волкова**

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСПЕХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Аннотация. В данной статье проводится обзор мирового опыта строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей с точки зрения факторов, определяющих успех или неудачу подобных проектов. Поскольку строительство ВСМ зачастую рассматривается как часть национальных проектов более широкого масштаба, предложено в качестве критериев успеха использовать не только коммерческие показатели, но и многообразные социально-экономические эффекты, возникающие в результате их реализации.

Автором дана классификация эффектов, отражающих влияние ВСМ на развитие территорий прилегания, и систематизированы результаты зарубежных исследований, посвящённых количественной и качественной оценке, так называемых прямых эффектов.

Особое внимание уделяется опыту Китая, поскольку данная страна существенно отличается от остальных стран мира по масштабам развития высокоскоростного железнодорожного движения. В этой связи наибольший объём репрезентативных данных, позволяющих выделить факторы успеха реализации проектов ВСМ, можно найти именно по китайским проектам.

Основным научным результатом данной статьи является обобщение имеющегося опыта проектов строительства ВСМ и обоснование перспектив реализации подобных проектов в Российской Федерации.

Ключевые слова: высокоскоростные магистрали, проекты ВСМ, экстерналии, инфраструктурные проекты, мировой опыт, эксплуатация ВСМ, пассажирские перевозки, региональная экономика, мультипликативный эффект.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© E. M. Volkova

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)**FACTORS DETERMINING THE SUCCESS
OF HSR BUILDING PROJECTS**

Annotation. The article reviews the world experience in the construction and operation of high-speed railways in terms of factors that determine the success or failure of such projects. Since the construction of HSR is often considered as a part of national projects on a broader scale, it is proposed to use as criteria for success not only commercial indicators, but also various socio-economic effects arising from their implementation.

The author classifies externalities that reflect the impact of HSR on the development of regions and cities and presents the results of foreign research on their quantitative and qualitative analysis.

Special attention is paid to the experience of China, since this country significantly differs from the rest of the world in terms of development of high-speed rail traffic. In this regard, the largest amount of representative data that allows us to identify the success factors of HSR projects can be found for Chinese projects.

The main scientific result of this article is a generalization of the existing experience of HSR construction projects and justification of the prospects for implementing such projects in the Russian Federation.

Keywords: high-speed Railways, HSR projects, externalities, infrastructure projects, world experience, HSR operation, passenger transport, regional economy, multiplier effect.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей является одним из отличительных признаков экономически развитых стран. Доказано, что проекты развития ВСМ способны дать стимул развитию национальной экономики, а сам высокоскоростной транспорт вполне способен стать одной из дающих импульс к развитию отраслей, поскольку для его функционирования осуществляются заказы в другие отрасли экономики. Кроме того, ВСМ значительно повышают мобильность населения в регионах, способствуют росту деловой активности и туризма. Тем не менее, уровень развития ВСМ в мире в целом невысок и неоднороден по странам. Так, при общей протяжённости ВСМ 48 тыс. км безусловным лидером по уровню его развития остаётся Китай, где сосредоточено более 65 % всех высокоскоростных железнодорожных магистралей [1] (Рис. 1).

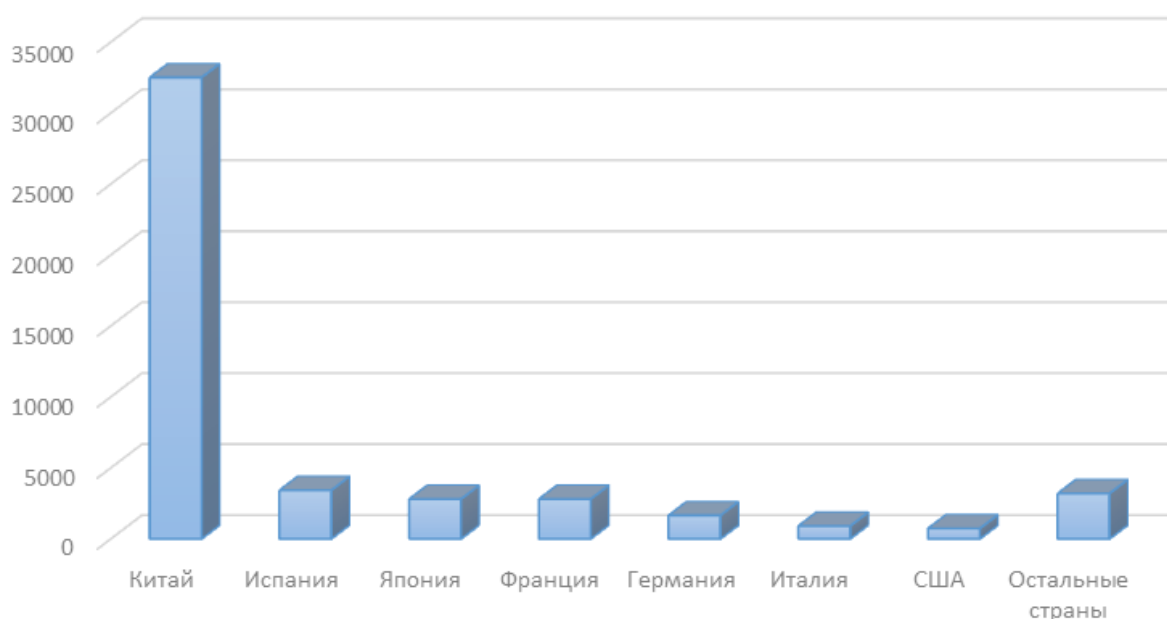


Рис. 1. Протяженность линий ВСМ в странах мира

Источник: составлено автором по данным АО «Скоростные магистрали» [1]

Кроме того, во многих странах мира нарастает скептицизм по отношению к проектам ВСМ: целесообразность их реализации и экономическая эффективность ставятся под большое сомнение вследствие значительных капитальных затрат на строительство и длительного срока окупаемости. В мире существует только две рентабельные линии ВСМ: Лион – Париж (Франция) и Токио – Осака (Япония) [2]. Сомнения по поводу целесообразности развития ВСМ особенно усиливаются в период мировых экономических кризисов, как это было после 2008 г. в США и Великобритании. В связи с глобальной пандемией коронавируса и грядущей рецессией в мировой экономике проекты развития ВСМ снова будут отложены и в России.

Однако ряд исследователей отмечают, что именно проекты ВСМ могут способствовать восстановлению экономики при условии, если цели их реализации будут поставлены в рамках национальных проектов более высокого уровня, а также при условии успешной интеграции ВСМ с другими видами транспорта (в том числе с обычными железными дорогами) в национальных транспортных системах. Это подтверждается и имеющимися ретроспективными данными. Например, строительство ВСМ во Франции было изначально частью крупного национального проекта, связанного с интеграцией страны в Евросоюз. ВСМ-2 в Великобритании строилась с целью преодолеть дисбаланс в экономическом развитии северных и южных территорий страны. В Китае строительство сети ВСМ также приобрело статус масштабного национального проекта, управление

реализацией которого осуществляется централизованно органами государственной власти [3].

Из приведённого выше опыта можно заключить, что успех реализации проектов ВСМ определяется не только и не столько коммерческой выгодой, сколько степенью достижения целей, поставленных государством, которая может быть оценена путём расчёта ряда показателей общественной эффективности.

Вопросы оценки общественных эффектов в проектах ВСМ затронуты в некоторых отечественных и зарубежных публикациях [4]. Среди отечественных исследований на эту тему интерес представляют работы Н.А. Журавлевой [5], А.А. Зайцева [6], М.Е. Мишуриных [7], А.В. Плаксина и С.С. Давыдова [8], А.С. Романова и М.А. Лякиной [9], Е.С. Сиверцевой [10], С.А. Смирнова, О.Ю. Смирновой и Я.В. Соколовой [11], М.В. Федоровой [12], Л.М. Чеченовой, Ю.В. Егорова и Н.В. Волыхиной [13], Т. Кльештика [14]. В ряде стран существуют утверждённые методики, посвящённые этому вопросу.

В рамках данной статьи автор не ставит цель уточнения или анализа имеющихся методик и подходов, а пытается на примере мирового опыта выделить некоторые общие факторы успеха рассматриваемых проектов. Большинство используемых автором источников относятся к опыту строительства и эксплуатации ВСМ в Китае, поскольку эта страна является признанным лидером в данной области. Кроме того, использованы данные о реализации проектов ВСМ в Японии, Франции, Испании, Германии и других странах мира.

В первом пункте статьи дана классификация эффектов, генерируемых проектами строительства ВСМ, а далее они раскрыты более подробно с использованием имеющихся данных и мировых практик. В заключении определены перспективы реализации проектов ВСМ в России с учётом выявленных закономерностей и тенденций, а также специфики российских условий. Кроме того, определены первоочередные области дальнейших исследований в области экономики ВСМ в России.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ В ПРОЕКТАХ ВСМ

В соответствии с Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов [15], разработанными и утвержденными в Российской Федерации, оценка общественной эффективности инвестиций проводится на первом этапе, после чего оценивается их коммерческая эффективность для проекта в целом и для его участников. В проектах строительства новых железных дорог показатели общественной эффективности учитывают внутри- и

внутритранспортные эффекты их реализации. В состав внутритранспортных эффектов при этом включаются такие, как сокращение времени в пути для пассажиров; экономия оборотных средств в запасах за счёт роста скорости перевозок грузов; созданием новых рабочих мест и др.

В зарубежных исследованиях используется несколько иной подход к классификации эффектов, генерируемых проектами ВСМ, которым автор будет руководствоваться далее в данной статье. Согласно этому подходу, **по содержанию** эффекты строительства и эксплуатации ВСМ делятся на прямые, косвенные и внешние (экстерналии). Схематично их описание и примеры приведены на Рис. 2.

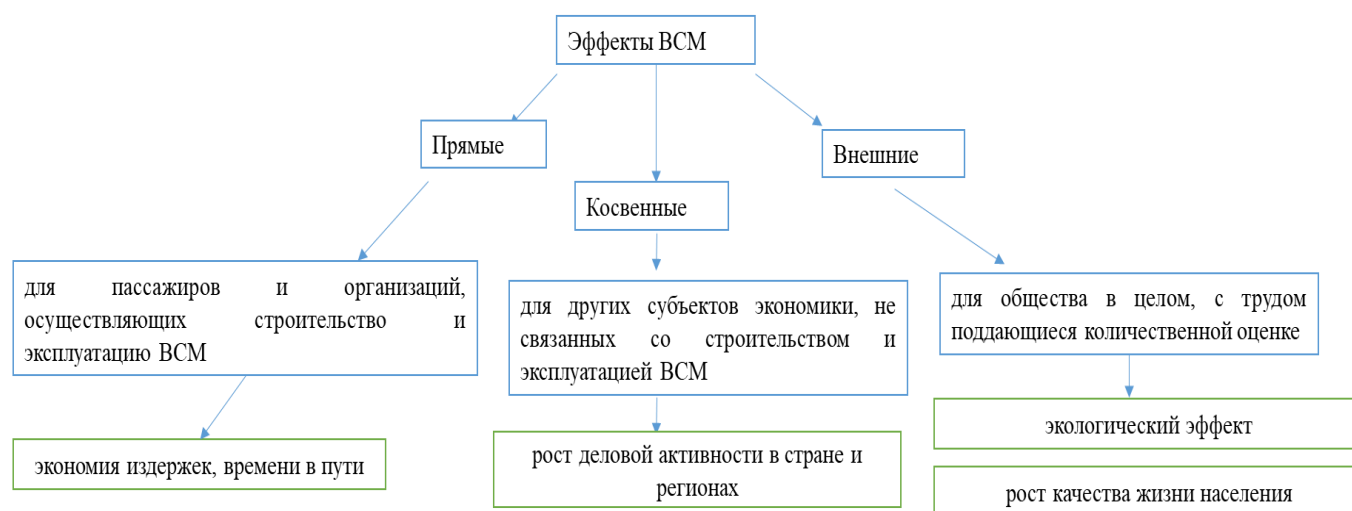


Рис. 2. Классификация эффектов строительства и эксплуатации ВСМ

С другой стороны, эффекты, возникающие в проектах ВСМ, можно классифицировать **по уровню их реализации** на эффекты, возникающие на уровне государства в целом, на региональном уровне, на уровне городов и на уровне территорий, прилегающих к станциям ВСМ.

Поскольку на большинстве уровней одновременно возникают прямые, косвенные и внешние эффекты, обычно для их идентификации и оценки применяется комбинированный подход, учитывающий обе приведённые выше классификации. В частности, прямые и внешние эффекты анализируются и оцениваются обычно в целом (не разбиваются по уровням их возникновения), в то время как косвенные эффекты целесообразно описывать и оценивать на каждом уровне отдельно.

В связи с тем, что оценка косвенных эффектов возможна только на определённом уровне, в данной статье будут рассмотрены только прямые эффекты, возникающие в проектах ВСМ, и выделены факторы успеха таких проектов на основе имеющихся данных по действующим ВСМ в мире.

ПРЯМЫЕ ЭФФЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ВСМ

В числе прямых общественных эффектов реализации проектов ВСМ в зарубежных исследованиях выделяются следующие:

- ✓ экономия времени в пути;
- ✓ перераспределение рыночных долей между видами транспорта в результате ввода в эксплуатацию ВСМ;
- ✓ формирование бесшовных (интермодальных) транспортных систем с участием высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Рассмотрим выделенные прямые эффекты более подробно с точки зрения их влияния на эффективность реализации проектов строительства и эксплуатации ВСМ.

Сокращение (экономия) времени в пути – важнейший фактор успеха проектов ВСМ, ключевая причина их государственной поддержки и популярности среди населения. В самом деле, высвобождение времени может обеспечить рост макроэкономических показателей (при условии, если оно потрачено на трудовые действия), в чём заинтересовано государство. С другой стороны, рост свободного времени в обществе весьма важен для населения. В зарубежных источниках чаще встречаются данные о сокращении времени в пути в натуральном выражении (в часах), гораздо реже встречаются попытки дать его стоимостную оценку. В Табл. представлены некоторые эмпирические данные об экономии времени в пути с момента ввода в эксплуатацию нескольких известных во всём мире высокоскоростных магистралей.

Таблица. Данные о сокращении времени в пути на ВСМ по сравнению с обычной железной дорогой

Страна, ВСМ	Год ввода в эксплуатацию	Время в пути без ВСМ, ч	Время в пути по ВСМ, ч	Экономия времени, %
Япония, Токио – Осака	1964	6,5	4	– 38,33 %
Япония, Осака – Хаката	1975	8,5	4,6	– 45,10 %
Германия, Франкфурт – Кёльн	2002	2,2	0,99	– 55,64 %
Италия, Рим – Неаполь	2005	1,75	1,08	– 38,10 %
Испания, Мадрид – Севилья	1992	5,92	2,5	– 57,45 %
Швеция, Стокгольм – Эскильстуна	1997	1,67	1,00	– 40,00 %
Южная Корея, Сеул – Пусан	2004	4,17	2,67	– 36,00 %
Тайвань, Тайбэй – Гаосюн	2007	4,83	1,5	– 67,59 %

Как видно из Табл., ВСМ по сравнению с обычной железной дорогой обеспечивает значительную экономию времени в пути, которая в процентном отношении колеблется в диапазоне от 36 % до 67 %. Величина данного эффекта прямо зависит от эксплуатационной длины магистрали. Общее сэкономленное время пассажиров (в часах) также зависит от срока эксплуатации ВСМ и величины пассажиропотока. Так, на ВСМ Синкансен (Япония) за 11,5 лет после ввода в эксплуатацию (1975 г.) общее сэкономленное время пассажиров составило 2246 млн. часов [2]. Можно заключить, что данный эффект не ставится под сомнение во всём мире и является одним из факторов успешной реализации проектов ВСМ. Кроме того, он тесно взаимосвязан с другим прямым эффектом, связанным с перераспределением рыночных долей между видами транспорта. В самом деле, экономия времени является одним из решающих критериев выбора вида транспорта и обеспечивает рост спроса на транспортные услуги.

В то же время доля рынка, занимаемая ВСМ, напрямую зависит от среднего расстояния поездки. По данным исследователей из стран Европы и Японии, она может варьировать в значительных пределах с учётом конкурентных преимуществ авиации и автомобильного транспорта (Рис. 3).

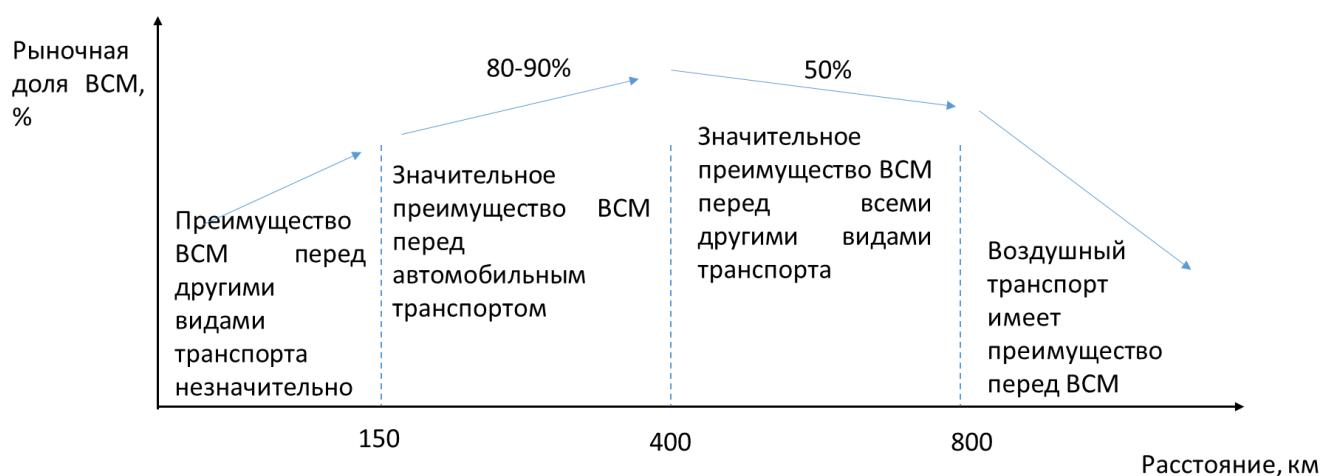


Рис. 3. Зависимость рыночной доли ВСМ от расстояния поездки

Источник: составлено автором по данным [2]

Рыночная доля ВСМ во многом определяет коммерческую эффективность (успех) реализуемого проекта. Как было показано на рис. 3, она определяется расстоянием поездки. В зарубежных исследованиях отмечается, что она включает такие элементы, как переключение с других видов транспорта и обычных железных дорог, а также индуцированный спрос, под которым понимается новый пассажиропоток, который образовался в результате ввода в эксплуатацию ВСМ. При этом величина и структура спроса на услуги ВСМ значительно варьирует по странам и

определяется с учётом специфики расположения магистрали. В этом отношении можно выделить две категории ВСМ: с фактическим спросом, превышающим первоначальные прогнозы, и, напротив, со спросом ниже прогнозируемого.

К первой категории можно отнести ВСМ Мадрид – Севилья (Испания), где после двух лет эксплуатации ВСМ доля железнодорожного транспорта на маршруте выросла с 14 % до 51 %. В структуре спроса на услуги данной ВСМ большую часть составили переключение с авиации (32 %) и индуцированный спрос (26 %) [2]. К этой же категории можно отнести ВСМ Париж – Лион (Франция) и Осака – Хаката (Япония).

Ко второй категории (со спросом ниже прогнозируемого) можно отнести ВСМ в Германии, Южной Корее и Тайвани. Например, на ВСМ в Тайвани к 2010 году после трёх лет эксплуатации спрос составил лишь половину прогнозируемой величины, в Южной Корее (Сеул – Пусан) в 2004 году спрос составил менее половины от прогноза [2]. Такие значительные несоответствия прогнозу впоследствии объяснились влиянием специфических факторов, не учтённых при прогнозировании. В случае Германии таким фактором стало пространственное распределение городов и населения. По сравнению с Францией в Германии гораздо меньше моноцентрических агломераций (центров притяжения населения), структура расселения более равномерна. С другой стороны, в Германии к моменту ввода ВСМ в эксплуатацию была достаточно развита сеть скоростных бесплатных автодорог. Это обусловило гораздо меньший успех ВСМ в Германии. В случае Тайвани фактический спрос был гораздо меньше прогноза в основном за счёт деловых поездок. Низкий спрос на бизнес-поездки был обусловлен, в свою очередь, перемещением крупных производств в страны Юго-Восточной Азии и Китай. Вторая причина низкого спроса на услуги ВСМ – его слабая интеграция с другими видами транспорта. Таким образом, ещё одним значимым фактором успеха проектов ВСМ является учёт специфических факторов и разработка направлений его интеграции в бесшовную (интермодальную) транспортную систему.

При планировании строительства ВСМ не следует забывать, что это лишь один из элементов единой транспортной системы страны или региона, который наряду с другими видами транспорта призван обеспечить быструю, комфортную перевозку пассажиров «от двери до двери». Во многих исследованиях учёные приходят к выводу, что на рынке пассажирских транспортных услуг всем участникам выгоднее согласованная кооперация видов транспорта, чем их конкуренция. В этой связи важно понимать, что доступ к ВСМ необходим не только в конечных точках маршрута, но и в регионах его прохождения. Согласованный подвоз пассажиров другими видами транспорта к станциям ВСМ (как и поездка

по ВСМ к другим видам транспорта) может не только обеспечить коммерческую эффективность подобных проектов, но и выгоду для экономики регионов.

В частности, основным конкурентом ВСМ на дальних расстояниях является воздушный транспорт. Тем не менее, возможна их взаимовыгодная кооперация, если линия ВСМ соединяет город с аэропортом. Существуют примеры, когда строительство ВСМ в аэропорт способствовало его развитию и росту спроса на авиаперевозки. Одним из таких примеров является международный аэропорт Лиона «Сент-Экзюпери», ранее «Сатоляс» – третий по величине аэропорт во Франции. С тех пор, как в 1981 г. была запущена ВСМ Париж – Лион, сначала объём авиаперевозок в аэропорту сократился. Но в то же время благодаря ВСМ увеличилась его транспортная доступность в радиусе около 400 км, что позволило аэропорту обеспечивать международные полёты. Доля международных полётов в аэропорту уже к 1996 г. превысила 50 % [2]. В свою очередь, приток пассажиров обеспечил дополнительный рост спроса на услуги ВСМ, то есть обеспечил успех реализации проекта. Приведённый пример доказывает, что выгоды от кооперации ВСМ с воздушным транспортом очевидны.

Существует два сценария кооперации ВСМ с авиатранспортом (Рис. 4).

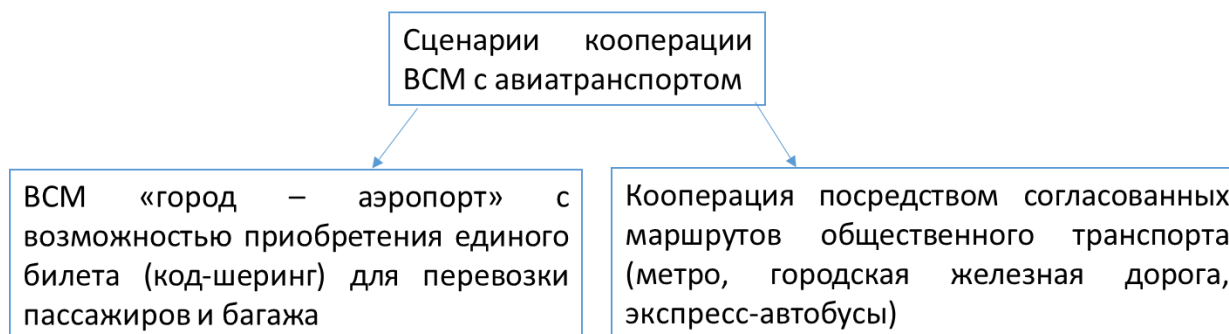


Рис. 4. Варианты кооперации ВСМ с воздушным транспортом

Первый сценарий успешно реализован в Париже, Лионе, Франкфурте, Амстердаме, причём в последних двух городах сотрудничество ВСМ с аэропортом даёт возможность приобретения единого билета. Второй сценарий реализован в Париже (аэропорт Лилль), Брюсселе, Мадриде и Лондоне.

Помимо вариантов кооперации с воздушным транспортом успех реализации проектов ВСМ обеспечивает их интеграция с обычными железными дорогами, экспресс-автобусами и другими видами транспорта. Так, в Японии успех Синкансен был обеспечен благодаря запланированной интеграции ВСМ в систему перевозок железнодорожным транспортом.

Дальнейшее расширение линии до города Хаката обеспечило рост числа «соединяющих» автобусных маршрутов между Хиросимой и Хамадой, а также рост маршрутов скоростных паромов с острова Сикоку. На юге Италии сеть ВСМ также интегрирована в региональную транспортную систему: со станции Неаполь возможна бесшовная пересадка на городскую железную дорогу и в метро.

Существуют и обратные примеры того, как отсутствие продуманной интеграции ВСМ в региональную транспортную систему привело к неудаче в реализации проектов ВСМ. Рассмотрим уже упомянутый ранее пример Тайвани, где при проектировании было решено расположить станции ВСМ на окраинах городов, вдали от центра, где локализованы станции обычной железной дороги. В итоге лишь 4 станции из 8 имеют возможность кооперации с железной дорогой, но в этом случае возникает проблема низкой частоты курсирования поездов и несогласованного расписания видов транспорта. Всё это в совокупности привело к низкой рентабельности проекта ВСМ. В настоящий период правительство Тайвани пытается решить эту проблему и обеспечить интеграцию ВСМ в единую транспортную систему. Однако это реализация этой цели затрудняется наличием целого ряда проблем технического, технологического характера, а также необходимостью значительных дополнительных инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры. Данный пример доказывает, что возможности и перспективы интеграции ВСМ в единую транспортную систему городов и регионов должны быть проработаны уже на стадии технико-экономического обоснования проекта – это также можно считать одним из ключевых факторов успеха.

Отдельно следует отметить важность интеграции ВСМ в транспортные системы мегаполисов, где расположены станции отправления / прибытия, поскольку именно здесь генерируется основной спрос на услуги высокоскоростного транспорта. Эта интеграция должна предусматривать возможности использования как общественного, так и личного транспорта. Конкретные формы и способы интеграции зависят от локализации станций ВСМ – в центре города или на периферии.

В первом случае ВСМ обычно имеют хорошую связь с общественным транспортом и гораздо более затрудненную – с личным автотранспортом. В то же время возможность использования личного автомобиля представляется не менее важной с учётом того факта, что большинство пассажиров, совершающих поездки на ВСМ с деловыми целями, используют личный автотранспорт. В связи с этим необходимо наличие автодорог по направлению к станциям ВСМ и парковочных мест на самих станциях. Несмотря на то, что в мегаполисах проводится целенаправленная политика минимизации использования личного транспорта, выборочный доступ личных автомобилей к станциям ВСМ

может послужить одним из факторов успеха последних. Выборочный доступ может предоставляться, например, через платные автодороги, иногда – через проложенные специальные трассы к станциям ВСМ, услуги такси, а также через платные парковки на станциях.

Во втором случае периферийные станции ВСМ отличаются хорошей доступностью для личного автотранспорта и затруднённой – для общественного. В этой связи важным фактором успеха последних становится планирование дополнительных маршрутов общественного транспорта по направлению от центра города к станции ВСМ. Это позволяет станциям получить дополнительный пассажиропоток и, следовательно, обеспечивает коммерческую эффективность проектов ВСМ.

Наконец, следует отметить ещё один фактор успеха ВСМ – организацию транспортных хабов на базе станций, обеспечивающих межвидовую интеграцию. Примером такого хаба может служить станция ВСМ в городе Лилль (Франция). Транспортный хаб (в российской терминологии – транспортно-пересадочный узел) должен обеспечивать не только быстрый и комфортный трансфер, но и предоставление дополнительных услуг, требуемых путешественникам. Планирование территории хаба может предполагать наличие нескольких уровней для пересадки, а также открытых и закрытых остановок, перехватывающих парковок для личного транспорта, удобных залов ожидания и информационных табло, офисов продаж билетов и сопутствующих услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый обзор международного опыта строительства и эксплуатации проектов ВСМ позволил выделить следующие факторы успеха подобных проектов. Во-первых, существенным фактором является экономия времени, которая значительна практически на всех ВСМ по сравнению с обычной железной дорогой. Данный фактор проявляется в основном на средних и дальних расстояниях и позволяет проектам ВСМ рассчитывать на государственную поддержку. Во-вторых, одним из факторов успеха проектов ВСМ является рыночная доля, которую получит данный вид транспорта. Спрос на услуги ВСМ неоднороден; в его структуре присутствуют как переключения, так и индуцированная составляющая. Анализ данных зарубежных исследований показывает, что доля ВСМ на рынке транспортных услуг значительно варьирует по различным объектам. При этом на магистралях, где фактически занята ниша рынка ВСМ гораздо меньше прогноза, в процессе эксплуатации проявляются факторы, не учтённые при проведении технико-

экономического обоснования проектов. Перечень этих факторов довольно широк; одним из них является степень интеграции ВСМ в развитые транспортные системы городов и регионов. Этот фактор также определяет успех реализации проектов ВСМ. Анализ имеющихся ретроспективных данных по ряду магистралей позволяет заключить, что наличие или отсутствие продуманных на стадии проектирования сценариев кооперации ВСМ с другими видами пассажирского транспорта (как общественного, так и личного) может сыграть решающую роль для коммерческой эффективности проекта. В мировой практике уже отработан ряд сценариев кооперации между ВСМ и авиацией, а также между ВСМ и пассажирским транспортом в городах. Дополнительным фактором успеха можно считать превращение станций ВСМ в многофункциональные транспортные хабы, позволяющие привлечь максимальный пассажиропоток путём обеспечения комфортных условий пересадки на другие виды транспорта и предоставления сопутствующих услуг пассажирам.

Все выделенные факторы следует учитывать в процессе проектирования ВСМ в России. Они приобретают всё большую важность с учётом сложной экономической ситуации и предстоящей рецессии во всех странах мира.

В данной статье были приняты во внимание только прямые общественные эффекты, возникающие в проектах ВСМ. В дальнейшем автор видит перспективным продолжение анализа зарубежного опыта эксплуатации ВСМ с целью идентификации иных факторов успеха подобных проектов, вытекающих из генерируемых ими косвенных и внешних эффектов.

Автор заявляет, что:

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Официальный сайт АО «Скоростные магистрали». ВСМ в мире. [Official site JSC "High-Speeds Rail Lines". VSM v mire. [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.hsrail.ru/info/vsmm/>. Ссылка активна на 10.05.2020.
2. Yin M, Bertolini L, Duan J. The effects of the high-speed railway on urban development: International experience and potential implications for China. *Progress in Planning*. 2014; 98:1-52. doi: 10.1016/j.progress.2013.11.001.
3. Wang L, Duan X. High-speed rail network development and winner and loser cities in megaregions: The case study of Yangtze River Delta, China. *Cities*. 2018; 83:71-82. doi: 10.1016/j.cities.2018.06.010
4. Catalano G, Daraio C, Diana M, et al. Efficiency, effectiveness, and impacts assessment in the rail transport sector: a state-of-the-art critical analysis of current

- research. *International Transactions in Operational Research*. 2019;26(1):5-40. doi: 10.1111/itor.12551
5. Журавлева Н.А. Концептуальные основы оценки эффектов от развития проектов высокоскоростных транспортных систем на основе магнитной левитации // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 1. – С. 89–102. [Zhuravleva NA. Conceptual Basis for Evaluating the Effects of Developing High-Speed Transport Systems Based on Magnetic Levitation. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(1):89-102. (In Russ., Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst20195189-102
 6. Зайцев А.А., Морозова Е.И., Талашкин Г.Н. Магнитолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны (монография). – СПб: НП-Принт, 2015. – 139 с. [Zaitsev AA, Morozova EI, Talashkin GN. *Magnitolevitacionnyj transport v edinoj transportnoj sisteme strany* (monograph). St. Petersburg: NP-Print; 2015. 139 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008161609>. Ссылка активна на: 10.05.2020.
 7. Журавлева Н.А., Мишуринских М.Е. Типологизация проектов ВСМ по признакам инновационных решений / Сборник научных статей Национальной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики высоких скоростей». 24 апреля 2019 года; СПб. Под ред. Журавлевой Н.А. СПб: ИНСЭИ-оценка, 2019. – С. 134–141. [Zhuravleva NA, Mishurinskih ME. Tipologizaciya proektov VSM po priznakam innovacionnyh reshenij. Zhuravleva NA, editor. In: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference “Aktualnye voprosy ekonomiki vysokih skorostej”. 2019 Apr 19; St. Petersburg. St. Petersburg: INSEI-ocenka; 2019. pp. 134-141. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42407580>. Ссылка активна на 10.05.2020.
 8. Плаксин А.В., Давыдов С.С. Классификация и механизм формирования эффектов от реализации проектов высокоскоростных железнодорожных магистралей / Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Развитие экономической науки на транспорте: экономическая основа будущего транспортных систем». 19 декабря 2019 года; СПб. Под ред. Журавлевой Н.А. СПб: ИНСЭИ-оценка, 2019. – С. 633–637. [Plaksin AV, Davydov SS. Klassifikaciya i mekhanizm formirovaniya effektorov ot realizacii proektov vysokoskorostnyh zheleznodorozhnyh magistralej. Zhuravleva NA, editor. In: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference “Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: ekonomicheskaya osnova budushchego transportnyh sistem”. 2019 Dec 19; St. Petersburg. St. Petersburg: INSEI-ocenka; 2019. pp. 633-637. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42684214>. Ссылка активна на 10.05.2020.
 9. Романов А.С., Лякина М.А. Процесс формирования понятийного аппарата высокоскоростного железнодорожного транспорта / Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Развитие экономической науки на транспорте: экономическая основа будущего транспортных систем». 19 декабря 2019 года; СПб. Под ред. Журавлевой Н.А. СПб: ООО «ИНСЭИ-оценка», 2019. – С. 684–691. [Romanov AS, Lyakina MA. Process formirovaniya ponyatijnogo apparata vysokoskorostnogo zheleznodorozhnogo transporta. Zhuravleva NA, editor. In: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference “Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: ekonomicheskaya osnova budushchego transportnyh sistem”. 2019 Dec 19; St. Petersburg. St. Petersburg: INSEI-ocenka LLC; 2019. pp. 684-

691. (In Russ.)). Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42684248>. Ссылка активна на 10.05.2020.
10. Сиверцева Е.С. Выбор модели эксплуатации ВСМ в РФ соответствующей перспективному развитию транспортной системы страны / Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Развитие экономической науки на транспорте: экономическая основа будущего транспортных систем». 19 декабря 2019 года; СПб. Под ред. Журавлевой Н.А. СПб: ООО «ИНСЭИ-оценка», 2019. – С. 707–711. [Siverceva ES. Vybor modeli ekspluatacii VSM v RF sootvetstvuyushchej perspektivnomu razvitiyu transportnoj sistemy strany. Zhuravleva NA, editor. In: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference “Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: ekonomicheskaya osnova budushchego transportnyh sistem”. 2019 Dec 19; St. Petersburg. St. Petersburg: INSEI-ocenka LLC; 2019. pp. 707-711. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42684256>. Ссылка активна на 10.05.2020.
11. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю., Соколова Я.В. Методика оценки эффектов от реализации проектов строительства новых линий пассажирского магнитолевитационного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 161–173. [Smirnov SA, Smirnova OY, Sokolova IaV. Approach of Evaluation the Effects from Implementation the Projects of Construction New Passenger Maglev Lines. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(1):161-173. (In Russ., Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst202061161-173
12. Федорова М.В. Обоснование строительства магнитолевитационной трассы Санкт-Петербург – Всеволожск / Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Развитие экономической науки на транспорте: экономическая основа будущего транспортных систем». 19 декабря 2019 года; СПб. Под ред. Журавлевой Н.А. СПб: ООО «ИНСЭИ-оценка», 2019. – С. 822–827. [Fedorova MV. Obosnovanie stroitel'stva magnitolevitacionnoj trassy Sankt-Peterburg – Vsevolozhsk. Zhuravleva NA, editor. In: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference “Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: ekonomicheskaya osnova budushchego transportnyh sistem”. 2019 Dec 19; St. Petersburg. St. Petersburg: INSEI-ocenka LLC; 2019. pp. 822-827. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42684294>. Ссылка активна на 10.05.2020.
13. Чеченова Л.М., Егоров Ю.В., Волыхина Н.В. Перспективы развития скоростного железнодорожного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 3. – С. 26–35. [Chechenova LM, Egorov YV, Volykhina NV. Perspectives for the Development of High-Speed Transport. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(3):26-35. (In Russ., Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst20195326-35
14. Журавлева Н.А., Кliestик Т. Проблемы финансирования проектов развития транспортной инфраструктуры и основные инвестиционные тренды 2020 года // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 129–145. [Zhuravleva NA, Kliestik T. The Problems of Financing Transport Infrastructure Development Projects and Main Investments Trends in 2020. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(1):129-145. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst202061129-145

15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. [Metodicheskie rekomendacii po ocenke effektivnosti investicionnyh proektov. (In Russ.)]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224/. Дата обращения: 10.05.2020.

Сведения об авторах:

Волкова Елена Михайловна, к.э.н., доцент;
адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9;
eLibrary SPIN:6886-5796; ORCID: 0000-0003-0620-463X;
E-mail: moonlight34@ya.ru

Information about the authors:

Elena Volkova, Candidate of Economic Sciences, associate professor;
address: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9;
eLibrary SPIN:6886-5796; ORCID: 0000-0003-0620-463X;
E-mail: moonlight34@ya.ru

Цитировать:

Волкова Е.М. Факторы, определяющие успех реализации проектов строительства высокоскоростных магистралей // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 5–19. doi: 10.17816/transsyst2020625-19

To cite this article:

Volkova EM. Factors Determining the Success of HSR Building Projects. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):5-19. doi: 10.17816/transsyst2020625-19

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.072

DOI 10.17816/transsyst20206220-33

© В. Н. Трегубов

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
(Саратов, Россия)**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ
В ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Статья содержит авторский обзор технологий использования информации, предоставленной сотовыми операторами, которая позволяет получать сведения о передвижения населения и изучать паттерны транспортного поведения. Выполненный обзор литературы показывает, что развитие информационной индустрии и повсеместное использование мобильной связи является эффективным источником информации с точки зрения полноты охвата населения и оперативности получения данных. В статье описан отечественный опыт использования данной информации в специализированных системах, а также представлено описание авторской системы обследования городского транспорта.

Ключевые слова: большие данные, цифровые источники информации, данные сотовых операторов, транспортное обследование, умный город.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© V. N. Tregubov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
(Saratov, Russia)**MOBILE DATA USAGE IN URBAN TRANSPORT RESEARCH**

The article contains a review of technologies for using the information provided by mobile operators in creating a transport survey and studying patterns of travel behavior. The literature review shows the widespread of using mobile communications as an effective source of information in terms of population coverage and data availability. In article described the domestic experience of using this information in custom information systems and presented the author's system of city transport survey.

Keywords: big data, digital sources of information, data from mobile operators, transport survey, smart city.

ВВЕДЕНИЕ

Население мира стремительно увеличивается, и люди предпочитают жить в городах. Это общая тенденция, которая в сочетании с экспоненциальным увеличением количества используемых беспроводных устройств, начиная со смартфонов и планшетов и заканчивая различными носимыми устройствами, создает потенциал для формирования единой сети устройств, находящихся в непосредственной близости друг от друга или в одном географическом районе.

Концепция умного города рассматривает возможности интеграции беспроводных умных устройств с городским пространством через технологию интернета вещей (IoT) [1]. Такая интеграция позволит улучшить управление различными городскими активами, такими как общественный транспорт, городское пространство, школы, больницы, остановки общественного транспорта, парки, водопроводные сети и т.д. При внедрении глобальных и стандартизированных решений следует учитывать, что среда IoT является очень динамичной, поэтому платформа "умного города" должна поддерживать гетерогенные устройства, быть масштабируемой и адаптируемой к внешним изменениям. Исследования различных платформ для реализации "умного города" можно найти, например, в [2].

Европейская модель «умного города» разрабатывается с 2007 года группой исследователей из технического университета Вены. Исследователи выделили шесть показателей, составляющих «умный город», а именно: «умная экономика», «умная мобильность», «умная среда», «умные люди», «умный образ жизни» и «умное управление», а также отобрали и классифицировали 70 средних европейских городов в соответствии с этими показателями [3].

В последнее десятилетие было выполнено множество исследований, посвященных изучению моделей мобильности пользователей и определению законов, описывающих передвижения людей в городском пространстве [4–6]. Существуют комплексные обзорные работы по различным аспектам анализа данных о мобильности пользователей [7]. Предлагаемые методы, касаются как анализа паттернов движения жителей, так и обработки данных пользователей на основе определения их местоположения, включая описание соответствующих европейских и международных хранилищ подобной информации [8]. Вот лишь небольшая часть из общедоступных хранилищ данных о перемещениях людей: WikiLoc, Twitter или Flickr с геометками, репозиторий Crowdad, CityBike и OpenStreetMap. Подобная информация также сохраняется в частных репозиториях, которые доступны через личные учетные записи, например, Endomodo или RunKeeper.

Использование подобных данных создает потребность в разработке специализированных методов интеллектуального анализа данных, а также инструментов добычи данных для качественной интерпретации, визуализации и определения статистической значимости данных. Результаты анализа можно использовать для улучшения города и улучшения локальных сервисов. Основные публичные хранилища таких данных в настоящее время активно используются в различных проектах, связанных с анализом городского транспорта и направленных на создание специализированных мобильных приложений и сервисов. Данные приложения имеют различные варианты реализации и их функции могут варьироваться, начиная от мониторинга физической активности отдельного жителя в целях охраны его здоровья, мониторинга активности пользователей в социальных сетях и заканчивая анализом экономического благополучия или определения воздействия токсичных выбросов на городскую среду.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ В ТРАНСПОРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Современные мобильные операторы используют геоаналитические технологии, которые позволяют им собирать данные о перемещениях граждан и отслеживать их местоположение с точностью до 500 метров. Собранные таким образом данные можно использовать в различных сферах. Например, департамент информационных технологий Москвы использует подобную геоаналитику с 2015 года и потратил из городского бюджета более полумиллиарда рублей на закупку геоаналитической информации у сотовых операторов [9].

Технологии геоанализа используют возможности мобильных телефонов, которые непрерывно отправляют сигнал на базовую станцию, идентификация абонента осуществляется через сим-карту [5, 9]. Информация о маршрутах перемещение абонентов накладывается на городскую карту и отражает основные транспортные и пассажирские потоки. Методы геоаналитики работают не так точно, как геопозиционирование через GPS, однако трекинг через сим-карту имеет ряд преимуществ. Основное из них состоит в том, что процесс сбора данных не контролируется пользователем, пользователь не может самостоятельно отключить отслеживание на своем устройстве. Чтобы избежать сбора информации о своих перемещениях необходимо вообще не использовать устройства с сим-картой.

Геоаналитические данные — это ряд агрегированных показателей, на основе которых можно определить:

- численность работающего на территории района населения;

- районы, которые являются источником наибольшего транспортного потока;
- индикаторы, отражающих численность населения, которая проживают в районе к общему числу работающих в нём;
- уровень сменяемости, как соотношение численности населения, проживающего в районе, но работающего за его пределами, к численности населения, работающего в этом районе, но проживающего за его пределами;
- количество поездок дом-работа, работа-дом с детализацией для каждого дня месяца или сезона года.

Главная цель сбора и обработки геоданных направлена на решение задачи совершенствования городской транспортной инфраструктуры. Выполнив обработку геоинформации городские власти могут принимать обоснованные решения о том, как и в каком месте требуется строить дополнительные транспортные развязки, автобусные остановки или станции метро. Кроме того, городские власти могут анализировать потоки людей на наиболее загруженных маршрутах в утренние и вечерние часы пик, выявлять предпочтения жителей по выбору транспорта, совершенствовать организацию работы светофоров и других объектов транспортной инфраструктуры.

Длительное время специалисты в городском планировании выполняли анализ транспортных потоков с помощью расчетных моделей используя результаты транспортных обследований. Технологии геоаналитического анализа и обработки больших данных дают исследователям новые возможности. Например, можно в реальном времени определять, сколько людей находится в пути из одной точки в другую, как поездки распределяются во времени и территории города и т.д. Недостаток существующей геоаналитической информации на основе данных сотовых операторов заключается в том, что полученные данные не являются абсолютно точными. Поэтому для их уточнения требуется дополнительно откалибровать существующие транспортные модели. В любом случае эти технологии являются важными для развития технологии умного города. С их использованием транспортные решения городских властей могут формироваться на основе необходимого информационного обоснования.

В настоящее время в России отсутствует законодательная регламентация рынка информации сотовых операторов. Закон о персональных данных запрещает использование персональных данных и передачу без согласия владельца. Однако, массив геоинформации является обезличенным, клиенты сотовых компаний в договорах на обслуживание дают согласие о том, что их информация может использоваться в агрегированном виде. Кроме того, в правительстве рассматривается ряд

законов о регламентации использования таких данных, в настоящее время данные законопроекты находятся в стадии доработки.

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выполненный нами обзор зарубежных научных публикаций по теме использование информации сотовых операторов для изучения транспортных перемещения жителей города показал, что существующие научные разработки по этой теме охватывают широкий круг исследовательских проблем. К настоящему времени в мире выработалось ряд технологий, которые можно эффективно использовать для получения необходимых для управления городской транспортной системой показателей.

В частности, информация, предоставляемая сотовыми операторами, может быть использована для того, чтобы определить следующие транспортные характеристики городской среды:

- посещаемость отдельных городских территорий;
- численность проживающих и их распределение по территории фактического проживания и мест приложения труда;
- связность различных частей города друг с другом, по данным реальных транспортных перемещений;
- характеристика потоков ежедневный трудовой миграции;
- транспортная доступность отдельных городских территорий.

Тем не менее, необходимо отметить, что даже существующее разнообразие методов анализа данных не полностью покрывает потенциальные потребности городской транспортной администрации в практическом использовании информации, предоставляемой сотовыми операторами. Необходимо более глубоко анализировать паттерны существующего транспортного поведения, чтобы выявить посещаемые территории города по времени суток, определить точные характеристики городских транспортных потоков.

В исследовании [10] предлагается подход к классификации базовых перемещение пользователей по различным типам. Авторы разработали схему первичной классификации каждого индивидуального изменения местоположения по типу «дом-работа», а затем с полчасовым шагом фиксируют все осуществляемые абонентом перемещения в рамках этих паттернов (типов помещений). Это позволяет рассматривать все внутрисуточные перемещения пользователя как последовательность изменений его состояний, а затем данные последовательности можно кластеризовать для всех проживающих на данной территории жителей, чтобы выявить типовые паттерны транспортных перемещений для групп жителей.

В исследовании [6] рассматриваются методы сопоставления траектории транспортных перемещений для различных мобильных абонентов. Авторами были предложены ряд метрик используемых для сравнения траекторий:

- оценка местоположения абонента в конкретном месте на территории города как вероятность для двух абонентов оказаться в одном месте;
- плотность транспортных перемещений, как физическое расстояние между двумя наиболее часто встречающимися местоположениями;
- взвешенное косинусное сходство пространства, характеризует частоту посещения различных мест на территории города;
- вероятность посещения, характеризует возможность оказаться в конкретном месте в течение одного и того же временного интервала.
- нормированная оценка местоположения, которая характеризует вероятность совпадения местонахождение пользователей в пространстве в одинаковый период времени, которые нормированы по плотности популяции на тот же момент времени для данного места.

С использованием полученных метрик авторы предлагают устанавливать существующие скрытые связи (общие паттерны транспортного поведения) между абонентами мобильных сетей. Собранная информация позволяет решать различные транспортные задачи по выявлению устойчивых транспортных маршрутов. Авторы отмечают, что когда мобильные абоненты, имеют схожее по метрикам транспортное поведение, то маршруты таких пользователей на городской транспортной сети также будут совпадать. Данная информация является основой для разработки модели городских транспортных потоков и для формирования матрицы корреспонденций.

Также для транспортного планирования необходимо определить динамику транспортных потоков в различных временных разрезах: отдельного дня, по дням недели, по сезонам года. Выявленная динамика может быть использована для того, чтобы корректировать транспортную модель, например, если учитывать особенности перемещений в будние и выходные дни, то можно выявить характер трудовых транспортных передвижений.

Важным направлением исследований является сопоставление информации, которая была получена от операторов сотовой связи, с данными которые могут быть рассчитаны на основе анализа существующего городского трафика. Это позволяет оценить качество имеющейся транспортной статистики, а при возникновении расхождении, выявить проблему и скорректировать показатели.

В работе [11] анализируется классическая модель, описывающая формирование матрицы корреспонденций, а также описаны техники

использования этой информации для проектирования новых маршрутов. Авторы считают, что использование информации от телекоммуникационных операторов существенно изменило подходы к моделированию транспортных потоков, так как как позволило заменить традиционные подходы, когда используются данные, получаемые с использованием моделей прогнозирования на реальную информацию из текущей матрицы корреспонденций.

Новые подходы к транспортному планированию позволяют решать более сложные задачи управления городским транспортом, например, проект SOMOBIl который представлен в работе [12] предлагает специализированный фреймворк для транспортного планирования. Этот фреймворк создается на основе информации, собранной у телекоммуникационных операторов. Используемый в исследовании подход позволяет построить матрицу корреспонденции с учетом вида транспорта которым пользовались мобильные абоненты в процессе своих транспортных передвижений.

Помимо собственно транспортного планирования, изучение мобильности людей способствует пониманию механизмов других явлений связанных с перемещением людей. Например, распространения различных эпидемии, что позволило установить, ряд интересных свойств, которые лежат в основе технологии городских перемещений. Подробный анализ моделей, которые могут быть использованы для описания городской мобильности с учётом трёх общепринятых показателей: распределение мест посещения, расстояние поездок, количество посещенных мест в течение суток. Обзор подходов которые используются для обработки таких данных содержится в работе [7]. Авторами представлены виды выявляемых социальных связей, формируемых на основе анализа информации предоставляемой мобильными компаниями. Также авторам было показано, что объём перемещений между двумя пунктами напрямую коррелирует с расстоянием между этими пунктами и интенсивностью коммуникация между ними.

В исследовании [13] описываются подходы построения паттернов транспортных перемещений для городской среды. Авторы убедительно демонстрируют, что современное общество и окружающая среда испытывают существенное влияние со стороны транспорта и выбор способа транспортных перемещений изменяет степень влияния людей. По мнению авторов шаблоны транспортного поведения можно унифицировать. Для описания типовых видов перемещения для более чем 90% людей достаточно всего 17 типов шаблонов. Полученные результаты показывают высокую стабильность используемого шаблона перемещения для конкретного человека. Учитывая эти тенденции ежедневное мобильность может моделироваться с использованием аппарата

марковских цепей. Например, поездки на длительные расстояния, а также долгосрочные и международные поездки являются достаточно редкими событиями. Краткосрочные поездки, включают в себя внутригородские поездки, в частности это поездки на работу или поездки в торговые центры. Эти поездки проходят с высокой регулярностью и соответствуют суточным циркадным ритмам людей.

СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ «ГЕОАНАЛИТИКА»

На территории России исследования в области обработки больших данных, предоставленных федеральными сотовыми операторами, реализуются в рамках проект «Геоаналитика» [9]. Система ориентирована на обработку информации, предоставляемой сотовыми операторами, для формирования системы поддержки управленческих решений в различных сферах (транспорт, культура и т.д.) для органов исполнительной власти г. Москвы. В рамках этой системы для сбора статистической информации о населении были использованы технические возможности сотовых сетей, это различные радиочастотные события, которые регистрируют базовые станции. Персональные данные абонентов полностью исключаются из анализа, информация объединяется сразу от всех сотовых операторов, чем увеличивается точность аналитической обработки. В настоящее время система «Геоаналитика» применяется для решения широкого круга практических проблем в сфере городской торговли, экономики, транспортного моделирования, городского планирования и управления.

Ключевыми эффектами от использования геоаналитических данных в транспортном планировании являются:

- экономия денежных средств и времени которые были бы потрачены на обработку информации, используемой в процессе обоснования управленческих решений в городском планировании, традиционными методами;
- потенциальная возможность увеличения объема поступлений в городской бюджет за счет более эффективной организации городского транспорта;
- дополнительные финансовые поступления, зависящие от области внедрения данной системы, в частности, за счет оптимального проектирования новых территорий города, за счет улучшения системы организации культурных мероприятий и т.д.

Полученных с помощью системы «Геоаналитика» в городском и транспортном планировании позволяет существенно улучшить качество комплексного проектирования городской территории за счёт следующих факторов:

- повышения качества пространственные детализации различных статистических показателей о перемещениях людей;
- снижения возможной погрешности расчетов за счёт повышения точности используемых первичных данных;
- непрерывной актуализация информации на ежемесячной основе, что позволяет учитывать различные тренды в изменении транспортной подвижности населения, а также влияние сезонности.
- осуществления мониторинга динамики изменения паттернов транспортного поведения населения, а также оценка влияния различных градостроительных мер на функционирование транспорта.

В настоящий момент департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы активно использует результаты системы «Геоаналитика» для определения показателей, описывающих численность работающего населения, а также потоков маятниковой трудовой миграции между городом и районами области. Реальными примерами задач по повышению эффективности транспортного обслуживания в рамках города которые были решены с использованием системы «Геоаналитика» являются:

- создание методами мультиагентное моделирование единой транспортной модели Москвы, что позволило выполнить анализ потенциального спроса на систему линии скоростного автобусного транспорта, а также определить оптимальные показатели для маршрутов;
- анализ изменений спроса на междугородняя автобусная сообщение в рамках Московского региона, а также разработка технологии визуализации результатов в различных временных и пространственных среза;
- разработка Генерального плана Москвы;
- анализ динамики посещения различных территорий, которые примыкают к московским библиотекам для того, чтобы выполнить корректировку и оптимизацию графиков работы библиотек
- определение поведенческого портрета посетителя ВДНХ, что позволило разработать рекламную стратегию, направленную на повышение посещаемости данного объекта.

Так как различные города имеют определенное сходство в характере и ритме жизни, поэтому информационная система для обработки внутригородской информации, которая была создана на основе данных Москвы может с небольшими доработками использоваться на территории других городов. Компания «Геоаналитика» имеет подобный опыт, например, способы сбора информация и методики ее обработки были адаптированы для обработки данных для г. Казань. Полученная

аналитическая информация и технические показатели применялись в процессе разработки генерального плана города. Компания разработчик системы пытается найти возможность полной интеграции с органами исполнительной власти, чтобы обеспечить использование своей системы в рамках единой системы официальной транспортной статистики.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «СИНХРОДОК - ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ»

Информационная система для исследования пассажиропотоков на городских автобусных маршрутах «СинхроДок–Пассажирские перевозки» была разработана под руководством автора в 2012 году в Саратовском государственном техническом университете [14]. В ходе разработки информационной системы были установлены основные функции, которые система должна реализовать:

- возможность создания и редактирования единого информационного реестра маршрутов, транспортных предприятий, транспортных средств и их характеристик;
- возможность создания и редактирования единого информационного реестра учетчиков и их бригад;
- автоматизированная подготовка и обработки учетных документов;
- безопасности и секретности при обработке информации, многопользовательский ввод информации с автоматизированных рабочих мест в сети интернет;
- автоматизированный расчет основных технико-эксплуатационных показателей маршрутов, в частности: объема перевозок, пассажирооборота, средней длины поездки пассажира, коэффициент сменности пассажиров на маршруте и др.
- моделирование и сравнение вариантов использования подвижного состава различной вместимости на маршруте;
- графическое представление эксплуатационных показателей маршрута с возможностью исследования вариантов изменения показателей при различных управляющих воздействиях на систему в целом.

Для создания проекта использовались технологии: Windows Forms, XML, ASP.NET, Microsoft Access, Microsoft Excel. Для разработки приложений использовались языки программирования VB.Net и C#.Net. Для хранения данных была разработана специализированная реляционная база данных, которая позволяет хранить в едином хранилище всю собранную информацию. Для реализации базы данных использована платформа SQL Server.

В 2018 году данное приложение было модифицировано и добавлена возможность использования информации, полученной от сотовых операторов. Была создана библиотека для анализа матрицы корреспонденций города. Используется следующая информация сотового оператора: дата и время начала получасового интервала, за который предоставляется матрица, идентификатор зоны отправления, идентификатор зоны прибытия, количество человек, начавших поездку в заданный временной интервал для которых, предположительное время начала поездки, пол и возраст абонента, тип абонента (например, турист, автомобилист и т.п.).

Работа с приложением условно может быть разбита на три этапа: подготовительный, исследовательский и аналитический.

На подготовительном этапе заполняются справочники «Вид транспортного средства», «Транспортные предприятия», «Марки транспортных средств». Исходная информация для заполнения справочников представляется муниципальным предприятием «Управление городского транспорта», а также теми транспортными предприятиями, на маршрутах которых будет проводиться обследование.

На исследовательском этапе вносится информация сотовых операторов, проводится ее обработка и анализ. Также вносится информация, полученная из анкет обследования в транспортных средствах, выполняется ее обработка, осуществляется контроль правильности и уточнение на основе данных сотовых операторов.

На заключительно аналитическом этапе выполняется подготовка систематизированной информации о пассажиропотоках в обследованных городах. Для анализа разработана информационно-аналитическая система предназначена для хранения и обработки информации о пассажиропотоках по маршрутам города, она содержит описание методики анализа пассажиропотоков на маршрутах и результаты анализа. Был разработан Web-интерфейс для доступа к информации об обследованных маршрутах.

Описанная система прошла апробацию и была использована при проведении обследования пассажиропотоков на маршрутах городского общественного транспорта Саратовской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мобильные операторы разрабатывают геоаналитические технологии, которые позволяют им собирать данные о перемещениях жителей городов. Технологии геоанализа используют возможности мобильных телефонов, которые непрерывно отправляют сигнал на базовую станцию, а идентификация абонента осуществляется через сим-карту. Информация о

маршрутах перемещение абонентов накладывается на городскую карту и отражает основные транспортные и пассажирские потоки.

На основе этой информации можно создавать системы для обработки информации, предоставляемой сотовыми операторами, для формирования системы поддержки управленческих решений в сфере транспорта. В рамках подобных систем производится непрерывный сбор статистической информации о населении. Персональные данные абонентов полностью исключаются из анализа, информация объединяется сразу от всех сотовых операторов, чем увеличивается точность аналитической обработки.

Реализация подобных технологий обеспечивает повышение качества пространственной детализации статистических показателей о перемещениях людей, непрерывную актуализацию информации, осуществление мониторинга паттернов транспортного поведения, а также позволяет выполнить оценку влияния различных градостроительных мер на функционирование транспорта.

Автор заявляет, что настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Намиот Д.Е. О стандартах Умного Города // Информационное общество. – 2017. – № 2. – С. 45–52. [Namiot DE. On Smart Cities Standards. *Information Society*. 2017;245-52; (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30353087>. Ссылка активна на: 02.03.2020.
2. Kamargianni M, Li W, Matyas M, Schäfer A. A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. *Transportation Research Procedia* [Internet]. Elsevier BV; 2016;14:3294-303. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.277>
3. TUWIEN, European Smart Cities project. Доступно по: www.smart-cities.eu Ссылка активна на: 02.03.2020.
4. Намиот Д.Е., Кутузманов З.М., Федоров Е.А., Покусаев О.Н. Об оценке социально-экономических эффектов городской железной дороги // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 92–103. [Namiot DE, Kutuzmanov ZM, Fedorov EA, Pokusaev ON. Ob otsenke sotsial'no-ekonomicheskikh effektiv gorodskoy zheleznoy dorogi. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018;6;1:92-103. (In Russ.)]. Доступно по: <http://rut.digital/wp-content/uploads/2018/01/Об-оценке-социально-экономических-эффектов-городской-железной-дороги.pdf> Ссылка активна на: 02.03.2020.
5. Намиот Д.Е., Покусаев О.Н., Чекмарев А.Е. Использование данных телекоммуникационных операторов в транспортном планировании // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – Т. 7. – № 12. – С. 51–59. [Namiot DE, Pokusaev ON, Chekmarev AE. Ispol'zovanie dannykh telekommunikatsionnykh operatorov v transportnom planirovanii. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019;7(12):51-59 (In Russ.)]. Доступно по: [file:///C:/Users/user/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/852-2616-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/852-2616-1-PB%20(1).pdf) Ссылка активна на: 02.03.2020.

6. Wang D, Pedreschi D, Song C, Giannotti F, et al. Human mobility, social ties, and link prediction. Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining - KDD '11 [Internet]. ACM Press; 2011; Available from: <http://dx.doi.org/10.1145/2020408.2020581>
7. Lohan E-S, Kauppinen T, Debnath SBC. A survey of people movement analytics studies in the context of smart cities. 2016 19th Conference of Open Innovations Association (FRUCT) [Internet]. IEEE; 2016; Available from: <http://dx.doi.org/10.23919/fruct.2016.7892195>
8. González MC, Hidalgo CA, Barabási A-L. Understanding individual human mobility patterns. Nature [Internet]. Springer Science and Business Media LLC; 2008;453(7196):779-82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature06958>
9. Полунина М.В., Ельникова Е.А., Аветисян С.Т. Новый цифровой источник статистической информации о населении // Вопросы статистики. – 2018. – Т. 1. – № 25. – С. 74-85. [Polunina MV, El'nikova EA, Avetisyan ST. Novyy tsifrovoy istochnik statisticheskoy informatsii o naselenii. *Voprosy statistiki*. 2018;1(25):74-85. (In Russ.)]. Доступно по: <https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/621#f>. Ссылка активна на: 30.11.2019.
10. Farrahi K, Gatica-Perez D. Discovering routines from large-scale human locations using probabilistic topic models. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology [Internet]. Association for Computing Machinery (ACM); 2011 Jan 1;2(1):1-27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1145/1889681.1889684>
11. Çolak S, Alexander LP, Alvim BG, Mehndiratta SR, et al. Analyzing Cell Phone Location Data for Urban Travel. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board [Internet]. SAGE Publications; 2015;2526(1):126-35. Available from: <http://dx.doi.org/10.3141/2526-14>
12. Elias D, Nadler F, Stehno J, Krösche J, et al. SOMOBIL – Improving Public Transport Planning Through Mobile Phone Data Analysis. Transportation Research Procedia [Internet]. Elsevier BV; 2016;14:4478-85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.370>
13. Schneider CM, Belik V, Couronné T, Smoreda Z, et al. Unravelling daily human mobility motifs. Journal of The Royal Society Interface [Internet]. The Royal Society; 2013 Jul 6;10(84):20130246. Available from: <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0246>
14. Трегубов В.Н., Рулев К.В. Экономическое исследование и классификация маршрутов общественного транспорта с использованием технологии логистической синхронизации // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 1 (44). – С. 258–265. [Tregubov VN, Rulev KV. Economic Research and Classification of Public Transport Routes Using Logistics Synchronization. *Vestnik Saratov State Technical University*. 2010;1(44):258-265. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-issledovanie-i-klassifikatsiya-marshrutov-obshchestvennogo-transporta-s-ispolzovaniem-tehnologii-logisticheskoy> Ссылка активна на: 02.03.2020.

Сведения об авторе:

Трегубов Владимир Николаевич, д.э.н., доцент;
eLibrary SPIN: 5528-8060; ORCID: 0000-0002-7793-3605;
Scopus Author ID: 57207912473;
E-mail: tregubovvn@outlook.com

Information about author:

Vladimir N. Tregubov, Doctor of Economics, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 5528-8060; ORCID: 0000-0002-7793-3605;
Scopus Author ID: 57207912473;
E-mail: tregubovvn@outlook.com

Цитировать:

Трегубов В.Н. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 20–33. doi: 10.17816/transsyst20206220-33

To cite this article:

Tregubov VN. Mobile Data Usage in Urban Transport Research. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):20-33. doi: 10.17816/transsyst20206220-33

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.078.13

DOI 10.17816/transsyst20206234-46

© **Е. С. Сиверцева, Ю. А. Чибизова**

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

НАЛОГОВЫЙ МОНИТОРИНГ – ЭФФЕКТИВНАЯ СРЕДА СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ ОАО «РЖД»

В данной статье раскрывается совершенствование системы внутреннего контроля организации посредством налогового мониторинга, проводимого в ОАО «РЖД» с предоставлением сотрудникам налоговой службы прямого доступа к информационным системам компании в режиме реального времени.

Ключевые слова: налоговый контроль, налоговый мониторинг, процесс управления

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© **E. S. Sivertceva, J. A. Chibizova**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

TAX MONITORING – AN EFFECTIVE ENVIRONMENT FOR THE INTERNAL CONTROL SYSTEM OF RUSSIAN RAILWAYS

This article describes how to improve the organization's internal control system by means of tax monitoring carried out in JSC "Russian Railways" with direct access to the company's information systems in real time for tax officers.

Keywords: tax control, tax monitoring, management process

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития экономики основа государственного управления в сфере налогообложения определяется налоговым контролем, который выступает в качестве самостоятельного правового института. Оценка объемов налоговых поступлений в бюджет государства в той или иной степени осуществляется при помощи различных форм налогового контроля.

Из анализа научной литературы [1–3], объекты налогового контроля определяются, как движение денежных средств, в процессе аккумуляции публичных денежных фондов, а также трудовые, материальные, и иные ресурсы налогоплательщиков. Налоговый контроль является элементом финансового контроля и одним из видов государственного контроля, что требует его постоянного совершенствования.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях технического прогресса происходит стремительное развитие всех сфер жизни, и зачастую прежних способов и методов контроля недостаточно. В связи с этим важно разрабатывать новые формы и методы, которые позволяют в полной мере осуществлять его функции [4].

УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ НАЛОГОВОГО МОНИТОРИНГА В ОРГАНИЗАЦИИ

В целях установления единой системы внутреннего контроля как комплексной системы контрольных мероприятий по идентификации и управлению рисками искажения бухгалтерской (финансовой), налоговой отчетности, а также отчетности ОАО «РЖД» согласно международным стандартам компанией в 2008г разработана организационная концепция. Основная цель концепции обеспечение контроля соответствия финансово-хозяйственной деятельности ОАО «РЖД» требованиям законодательства РФ и внутренним документам ОАО «РЖД» [5].

С 1 января 2016 года в России появилась новая форма налогового контроля – налоговый мониторинг.

Налоговый мониторинг – новая форма налогового контроля над крупнейшими налогоплательщиками, заменяющая традиционные налоговые проверки.

Налоговый мониторинг является одной из форм налогового контроля и предполагает информационное взаимодействие налоговых органов и налогоплательщиков. Иными словами, организации добровольно предоставляют доступ налоговым органам к данным налогового и бухгалтерского учета, чтобы впоследствии получить мотивированное мнение налоговых экспертов, с целью предотвращения налоговых последствий по совершаемым сделкам [4]. Но при этом в случае обнаружения ошибки налоговые органы обязаны сообщить об этом организации.

Применять налоговый мониторинг могут далеко не все, эта возможность предоставлена крупнейшим предприятиям, которые соответствуют критериям, указанным в п. 3 ст. 105.26 НК РФ [6].

Условия, при которых возможно проведение налогового мониторинга представлены на Рис. 1.

Размер налогов	Объем доходов	Стоимость активов
Совокупная сумма налога на добавленную стоимость, акцизов, налога на прибыль организаций и налога на добычу полезных ископаемых, без учета налогов, подлежащих уплате в связи с перемещением товаров через таможенную границу Таможенного союза, составляет не менее 300 миллионов рублей.	Суммарный объем полученных доходов по данным годовой бухгалтерской (финансовой) отчетности организации составляет не менее 3 миллиардов рублей.	Совокупная стоимость активов по данным бухгалтерской (финансовой) отчетности организации на 31 декабря календарного года составляет не менее 3 миллиардов рублей.

Рис. 1. Условия проведения налогового мониторинга [4]

По данным ФНС РФ, в прошлом году эту новую форму налогового контроля применили около 44 российских компаний, половина из которых представлена нефтегазовым сектором.

Основной задачей налогового мониторинга является сбор объективной информации о текущей деятельности налогоплательщиков, в том числе и контроль над налоговыми поступлениями. Также к ключевым задачам можно отнести четкое определение правильности исчисления налогов и сборов в реальном времени, не тратя время на выездные и камеральные налоговые проверки [7].

Законодательно существует два способа порядка раскрытия информации налоговому органу, которые налогоплательщик может выбрать самостоятельно, либо совместить их.

1. Предоставление документов в электронной форме: передача документов (информации) по телекоммуникационным каналам связи через оператора ЭДО.

В данном случае организация должна указать:

- формат предоставляемых документов (если формат не входит в список ФНС России, организация должна обеспечить налоговый орган соответствующим средством визуализации);
- структуру данных и способ их идентификации по названию файла;
- способ защиты передаваемой информации, и способ подтверждения целостности (объема) данных;

- указать иные аспекты порядка представления данных.

2. Предоставление доступа к информационным системам (ресурсам) компании (доступ к системе онлайн или доступ к копии базы данных – «витрина»)

В данном случае организация должна указать:

- используемые информационные системы и порядок актуализации и синхронизации данных, порядок информирования об изменении версии систем, предоставить инструкции пользователя;
- возможности программного продукта в части составления аналитических выборок налогового учета и бухгалтерского учета, формирования выгрузок в электронных форматах;
- подробный перечень функциональных возможностей информационной системы, доступных для налогового органа;
- технические параметры доступа (возможность копирования данных, время доступа, политика смены паролей и пр.);
- порядок обновления информации (для копий баз данных);
- В обоих случаях организация должна.
- представить следующий перечень документов: бухгалтерская отчетность, оборотно-сальдовая ведомость, регистры бухгалтерского учёта, расширенные выписки по счетам бухгалтерского учёта, аналитические регистры налогового учёта и расчёт налоговой базы, первичные документы, расшифровки по формированию строк налоговых деклараций, а также учётная политика для целей бухгалтерского и налогового учётов за год проведения налогового мониторинга;
- раскрыть сроки предоставления документов (предоставления доступа к копии базы данных);
- раскрыть порядок информирования налоговых органов об изменении данных, а также порядок отражения последствий таких изменений (корректировок).

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ И РИСКИ ПЕРЕХОДА НА НОВУЮ СРЕДУ КОНТРОЛЯ

В создании систем, обеспечивающих взаимодействие с налоговыми органами, есть ряд проблем.

1. Отсутствие стандартизированного подхода к витрине данных. В регламенте информационного взаимодействия между регулятором и налогоплательщиком определяются требования, но сегодня компании имеют возможность договориться об удобном для них подходе к созданию такой витрины. С технологической точки зрения кто-то использует хранилища данных, кто-то создает продвинутые системы с анализом

данных «на лету». И в итоге отличается и визуальное отображение этих данных – то, как они выглядят, и уровни детализации (уровни вложенности).

2. Отсутствие у компаний должного уровня автоматизации процессов. В системе внутреннего налогового контроля (требования к СВК определены ФНС) есть уровни зрелости. Они в основном связаны с регламентированием контроля внутри компании, автоматизацией различных бизнес-процессов. Но и сама автоматизация выполнения контроля в компаниях может быть разной: кто-то уже использует машинное обучение, а для кого-то автоматизация – это использование, например, Excel/XML.

3. Отсутствие единых требований к сертификации систем налогового мониторинга. Данная проблема на сегодняшний день весьма актуальна, и у компаний, которые уже инвестировали в проект, есть опасения потерять инвестиции, в случае если появится ограниченный набор сертифицированных решений, под который их система не подходит [8].

Преимущества	Недостатки
1. Освобождение от камеральных и выездных налоговых проверок (за некоторым исключением). 2. Получение мотивированного мнения по совершенным и планируемым сделкам. 3. «Быстрое закрытие» налоговых периодов – до 1 октября следующего года (не нужно ждать завершения выездной налоговой проверки). 4. Исключение налоговых рисков (отсутствие пеней и штрафов) и существенное повышение уровня определённости во взаимоотношениях с налоговыми органами. 5. Минимизация персональной ответственности должностных лиц, в т.ч. работающих с гос. деньгами.	1. Полное раскрытие информации государственным органам. Риски увеличения налоговых платежей и др. риски. 2. Постоянный налоговый контроль. 3. Высокие требования к системе внутреннего контроля и автоматизации. Необходимость изменения или внедрения новых ИТ-систем. Большие затраты на внедрение 4. Необходимость постоянной актуализации системы управления рисками и внутреннего контроля.

Рис. 2. Преимущества и недостатки налогового мониторинга

Переход на налоговый мониторинг имеет ряд преимуществ и недостатков (Рис. 2) и предъявляет повышенные требования к налоговой функции компании (Рис. 3).

Данные	Контроли	IT-системы	Риски
- Расширенный информационный обмен – данные передаются чаще и в большем объеме - Повышенные требования к качеству данных и скорости их подготовки	- Необходимость раскрытия информации о системе внутреннего налогового контроля (СВК) - СВК должна соответствовать строгим требованиям ФНС России	- Организация электронного обмена документами и информацией с налоговым органом - Предоставление налоговому органу удаленного доступа к учетным системам	- Необходимость раскрытия налоговому органу информации о спорных вопросах налогообложения - Повышение требований к прозрачности для налоговых органов

Рис. 3. Требования к налоговой функции компании

Переход на налоговый мониторинг является новым прогрессивным этапом взаимоотношений ОАО "РЖД" и налоговых органов, открывает новые перспективы осуществления налогового планирования в транспортной организации [9]. Компания одна из единственных в России, которая является налогоплательщиком такого масштаба, получившего решение о проведении налогового мониторинга.

В целом любой процесс управления предполагает прием, фиксацию, обработку, хранение и интерпретацию информации, поэтому особую важность приобретает не только процесс построения информационно-аналитического пространства на предприятии, но и определение его значимости для принятия управленческих решений и развития компании [10].

ОАО «Российские железные дороги» находится на седьмом месте по объему налоговых платежей среди крупнейших налогоплательщиков [11]. За 2017 год компания перечислила в бюджеты 78 субъектов РФ 311 млрд. руб., что больше на 8 % по сравнению с предыдущим годом. За 2017 год представлено свыше 4 тыс. налоговых деклараций и авансовых расчетов, направлено 19 тыс. ответов на требования налогового органа. Для ведения учета и подготовки отчетности в компании задействованы 13 тыс. сотрудников, в том числе 2,3 тыс. налоговых специалистов [12].

Прежде чем ОАО «РЖД» перейти на налоговый мониторинг была осуществлена подготовка и осуществлены следующие мероприятия, которые представлены в Табл. 1.

Таблица. План мероприятий по подготовке ОАО «РЖД» к проведению налогового мониторинга

Дата	Мероприятие
22 марта 2017	Правление ОАО «РЖД» приняло решение о переходе на налоговый контроль в форме налогового мониторинга
24 июля 2017	Согласован «План перехода ОАО «РЖД» на режим налогового мониторинга»
1 ноября 2017	Презентация информации о способе информационного взаимодействия с налоговым органом в рамках налогового мониторинга (Глава I Регламента)
14 декабря 2017	Презентация описания порядка ведения бухгалтерского и налогового учета и формирования отчетности (Глава II Регламента)
26 декабря 2017	Проведение демонстрации прототипа рабочего места налогового органа в информационных системах ОАО «РЖД»
28 марта 2018	Презентация описания системы внутреннего контроля ОАО «РЖД» (Глава III Регламента)
23-26 апреля 2018	Проведение обучения сотрудников налоговых органов работе в информационных системах ОАО «РЖД»
28-29 мая 2018	Проведение итоговой встречи по презентации Регламента
27 июня 2018	Подача Заявления на проведение налогового мониторинга

С первого января 2019 года компания ОАО «РЖД» перешла на налоговый мониторинг. За счет прямого доступа ФНС к информационным системам ОАО «РЖД», компания сможет сократить трудозатраты на сопровождение мероприятий налогового контроля, перераспределить освободившиеся ресурсы на решение методологических и аналитических вопросов, а также сможет повысить уровень определённости во взаимоотношениях с налоговыми органами.

На Рис. 4 представлено сравнение текущего налогового контроля ОАО «РЖД» и налогового мониторинга.

За 2018 год ОАО «РЖД» направило свыше 10 000 налоговых деклараций, получило свыше 16 000 требований о предоставлении документов, представило свыше 19 000 ответов на требования, получила 820 актов по результатам налоговых проверок.

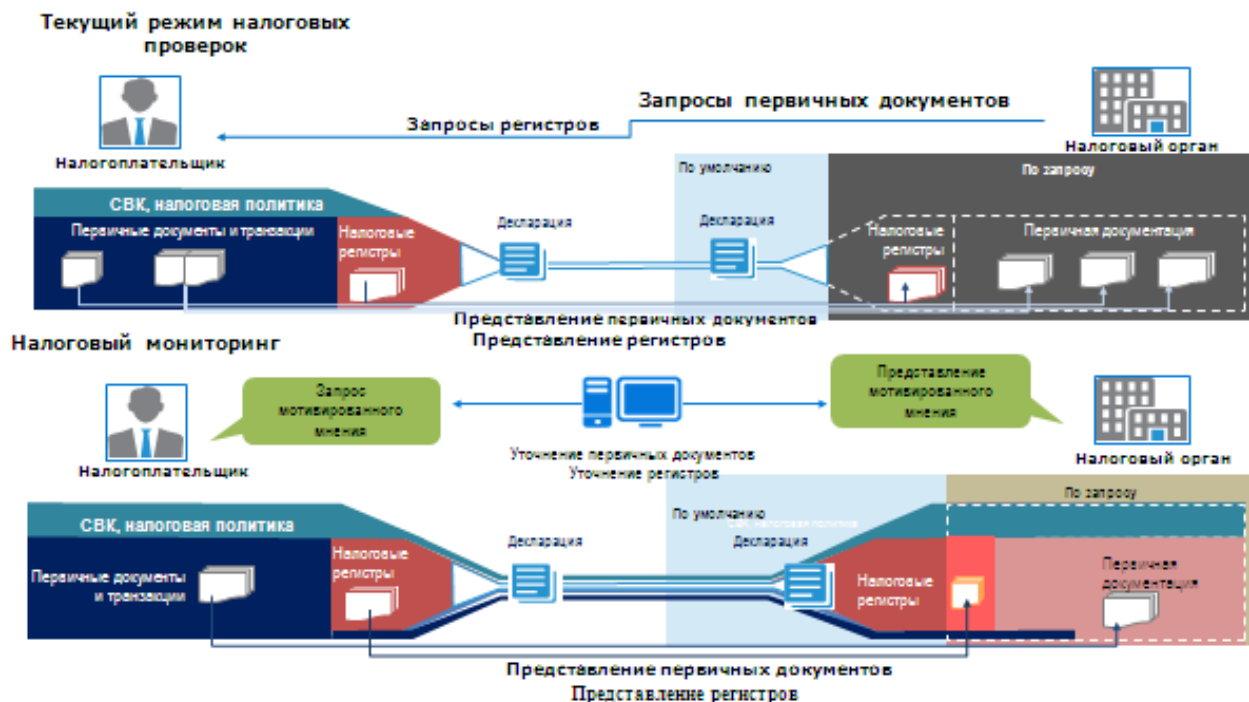


Рис. 4. Сравнение текущего режима налоговых проверок и налогового мониторинга

На Рис. 5 и 6 представлен объем деклараций и авансовых расчетов, а также объем работы с требованиями налоговых органов.

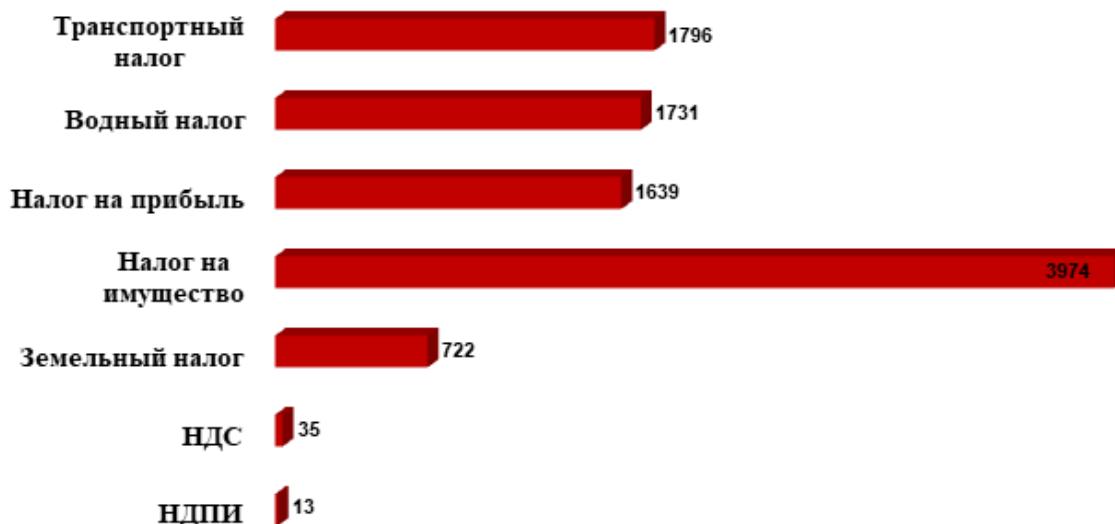


Рис. 5. Декларации и авансовые расчеты, представленные в 2018 г.



Рис. 6. Объем работы с требованиями налоговых органов в 2018 г. [13]

Переходя на налоговый мониторинг, компания ставит перед собой такие цели как:

- сокращение трудозатрат, связанных с администрированием мероприятий налогового контроля;
- эффективное управление налоговыми рисками;

Это достигаться будет посредством предоставления прямого доступа к информационным системам ОАО «РЖД» в режиме реального времени и использования механизма мотивированного мнения для формирования методологических позиций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент существует ряд перспективных направлений работ в области налогового мониторинга:

1. Формирование стандартного файла налогового аудита (Standard audit file for tax - SAF-T);
2. Подготовка дочерних обществ к переходу на налоговый мониторинг;
3. Развитие автоматизации системы управления рисками и системы внутреннего контроля;
4. Расширение использования внутреннего и внешнего электронного документооборота.

Также переход на налоговый мониторинг будут осуществлять и дочерние общества ОАО «РЖД». Этапы перехода представлены на Рис. 7.



Рис. 7. Этапы перехода дочерних обществ ОАО «РЖД» [14]

Таким образом, выстраивание взаимоотношений налоговых органов и налогоплательщиков на базе налогового мониторинга – инициатива, способная качественно повысить эффективность налогового администрирования и в целом содействовать созданию благоприятной налоговой среды.

По окончании перехода на налоговый мониторинг компания ожидает:

- сокращение трудозатрат на сопровождение мероприятий налогового контроля;
- перераспределение освободившихся ресурсов на решение методологических и аналитических вопросов;
- определенность в вопросах налогообложения.

По мнению экономистов И.М. Гулого и Н.В. Сакс «в качестве рекомендаций по повышению экономической устойчивости предлагается использование преимуществ и наращивание эффекта от применения цифровых технологий в деятельности Российских железных дорог» [15].

Организация и управление подобного рода программами – сложный процесс, предъявляющий повышенные требования к налоговой функции организации, открывающий новые перспективы для налогового планирования и определяющий соответствие строгим требованиям ФНС России.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Журавлева Н.А. Влияние налоговой системы на активизацию инновационных процессов в экономике // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2013. – № 5. – С. 67–84. [Zhuravleva NA. Influence of Tax System on Activization of Innovative Processes in Economy. *ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika*. 2013;(5);67-84. (In Russ.)].
2. Безруков Г.Г., Казак А.Ю., Привалова С.Г. Налоговый контроль в условиях реформирования экономики. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2003. 259 с. [Bezrukov GG, Kazak AYu, Privalova SG. Nalogovyy kontrol' v usloviyah reformirovaniya ekonomiki. Ekaterinburg: AMB; 2003. 259 pp. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23505727>. Ссылка активна на 20.12.2019.
3. Безруков Г.Г., Казак А.Ю., Привалова С.Г. Учет и контроль налоговых органов: учеб. пособие. Министерство образования и науки Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Свердловской области, Урал. гос. с.-х. акад. Екатеринбург, 2009. [Bezrukov GG, Kazak AYu, Privalova SG. Uchet i kontrol' nalogovyh organov: ucheb. posobie. 2009. 124 с. (In Russ.)].
4. Гнатышина Е.И., Лебедева Е.С., Никитина Е.О. Налоговый мониторинг как инновационный способ контроля // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2017. – Т. 9. – № 5. [Gnatyshina EI, Lebedeva ES, Nikitina EO. Tax monitoring as an innovative way of control. *Internet-zhurnal "NAUKOVEDENIE"* 2017;9(5). (In Russ.)]. Доступно по: <https://naukovedenie.ru/PDF/70EVN517.pdf>. Ссылка активна на 20.12.2019.
5. Концепция формирования системы бухгалтерского внутреннего контроля в ОАО «РЖД» от 05 сентября 2008 г. № 37. [Konceptsiya formirovaniya sistemy buhgalterskogo vnutrennego kontrolya v ОАО "RZHD" ot 05 sentyabrya 2008 g. № 37. (In Russ.)]. Доступно по: <https://jd-doc.ru/2008/sentyabr-2008/8315-kontseptsiya-oao-rzhd-ot-05-09-2008-n-37>. Ссылка активна на 29.12.2019.
6. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 N 146-ФЗ (ред. от 29.09.2019, с изм. от 31.10.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 29.10.2019). [Nalogovyy kodeks Rossijskoj Federacii (chast' pervaya) ot 31.07.1998 N 146-FZ (red. ot 29.09.2019, s izm. ot 31.10.2019) (In Russ.)]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/. Дата обращения: 24.11.2019.
7. Наркевич Н.В. Налоговый мониторинг как форма налогового контроля // Молодой ученый. – 2016. – № 12. – С. 631–634. [Narkevich NV. Nalogovyy monitoring kak forma nalogovogo kontrolya. *Molodoj uchenyj*. 2016;(12);631-634. (In Russ.)]. Доступно по: <https://moluch.ru/archive/116/31780/>. Ссылка активна на 24.11.2019.
8. Подводные камни налогового мониторинга // РЖД-Партнер. [Podvodnye kamni nalogovogo monitoringa. *RZD-Partner* (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.rzd->

- partner.ru/other/interview/podvodnye-kamni-nalogovogo-monitoringa/. Ссылка активна на 24.11.2019.
9. Лякина М.А., Охотникова М.П. Налоговая нагрузка как инструмент налогового планирования транспортной организации // Журнал экономических исследований. – 2019. – Т. 5. – № 4. – С. 141–145. [Lyakina MA, Okhotnikova MP. Tax burden as a tax planning instrument of the transport organization. *Journal of Economic Studies*. 2019;5(4);141-145. (In Russ.)].
 10. Сиверцева Е.С., Колосовская П.К. Проблемы формирования и использования информационно-аналитического пространства для повышения эффективности функционирования железнодорожного транспорта // В сборнике: Развитие экономической науки на транспорте: проблема оптимизации бизнеса сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. / Под редакцией Журавлевой Н.А. – СПб: ПГУПС, 2016. – С. 440-445. [Sivertseva ES, Kolosovskaya PK. Problems of the formation and use of information and analytical space to increase the efficiency of the functioning of railway transport. In the development of economic science in transport: the problem of business optimization collection of scientific articles of the V International scientific and practical conference. Zhuravleva NA, editor. St. Petersburg: PGUPS; 2016. pp. 440-445. (In Russ.)].
 11. Исследование РБК: крупнейшие налогоплательщики России. [Issledovanie RBK: krupnejshie nalogoplatel'shchiki Rossii. (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.rbc.ru/economics/15/08/2017/597724fd9a794714c9ac187c/>. Ссылка активна на 24.11.2019.
 12. Раскрытие в обмен на отказ от проверок. РЖД присоединилась к налоговому мониторингу. [Raskrytie v obmen na otkaz ot proverok. RZHD prisoedinilas' k nalogovomu monitoringu (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.kommersant.ru/doc/3689382>. Ссылка активна на 24.11.2019.
 13. Федеральная служба государственной статистики. [Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki]. Доступно по: <http://www.gks.ru/>. Ссылка активна на 29.12.2019
 14. Официальный сайт ОАО «РЖД». [The official website of Russian Railways.]. Доступно по: <http://www.rzd.ru/static/public/>. Ссылка активна на 29.12.2019.
 15. Гулый И.М., Сакс Н.В. Устойчивое развитие железнодорожного транспорта: тенденции, перспективы, новые проекты // Экономические науки. – 2019. – № 172. – С. 27–32. [Guly IM, Saks NV. Sustainable development of railway transport: trends, prospects, new projects. 2019;172;27-32. (In Russ.)]. doi: 10.14451/1.172.27

Сведения об авторах:

Сиверцева Елена Сергеевна, старший преподаватель;
адрес: 190131, СПб, Московский пр., д. 9;
eLibrary SPIN: 2917-1809; ORCID 0000-0002-2087-0260;
E-mail: sivlen@mail.ru

Чибизова Юлия Андреевна, студент;
eLibrary SPIN: 5621-6809; ORCID: 0000-0001-7095-0034;
E-mail: chibizowa98@mail.ru

Information about the authors:**Elena S. Sivertceva**, senior lecturer;

eLibrary SPIN:2917-1809; ORCID 0000-0002-2087-0260

E-mail: sivlen@mail.ru

Julia A. Chibizova, student;

eLibrary SPIN: 5621-6809; ORCID: 0000-0001-7095-0034;

E-mail: chibizowa98@mail.ru

Цитировать:

Сиверцева Е.С., Чибизова Ю.А. Налоговый мониторинг – эффективная среда системы внутреннего контроля ОАО «РЖД» // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 34–46. doi: 10.17816/transsyst20206234-46

To cite this article:

Sivertceva ES, Chibizova JA. Tax Monitoring – an effective environment for the Internal Control System of Russian Railways. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):34-46. doi: 10.17816/transsyst20206234-46

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Электротехника

УДК [UDC] 629.439:621.318.38:537.82

DOI10.17816/transsyst20206247-60

© К. К. Ким, В. В. Вешкин, И. Р. Крон

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЛЕВИТАЦИОННОГО ПОЛОТНА

Обоснование: при создании транспортных систем с магнитным подвесом важное значение играет вопрос уменьшения металлоемкости левитационного полотна.

Цель: разработать обоснованные рекомендации по выбору геометрических размеров левитационного полотна.

Методы: использовались основные положения теории электромагнитного поля и аспекты теории Фурье.

Результаты: обоснованы оптимальные значения ширины и толщины левитационного полотна.

Заключение: при выборе ширины полотна следует руководствоваться соображениями, связанными с расходом материала и с появлением боковых электромагнитных сил, величина которых тем значительнее, чем больше отношение поперечного смещения соленоида возбуждения к ширине полотна. С точки зрения электродинамики величину порядка нескольких сантиметров можно рассматривать как верхний предел толщины полотна.

Ключевые слова: левитационное полотно, сверхпроводящий соленоид, подъемная сила, тормозная сила, краевые эффекты, левитационное качество.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field –Electrical Engineering

© К. К. Kim, V.V. Veshkin, I. R. Kron

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

(St. Petersburg, Russia)

CALCULATION OF GEOMETRIC DIMENSIONS OF THE LEVITATION TRACK

Background: The problem to reduce the metal content of the levitation track is important when we create the transport systems with magnetic suspension.

Aim is develop the reasonable recommendations to choose the geometric dimensions of the levitation track.

Methods: we used the main provisions of the electromagnetic field theory and the aspects of the Fourier theory.

Results: the optimal values of the width and thickness of the levitation track are justified.

Conclusion: when we choose the width of the track we should be guided by considerations related to material consumption and the appearance of the side electromagnetic forces. The values of these forces are bigger the greater the ratio of the transverse displacement of the excitation solenoid to the track width. From the point of view of electrodynamics the value of the order of several centimeters we can consider as the upper limit of the track thickness.

Keywords: levitation track, superconducting solenoid, levitation force, drag force, edge effects, levitation quality.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время среди потенциально возможных решений проблемы высокоскоростного наземного транспорта (ВСНТ) являются системы, в которых подвижной состав (экипаж) движется в трубе с разреженной атмосферой, что обеспечивает низкое значение аэродинамического сопротивления и независимость от внешних условий. Высокие скорости (600 км/ч и выше), развиваемые транспортом такого рода, требуют инженерного решения ряда вопросов, например, вопроса замены традиционной пары «колесо-рельс», которая не справляется со своими обязанностями при таких скоростях. Наиболее достойной заменой являются системы магнитной левитации [1].

В настоящей работе рассматривается система магнитной левитации отталкивания (электродинамического типа). Принцип последней, как известно, основан на использовании электромагнитных сил, образующихся при взаимодействии магнитного поля движущихся сверхпроводящих соленоидов, расположенных на экипаже, с вихревыми токами, индуцированными им в электропроводящей структуре, находящейся на путевом полотне. Возможны два варианта выполнения данной электропроводящей структуры: в виде сплошным полотном либо в виде периодической дискретной катушечной структуры [2].

В данной работе рассматривается вариант со сплошной полосой, здесь основной задачей является рациональный выбор поперечных размеров полотна, что связано с уменьшением металлоемкости последнего. В работе будет обсужден вопрос об условиях этого выбора, исходя из требований электродинамики системы левитации.

I. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Для решения указанной задачи необходимо рассмотреть электромагнитные силы в системы с учетом краевых эффектов. При этом достаточно ограничиться случаем, когда источник содержит один соленоид (его будет имитировать прямоугольная рамка с током). Рассмотрим модель, представленную на Рис. 1. Здесь обозначены: d – ширина и толщина полотна, μ и σ – магнитная проницаемость и проводимость полотна ($\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1}$), $2a$ и $2b$ – размеры рамки с током I , h – высота подвеса. Токсовая рамка движется параллельно потоку в направлении x со скоростью v . Координатная система xyz связана с рамкой. Аналогичная модель, но при полотне бесконечных размеров рассматривалась в [3].

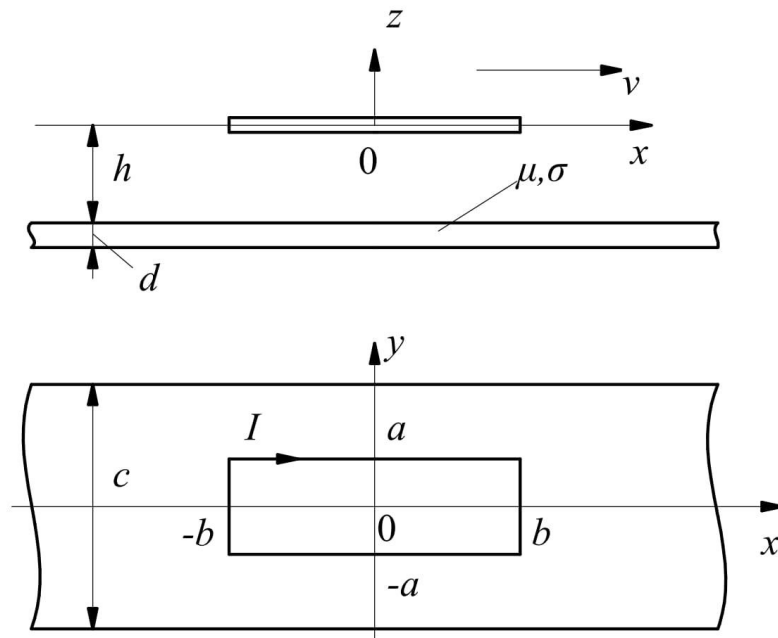


Рис. 1. Схема системы магнитной левитации

Электромагнитные процессы в полотне описываются уравнением диффузии магнитного поля

$$\Delta \mathbf{B} = \mu \sigma \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}. \quad (1)$$

Здесь $\mathbf{B} = \mathbf{e}_x B_x + \mathbf{e}_y B_y + \mathbf{e}_z B_z$, $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$, $\mathbf{e}_z$ – орты, Δ – трехмерный лапласиан. Во всем остальном пространстве имеет силу уравнение Лапласа. В системе координат xyz (они неподвижны относительно токовой рамки) уравнение (1) получает вид:

$$\Delta \mathbf{B} = \mu \sigma v \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial x}. \quad (2)$$

Переход от уравнения (1) к (2) строго справедлив при постоянной скорости токовой рамки. Однако он допустим и в условиях переменной скорости, если при этом не возникают (либо они незначительны) переходные электромагнитные процессы.

Как можно видеть из приводимых ниже рис. 5 и 6 система левитации при высоких скоростях источника отличается высокой инерционностью в электромагнитном отношении.

Заменим источник слоем тока с полностью $\mathbf{J}(x, y)$, равной

$$\mathbf{J}(x, y) = \mathbf{e}_x J_x(x, y) + \mathbf{e}_y J_y(x, y). \quad (3)$$

Полагаем, что указанный слой совпадает с проекцией полотна на плоскость xu . В соответствии с геометрией рассматриваемой модели можем записать

$$J_x(x, y) = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \sin \frac{\pi n}{c} y \int_{-\infty}^{\infty} J_x(k_x, n) e^{ik_x x} dk_x, \quad (4)$$

$$J_y(x, y) = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \cos \frac{\pi n}{c} y \int_{-\infty}^{\infty} J_y(k_x, n) e^{ik_x x} dk_x. \quad (5)$$

Здесь k_x – волновой вектор в направлении x ,

$$J_x(k_x, n) = \frac{8I}{ck_x} \sin \frac{\pi n}{c} a \sin k_x b, \quad (6)$$

$$J_y(k_x, n) = i \frac{8I}{\pi n} \sin \frac{\pi n}{c} a \sin k_x b. \quad (7)$$

Таким образом, задача о магнитном поле в рассматриваемой системе сводится к решению уравнений (2) и Лапласа при источнике, определяемом соотношениями (3)–(7). Эти решения должны удовлетворять условиям стыковки поля на границах областей, условиям бесконечности

$$j_y|_{y=\pm c/2} = 0,$$

где j_y – y -компонента плотности тока в полотне.

В силу линейности задачи искомые решения не должны отличаться по структуре от соотношений (4) и (5). Имея в виду это, можно рассчитать вихревое поле во всех областях рассматриваемой системы, но для дальнейшего достаточно знать это поле только в плоскости токовой рамки. Оно дается соотношениями

$$B_x = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \cos \frac{\pi n}{c} y \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_x e^{ik_x x} dk_x, \quad (8)$$

$$B_y = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \sin \frac{\pi n}{c} y \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_y e^{ik_x x} dk_x, \quad \varphi_y = i \frac{\pi n}{ck_x} \varphi_x, \quad (9)$$

$$B_z = \frac{1}{2\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \cos \frac{\pi n}{c} y \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_z e^{ik_x x} dk_x, \quad \varphi_z = i \frac{k}{k_x} \varphi_x, \quad (10)$$

где

$$\varphi_x = \mu_0 J_y(k_x, n) \left[\frac{1+\beta-(1-\beta)e^{-2\beta kd}}{(1+\beta)^2-(1-\beta)^2 e^{-2\beta kd}} - \frac{1}{2} \right] e^{-2kh},$$

$$\beta = \beta_1 - i\beta_2 = \frac{1}{k} \left[k_x^2 - \left(\frac{\pi n}{c} \right)^2 - i\lambda k_x \right]^{1/2},$$

$$k = \left[k_x^2 + \left(\frac{\pi n}{c} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad \lambda = \mu_0 \sigma v.$$

II. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИЛЫ

Электромагнитные силы, действующие на токовую рамку, образуются за счет взаимодействия вещественной части вихревого поля (8)–(10) с током в рамке [4–8]. Эти силы равны

$$F_x = -\frac{8\mu_0 I^2}{\pi^2} \cdot D, \quad F_z = -\frac{8\mu_0 I^2}{\pi^2} \cdot L. \quad (11)$$

Здесь $8\mu_0 I^2 / \pi^2$ – нормирующий множитель, D и L – безразмерные силы торможения и левитации соответственно. Последние рассчитываются по формулам

$$D = \frac{2c}{\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \frac{1}{n^2} \sin^2 \frac{\pi n}{c} a \int_0^{\infty} \frac{k}{k_x} Z_x e^{-2kh} \sin^2 k_x b dk_x, \quad (12)$$

$$L = \frac{2c}{\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \sin^2 \frac{\pi n}{c} a \int_0^{\infty} \left[\frac{1}{n^2} + \frac{1}{\left(\frac{ck_x}{\pi} \right)^2} \right] Z_z e^{-2kh} \sin^2 k_x b dk_x, \quad (13)$$

где

$$Z_x = \frac{\beta_1 \beta_2 [(1+\beta_1)+(1-\beta_1)e^{-4\beta_1 kd} + 2(\beta_1 \sin 2\beta_2 kd - \cos 2\beta_2 kd)e^{-2\beta_1 kd}]}{\beta_1^2 [(1+\beta_1)^2 + (1-\beta_1)^2 e^{-4\beta_1 kd}] - 2\beta_2^2 [2\beta_2 \sin 2\beta_2 kd - (1-\beta_2^2) \cos 2\beta_2 kd] e^{-2\beta_1 kd}}, \quad (14)$$

$$Z_z = 1 - \frac{\beta_1 [(1+\beta_1)^2 - (1-\beta_1)^2 e^{-4\beta_1 kd}] + 2\beta_2 [(1-\beta_2^2) \sin 2\beta_2 kd + 2\beta_2 \cos 2\beta_2 kd] e^{-2\beta_1 kd}}{\beta_1^2 [(1+\beta_1)^2 + (1-\beta_1)^2 e^{-4\beta_1 kd}] - 2\beta_2^2 [2\beta_2 \sin 2\beta_2 kd - (1-\beta_2^2) \cos 2\beta_2 kd] e^{-2\beta_1 kd}}. \quad (15)$$

Теперь можно рассмотреть частные случаи.

При бесконечно толстом полотне ($d=\infty$) из (14) и (15) имеем

$$Z_x = \frac{\beta_2}{\beta_1(1+\beta_1)}, \quad Z_z = 1 - \frac{1}{\beta_1}.$$

Если к тому же $\lambda \rightarrow \infty$ (случай идеально проводящего полотна, существенно высокой скорости движения токовой рамки), то $\beta_1, \beta_2 \rightarrow \infty$ и $Z_x=0$, $Z_z=1$. Следовательно, тормозящая сила исчезает (отсутствуют джоулевые потери в полотне), а подъемная сила достигнет верхнего предела.

При бесконечно широком полотне ($c=\infty$) в (12) и (13) можно совершить предельный переход. Так как при этом $\frac{\pi n}{c} \rightarrow k_y$, где k_y – волновой вектор в направлении y , $2 \frac{\pi}{c} \sum \rightarrow \int_0^\infty dk_y$, то из (12) и (13) получим результаты, приведенные в работе [3]

$$D = \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{k}{k_x k_y^2} Z_x e^{-2kh} \sin^2 k_x b \sin^2 k_y dk_x dk_y,$$

$$L = \int_0^\infty \int_0^\infty \left(\frac{1}{k_x^2} + \frac{1}{k_y^2} \right) Z_z e^{-2kh} \sin^2 k_x b \sin^2 k_y a dk_x dk_y.$$

III. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

На Рис. 2–8 представлены результаты расчетов безразмерных сил торможения (D) и левитации (L) по приведенным формулам. Расчеты выполнялись при следующих размерах токовой рамки и параметрах левитационного полотна: $a=0,25$ м, $b=1,5$ м, $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн · м⁻¹, $\sigma = 3,57 \cdot 10^{-7}$ Ом⁻¹ · м⁻¹. Из этих рисунков можно получить представление о силовых характеристиках левитационной системы с учетом краевых эффектов.

В полотне ограниченной ширины нет растекания токов, которое наблюдается в неограниченной плите. Это приводит к увеличению плотности этих токов, следовательно, и электромагнитных сил (Рис. 2, 3). Однако, указанное увеличение тем значительнее, чем меньше высота подвеса соленоида, поскольку с ее уменьшением поле соленоида в полотне растет быстрее, чем за его пределами (в плоскости полотна). При рекомендуемых в литературе значениях высоты электродинамического подвеса с использованием сверхпроводящих соленоидов возбуждения (0,2–0,3 м) краевой эффект, обусловленный ограниченностью ширины полотна, проявляется умеренно и им можно пренебречь, если ширина

полотна удовлетворяет следующему условию $c \geq 2a(1 + 5 \frac{a}{a+h})$. Это следует из Рис. 2 и 3, где пунктирные линии дают значения электромагнитных сил при бесконечно широком полотне.

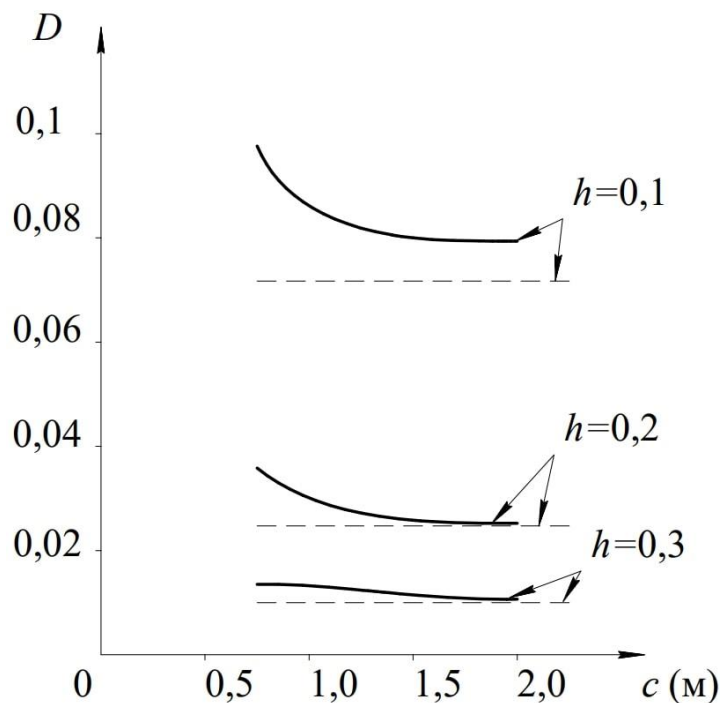


Рис. 2. Зависимость сил торможения D от ширины полотна при различных значениях высоты подвеса h

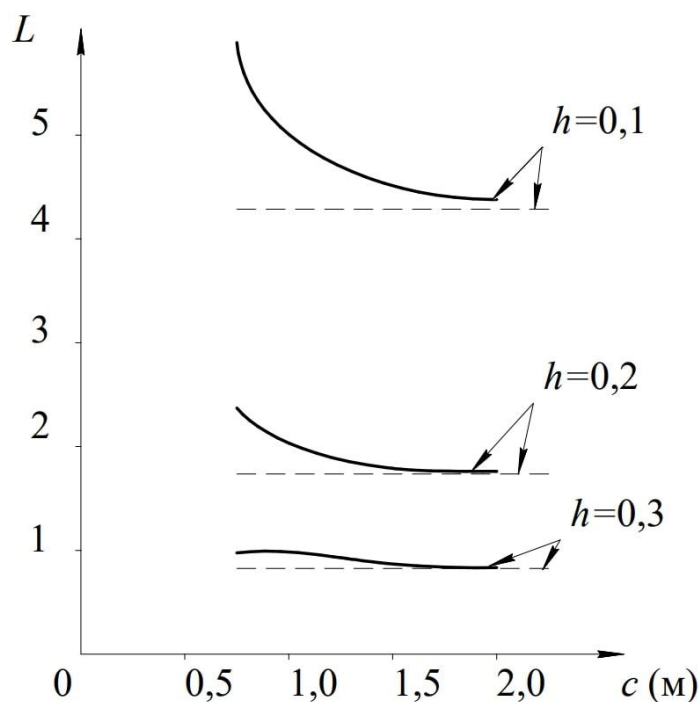


Рис. 3. Зависимость сил левитации L от ширины полотна при различных значениях высоты подвеса h

Критерием совершенства системы подвеса в электромагнитном отношении может служить отношение $F_L/F_D = L/D$, известное под названием левитационного качества [9–15]. Из рис. 4 видно, что эта величина незначительно зависит от ширины полотна и находится на уровне, соответствующем полотну неограниченных размеров (пунктирные линии). Поэтому при выборе ширины полотна следует руководствоваться соображениями, связанные с расходом материала и с появлением боковых электромагнитных сил, величина которых тем значительнее, чем больше отношение поперечного смещения соленоида возбуждения к ширине полотна. Возможно, указанные противоречивые соображения будут согласованы, если ширину полотна оценить по формуле $c = 2a(1 + \frac{a}{a+h})$.

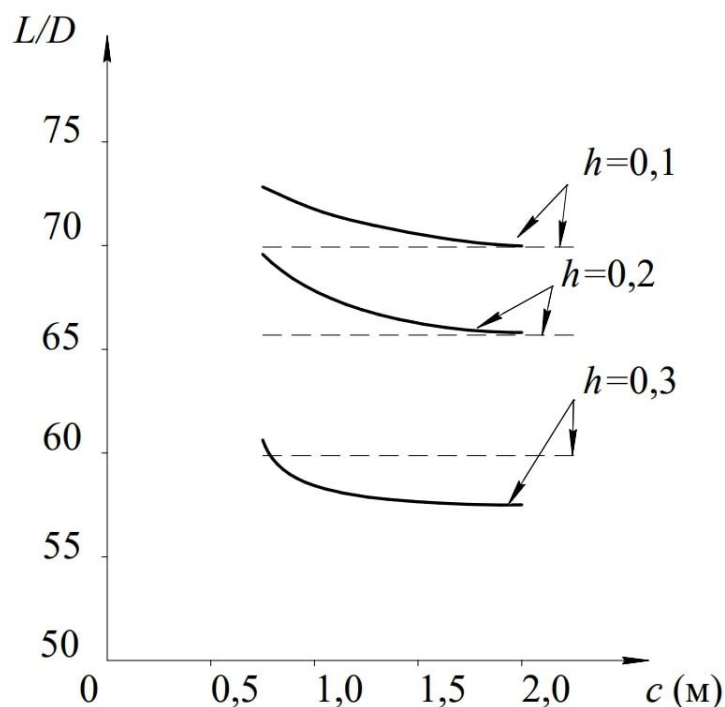


Рис. 4. Зависимость левитационного качества L/D от ширины полотна c при различных значениях высоты подвеса h

С уменьшением толщины полотна растет плотность вихревых токов. В связи с этим с этим увеличиваются джоулевые потери в полотне, следовательно, и тормозная сила (Рис. 5). Однако, из-за скин-эффекта, толщина полотна при высоких скоростях соленоида проявляется в меньшей степени. Поэтому с увеличением скорости соленоида зависимость электромагнитных сил от толщины полотна становится более слабой. Это касается как тормозной, так и подъемной силы (Рис. 6).

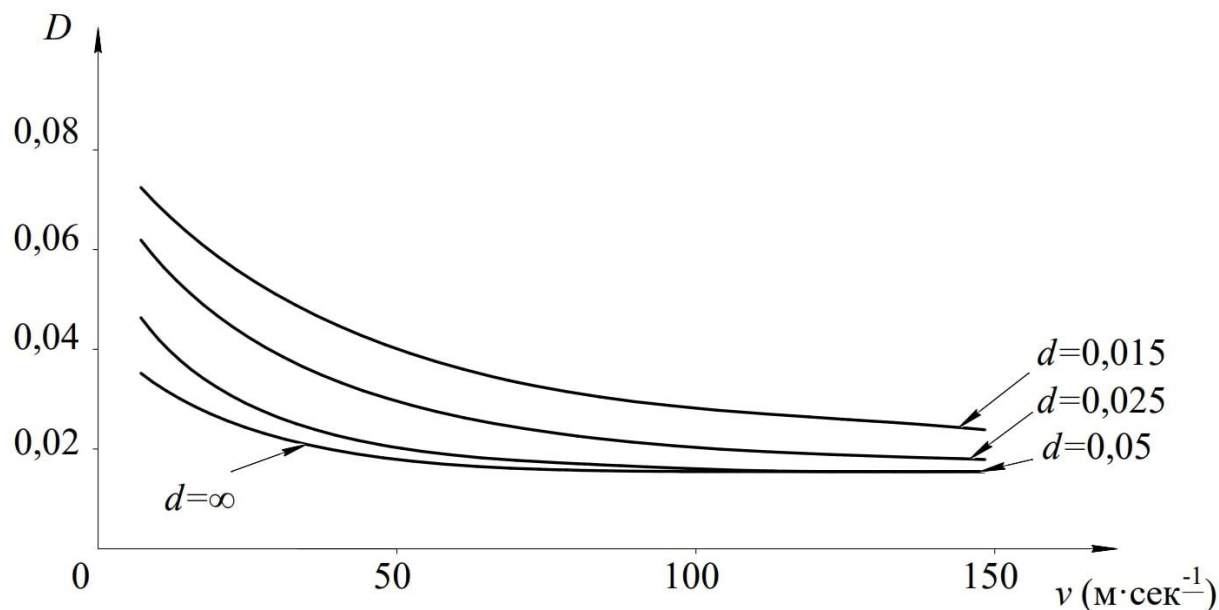


Рис. 5. Зависимость сил торможения D от скорости v при различных значениях толщины полотна d

В тонком полотне плотность вихревых токов (x -компонента) распределяется более равномерно по ширине полотна. Это вызывает ослабление вихревого поля в области, занятой продольными сторонами соленоида, и приводит к соответствующему изменению подъемной силы с уменьшением толщины полотна (Рис. 6).

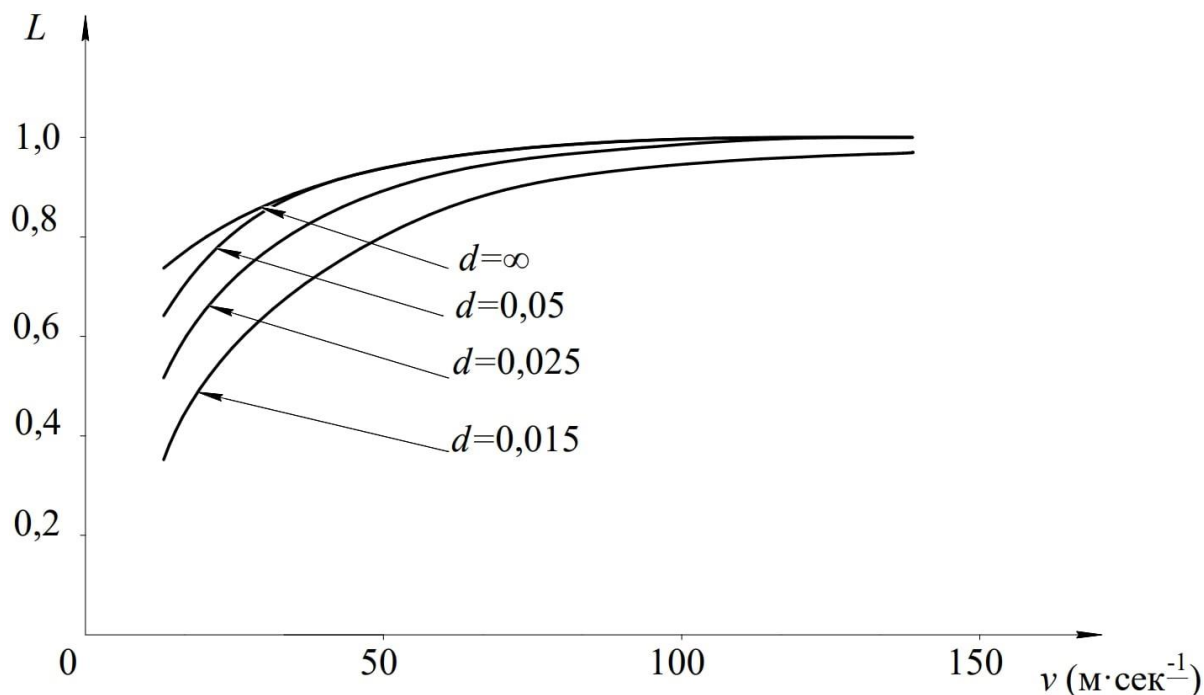


Рис. 6. Зависимость сил левитации L от скорости v при различных значениях толщины полотна d

Левитационное качество заметно зависит от толщины полотна (Рис. 7). Ухудшение этого показателя с уменьшением толщины объясняется ростом джоулевых потерь в полотне (Рис. 5), в то время как подъемная сила приближается к одному уровню. При толщине полотна $\sim 0,05$ м левитационное качество достигает уровня, соответствующего бесконечно толстому полотну. Эти закономерности наблюдаются и при других значениях ширины полотна (Рис. 8). Таким образом, с точки зрения электродинамики величину $\sim 0,05$ м можно рассматривать как верхний предел толщины полотна. Вопрос о конкретном значении толщины полотна, которая будет меньше 0,05 м, должен решаться в соответствии с требованиями, связанными с механической прочностью и жесткостью полотна в условиях импульсивного действия механической и тепловой нагрузки.

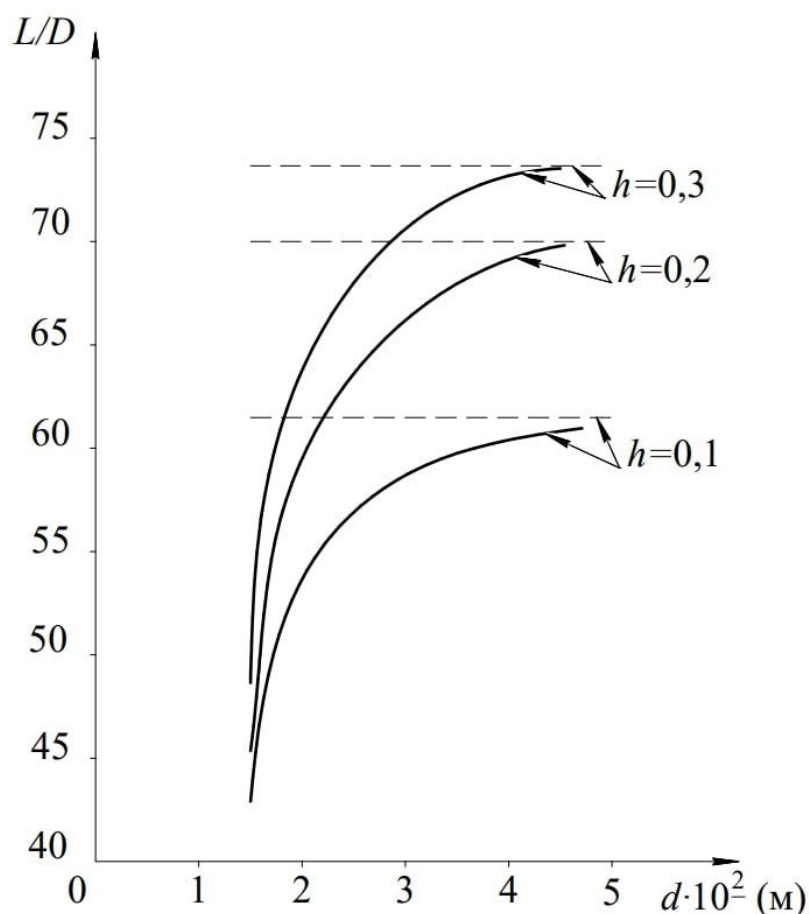


Рис. 7. Зависимость левитационного качества L/D от толщины полотна d при различных значениях высоты подвеса h

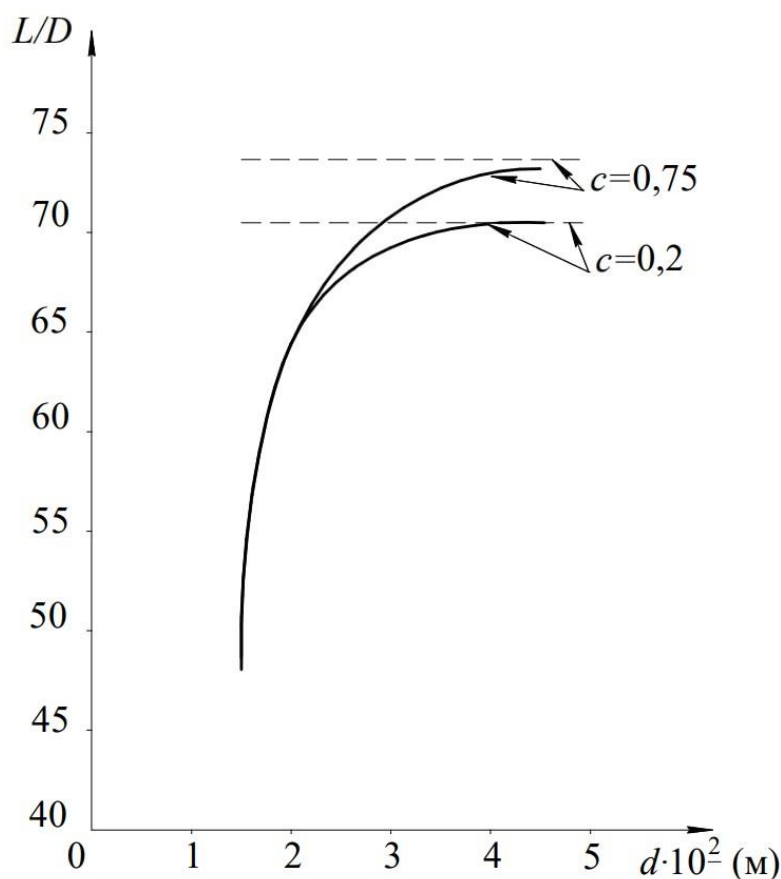


Рис. 8. Зависимость левитационного качества L/D от толщины полотна d при различных значениях ширины полотна c

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выборе ширины левитационного полотна следует руководствоваться соображениями, связанными с минимизацией расхода металла, и с появлением боковых электромагнитных сил дестабилизирующего характера, величина которых тем значительнее, чем больше отношение поперечного смещения соленоида возбуждения к ширине полотна. С точки зрения электродинамики величину порядка нескольких сантиметров можно рассматривать как верхний предел толщины левитационного полотна.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Borcherts RH, Davis LC, Reitz JR, Wilkie DF. Baseline specifications for a magnetically suspended highspeed vehicle. Proc. IEEE. 1973;61(5):569-578. doi: 10.1109/PROC.1973.9113
2. Gutberlet H. The German magnetic transportation program. IEEE Transactions on Magnetics. 1974;10(3):417-420. doi: 10.1109/tmag.1974.1058431
3. Reitz JR, Davis LC. (). Force on a Rectangular Coil Moving above a Conducting Slab. Journal of Applied Physics, 1972;43(4):1547-1553. doi: 10.1063/1.1661359
4. Ким К.К. Системы электродвижения с использованием магнитного подвеса и сверхпроводимости (монография). – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 360 с. – ISBN 978-5-89035-527-0. [Kim KK. *Sistemy elektrodvizheniy s ispol'zovaniyem magnitnogo podvesa i sverkhprovodimosti* (monograph). Moscow: Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte; 2007. 360 p. (In Russ.)].
5. Кузнецов А.А., Мешкова О.Б. Модернизация спектрального оборудования для диагностирования и ремонта подвижного состава // Транспорт Урала. – 2009. – № 2. – С. 86–90. [Kuznetsov AA, Meshkova OB. Spectral equipment retrofit for rolling stock diagnosis and repair. *Transport Urala*. 2009;2:86-90. (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.usurt.ru/transporturala/rus/magazines>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
6. Бахвалов Ю.А., Бочаров В.И., Винокуров В.А., Нагорский В.Д. Транспорт с магнитным подвесом / под ред. В.И. Бочарова. – М.: Машиностроение, 1991. – 320 с. [Bakhvalov YuA, Bocharov VI, Vinokurov VA, Nagorskiy VD. *Transport s magnitnym podvesom*. Bocharov VI, editor. Moscow: Mashinostroyeniye; 1991. 320 p. (In Russ.)]. Доступно по <http://padabum.com/d.php?id=38516>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
7. Бочаров В.И., Салли И.В., Дзензерский В.А. Транспорт на сверхпроводящих магнитах / под ред. Ю.А. Бахвалова. Ростов: Изд-во Ростовского университета, 1988. – 152 с. [Bocharov VI, Salli IV, Dzenzerskiy VA. *Transport na sverkhprovodyashchikh magnitakh*. Bakhvalov YuA, editor. Rostov: Izd-vo Rostovskogo universiteta; 1988. 152 p. (In Russ.)].
8. Зайцев А.А., Антонов Ю.Ф. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. В.А. Гапановича. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 476 с. [Zaitsev AA, Antonov YuF. *Magnitolevitatsionnaya transportnaya tekhnologiya*. Gapanovich VA, editor. Moscow: FIZMATLIT; 2014 476 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://book2.org/book/2901328/800f1a>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
9. Кузнецов А.А., Зверев А.Г., Бураченко К.А., Власов В.С., и др. Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях с электромеханическими коммутационными элементами / Сборник трудов международной научно-практической конференции «Инженерные и научные приложения с использованием технологий National Instruments – 2012». 6–7 декабря 2012 года; – М.: МТУСИ, 2012. – С. 231–233. [Kuznetsov AA, Zverev AG, Burachenko KA, Vlasov VS, et al. *Issledovaniye perekhodnykh protsessov v lineynykh elektricheskikh tsepyakh s elektromekhanicheskimi kommutatsionnymi elementami*. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Inzhenernyye i nauchnyye prilozheniya s ispol'zovaniyem tekhnologiy National Instruments – 2012”. 2012 Dec 6–7; Moscow: MTUSI; 2012. pp.231–233 (In Russ.)]. Доступно по <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22849447>

Ссылка активна на: 25.02.2020.

10. Иванов С.Н. Системы управления электротехническими устройствами для генерации тепловой энергии и транспортирования теплоносителя // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 3. – С. 249–257. [Ivanov SN. Electrical Devices Control Systems for Thermal Energy Generation and Heat Carrier Transportation. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2010; (3): 249-257. (In Russ.)]. Доступно по <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-upravleniya-elektrotehnicheskimi-ustroystvami-dlya-generatsii-teplovoy-energii-i-transportirovaniya-teplonositelya>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
11. Никитин В.В., Стрепетов В.М. Энергообеспечение бортовых электромагнитов комбинированной системы левитации и тяги на переменном токе // Транспортные системы и технологии. – 2017, – Т. 3. – № 3. – С. 25–38. [Nikitin VV, Strepetov VM. Vehicle Electromagnets Energy Supply of A.C. Combined Levitation and Traction System. *Transportation Systems and Technology*. 2017;3(3):25-38. (Russ., Engl.)]. doi.org/10.17816/transsyst20173272-74
12. Никитин В.В., Стрепетов В.М., Волювач А.С. Варианты схем электроснабжения транспортного средства с комбинированной системой левитации и тяги на переменном токе // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2010. – № 3–4, – С. 54–62. [Nikitin VV, Strepetov VM, Volyuvach AS. Variants of electric supply schemes for the vehicle with alternative current levitation and traction combined system. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2010;(3-4):54-62. (In Russ.)]. Доступно по <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15211805>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
13. Никитин В.В., Стрепетов В.М. Оценка энергетической эффективности пусковых режимов работы комбинированной системы левитации и тяги на однофазном переменном токе // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2006. – № 2(7). – С. 145–159. [Nikitin VV, Strepetov VM. Otsenka energeticheskoy effektivnosti puskovykh rezhimov raboty kombinirovannoy sistemy levitatsii i tyagi na odnofaznom peremennom toke. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2006;(2):145-159. (In Russ.)]. Доступно по <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-energeticheskoy-effektivnosti-puskovyh-rezhimov-raboty-kombinirovannoy-sistemy-levitatsii-i-tyagi-na-odnofaznom-peremennom>. Ссылка активна на: 25.02.2020.
14. Сика З.К., Куркалов И.И., Петров Б.А. Электродинамическая левитация и линейные синхронные двигатели транспортных систем. – Рига: Зинатне, 1988. – 258 с. [Sika ZK, Kurkalov II, Petrov BA. *Elektrodinamicheskaya levitatsiya i lineynyye sinkhronnyye dvigateli transportnykh sistem*. Riga: Zinatne; 1988. 258 p. (In Russ.)]
15. Кочетков В.М. О левитационном качестве систем электродинамического подвешивания со сплошной путевой структурой // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1983. – № 2. – С. 5–10. [Kochetkov VM. O levitatsionnom kachestve sistem elektrodinamicheskogo podveshivaniya so sploshnoy putevoy strukturoy. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Elektromekhanika*. 1983;(2):5-10. (In Russ.)].

Сведения об авторах:

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор;
адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9;
eLibrary SPIN: 3278-4938; ORCID: 0000-0001-7282-4429;
E-mail: kimkk@inbox.ru

Вешкин Вадим Витальевич, аспирант;
eLibrary SPIN: 1829-2845; ORCID: 0000-0002-7363-9919;
E-mail: vadim.veshkin@mail.ru

Крон Игорь Романович, студент;
eLibrary SPIN: 6604-2966; ORCID: 0000-0003-1690-0524;
E-mail: mechenu@yandex.ru

Information about the authors:

Konstantin K. Kim Doctor of Technical Sciences, Professor;
eLibrary SPIN: 3278-4938; ORCID: 0000-0001-7282-4429;
E-mail: kimkk@inbox.ru

Vadim V. Veshkin, graduate student;
eLibrary SPIN: 1829-2845; ORCID: 0000-0002-7363-9919;
E-mail: vadim.veshkin@mail.ru

Igor R. Kron, student;
eLibrary SPIN: 6604-2966; ORCID: 0000-0003-1690-0524;
E-mail: mechenu@yandex.ru

Цитировать:

Ким К.К., Вешкин В.В., Крон И.Р. Расчет геометрических размеров левитационного полотна // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 47–60. doi: 10.17816/transsyst20206247-60

To cite this article:

Kim KK, Veshkin VV, Kron IR. Calculation of Geometric Dimensions of the Levitation Track. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):47-60. doi: 10.17816/transsyst20206247-60

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Проектирование и строительство дорог

УДК [UDC] 652.122

DOI 10.17816/transsyst20206261-69

© А. А. Лычковский¹, С. Я. Луцкий¹, А. Я. Ландсман²,
Н. В. Навроцкая¹

¹Российский университет транспорта (МИИТ)

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ)
(Москва, Россия)

ДИАГНОСТИКА МОРОЗНОГО ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Обоснованы актуальность и содержание технологического регулирования производственных процессов при непрерывном контроле изменений грунтовых характеристик на участках высокотемпературной мерзлоты в связи с крайне неустойчивым состоянием земляного полотна в ходе работ.

Цель: Формирование технико-технологической системы, функционирующей на принципах прямой и обратной связи между характеристиками геотехнических сооружений и параметрами строительной техники с целью наиболее эффективного и качественного производства работ.

Методы: Предложены способы технологического регулирования с целью снижения влажности грунтов на стадии морозного влагонакопления в основании возводимой насыпи.

Заключение: Показана целесообразность применения для мониторинга состояния земляного полотна опто-волоконного кабеля, как непрерывного по длине трассы датчика, способного регистрировать изменение свойств грунта во время строительства железных дорог.

Ключевые слова: земляное полотно, технологическое регулирование опто-волоконный кабель, строительство железных дорог, интенсивная технология.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Road Design and Construction

© A. A. Lychkovskiy¹, S. Y. Lutskiy¹, A. Y. Landsman²,
N. V. Navrotskaya¹

¹ Russian university of transport (MIIT)

² Moscow automobile and road construction state technical university (MADI)
(Moscow, Russia)

DIAGNOSTICS OF FROST WATER ACCUMULATION AND TECHNOLOGICAL REGULATION OF THE CONSTRUCTION OF THE ROADBED

The relevance and content of technological regulation of production processes with continuous monitoring of changes in soil characteristics in areas of high-temperature permafrost due to the extremely unstable state of the roadbed during the work are substantiated.

Aim: Formation of a technical and technological system that operates on the principles of direct and feedback between the characteristics of geotechnical structures and the parameters of construction equipment for the most efficient and high-quality production of works.

Methods: Methods of technological regulation for the purpose of reducing soil moisture at the stage of freezing water accumulation at the base of the mound being built are proposed.

Conclusion: The expediency of using opto-fiber cable for monitoring the state of the roadbed as a continuous sensor along the length of the route that can register changes in soil properties during the construction of Railways is shown.

Keywords: roadbed, technological regulation of fiber-optic cable, railway construction, intensive technology.

ВВЕДЕНИЕ

Задача повышения несущей способности основания геотехнических сооружений на мерзлоте актуальна, она соответствует «Транспортной стратегии РФ до 2030 г.», программам строительства северных магистралей, на протяжении которых по мере создания нового природно-технического комплекса (ПТК) меняются по трассе и во времени гидрогеологические, климатические и социальные условия производства [1]. Повышение среднегодовой температуры на большей части территории России активизирует негативные техногенные процессы в ПТК [2]. Большинство случаев деформаций и разрушения земляного полотна связано с изменением геокриологических условий и потерей несущей способности мерзлых оснований в результате техногенных воздействий, начиная со строительной стадии. В ходе основных работ на многолетнемерзлых грунтах и болотах следует возводить

противодеформационные сооружения земляного полотна, обеспечить эффективную защиту насыпей от воздействия деструктивных экзогенных процессов и, в целом, повышение несущей способности земляного полотна. Рассмотрим способы профилактики и защиты основания возводимой насыпи на опасной стадии морозного влагонакопления и морозного пучения.

МЕТОДИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Прочность основания земляного полотна на высокотемпературной мерзлоте предлагается повысить в период морозного влагонакопления за счет технологии дренажа и регулируемого отжатия миграционной воды виброкатком в промерзающем грунте. Концепция заключается в устройстве дренажной системы и организации виброуплотнения основания непосредственно после завершения процесса миграции влаги к зоне промерзания для снижения влажности [3].

Организация технологического регулирования должна быть параметрически связана с характеристиками процесса приращения влажности в промерзающей зоне основания за счет миграции влаги из нижних зон [4]. В этом сложном процессе непрерывно изменяются характеристики:

- Температурный импульс для начала влагонакопления;
- Глубина промерзания;
- Критическая влажность пучения грунта;
- Скорость движения влаги;
- Соотношения между температурой и содержанием незамерзшей воды в зоне промерзания;
- Влагопроводимость талого и мерзлого грунта.

Для регистрации характеристик грунтов в ходе работ предлагается организовать технологический мониторинг в режиме реального времени на основе современных средств – опто-волоконного кабеля (ВОК) и геофизических методов исследования.

Для технологического регулирования процессов упрочнения переувлажненных грунтов предлагается применение разработанной в РУТ (МИИТ) комплексной технологии возведения земляного полотна, включающей этапы:

- 1) Устройство дренажной системы в верхнем слое основания;
- 2) Организация виброуплотнения грунтов и отжатия воды в дренажную систему.

Первый этап данной комплексной технологии – устройство дренажа в виде дренажных прорезей (ширина до 1,5 м, глубина до 1 м, крупный песок с коэффициентом фильтрации свыше 4 м/сут) и защитного

песчаного слоя с геотекстилем [5]. Прорези в слабых водонасыщенных грунтах обеспечивают ускорение консолидации основания за счет сокращения пути фильтрации и отвода воды. Работы по устройству дренажной системы следует завершить до промерзания деятельного слоя, чтобы использовать процессы миграции воды в защитный слой и отжатие по дренажным прорезям [6].

Второй этап – виброуплотнение грунтов в интенсивном режиме с применением виброкатка, отжатие воды и пошаговое ежедневное повышение технологической нагрузки при мониторинге состояния грунтов и нагрузок. Выбор типа виброкатка и режима его работы должен быть выполнен с учетом ограничения:

$$[P_6(c, \varphi, w) - P_{\text{п}}] \geq [P_{\text{к}} + P_3], \quad (1)$$

где P_6 - безопасная нагрузка, не вызывающая появления предельного состояния грунта по сдвигу, зависит от состояния грунта в технологическом цикле; $P_{\text{к}}$ - регулируемая нагрузка виброкатка, зависящая от веса вальца, скорости движения и амплитуды вибрации; P_3 - нагрузка от песчаного защитного слоя; $P_{\text{п}}$ - поровое давление [2].

Отжатие воды происходит наиболее эффективно во время промерзания грунта. В этом заключается главная особенность и вместе с тем сложность – выбор оптимального времени начала уплотнения грунтов в интенсивном режиме. Глубина промерзания рассчитывается по формуле:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{\Sigma |T_m|}, \quad (2)$$

где d_0 – глубина промерзания при $\Sigma |T_m| = 1$, зависящая от вида грунта; $\Sigma |T_m|$ – сумма абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе [7].

Во время промерзания грунта, как только отрицательные температуры достигнут половины глубины промерзания грунта, следует начинать интенсивное уплотнение грунта с отжатием воды в дренаж [8].

Мониторинг процессов промерзания и регулирования вибронагрузок в период строительства предлагается вести с применением современных средств диагностики – ВОК и режимных термометрических сетей, которые устраивают по проектной документации (ПД) для стадии эксплуатации земляного полотна. Для контроля хода температур и температурного поля глубину заложения ВОК целесообразно установить равной половине деятельного слоя. Это позволит определить фактическую степень пучинистости грунта и контролировать вибронагрузки.

Опыт разработки технологического регламента строительства участков Северного широтного хода (СШХ) показал наличие таликовых

зон, которые состоят, как правило, из грунтов с низкой несущей способностью в основании земляного полотна [9]. Предложенная модификация комплексной технологии в сочетании с ВОК создает предпосылки для прогнозирования и устранения потенциально-опасных мест, профилактике пучения грунтов и соответственно для стабилизации основания [10]. Эти преимущества приводят к ускорению консолидации, сокращению сроков строительства и, соответственно, – к экономической эффективности комплексной технологии упрочнения грунтов.

Оценку эффективности применения новой технологии и ускорения ввода дороги в эксплуатацию следует выполнять по критерию «чистый дисконтированный доход». В качестве условия для сравнения вариантов следует принять данные проектной документации о наличии на трассе строящейся дороги потенциально опасного участка земляного полотна с наличием талика. В расчетах важно учесть доход от досрочного ввода дороги и экономические затраты: Y – ущерб в связи с необходимостью дополнительных работ по исправлению деформаций в основании земляного полотна; Z_t – общие расходы по реализации проекта; Z_{um} – дополнительные затраты на интенсивную технологию, в том числе на виброуплотнение. Срокообразующими характеристиками реализации проекта являются: T_c – продолжительность работ по упрочнению слабого слоя; T_{c1} , T_{c2} – сроки ввода объекта - контрактный и с сокращением ΔT .

Постоянный контроль температуры грунта на всем протяжении трассы, где есть слабые водонасыщенные грунты, позволяет с большей точностью определять время начала и скорость промерзания грунта, что в свою очередь позволит использовать процесс миграции воды с большей эффективностью.

Принцип работы кабеля ВОК заключается в определении влияния физических воздействий на характеристики светопрозрачности в волокне. В результате затухания световых колебаний в кварцевых стекловолокнах из-за рассеивания расположение внешнего физического эффекта (в том числе изменение напряжений) определяется таким образом, что оптоволокно может быть использовано в качестве линейного сенсора. [11].

ВОК применяется во взаимосвязи с лабораторными исследованиями для контроля изменения плотности грунтов под вибронагрузками:

$$\rho_{opt} = \rho_{cr}(1 + W_{cr}), \quad (3)$$

где ρ_{cr} - критическая плотность частиц грунта, при которой пучение грунта будет отсутствовать; W_{cr} – критическая влажность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивная технология упрочнения слабых и просадочных грунтов повышает стабильность основания в процессе строительства дорог в условиях криолитозоны. Предложенная модификация интенсивной технологии стадией отжатия миграционной влаги в период морозного влагонакопления за счет дренажной системы и виброуплотнения в режиме технологического регулирования в сочетании с применением ВОК позволяет стабилизировать основание и увеличить несущую способность грунтов для развития дорог Арктики [12, 13].

Применение ВОК позволяет повысить точность и оперативность определения температуры грунта по сравнению с термометрическими средствами, для которых устраивают инженерно-геологические и целевые термометрические скважины, пробуренные колонковым способом без промывки на малых оборотах бурового инструмента или ручным буровым комплектом с измерением температуры с помощью гирлянд термометров или встроенных термодатчиков [14].

Применение опто-волоконного кабеля сопровождает интенсивную технологию упрочнения грунтов в основании земляного полотна не только непрерывным контролем за изменениями температуры грунта, но и позволяет более точно определять температуру грунта в любой точке на всем протяжении, где расположен опто-волоконный кабель, в то время как термометрические скважины дают данные по температуре только в тех местах, где расположены скважины.

После строительства кабель ВОК входит в состав технической базы мониторинга безопасности состояния железнодорожного земляного полотна в процессе эксплуатации, в частности, для планирования работ по содержанию пути и профилактике опасных процессов при развитии транспортной инфраструктуры в экстремальных условиях Заполярья [15].

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Приказ Президента РФ № 296 от 27.06.2014: «Определить сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации». [Prikaz Prezidenta RF № 296 ot 27.06.2014: "Opredelit' suhoputnye territorii Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii" (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377>. Ссылка активна на: 11.03.2020.

2. Тулайков Н.М. К вопросу о влиянии климата на характер почв. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 979 с. [Tulaykov NM. K voprosu o vliyaniy klimata na harakter pochv. Moscow: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 979 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.gde-kniga.ru/books/k-voprosu-o-vliyaniy-klimata-na-harakter-pochv-n-m-tulaykov-9785458607841-6e8baa25-3167-4f21-aa8c-994ce5385421>. Ссылка активна на: 11.03.2020.
3. Рекомендации по интенсивной технологии и мониторингу строительства земляных сооружений на слабых основаниях. – М.: Тимр, 2005. – 96 с. [Rekomendacii po intensivnoj tekhnologii i monitoringu stroitel'stva zemlyanykh sooruzhenij na slabyykh osnovaniyakh. Moscow: Timr; 2005. 96 p. (In Russ.)].
4. Луцкий С.Я., Сакун Б.В. Теория и практика транспортного строительства. – М.: Первая образцовая типография, 2018. – 304с. [Lutskiy SY, Sakun BV. *Teoriya i praktika transportnogo stroitel'stva*. Moscow: Pervaya obrazcovaya tipografiya, 2018. 304 p. (In Russ.)].
5. Kempfert H-G, Stadel M, Zaeske D. *Berechnung von geokunststoffbewehrten Tragschichten über Pfahlelementen*. Bautechnik. 1997;74(12):8-2.
6. Liu JK, Peng L. Experimental Study on the Unconfined Compression of a Thawing Soil. *Cold Regions Science and Technology*. 2009;58:92-96. doi: 10.1016/j.coldregions.2009.03.008
7. Виноградов В.В., Никонов А.М., Яковлева Т.Г. и др. Расчёты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. – М.: Маршрут, 2003. – 486 с. [Vinogradov VV, Nikonov `AM, Yakovleva TG, et al. *Raschyoty i proektirovanie zheleznodorozhnogo puti: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov zh.-d. transp.* Vinogradov VV, Nikonov AM, editors. Moscow: Marshrut; 2003. 486 p. (In Russ.)].
8. Хрипков К.Н. Конструктивно-технологические решения по сооружению земляного полотна в таликовых зонах распространения многолетнемерзлых грунтов: дис. канд. техн. наук. – М.; 2015. – 212 с. [Hripkov KN. *Konstruktivno-tekhnologicheskie resheniya po sooruzheniyu zemlyanogo polotna v talikovykh zonah rasprostraneniya mnogoletnemerzlykh gruntov*. Moscow; 2015. 212 p. (In Russ.)].
9. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с. [Recommendations for accounting and prevention of deformations and forces of frost heaving of soils. PNIIS. Moscow: Stroizdat; 1986. 72 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50944/>. Ссылка активна на: 11.03.2020.
10. Неугодников А.П., Ахлебинин М.Ю., Егоров Ф.А., Быковский В.А. Строительный мониторинг на базе волоконно-оптических датчиков. Опыт и результаты применения для высотных зданий / Междунар. симп. «Проблемы современного бетона и железобетона». – Минск, 2009. [Neugodnikov AP, Akhlebinin MY, Egorov FA, Bykovskiy VA. *Stroitelnyy monitoring na baze volokonno-opticheskikh datchikov. Opyt i rezul'taty primeneniya dlya vysotnykh zdaniy*. In Mezhd. Simp. "Modern Problems of Concrete and Reinforced Concrete" Minsk, 2009. (In Russ.)].
11. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с. [Udd E. *Volokonno-opticheskie datchiki. Vvodnyy kurs dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov*. Moscow: Tekhnosfera, 2008, 520 p. (In Russ.)]. Доступно по: <http://bookre.org/reader?file=718954>. Ссылка активна на: 11.03.2020.
12. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.,

2012. – 123 с. [SP 25.13330.2012. Osnovaniya i fundamenty na vechnomerzlykh gruntakh. Moscow; 2012. 123 p. (In Russ.)].
13. ВСН-61-89. Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР. – М.: ЦНИИС, 1990. – 208 с. [VSN-61-89. Izyskaniya, proektirovanie i stroitel'stvo zheleznykh dorog v rajonah vечноj merzloty. Mintransstroj USSR. Moscow: CNIIS, 1990. 208 p. (In Russ.)].
14. ГОСТ 25358-2012 Грунты. метод полевого определения температуры (Переиздание). – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с. [GOST 25358-2012 Grunty. metod polevogo opredeleniya temperatury (Pereizdanie). Moscow: Standartinform, 2019. 19 p. (In Russ.)].
15. Томишев К.А., Баган В.А., Астапенко В.А. Распределенные волоконно-оптические датчики давления для применения в нефтегазовой промышленности // Труды МФТИ. – 2012. – Т. 4. – № 2. – С. 64–72. [Tomyshev KA, Bagan VA, Astapenko VA. Raspredelennye volokonno-opticheskie datchiki davleniya dlya primeneniya v neftegazovoj promyshlennosti. *Trudy MFTI*. 2012;4(2):64-72. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelyonnye-volokonno-opticheskie-datchiki-davleniya-dlya-primeneniya-v-neftegazovoy-promyshlennosti/viewer>. Ссылка активна на: 13.03.2020.

Сведения об авторах:

Лычковский Александр Александрович, аспирант;
eLibrary SPIN: 2671-9305; ORCID: 0000-0002-2663-0508;
E-mail: Alexander_L12@mail.ru

Луцкий Святослав Яковлевич, д. т. н., профессор;
eLibrary SPIN: 2475-5149; ORCID: 0000-0002-0124-6497;
E-mail: lsy40@mail.ru

Ландсман Анатолий Яковлевич, д. э. н., профессор;
eLibrary SPIN: 9901-5851;
E-mail: map@sdm.ru

Навроцкая Надежда Вадимовна, аспирант;
ORCID: 0000-0002-2246-7977;
E-mail: nadyanawrocki@mail.ru

Information about the authors:

Alexander A. Lychkovskiy, postgraduate;
eLibrary SPIN: 2671-9305; ORCID:0000-0002-2663-0508;
E-mail: Alexander_L12@mail.ru

Svyatoslav Ya. Lutskiy, Dr. of engineering, professor;
eLibrary SPIN: 2475-5149; ORCID: 0000-0002-0124-6497;
E-mail: lsy40@mail.ru

Anatoliy Ya. Landsman, Dr. of economics, professor; head of the department of the Moscow automobile and road construction state technical university (MADI);
eLibrary SPIN: 9901-5851;
E-mail: map@sdm.ru

Nadezhda V. Navrotskaya, postgraduate;
ORCID: 0000-0002-2246-7977;
E-mail: nadyanawrocki@mail.ru

Цитировать:

Лычковский А.А., Луцкий С.Я., Ландсман А.Я., Навроцкая Н.В. Диагностика морозного влагонакопления и технологическое регулирование сооружения земляного полотна // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 61–69. doi: 10.17816/transsyst20206261-69

To cite this article:

Lychkovskiy AA, Lutskiy SY, Landsman AY, Navrotskaya NV. Diagnostics of Frost Water Accumulation and Technological Regulation of the Construction of the Roadbed. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):61-69. doi: 10.17816/transsyst20206261-69

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Подвижной состав железных дорог

УДК [UDC] 625.03

DOI 10.17816/transsyst20206270-84

© П. С. Троицкий

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

ОБОСНОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ МАССЫ РАМЫ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ В МОДУЛЬНЫХ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ

Введение: В статье описано обоснование снижения металлоемкости вагонов-платформ модульного грузового электропоезда (МГЭП) за счет распределения тяговой мощности по составу и уменьшения внутренних кинетических сил в поезде. Проведен расчет объемной модели рамы вагона при действии веса контейнеров и квазистатической нагрузки, сделан анализ распределения эквивалентных напряжений. Рассмотрены эффекты от внедрения данных видов вагонов в модульные грузовые электропоезда.

Железнодорожный поезд локомотивной тяги это сложная механическая система, в которой протекают динамические процессы, обусловленные силой тяги локомотивов, переломами профиля и плана пути, торможением и отпуском тормозов, различным темпом изменения давления в тормозной магистрали, неодинаковым сопротивлением движению локомотиву и вагонам [1]. При движении МГЭП образуется значительно меньшее количество внутренних кинетических сил, позволяющих снизить предельные нагрузки на автосцепные устройства и рамы вагонов, обеспечить перевозку большего количества грузов при равной тяговой мощности за счет уменьшения коэффициента тары поезда. Помимо этого, курсирование МГЭП улучшит управляемость и безопасность проследования поездов, уменьшит эксплуатационные расходы на пропуск поездопотоков за счет снижения энергозатрат на тягу, торможение, снизит время на проведение опробования тормозов, количество вагоно-, локомотиво- и бригадо-часов. Нами прогнозируются значительные (до 7 раз) снижения нагрузок на автосцепные устройства и раму вагонов при соблюдении условия прочности.

Цель: обосновать возможность снижения нагрузок на автосцепное оборудование и металлоконструкцию рамы вагонов-платформ в составе модульных грузовых электропоездов за счет уменьшения продольных сил в автосцепных устройствах благодаря распределению тяговой мощности по составу.

Методы:

- специальные инженерные методы для тяговых расчётов применительно к железнодорожному транспорту;
- инженерно-технические методы расчета и проектирования вагонов-платформ;
- метод конечных элементов;
- системный метод, позволяющий выявить различные прямые и опосредованные связи при анализе подбора конструкций рамы вагонов-платформ.

Результаты: Обосновано снижение нагрузок на автосцепные устройства и несущие рамы вагонов-платформ в МГЭП. Выявлено, что снижение продольных сжимающих нагрузок на автосцепное устройство с 2500 кН у вагона локомотивной тяги до 400 кН у вагона МГЭП позволит облегчить массу металлоконструкции рамы вагона-платформы для перевозки контейнеров и уменьшит тару вагона на 1,6 т, то есть на 7,3 %. Снижение стоимости вагона составит 76,8 тыс. руб. или 3,84 %.

Заключение: Автором предложено обоснование снижения массы тары вагонов-платформ модульного грузового электропоезда, на основании которого возможно уменьшить металлоемкость вагонов и перевозить большее количество груза при равной тяговой мощности в сравнении с поездом локомотивной (сосредоточенной) тяги.

Ключевые слова: железная дорога, моторвагонные грузовые электропоезда, ускоренные грузовые перевозки, проектирование вагонов, расчет конструкций вагонов, распределенная тяга.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS
Field – Rolling Stock of Railways

© **Pavel S. Troitskiy**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

JUSTIFICATION FOR REDUCING THE WEIGHT OF THE FRAME OF THE PLATFORM CAR FOR TRANSPORTING CONTAINERS IN MODULAR ELECTRIC FREIGHT TRAINS

Background: The article describes the rationale for reducing the metal content of platform cars of a modular electric freight train (MEFT) due to the distribution of traction power across the composition and reducing internal kinetic forces in the train. The calculation of the volumetric model of the car frame under the action of the weight of containers and quasi-static load, the analysis of the distribution of equivalent stresses is made. The effects of introducing these types of wagons into modular electric freight trains are considered.

A railway train of locomotive traction is a complex mechanical system in which dynamic processes occur due to the traction force of locomotives, fractures of the profile and track plan, braking and releasing the brakes, different rates of pressure change in the brake line, and uneven resistance to movement of the locomotive and cars [1]. When driving the MEFT formed a much smaller amount of internal kinetic energy, allowing to reduce the load limit on the hitch and the frame of the wagons to transport more cargo with equal traction power by reducing the coefficient of tare of the train. In addition, running MEFT will improve the handling and safety of trains, reduce operating costs for passing train flows by reducing energy consumption for traction, braking, reduce the time for testing the brakes, the number of car, locomotive and crew hours. We predict significant (up to 7 times) reduction of loads on the coupling devices and the frame of cars, if the strength condition is met.

Aim: To justify the possibility of reducing the loads on the auto-coupling equipment and metal structures of the frame of platform cars as part of modular electric freight trains by reducing the longitudinal forces in the auto-coupling devices due to the distribution of traction power across the composition.

Methods:

- special engineering methods for traction calculations applied to railway transport;
- engineering and technical methods of calculation and design of platform cars;
- finite element method;
- a system method that allows you to identify various direct and indirect relationships in the analysis of the selection of frame structures of platform cars.

Results: We justified reduction of loads on auto-coupling devices and load-bearing frames of platform cars in MEFT. It is revealed that the decrease of axial compressive loads on the automatic coupler device with 2,500 kN in the car locomotive hauling up to 400 kN at the car the IAEG will help to alleviate the weight of the metal frame of the wagon-platform for transportation of containers and reduce packaging of the car is 1.6 t, by 7.3 %. The reduction in the cost of the car will be 76.8 thousand rubles, or 3.84 %.

Conclusions: The author offers a justification for reducing the weight of container cars-platforms of a modular electric freight train, on the basis of which it is possible to reduce the metal content of cars and transport a larger amount of cargo with equal traction power in comparison with a train of locomotive (concentrated) traction.

Keywords: railway, motor-car electric freight trains, accelerated freight transportation, design of wagons, calculation of wagon structures, distributed traction.

ВВЕДЕНИЕ

Масса грузового поезда – один из важнейших показателей мощности транспортной системы, уровня экономического, технического и технологического развития железных дорог [2]. Экстенсивное наращивание массы грузовых поездов неизбежно приводит к дополнительным финансовым и временным затратам, особенно резко увеличивающимися при внедрении тяжеловесного, длинносоставного движения. Освоить необходимые объемы перевозок грузов позволит внедрение вагонов и тяговых средств с пониженным коэффициентом тары. К таковым можно отнести моторвагонные грузовые поезда (МГЭП). За счет распределения тяговой мощности по составу у МГЭП возникают гораздо меньшие внутренние кинетические силы в автосцепках как внутри одного тягового модуля, так и в целом по поезду. Под тяговым модулем понимается сцеп из моторного и допустимого к нему количества прицепных вагонов рассчитанных согласно [3].

При применении МГЭП возможна отмена ограничений на курсирование поездов повышенной массы при температурах наружного воздуха ниже -30°C [4], поскольку за счет уменьшенных нагрузок на автосцепное устройство и раму вагонов могут быть снижены требования к прочности металла. За счет большего количества обмоторенных осей у МГЭП возможно применение электродинамического тормоза в гораздо более широком диапазоне скоростей, так как внутренние кинетические силы значительно ниже. Это позволит улучшить управляемость поездом, отменить ограничения на обращение поездов повышенной массы и длины

на участках с затяжными спусками до 0,012, которое действует для поездов локомотивной тяги [5].

У тяжеловесных поездов локомотивной тяги силы инерции, возникающие при торможении, многократно превышают силы сцепления головного локомотива с железнодорожным полотном. Следовательно, реализация электродинамического торможения особенно с низких скоростей (от 40 км/ч и менее) невозможна, поскольку при таком торможении (особенно если движение происходит в кривой) поезд может потерять продольную устойчивость [6].

АНАЛИЗ

Наибольшие усилия в автосцепках возникают при трогании поезда с места. Нами были произведены сравнительные расчеты напряжений в автосцепках на руководящих подъемах участков Медвежья Гора – Новый Поселок Октябрьской ж.д. и Кривенковская – Гойтх Северо-Кавказской ж.д. для МГЭП и поездов, ведомых электровозами ЗЭС5К и ЗЭС4К соответственно. Для предупреждения разрыва поездов наибольшая суммарная сила тяги локомотивов, находящихся в голове поезда, при трогании поезда с места определяется исходя из максимально допустимой продольной силы на автосцепке при трогании, равной 950 кН, а наибольшая суммарная сила тяги при разгоне и движении по труднейшему подъему определяется исходя из максимально допустимой продольной силы на автосцепке, равной 1300 кН. Расчеты производились согласно [7].

Таблица 1. Сравнительные тяговые расчеты на участке Медвежья Гора – Новый Посёлок

Наименование	Единицы измерения	ЗЭС5К	МГЭП	Отклонение, раз
Руководящий подъем	тыс.	12,5	12,5	-
Количество тяговых единиц (моторных вагонов/электровозов)	шт.	1	7	-
Масса перевозимого груза	т	3935	3996	0,98
Масса состава (прицепных вагонов)	т	5400	5100	-
Количество прицепных вагонов	шт.	65	62	1,05
Масса прицепных вагонов, приходящихся на 1 тяговую единицу (моторный вагон/электровоз)	т	5400	728,6	7,4
Удельное сопротивление прицепных вагонов при трогании с места на роликовых подшипниках	Н/т	9,9	9,9	-
Общее сопротивление состава/прицепных вагонов модуля при трогании, $W_{сост}$	кН	1179	158	7,4

Таблица 2. Сравнительные тяговые расчеты на участке Кривенковская – Гойтх

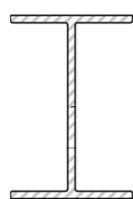
Наименование	Единицы измерения	ЗЭС4К	МГЭП	Отклонение, раз
Руководящий подъем	тыс.	18,4	18,4	-
Количество тяговых единиц (моторных вагонов/электровозов)	шт.	1	7	-
Масса перевозимого груза	т	2441	2441	-
Масса состава (прицепных вагонов)	т	3300	3050	-
Количество прицепных вагонов	шт.	40	37	1,08
Масса прицепных вагонов, приходящихся на 1 тяговую единицу (моторный вагон/электровоз)	т	3300	436	7,6
Удельное сопротивление прицепных вагонов при трогании с места на роликовых подшипниках	Н/т	9,8	9,8	-
Общее сопротивление состава/прицепных вагонов модуля при трогании, $W_{сост}$	кН	914	120	7,6

Таким образом, при эксплуатации МГЭП при соблюдении условия прочности возможно уменьшить нагрузку на автосцепное оборудование и металлоконструкцию рамы прицепного вагона-платформы (далее по тексту рамы) более чем в 7 раз, что позволит снизить массу тары поезда.

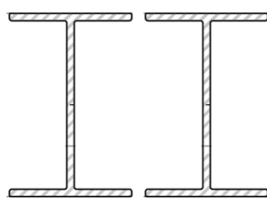
Проанализируем режим нагружения рамы квазистатической продольной нагрузкой с учетом эксцентриситета в сочетании с действием силы тяжести. В соответствии с «Нормами для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [8] для грузовых вагонов, эксплуатируемых на путях общего пользования величина квазистатической сжимающей нагрузки принимается равной 2500 кН. Согласно прогнозируемых условий эксплуатации и необходимому запасу прочности рамы предположим снижение этой величины до 400 кН (в 6,25 раза).

Чтобы оценить возможное уменьшение массы металлоконструкции рамы, рассмотрим схематичную конструкцию рамы. Данная конструкция будет включать в себя стандартные консоли, шкворневые узлы, две боковые балки и хребтовую. Для возможности облегчения исследуем центральную часть рамы, а именно хребтовую и боковые балки между шкворневых узлов, так как именно их конструкция определяется условием прочности. Хребтовая балка состоит из двух профилей двутаврового сечения. Боковые балки также представлены сечением двутавр. Примем, что размеры двутавра хребтовой и боковой балки совпадают.

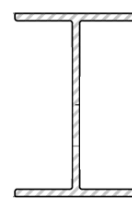
На Рис. 1 представлена конструкция средней части рамы в сечении.



боковая балка



хребтовая балка



боковая балка

Рис. 1. Конструкция средней части рамы в сечении

На Рис. 2 представлено сечение двутавра с буквенными обозначениями его геометрических характеристик.

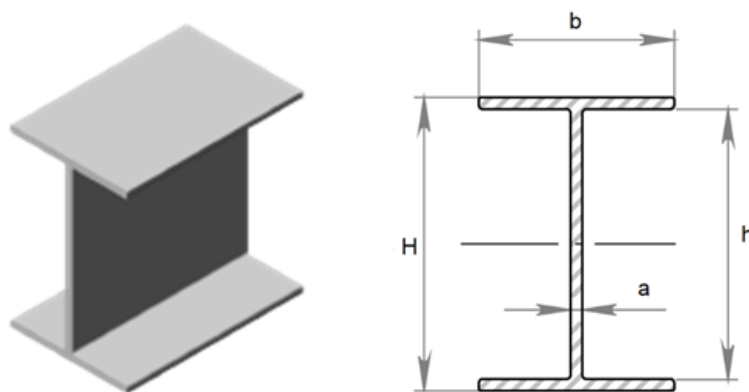


Рис. 2. Сечение двутавра

Инерционные характеристики сечения двутавра приведены ниже. Площадь сечения двутавра определяется по формуле:

$$S_1 = ah + b(H - h) \quad (1)$$

Момент инерции сечения двутавра определяется по формуле:

$$I_1 = \frac{ah^3}{12} + \frac{b}{12}(H^3 - h^3) \quad (2)$$

Обозначения, использованные в формулах (1), (2), приведены на Рис. 2.

Максимальные напряжения σ в конструкции рамы будут складываться из напряжений от продольного усилия σ_N , изгибными напряжениями влиянием эксцентриситета σ_e и изгибными напряжениями от веса контейнеров σ_P .

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_e + \sigma_P \quad (3)$$

Напряжения от продольного усилия определяется по формуле:

$$\sigma_N = \frac{N}{S}, \quad (4)$$

где N – продольная нагрузка,

S – площадь сечения рамы, складывается из площадей сечений боковых и хребтовой балки.

Напряжение от влияния эксцентриситета определяется по формуле:

$$\sigma_e = \frac{e \cdot N}{W}, \quad (5)$$

где e – эксцентриситет сжимающей нагрузки,

W – момент сопротивления рамы.

Напряжение от веса контейнеров определяется по формуле:

$$\sigma_P = \frac{M}{W}, \quad (6)$$

где M – момент от действия веса контейнеров.

Момент сопротивления рамы определяется по формуле:

$$W = \frac{I}{y_{\max}}, \quad (7)$$

где $y_{\max}$ – расстояние до наиболее удаленной точки, для двутавра определяется по формуле:

$$y_{\max} = \frac{H}{2}. \quad (8)$$

I – момент инерции сечения рамы складывается из моментов инерции сечений боковых и хребтовой балки.

Момент от действия веса контейнеров определялся по формуле:

$$M = \frac{P}{4l}, \quad (9)$$

где P – нагрузка от веса контейнеров, приходящаяся в центральную часть рамы. При перевозке двух контейнеров длиной 20 футов и массой 30,48 т, нагрузка будет равняться $P = 299$ кН;

l – база вагона, принимаем равной $l = 7,8$ м.

В качестве исходной конструкции, удовлетворяющей критерию прочности при нагрузках в соответствии с «Нормами...» [8] принимается рама с характеристиками двутавра, приведенными в Табл. 3.

Таблица 3. Характеристики двутавра исходной конструкции рамы.

Обозначение параметра	Значение, м
a	0,19
b	0,012
h	0,566
H	0,6

В качестве облегченной конструкции рассмотрим три варианта конструкции рамы:

- 1) Рама без хребтовой балки.
- 2) Рама без боковых балок.
- 3) Рама с уменьшенными по высоте двутаврами в сечении боковых и хребтовой балок.

Высота двутавра выбрана так, чтобы напряжения в облегченной конструкции оставались на уровне с исходной.

Для оценки уменьшения массы металлоконструкции рамы будем рассматривать центральную часть. Масса этой части определяется по формуле:

$$m = \rho S, \quad (10)$$

где ρ – плотность стали, принимается $= 7800 \text{ кг/м}^3$.

Результаты расчета параметров рассмотренных конструкций приведен в Табл. 4.

Таблица 4. Сравнительные результаты расчета рам вагонов

Наименование параметра	Обозначение параметра	Единицы измерения	Исходный вариант рамы	Облегчённый вариант рамы		
				Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Высота двутавра	H	м	0,6	0,6	0,6	0,32
Количество двутавров	n	—	4	2	2	4
Площадь сечения двутавра	S_1	м^2	0,013	0,013	0,013	0,01
Площадь сечения рамы	S	м^2	0,05	0,03	0,03	0,04
Момент инерции двутавра	I_1	м^4	0,0007	0,0007	0,0007	0,00017
Момент инерции рамы	I	м^4	0,0029	0,0015	0,0015	0,00069

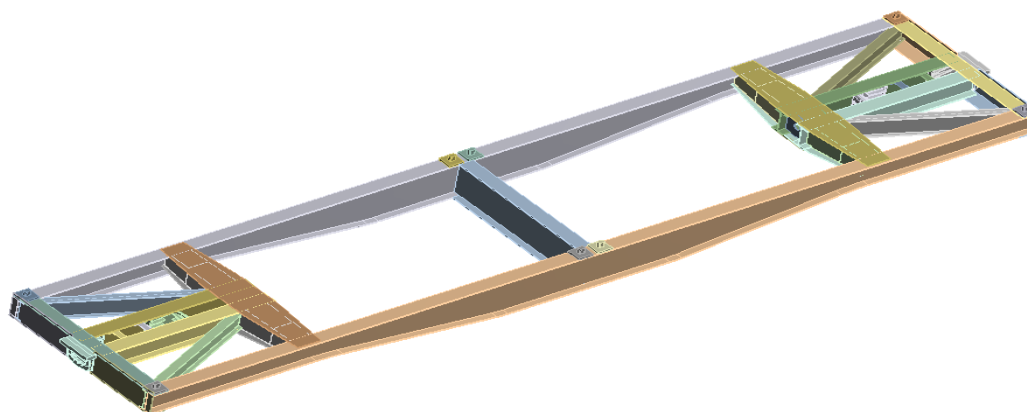
Наименование параметра	Обозначение параметра	Единицы измерения	Исходный вариант рамы	Облегченный вариант рамы		
				Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Момент сопротивления рамы	W	м^3	0,0097	0,0049	0,0049	0,0043
Продольная нагрузка	N	кН	2500	400	400	400
Эксцентриситет	e	м	0,15	0,15	0,15	0,01
Напряжения от продольного усилия	σ_N	МПа	47,16	15,08	15,08	10,11
Напряжения от эксцентриситета	σ_e	МПа	38,54	12,32	12,32	0,93
Напряжения от веса контейнеров	σ_p	МПа	59,87	119,74	119,74	135,74
Максимальные напряжения	σ	МПа	145,54	147,16	147,16	146,78
Массы металлоконструкции центральной части	m	кг	3225	1612	1613	2407

Как видно из результатов расчетов, наиболее благоприятным с точки зрения облегчения рамы, является вариант выполнения рамы без хребтовой или шкворневых балок. В этом случае напряжения в конструкции остаются на том же уровне, но масса снижается на 1,6 т.

Так как при данной конструкции наибольший вклад по напряжениям вносят нагрузки от веса контейнера, действующие на боковые балки, то в дальнейшем рассмотрим в качестве перспективной конструкцию рамы без хребтовой балки.

На Рис. 3 представлена объемная модель варианта конструкции рамы вагона-платформы, предназначенная для перевозки контейнеров.

а) вид сверху



б) вид сверху

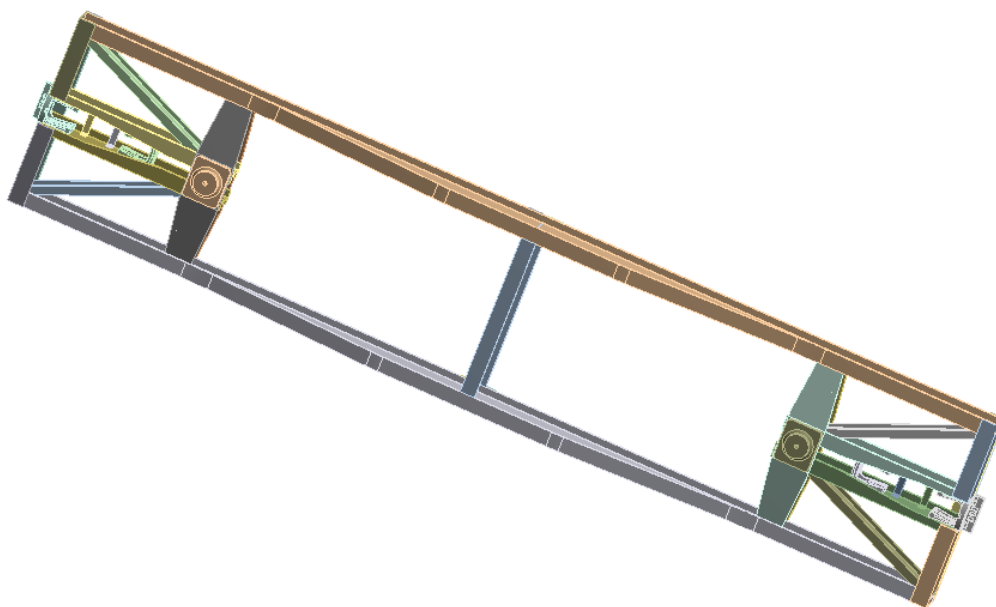


Рис. 3. Объемная модель рамы

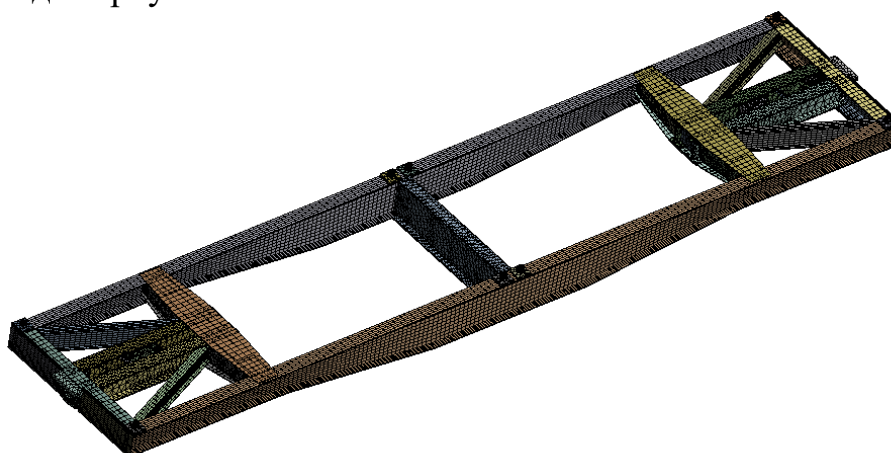
Проведен расчет объемной модели рамы при действии веса контейнеров и квазистатической нагрузки - сжатие силой 400 кН.

Расчет производился методом конечных элементов с использованием конечно-элементного пакета ANSYS Workbench версии 12.1. Элементы вагона имитировались объемными квадратичными конечными элементами с тремя степенями свободы в каждом узле: перемещения по трем направлениям.

Для моделирования материала конструкции выбиралась сталь с модулем упругости равным $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,3 и плотностью 7800 кг/м^3 . Конечно-элементная модель включает 704809 элементов и 1819842 узлов.

Конечно-элементная модель рамы приведена на Рис. 4.

а) вид сверху



б) вид сверху

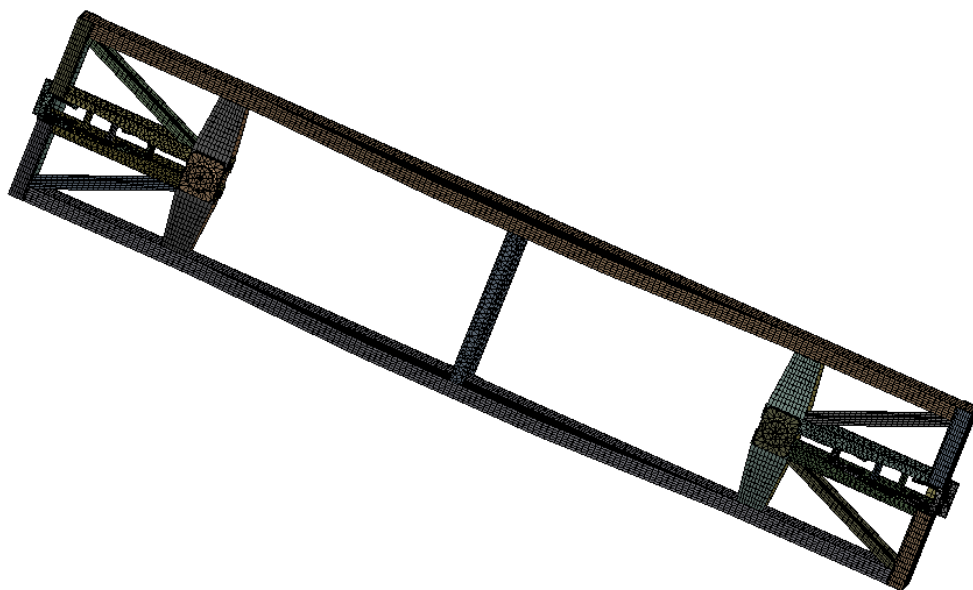


Рис. 4. Конечно-элементная модель рамы

В качестве кинематических граничных условий принимались:

- ограничение вертикальных и поперечных перемещений шкворневого узла;
- симметрия продольных перемещений.

На Рис. 5 приведена схема граничных условий рамы.

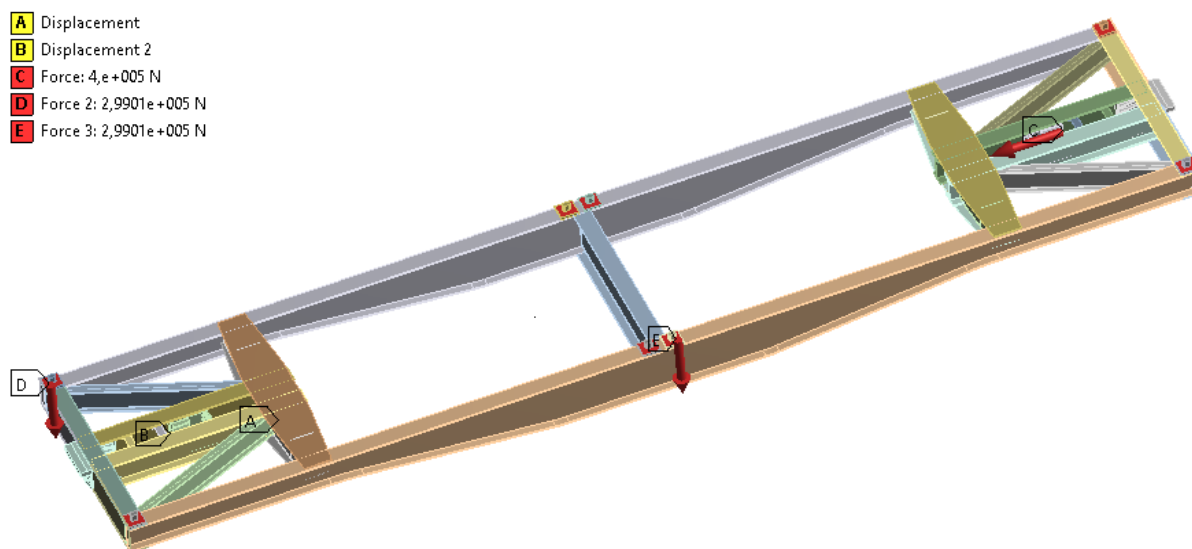
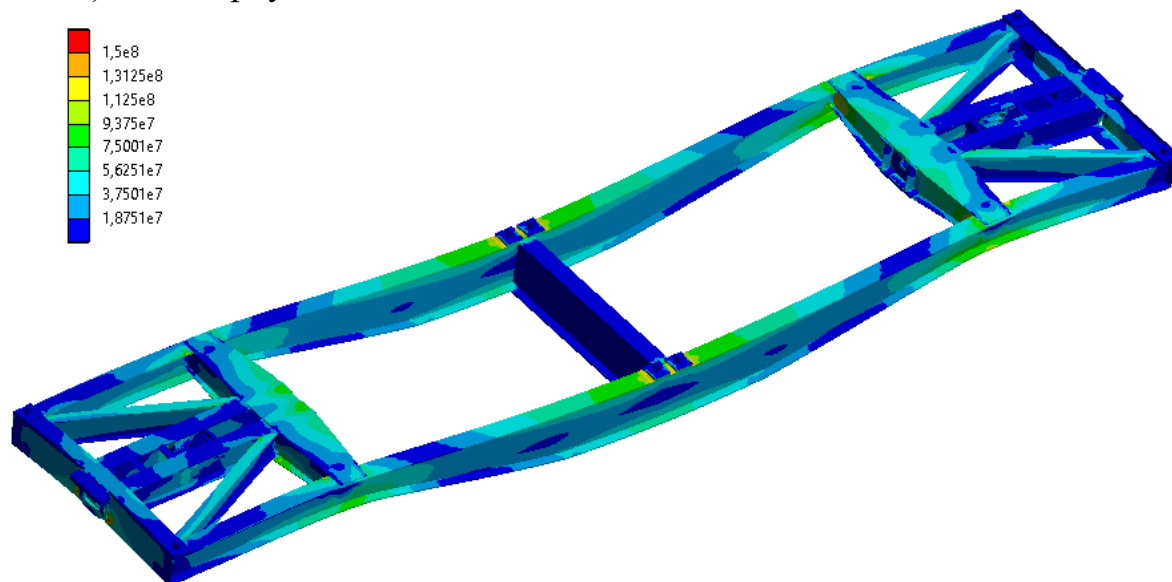


Рис. 5. Схема граничных условий рамы

В результате расчета были получены напряженно-деформированные состояния конструкции рамы. Распределение эквивалентных напряжений в раме приведено на Рис. 6.

Максимальные напряжения в конструкции возникли в центральной части боковых балок в районе фитинговых упоров и составили 133 МПа.

а) вид сверху



б) вид сверху

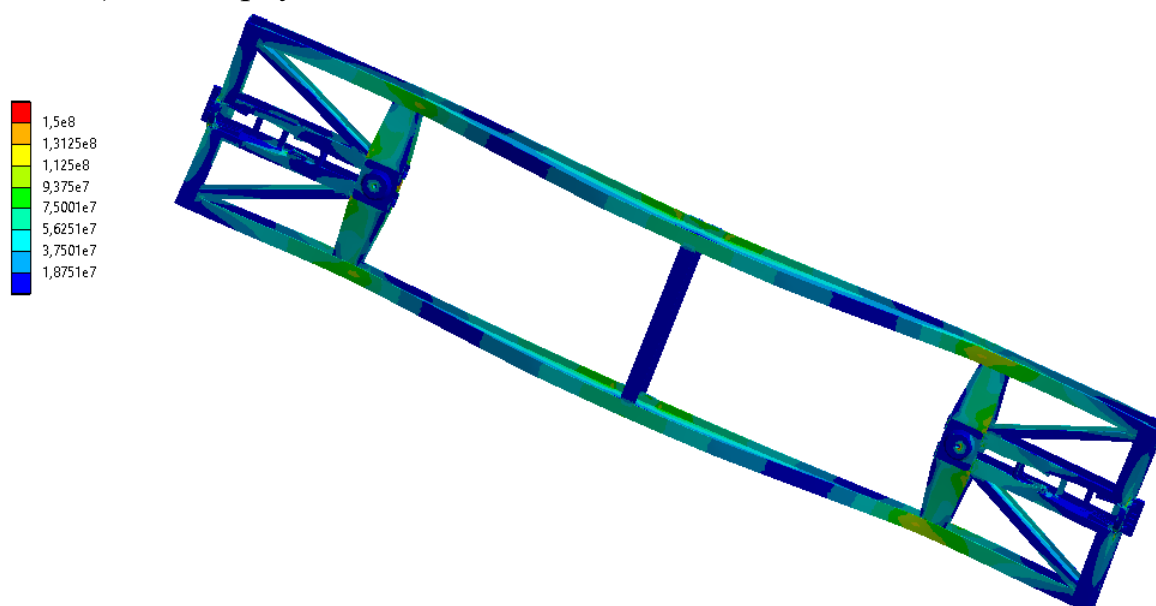


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений в раме, Па

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таким образом, условия эксплуатации, при которых продольные сжимающие нагрузки уменьшатся до 400 кН, позволят облегчить массу металлоконструкции рамы вагона-платформы для перевозки контейнеров и уменьшить массу тары вагона на 1,6 т, то есть на 7,3 %. При стоимости

стали марки 09Г2С345/325, применяемой при строительстве вагонов-платформ 48 тыс. руб./т [9] и стоимости вагона-платформы 2 000 тыс. руб. [10], снижение стоимости такого вагона составит 76,8 тыс. руб. или 3,84 %.

Экономия массы тары прицепного вагона позволит при неизменной тяговой мощности МГЭП и количестве моторных вагонов увеличить количество прицепных вагонов в составе МГЭП по сравнению с вариантом без снижения массы тары. Расчет количества прицепных вагонов в МГЭП, снижение массы тары в которых позволяет добавить дополнительный прицепной груженный вагон определяется по формуле:

$$n_{\text{приц}} = M_{\text{бр1приц}} / M_{\text{эк}}, \quad (11)$$

где $M_{\text{бр1приц}}$ – масса-брутто 1 прицепного вагона, т;

$M_{\text{эк}}$ – экономия массы-брутто тары 1 прицепного вагона по сравнению с базовым вариантом (1,6 т).

Если принять, что $M_{\text{бр1приц}} = 82$ т, то $n_{\text{приц}} = 82/1,6 \approx 51$ вагон. Таким образом эффект от применения рассмотренной конструкции вагона-платформы, предполагающей снижения массы тары вагонов и повышения за счет этого массы поезда при неизменной тяговой мощности проявляется при количестве вагонов в составе свыше 51 штуки массой-брутто 82 т каждый.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлена возможность снижения продольных сжимающих нагрузок на автосцепные устройства вагонов модульного грузового электропоезда (МГЭП) до 400 кН, т.е. в 6,25 раза по сравнению с вагоном локомотивной тяги и, как следствие, возможность снижения массы рамы прицепных вагонов на 1,6 т, то есть на 7,3 %. При стоимости стали марки 09Г2С 345/325, применяемой при строительстве данных платформ, 48 тыс. руб./т [9] и стоимости вагона-платформы 2 000 тыс. руб. [10], снижение стоимости вагона составит 76,8 тыс. руб. или 3,84 %.

При этом экономия массы тары прицепного вагона позволяет при неизменной тяговой мощности и количестве моторных вагонов увеличить количество груженных прицепных вагонов в составе МГЭП, если поезд имеет в своем составе более 51 вагона. С учетом привлечения дополнительной массы груза коэффициент тары МГЭП становится меньше, чем у поезда локомотивной тяги. В частности, за счет снижения массы тары в прицепном вагоне МГЭП на участке Медвежья Гора – Новый Поселок удалось при неизменной мощности и количестве моторных вагонов в поезде увеличить количество перевозимого груза на 61 тонну

(2 контейнера). На участке Кривенковская – Гойтх такого эффекта не произошло в силу высоких ограничений по величине руководящего уклона и невозможности повышать количество прицепных вагонов при неизменной тяговой мощности. Данные замечания говорят о более высокой эффективности применения МГЭП на участках смешанного профиля пути, где возможно значительно маневреннее управлять тяговой мощностью поезда.

Рассмотренный в данной статье моторвагонный грузовой поезд эффективно сочетает допустимую грузоподъемность со снижением массы тары вагонов при необходимых условиях прочности, а значит, обеспечит повышение эффективности грузовых перевозок на железных дорогах.

Библиографический список / References

1. Заручейский А.В., Гребенюк П.Т. Экспериментальные исследования процессов движения подвижного состава: науч.тр. ОАО «ВНИИЖТ». – М.: Интекст, 2013. – 80 с. [Zaruchejskij AV, Grebenyuk PT. *Eksperimental'nye issledovaniya processov dvizheniya podvizhnogo sostava: nauch.tr. ОАО «VNIIZhT»*. Moscow: Intekst, 2013. 80 p. (In Russ.)].
2. Сотников Е.А., Шапкин И.Н. Эксплуатационная работа на железных дорогах мира (окончание) // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – 72 с. [Sotnikov EA, Shapkin IN. *Ekspluatatsionnaya rabota na zheleznih dorogah mira (okonchanie). Zheleznodorozhnyj transport*. 2009;2:72 (In Russ.)].
3. Троицкий П.С. Алгоритм подбора моторных и прицепных вагонов в грузовом поезде моторвагонной тяги по критерию энергетической эффективности // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 1. – С. 104–119. [Troickiy PS. *Algoritm podbora motornyh i pricepnyh vagonov v gruzovom poezde motorvagonnoj tyagi po kriteriyu energeticheskoy effektivnosti. Transportation Systems and Technology*. 2020;6(1):104-119 (In Russ.)] doi: 10.17816/transsyst202061104-119
4. Курбасов А.С. Тяжеловесное движение грузовых поездов на российских железных дорогах: за и против // Наука и транспорт. – 2012. – № 3. – С. 22–29. [Kurbasov AS. *Tyazhelovesnoe dvizhenie gruzovyh poezdov na rossijskih zheleznih dorogah: za i protiv. Nauka i transport*. 2012;3:22-29 (In Russ.)].
5. Иноземцев В.Г., Панькин Н.А., Пыров А.Е. Поезда повышенной массы и длины. Технические средства и технология вождения. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с. [Inozemcev VG, Pan'kin NA, Pyrov AE. *Poezda povyshennoj massy i dliny. Tekhnicheskie sredstva i tekhnologiya vozhdeniya*. Moscow: Transport, 1993. 176 p. (In Russ.)].
6. Александров И.К. Модульный состав – экономия энергии // Мир транспорта. – 2013. – № 5. – С. 28–37. [Aleksandrov IK. *Modul'nyj sostav – ekonomiya energii Mir transporta*. 2013;5:28-38 (In Russ.)].
7. Правила тяговых расчетов для поездной работы – Утверждены Распоряжением ОАО «РЖД» от 12.05.2016. №867р. – 515 с. [Pravila tyagovyh raschetov dlya poezdnoj raboty – Utverzhdeny Rasporyazheniem ОАО «RZHD» ot 12.05.2016. № 867r. 515 p. (In Russ.)].
8. Нормы для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.:ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г. [Normy dlya rascheta i

proektirovaniya vagonov, zheleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh), Moscow: GosNIIV-VNIIZhT; 1996. (In Russ.).

9. Прайс-лист «Пульс цен» [Prais-list “Pul's cen” [Internet] (In Russ.)]. Доступно по: https://msk.pulscen.ru/products/list_100_mm_09g2s_50501048. Ссылка активна на: 28.02.2020.
10. Продажа платформ по выгодным ценам. ООО «ТД «Вагонторг». [Prodazha platform po vygodnym cenam. ООО “TD ”Vagontorg” [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: https://www.stanok-trading.ru/industrial_equipment_Prodazha_platform_po_vigodnim_tsenam_62757.html Ссылка активна на: 28.02.2020.

Сведения об авторе:

Троицкий Павел Сергеевич, аспирант;

Кафедра «Электрическая тяга»;

eLibrary SPIN: 2510-5734; ORCID: 0000-0002-9110-4387

E-mail: paveltroickiy@mail.ru

Information about the author:

Troitskiy Pavel, postgraduate;

eLibrary SPIN: 2510-5734; ORCID: 0000-0002-9110-4387

E-mail: paveltroickiy@mail.ru

Цитировать:

Троицкий П.С. Обоснование снижения массы рамы вагона-платформы для перевозки контейнеров в модульных грузовых электропоездах // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 70–84. doi: 10.17816/transsyst20206270-84

To cite this article:

Troitskiy PS. Justification for Reducing The Weight of the Frame of the Platform Car for Transporting Containers in Modular Electric Freight Trains. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):70-84. doi: 10.17816/transsyst20206270-84

РУБРИКА 2: Научные и технические разработки

Направление – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК [UDC] 62-531.7

DOI 10.17816/transsyst20206285-93

© Т. А. Раянов

Санкт-Петербургский Государственный университет
морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(Санкт-Петербург, Россия)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ В ПРОГРАММЕ MATLAB SIMULINK

Введение: В последнее время огромную популярность получили современные тензометрические системы измерения, которые применяются в автомобильном, железнодорожном, авиационном и судовом транспорте, а также в целлюлозной, бумажной, металлургической промышленности. Данные метрологические системы обеспечивают точное измерение в сложных эксплуатационных условиях. Наибольшую популярность среди датчиков силы получили тензометрические датчики, они все больше применяются в различных областях морской эксплуатации и судопроизводства. Они являются оптимальным решением в области измерения

Цель: Создание программой модели тензометрической системы измерения. Анализ выходных характеристик.

Методы и материалы: В статье описана конструкция математической модели тензометрической системы измерения. Для моделирования использовалась библиотека программы MATLAB SIMULINK. Работа основана на математическом моделировании и направлена на создание компьютерной тензометрической модели измерения. Проанализированы выходные характеристики. Проверена точность измерения программной модели с помощью проверки сходимости фактического и измеренного значения.

Результаты: Создана программная модель тензометрической системы измерения для создания реальной компьютерной тензометрической системы измерения. Получены выходные характеристики.

Выводы:

- Предложена программная модель тензометрической системы измерения;
- Произведено исследование выходных характеристик и проверка точности измерения.

Ключевые слова: тензометрический датчик, мультиплексор, дифференциальный усилитель.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Mathematical Modeling, Numerical Methods and Program Complexes

© T. A. Raianov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
(St. Petersburg, Russia)**MATHEMATICAL MODELING
OF A STRAIN GAUGE MEASUREMENT SYSTEM
IN MATLAB SIMULINK PROGRAM**

Background: In recent years, modern strain gauge systems for measuring, which are used in automobile, railway, aviation, and ship transport, as well as in the pulp, paper, and metallurgical industries, have become extremely popular. These metrological systems provide accurate measurement in difficult operating conditions. The most popular among sensors are strain gauges, they are increasingly used in various areas of marine operations and legal proceedings. They are the optimal solution in the field of torque measurement.

Aim: The program creates a model of a strain gauge measurement system. Analysis of power output characteristics.

Methods: The article describes the construction of a mathematical model of the strain gauge measurement system. The MATLAB SIMULINK library was used for simulation. The work is based on mathematical modeling and is aimed at creating a computer-based strain gauge model. The output characteristics are analyzed. The accuracy of the software model measurement was verified by checking the convergence of the actual and measured values.

Results: A software model of the strain gauge force measurement system was created to create a real computer strain gauge measurement system. Output characteristics are obtained.

Conclusions:

- A software model of the strain gauge measurement system is proposed;
- The output characteristics were studied and the measurement accuracy was checked.

Keywords: strain gauge, multiplexer, differential amplifier.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное моделирование различных измерительных систем стало важным инструментом для специалистов, работающих со сложными следящими системами автоматического управления. Наиболее распространенные причины обращения к моделированию - невозможность экспериментальной реализации исследования или непомерные издержки тестирования реальной системы [1]. Моделирование измерительных систем сопряжено со специфическими особенностями, поскольку такие задачи нельзя описать при помощи нескольких дискретных переменных, но их можно лучше понять, если использовать математические функции. Примером моделирования измерительной системы может быть создание

математической модели тензометрической системы измерения [2]. Для решения данной задачи можно использовать профессиональные пакеты MATLAB, PYTHON и т. д.

Данные программы содержат мощные встроенные методы, которые позволяют проводить самые разнообразные вычисления. Можно также легко использовать графические команды, поэтому доступна мгновенная визуализация полученных результатов. Для разработки данной математической модели использована программа MATLAB-SIMULINK

ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Измерение деформации с помощью тензорезистивных преобразователей одно из самых сложных в технике электрических измерений. Сложность определяется малым диапазоном изменения сопротивления тензорезистора под воздействием деформации. Изменения сопротивления тензодатчика чрезвычайно малы и составляют для 100 Ом датчика около 0,0002 Ом на деформацию 1 мкм/м. Таким образом, деформация 1000 мкм/м (соответствующая приращению напряжения в стали примерно 200 МПа) изменяет сопротивление 100 Ом датчика на 0,2 Ом. Для преобразования столь малых изменений сопротивления в выходные сигналы напряжения, которые могут регистрироваться, в измерительных приборах широко используется в основном мостовая схема. Чтобы измерять столь малое изменение сопротивления и скомпенсировать температурную погрешность, тензодатчики практически всегда используют в мостовой схеме, подключенной к источнику напряжения или тока (источнику питания моста). Стоит отметить, что общепринятого стандарта для питания моста не существует. Типовыми являются напряжения 3 В и 10 В. Ток через тензодатчик обычно составляет от 2 мА до 30 мА для датчиков с сопротивлением от 1 кОм до 120 Ом.

Измерительный мост принято изображать в виде ромба, стороны которого называют плечами, а точки соединения плеч – вершинами или узлами моста. Мост Уинстона с питанием от источника постоянного напряжения состоит из трех функциональных частей Рис. 1 [3].

Это источник напряжения U , четыре резистора (R_1 , R_2 , R_3 , R_4), образующие мост, и регистрирующая схема, включающая резистор нагрузки R_M . В приведенных ниже уравнениях полагается $R_M = \infty$, так, что ток, протекающий через мост, не отвлекается в нагрузку. Такая ситуация наблюдается, когда сигнал с мостовой схемы поступает на вход электронного усилителя или аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Выходное напряжение моста Уинстона (разность напряжений точек В и Д) определяется соотношением (1).

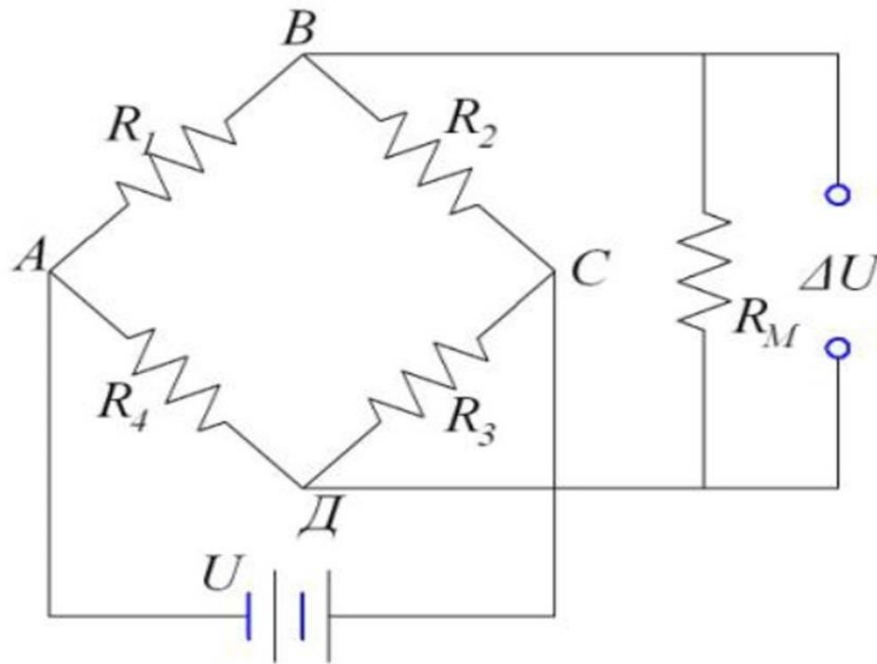


Рис. 1. Мост Уинстона

$$U_{вых} = U_{вх} \left[\frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right] \quad (1)$$

Тензорезисторы обычно выносятся за пределы измерительного устройства и располагаются на исследуемом объекте, тогда как резисторы, дополняющие мост, как правило, расположены в измерительном устройстве. В плечи моста тензорезисторы можно включать последовательно, параллельно и смешанно [4].

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

В приложение MATLAB-SIMULINK разработана модель тензометрической системы измерения, структура которой показана на Рис. 2.



Рис. 2. Структура математической модели тензометрической системы измерения

Данная модель состоит из следующих элементов на входе расположены два блока задания, первый блок задает постоянное значение, второй блок задает случайные значения, далее следует функциональный блок программы MATLAB в котором написана математическая модель тензометрической системы с помощью математической функции, мультиплексор и осциллограф.

На Рис. 3 показана математическая модель тензометрической системы, которая написана в функциональном блоке MATLAB. Данная модель создана при помощи программы-функции MATLAB. В ней описывается модель выходного напряжения тензометрической системы.

```
function Ucal = f(E) % где E=модуль упругости  
тензодатчика  
R=100; %Сопrotивления резисторов моста Уинстона  
k=2; % Калибровочный коэффициент тензодатчика  
Uin=10; %Напряжение источника питания тензодатчика  
% dR/R=K*E  
% dR/100=K*E  
dR=k*100*E; % Отклонение сопротивления тензодатчика при  
деформации  
Rstr=R+dR; % Сопrotивление, появившееся в результате  
деформации резистора тензодатчика  
Uout=Uin*(Rstr/(Rstr+R)-R/(R+R)); %Выходное напряжение  
тензометрической системы  
Kgain=0.2 %Коэффициент усиления в усилителе для  
масштабирования схемы  
Us=Uout*Kgain; % Масштабированное выходное напряжение  
тензометрической системы  
end
```

Рис. 3. Математическая модель выходного напряжения тензометрической системы

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

На Рис. 4 показаны выходные характеристики постоянного значения силы. На осциллограмме изображены два установившихся процесса. Зеленым цветом выделен установившийся процесс с блока задания постоянного значения который измеряется в милливольтках. Синим цветом выделен установившийся процесс выходного напряжения с тензометрической системы измерения. Время измерения установившихся процессов составляет 10 секунд.

Блок постоянного значения задает значение, равное 0,001, которое показывается на осциллографе выходной характеристикой по напряжению равной 1 мВ. Выходное напряжение с тензометрической системы

показывает нам значение 0,99 мВ. Это говорит нам о том, что программная модель измерила постоянное значение с точностью 99 %.

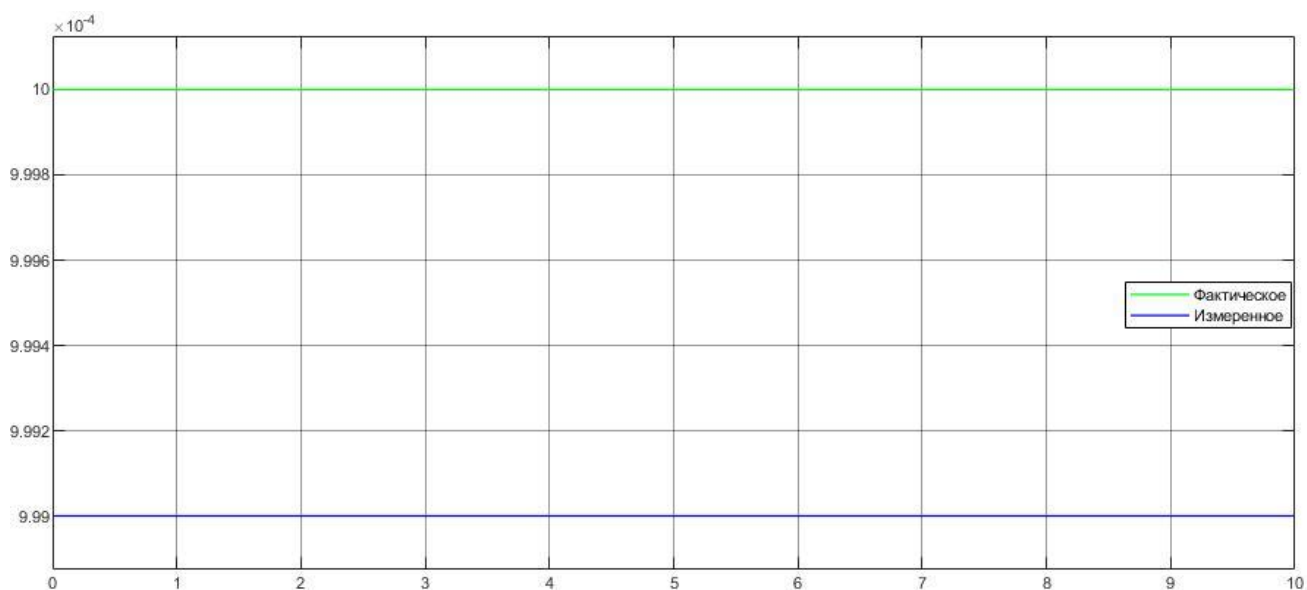


Рис. 4. Выходные характеристики постоянного значения

На Рис. 5 изображена имитация статического измерения с помощью функционального блока равномерных случайных чисел из библиотеки MATLAB SIMULINK. На данной осциллограмме фиолетовым цветом показан установившийся процесс с блока равномерных случайных чисел который измеряется в милливольтках. Синим цветом выделена переходная характеристика выходного напряжения с тензометрической системы измерения. Диапазон случайных значений задается с 0 до 10 мВ. Время измерения установившихся процессов составляет 10 секунд.

Для того чтобы оценить точность измерения, сделан Рис. 6 на нем изображена имитация статического измерения с помощью блока равномерных случайных значений в приближенном виде. На осциллограмме в приближенном виде видно, что значения двух установившихся процессов различаются на 0,089 мВ, это означает, что погрешность измерения составляет около 1 %.

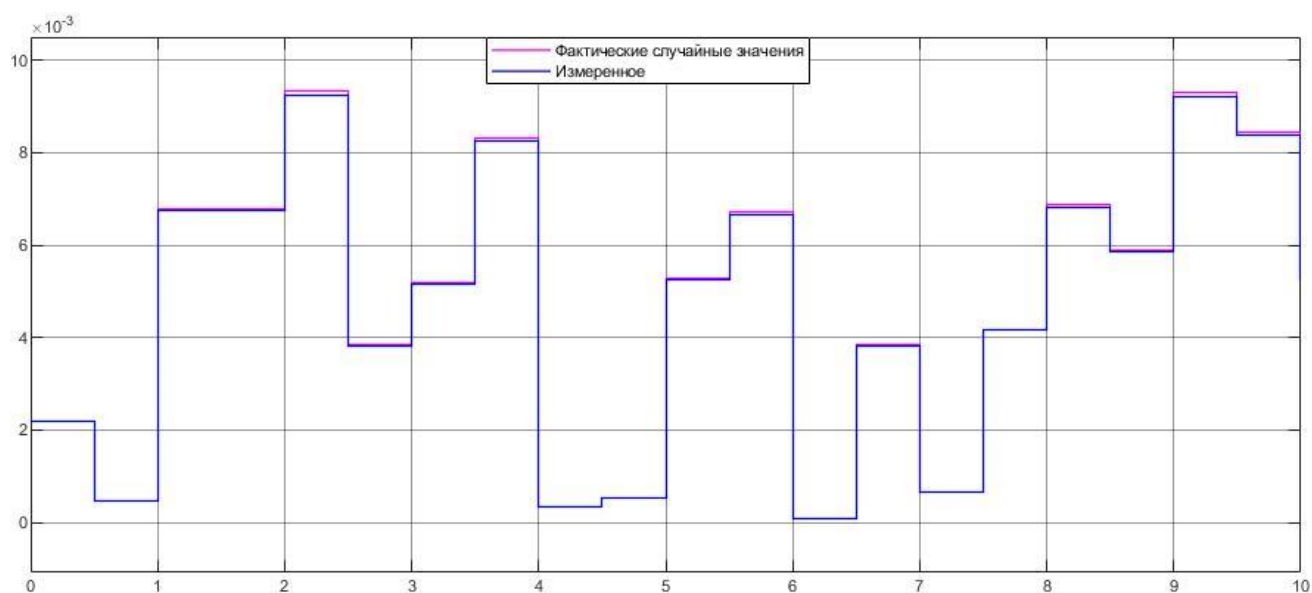


Рис. 5. Имитация статического измерения с помощью блока равномерных случайных значений

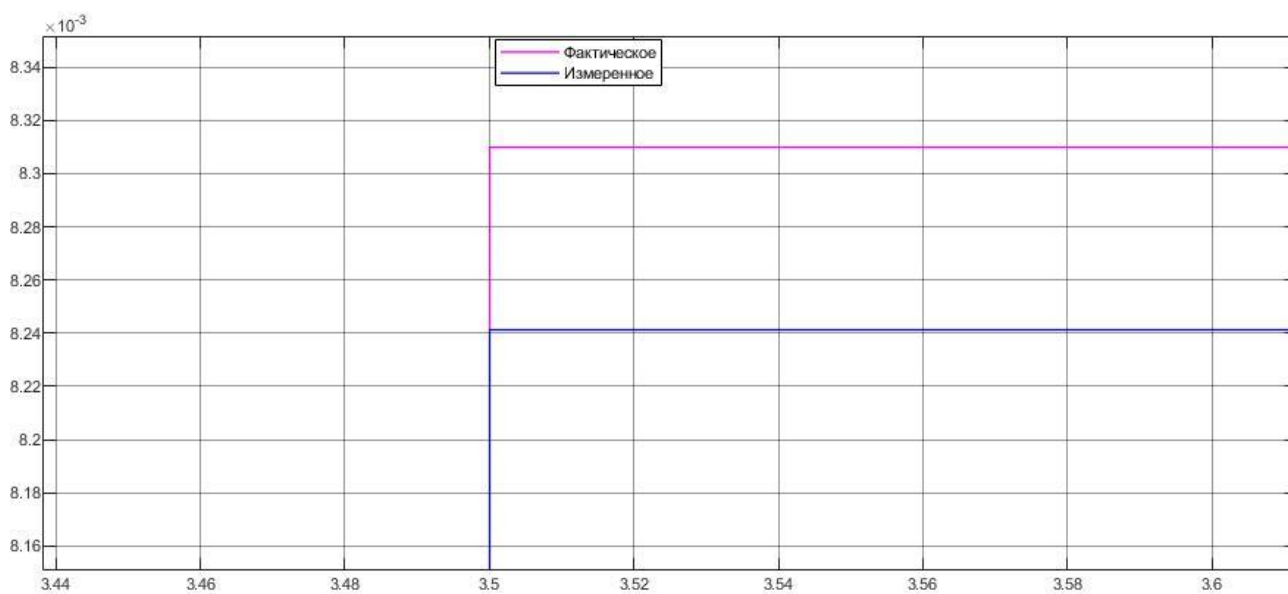


Рис. 6. Имитация статического измерения с помощью блока равномерных случайных значений в приближенном виде

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассматривается математическое моделирование тензометрической системы измерения. В качестве примера создана модель тензометрической системы измерения с помощью библиотеки программы MATLAB SIMULINK.

Получены осциллограммы выходные характеристики фактического и измеренного значения при разных входных значениях [5]. При проверке характеристик фактического и измеренного значений сходимость экспериментальных данных, полученных с помощью математического моделирования в программе MATLAB SIMULINK составила 99 %.

Полученная модель тензометрической системы измерения полностью соответствует теоретическим предположениям и приведенным в статье экспериментальным результатам [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Олещук В.А., Верещагина А.С. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учеб. пособие. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2015. – 92 с. [Oleshuk VA, Vereshagina AS. Methods and means of measurement, testing and control: schoolbook. Komsomolsk-on-Amure: KnAGTU; 2015. 92 p. (In Russ.)].
2. Борисов А.М, Нестеров А.С. Средства автоматизации и управления: учеб. пособие. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – 207 с. [Borisov AM, Nesterov AS. *Sredstva avtomatizacii i upravleniya: schoolbook*. Chelyabinsk: RSTU, 2007. 207 p. (In Russ.)].
3. Wallin C, Ling H, Rasool A. Evaluation of torque pulses in industrial applications using the torquesensor torductor (R)-S //SIcon/01. Sensors for Industry Conference. Proceedings of the First ISA/IEEE. Sensors for Industry Conference (Cat. No. 01EX459). IEEE, 2001. pp. 95-100. doi 10.1109/SFICON.2001.968506
4. Жадобин Н.Е, Алексеев Н.А, Крылов А.П. Электронные и микропроцессорные системы управления судовых энергетических и электроэнергетических установок: учеб. пособие. – М.: Проспект, 2010. – 528 с. [Zhadobin NE, Alekseev NA, Krylov AP. *Elektronnye i mikroprocessornye sistemy upravleniya sudovyh energeticheskikh i elektroenergeticheskikh ustanovok: schoolbook*. Moscow: Prospect; 2010. 528 p. (In Russ.)].
5. Соломин А.В. Линейные асинхронные тяговые двигатели для высокоскоростных поездов и их математическое моделирование (монография). Ростов-на-Дону: РГУПС, 2008. – 204 с. [Solomin AV. *Lineynyye asinkhronnyye tyagovyye dvigateli dlya vysokoskorostnykh poyezdov i ikh matematicheskoye modelirovaniye* (monograph). Rostov-na-Donu: RSTU; 2008. 204 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004131632>. Ссылка активна на: 04.02.2019.
6. Жадобин Н.Е., Малышев В.А., Крылов А.П. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики: учеб. пособие. – М.: Элмор, 1998. – 440 с. [Zhadobin NE, Malushev VA, Krylov AP. *Elementu i functionalinue ustroistva sudovyh avtomatiki: schoolbook*. Moscow: Elmor; 1998. 440 p. (In Russ.)].

Сведения об авторе:

Раянов Тимур Александрович; аспирант;
eLibrary SPIN: 9507-8454; ORCID: 0000-0002-6423-0978;
E-mail: rayanov.timur@yandex.ru

Information about the author:

Raianov Timur Alexndrovich; postgraduate student;
eLibrary SPIN: 9507-8454; ORCID: 0000-0002-6423-0978;
E-mail: rayanov.timur@yandex.ru

Цитировать:

Раянов Т.А. Математическое моделирование тензометрической системы измерения в программе MATLAB SIMULINK // Транспортные системы и технологии. — 2020. — Т. 6. — № 2. — С. 85–93. doi: 10.17816/transsyst20206285-93

To cite this article:

Raianov TA. Mathematical modeling of a strain gauge measurement system in MATLAB SIMULINK program. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):85-93. doi: 10.17816/transsyst20206285-93

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Транспортная инфраструктура

УДК [UDC] 519.8

DOI 10.17816/transsyst20206294-105

© Т. С. Карпова, В. И. Моисеев, В. А. Ксенофонтова

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО СПОСОБА СЛИВА ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Обоснование: На внутреннем рынке в зимний период увеличивается потребление мазута, что влечет повышение цен. При этом значительно увеличиваются затраты ресурсов и время слива вязких нефтепродуктов. Продолжительность процесса слива связана с физико-химическими свойствами мазута. А именно, его вязкость зависит от температуры самого продукта и температуры внешней среды, которая в условиях нашей страны в среднем в год составляет $-5,5^{\circ}\text{C}$.

Цель: Уменьшение длительности и стоимости процесса перевозки вязких нефтепродуктов.

Методы: В статье предложен новый способ перевозки вязких нефтепродуктов по железной дороге, обеспечивающий сохранение их текучести без применения тепловой изоляции котла вагона-цистерны и средств путевого подогрева. Построены имитационные модели процессов слива вязких нефтепродуктов для традиционного и нового способа налива при циркуляционном способе слива вязких нефтепродуктов, позволяющие оценить количество потребляемых ресурсов.

Результаты: В работе показаны особенности существующего процесса слива вязких нефтепродуктов. Проведено имитационное моделирование и функционально-стоимостной анализ процесса слива при циркуляционном способе подогрева вязких нефтепродуктов. Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Выводы: При новом способе налива процесс слива происходит аналогично с летним периодом.

Ключевые слова: вязкие нефтепродукты; железнодорожные перевозки; имитационная модель; циркуляционный способ слива; мазут; стратифицированное состояние вязкого нефтепродукта.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Transport Infrastructure

© T. S. Karpova, V. I. Moiseev, V. A. Ksenofontova

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

(St. Petersburg, Russia)

**SIMULATION OF THE CIRCULATION METHOD
FOR DISCHARGING VISCOUS PETROLEUM PRODUCTS**

Background: In the domestic market, the consumption of fuel oil increases during the winter period, leading to higher prices. At the same time, the cost of inputs and the time for the discharge of viscous oil products are greatly increased. The duration of the discharge process is related to the physico-chemical properties of the fuel oil. Its viscosity depends on the temperature of the product itself and the temperature of the environment, which in our country averages -5.5°C per year.

Aim: Reduction in the length and cost of transport of viscous petroleum products.

Methods: The article proposes a new method for the carriage of viscous petroleum products by rail, ensuring that their fluidity is preserved without the use of thermal insulation of the boiler of the tank-wagon and the means for carrying the heating. Simulation models of the processes of pouring out viscous petroleum products for a traditional and new method of pouring in the circulation method of discharge of viscous petroleum products, which make it possible to estimate the quantity of resources consumed, are constructed.

Results: The work shows the peculiarities of the existing process of discharging viscous petroleum products. Simulation and functional-cost analysis of the discharge process were carried out under the circulatory method for heating viscous petroleum products. The results were compared.

Conclusion: In the new pouring method, the discharge process is similar to the summer period.

Keywords: viscous petroleum products, railway transport; simulation model; circulation method of discharge; oil; stratified state of viscous oil product.

ВВЕДЕНИЕ

Нефть является одним из основных источников энергии. Нефтяная промышленность сталкивается со сложной задачей конкурентоспособности в связи с колебаниями спроса, цен на нефть и нефтепродукты. Поэтому нефтяные компания ищут дополнительные возможности по снижению себестоимости продукта.

Нефтепродукты проходят сложный путь от разработки месторождения и добычи сырой нефти до поставки конечному потребителю конечного продукта. Стоимость транспортных услуг напрямую зависит от вида нефтепродукта и способа его поставки [1-4].

В ассортименте нефтеперерабатывающей промышленности выделяют три основных группы: моторное топливо (карбюраторное, дизельное, реактивное), котельное топливо (котельное, к которым относится мазут и др., газотурбинное) и нефтяные масла (смазочные и не смазочные масла) [5].

Основным физико-химическим свойством котельного топлива является вязкость, величиной которой определяются полнота сгорания топлива и условия слива и налива и др. На вязкость влияет температура окружающей среды: при ее понижении вязкость нефтепродукта резко возрастает. В этом случае выгрузка самотеком нефтепродукта становится невозможной.

В условиях географических и климатических особенностей нашего государства наиболее перспективны железнодорожные поставки вязких нефтепродуктов [6]. Преимуществом такого способа транспортировки является всесезонность в отличие от поставок речным и морским транспортом. Железнодорожные перевозки способны обеспечить массовые поставки нефтепродуктов средним объемом 3000 тонн одним железнодорожным составом в то время как максимальный объем груза, перевозимого единицей автомобильного транспорта, составляет 25 тонн [7, 8]. Поставки вязких нефтепродуктов по трубопроводу возможны только на небольшие расстояния.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ СЛИВА

В модели перевозки вязких нефтепродуктов, к которым относится мазут, наиболее затратным и энергоемким процессом является разогрев нефтепродукта перед сливом [9]. На данный момент при сливе применяют локальный прогрев пристенного слоя топлива с использованием стационарных теплообменников, входящих в конструкцию цистерны, прогрев всей массы топлива в цистерне через выносной стационарный теплообменник и комбинированный способ. Для разогрева мазута в железнодорожных цистернах в качестве теплоносителя используется как правило водяной пар и электроэнергия [10].

В данной работе рассматривается модель циркуляционный подогрева мазута, относящийся к прогреву всей массы топлива в цистерне. При применении этого способа разогрев мазута в железнодорожных цистернах производится горячим мазутом, подаваемым насосом через выносные стационарные теплообменники. Мазут, взятый из хранилища, в стационарных теплообменниках разогревается до температуры на 15°С ниже, чем температура вспышки, но не более 120°С. Продолжительность подготовительных процессов и слива мазута с одного котла вагона-

цистерны в среднем длится в зимний период 15–20 часов, в то время как в летний период это время составляет 8–9 часов.

При этом способе слива нефтепродукты сливаются полностью и котел вагона-цистерны не нуждается в дальнейшей очистке при условии перевозки в нем того же вида топлива.

ОПИСАНИЕ НОВОЙ МОДЕЛИ ПРЕВОЗКИ

В работе предложен новый способ перевозки вязких нефтепродуктов, основанный на физических свойствах мазута, обладающего низкой теплопроводностью [11]. Данный способ позволяет снизить себестоимость транспортных расходов за счет предотвращения охлаждения груза при транспортировке по железной дороге.

Наиболее интенсивное охлаждение нефтегруза происходит в течение первых суток после налива в цистерну как результат смешанной свободной-вынужденной конвекции. Особенно интенсивно процесс охлаждения происходит в зимний период, который в некоторых регионах страны продолжается до 8 месяцев [7].

Суть метода в переводе нефтепродукта в устойчивое, но не равновесное состояние в момент загрузки, когда плотность в верхней части котла вагона-цистерны существенно меньше, чем в нижней. Такое состояние называется стратифицированным. При этом подходе естественная конвекция, которая является причиной быстрого охлаждения груза, практически исчезает. В местах взаимодействия нефтегруза со стенками котла вагона-цистерны образуется высоковязкий слой из застывшего груза, обладающий малой теплопроводностью, и выполняющий функции тепловой изоляции [12, 13].

При таком способе налива основная масса продукта остается в текучем состоянии. В этом случае в разогреве при выгрузке нуждается не более 10 % перевозимого груза. Предложенный метод позволяет процесс слива в зимнее время приблизить к нормативам летнего периода.

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Для разработки имитационной модели в качестве инструментальной среды использовалась отечественная платформа Business Studio. Данное программное обеспечение позволяет с помощью функционально стоимостного анализа оценить экономическую эффективность предложенного способа перевозки [14, 15].

При моделировании использовались нотации BPMN и EPC, позволяющие максимально точно описать моделируемые бизнес-процессы.

Смоделируем процесс слива вязких нефтепродуктов циркуляционным способом, который состоит из следующих этапов:

1. Подача железнодорожной цистерны под эстакаду слива.
2. Замер количества прибывшего груза и отбор проб. В летний период данная процедура занимает 1 час, а в зимний период 2 часа.
3. Подключение устройств слива нефтепродуктов.
4. Заполнение системы слива нефтепродуктом из хранилища и подогрев его. При подогреве используется пар. Расход пара в зимний период в среднем 6 Гкал на слив одной железнодорожной цистерны, в летний период 3 Гкал.
5. Разогрев нефтепродуктов в зоне сливного клапана котла вагона-цистерны.
6. Слив 90–95 % объема нефтепродуктов в хранилище. В летний период данная процедура занимает 8 часов, а в зимний период 15–20 часов. После этого процедура слива останавливается.
7. Размывание остатков нефтепродуктов в железнодорожной цистерне и окончательный слив. Этот процесс занимает еще 4 часа в холодное время года и 2 часа в теплое время года.
8. Отключение сливного устройства.
9. Вывод железнодорожной цистерны из-под эстакады слива.

Модель данного бизнес-процесса приведена на Рис. 1. Процесс подготовительных мероприятий и непосредственно самого слива встроен как декомпозиция в данную модель.

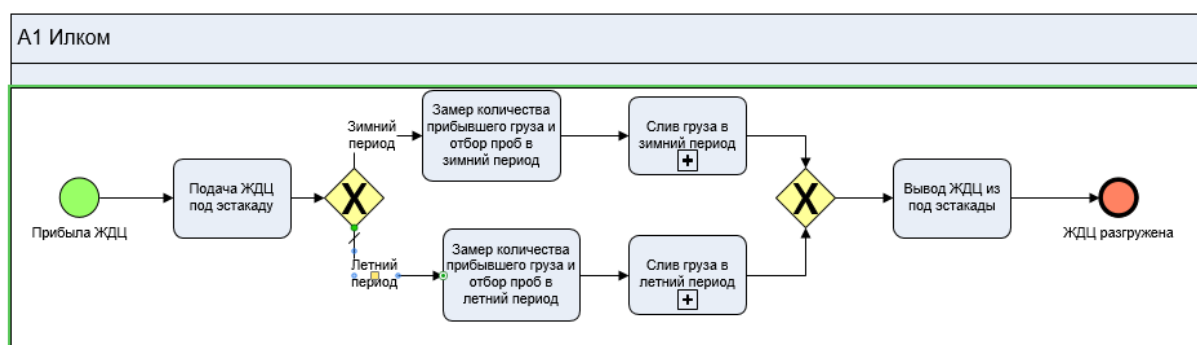


Рис.1. Модель процесса слива вязких нефтепродуктов циркуляционным способом

При новом способе загрузки схема слива груза значительно упрощается (Рис. 2).

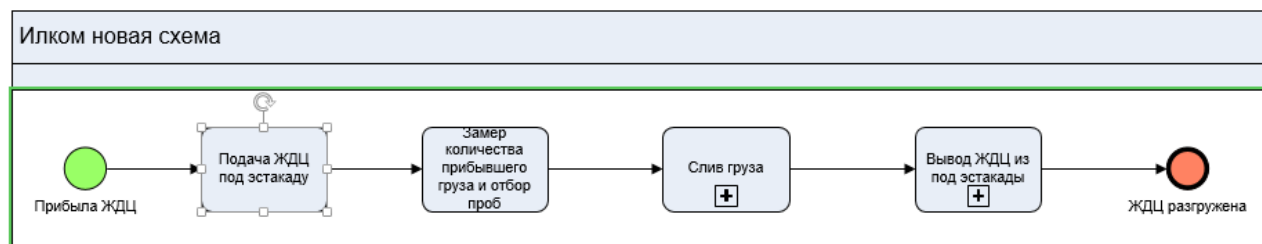


Рис. 2. Модель процесса слива нефтепродуктов циркуляционным способом при новом способе загрузки

ПРОВЕДЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

Для проведения функционально стоимостного анализа задаем свойства объектов. Железнодорожные цистерны приходят на станцию ежедневно в разное время в течение суток в количестве 20 штук в среднем. Этот факт отражен на Рис. 3.

Тип случайной величины	Интервал	Закон распределения	Количество экземпляров события
Момент времени	0:00:00 — 0:00:00	Равномерный (0:00:00; 24:00:00)	Нормальный ($\mu=20$; $\sigma=5$)

Рис. 3. Свойство стартового события

Платформа Business Studio позволяет смоделировать частоту возникновения стартового события. Результат показан на Рис. 4.

Задаем параметры объектов с учетом данных, приведенных в описании, и даты наступления события, а также условия возникновения события Зимний период и Летний период (Рис. 5).

Время выполнения процессов Слив в зимнее время и Слив в летнее время задаем как случайную величину с нормальным законом распределения.

Проведем имитационное моделирование процесса слива вязкого нефтепродукта в период с 30 сентября по 2 октября, что позволит нам наблюдать работу модели в летний и зимний период. Результаты имитации приведены на Рис. 6.

Здесь же мы можем наблюдать количество реализаций каждого процесса: сколько запущено, сколько завершено и выполняется (Рис. 7).

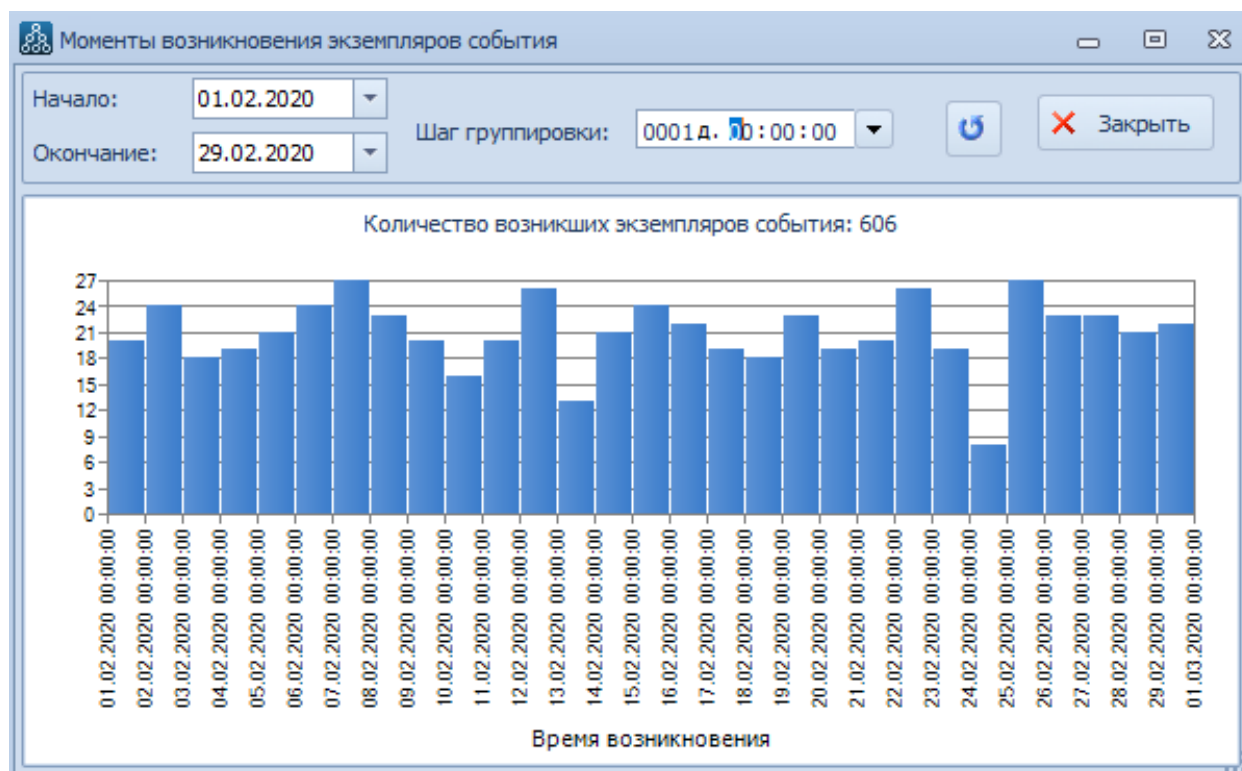


Рис. 4. Моделирование моментов возникновения экземпляров стартового события

И / ИЛИ	(	*Переменная	*Оп...	Операнд	)
	((	Текущая дата	>=	01.10.2019	)
И	(	Текущая дата	<=	30.04.2020	)
*					

Рис. 5. Свойства условия Зимний период

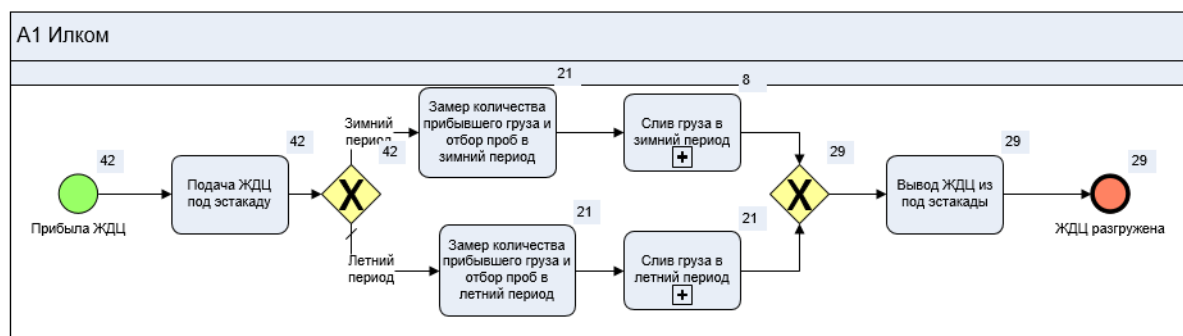


Рис. 6. Результаты имитации

Процессы						
Временные ресурсы						
Переменные						
☒ Показать конечные процессы						
Процесс	Запущено	Завершено	Выполняется	Ожидает выполнения	Ожидает в очереди	Ожидает матер. ресурс
A1 Илком	42	29	13	-	-	-
A1.1 Подача ЖДЦ под эстакаду	42	42	0	0	0	0
A1.2 Замер количества прибывшего груза и отбор проб в зимний период	21	21	0	0	0	0
A1.3 Замер количества прибывшего груза и отбор проб в летний период	21	21	0	0	0	0
A1.4 Слив груза в зимний период	21	8	13	-	-	-
A1.4.1 Подготовительные работы для слива НП	21	21	0	0	0	0
A1.4.2 Слив НП в зимний период	21	8	13	0	0	0
A1.5 Слив груза в летний период	21	21	0	-	-	-
A1.5.1 Подготовительные работы для слива НП	21	21	0	0	0	0
A1.5.2 Слив НП в летний период	21	21	0	0	0	0
A1.6 Вывод ЖДЦ из под эстакады	29	29	0	0	0	0
ВСЕГО	197	184	13	0	0	0

Рис. 7. Расчет количества запущенных процессов

Business Studio позволяет задавать расход пара как переменную величину или продукт. В первом случае мы можем наблюдать, какое количество пара расходуется при сливе каждого котла вагона-цистерны. И сколько пара потребовалось для слива всего груза. В виду большого количества данных приведем часть таблицы расхода пара в летний период (Табл. 1) и в зимний период (Табл. 2), импортированных в *Excel*. Это еще одна возможность, представляемая разработчиками данного программного обеспечения.

Таблица 1. Расход пара в летний период

Экземпляр процесса	Дата и время	Операнд (количество используемого пара в одном процессе)	Значение на выходе
A1.5 Слив груза в летний период, экз. №01	30.09.2019 9:00:00	2,0813	2,0813
A1.5 Слив груза в летний период, экз. №04	30.09.2019 11:40:00	3,1313	5,2126
A1.5 Слив груза в летний период, экз. №03	30.09.2019 12:10:00	3,2206	8,4332

Таблица 2. Расход пара в зимний период

Экземпляр процесса	Дата и время	Операнд (количество используемого пара в одном процессе)	Значение на выходе
A1.5 Слив груза в зимний период, экз. №01	01.10.2019 14:30:00	6,7017	70,2761
A1.5 Слив груза в зимний период, экз. №04	01.10.2019 15:30:00	8,5487	78,8248
A1.5 Слив груза в зимний период, экз. №03	01.10.2019 15:50:00	6,8391	85,6639

Задав количество потребляемого пара как продукт, были получены следующие данные, приведенные на Рис. 8.

Процессы Переменные					
Статистика по процессу					
Процесс	Количество выполнений	Средняя стоимость произв...	Суммарная стоимость произ...	Среднее производное ко...	Суммарное произведено...
▶ A1.4 Слив груза в зимний период	8	3127,14	25017,12	6,087	48,696
A1.5 Слив груза в летний период	21	3127,14	65669,94	2,736	57,458

Рис. 8. Статистика по продукту Пар

При задании пара как продукта, произведенного в процессе слива нефтепродуктов, подсчитывается только количество пара, учитывая завершённые процессы. Отсюда видна разница потребления пара в первом (120,63 Гкал) и во втором (106,15 Гкал) случаях.

На следующих рисунках приведены результаты имитации за тот же период при новой схеме налива (Рис. 9–11, Табл. 3).

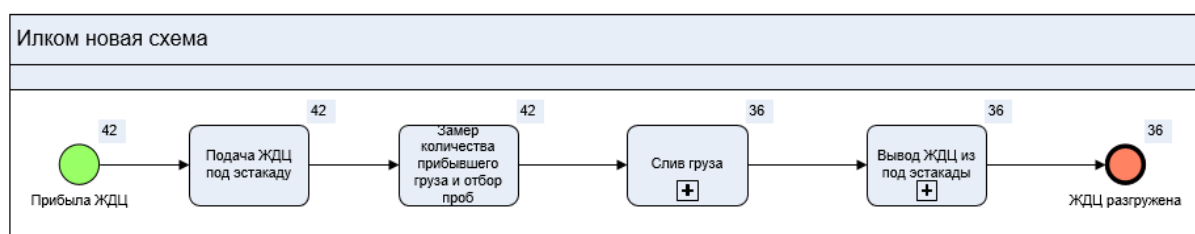


Рис. 9. Результат имитационного моделирования при новой схеме налива

Процессы Временные ресурсы Переменные						
Показать конечные процессы						
Процесс	Запущено	Завершено	Выполняется	Ожидает выполнения	Ожидает в очереди	Ожидает матер. ресурс
Илком новая схема	42	36	6	-	-	-
A1 Подача ЖДЦ под эстакаду	42	42	0	0	0	0
A2 Замер количества прибывшего груза и отбор проб	42	42	0	0	0	0
A3 Слив груза	42	36	6	-	-	-
A3.1 Подготовительные работы для слива НП	42	42	0	0	0	0
A3.2 Слив НП	42	36	6	0	0	0
A4 Вывод ЖДЦ из под эстакады	36	36	0	0	0	0
ВСЕГО	204	198	6	0	0	0

Рис. 10. Расчет количества запущенных процессов при новой схеме налива

Таблица 3. Расход переменной Пар при новой схеме налива

Экземпляр процесса	Дата и время	Операнд (количество используемого пара в одном процессе)	Значение на выходе
A3 Слив груза, экз. №36	01.10.2019 21:30:00	4,2596	102,3337
A1.5 Слив груза, экз. №36	01.10.2019 23:10:00	2,8673	105,2011

Процессы					
Перененные					
Статистика по процессу					
Процесс	Количество выполнений	Средняя стоимость произв...	Суммарная стоимость произ...	Среднее производное ко...	Суммарное произведено...
А3 Слив груза	36	3127,14	112577,04	3,109	111,92

Рис. 11. Расход продукта Пар при новой схеме налива

ВЫВОДЫ

Построены имитационные модели слива вязких нефтепродуктов циркуляционным способом, позволяющие оценить количество ресурсов, необходимых при сливе. Новый способ налива позволяет сэкономить затраты на расход пара в среднем на 2 млн рублей ежемесячно в зимний период.

Преимущества построенной модели:

1. Впервые использован новый метод для моделирования физических процессов.
2. Для построения имитационной модели использовался новый инструмент, который до этого применялся исключительно для моделирования организационных бизнес-процессов.
3. Использована отечественная платформа *Business Studio* в качестве инструментальной среды.
4. Данные, полученные в результате имитационного моделирования, соответствуют данным, предоставленным профильной работающей организацией.
5. Новая схема слива зависит только от способа налива вязких нефтепродуктов, поэтому ее можно применять не только при циркуляционном способе слива.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Хусаинов В.И., Ожерельева М.В. Перевозки угля и нефтеналивных грузов железнодорожным транспортом: текущее состояние и перспективы // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 4(83). – С. 22–27. [Husainov VI, Ozherel'eva MV. Transportation of coal and oil cargoes by rail transport: current state and prospects. *Transport Rossijskoj federacii* 2019;4(83):22-27 (In Russ.)].
2. Kazemi Y. *Modelling the petroleum supply chain: multimodal transportation, disruptions and mitigation strategies*. [dissertation] North Dakota: State University of Agriculture and Applied Science, 2016. [cited 2020 March 04]. Available from: <http://hdl.handle.net/10365/25830>

3. Saad MS, Elsaghier EH, Ezaga D. Planning and Optimising Petroleum Supply Chain. In Proceedings of the 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018), 2018 June 11-14, Columbus, OH, USA doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.131
4. Информационно-справочный портал «Железнодорожные перевозки». Доступно по URL: <https://cargo-report.info/> Ссылка активна на 04.03.20. [Informacionno-spravochnyj portal “Zheleznodorozhnye perevozki” (In Russ.)]. Доступно по: <https://cargo-report.info/> Ссылка активна на: 04.03.2020.
5. Геллер З.И. Мазут как топливо. – М.: Недра, 1965. – 496 с. [Geller ZI. *Mazut kak toplivo*. Moscow: Nedra; 1965. 496 p. (In Russ.)]. Доступно по: https://www.studmed.ru/geller-zi-mazut-kak-toplivo_767fd1e5abb.html Ссылка активна на: 04.03.2020.
6. Жебанов А.В., Волов Д.Б. Актуальные задачи транспортировки вязких и затвердевающих нефтепродуктов на железнодорожном транспорте // Материалы 5 Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса». – Самара: СамГУПС, 2009. – С. 364–366. [Zhebanov AV, Volov DB. Aktual'nye zadachi transportirovki vjazkih i zatverdevajushhih nefteproduktov na zheleznodorozhnom transporte. In Proceedings of the Materialy 5 Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii “Aktual'nye problemy razvitija transportnogo kompleksa” Samara: SamGUPS; 2009. pp. 364-366. (In Russ.)].
7. Жебанов А.В. Управление теплофизическими процессами в нефтепродуктах при их перевозках в теплоизолированном вагоне. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. – СПб; 2017. [Zhebanov AV. Upravlenie teplofizicheskimi processami v nefteproduktah pri ih perevozkah v teploizolirovannom vagone. [dissertation]. St. Petersburg; 2017 (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/upravlenie-teplofizicheskimi-protsessami-v-nefteproduktakh-pri-ikh-perevozkakh-v-teploizolir>. Ссылка активна на: 04.03.2020.
8. Моисеев В.И. Теория и модели процессов тепломассопереноса при транспортных операциях с застывающими наливными грузами. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – СПб; 2012. [Moiseev VI. Teorija i modeli processov teplomassoperenosa pri transportnyh operacijah s zastyvajushhimi nalivnymi грузами. [dissertation]. St. Petersburg; 2012. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/teoriya-i-modeli-protsessov-teplomassoperenosa-pri-transportnykh-operatsiyakh-s-zastyvayushch>. Ссылка активна на: 04.03.2020.
9. Моисеев В.И. Охлаждение горячих нефтепродуктов в цистернах с паровобогревательным кожухом / Труды XXII Международной научно-практической конференции «Математика в вузе». – СПб, 2010. – С. 126–128. [Moiseev VI. Ohlazhdenie gorjachih nefteproduktov v cisternah s paroobogrevatel'nyh kozhuhom. In Proceedings of the 24th International Conference “Matematika v vuze”. St. Petersburg; 2017. pp. 126-128 (In Russ.)].
10. Бахтизин Р.Н., Галлямов А.К. Транспорт и хранение высоковязких нефтей и нефтепродуктов. Применение электроподогрева. – М.: Химия, 2004. – 193 с. [Bahtizin RN, Gallyamov AK. *Transport i hranenie vysokovjazkih neftej i nefteproduktov. Primenenie jelektropodogreva*. Moscow: Himija; 2004. 193 p. (In Russ.)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002459532> Ссылка активна на: 04.03.2020.
11. Ступак П.М., Фройштетер Г.Б., Чередниченко Г.И. Теплофизические свойства смазочно-охлаждающих жидкостей и их базовых масел. В кн. Теплофизические свойства углеводородов и нефтепродуктов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983.

- С. 134–138. [Stupnjak PM, Frojshteter GB, CHerednichenko GI. *Teplofizicheskie svojstva smazочно-ohlazhdajushhih zhidkostej i ih bazovyh masel*. In book *Teplofizicheskie svojstva uglevodorodov i nefteproduktov*. Moscow: CNIITJenftehim; 1983. pp. 134–138 (In Russ.)].
12. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с. [Miheev MA, Miheeva IM. *Osnovy teploperedachi*. Moscow: Jenergija; 1977. 344 p. (In Russ.)]. Доступно по: <http://thermalinfo.ru/spravochniki-skachat/miheev-miheeva-osnovy-teploperedachi>. Ссылка активна на: 04.03.2020.
13. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. – М.: Наука, 1965. – 641с. [Monin AS, Jaglom AM. *Statisticheskaja gidromehanika*. Moscow: Nauka; 1965. 641 p. (In Russ.)]. Доступно по: https://www.studmed.ru/monin-as-yaglom-am-statisticheskaya-gidromehanika-tom-1_4b3c72f48bc.html. Ссылка активна на: 04.03.2020.
14. Документация Business Studio. [Dokumentacija Business Studio [Internet] (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.businessstudio.ru/>. Ссылка активна на: 04.03.2020.
15. Karpova TS, Moiseev VI, Ksenofontova VA. Construction of the Simulation Model of Transportation Oil Products [Internet] 2019;2556:103-107 [cited 2019 Dec 4-5] Available from: <http://ceur-ws.org/Vol-2556/paper18.pdf>.

Сведения об авторах:

Карпова Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент;
eLibrary SPIN: 9676-3790; ORCID: 0000-0002-8755-5396;
E-mail: t.s.karpova@yandex.ru

Моисеев Владимир Иванович, д.т.н., доцент;
eLibrary SPIN:6925-1107; ORCID: 0000-0003-0558-6242;
E-mail: moiseev_v_i@list.ru

Ксенофонтова Вера Алексеевна;
eLibrary SPIN: 2747-2890; ORCID: 0000-0002-3085-3771;
E-mail: koc-vera@yandex.ru

Information about the authors:

Tatyana S. Karpova, Candidate of Technical Science, docent;
eLibrary SPIN: 9676-3790; ORCID: 0000-0002-8755-5396;
E-mail: t.s.karpova@yandex.ru

Vladimir I. Moiseev, Doctor of Technical Science, docent;
eLibrary SPIN: 6925-1107; ORCID: 0000-0003-0558-6242;
E-mail: moiseev_v_i@list.ru

Vera A. Ksenofontova;
eLibrary SPIN:2747-2890; ORCID: 0000-0002-3085-3771;
E-mail: koc-vera@yandex.ru

Цитировать:

Карпова Т.С., Моисеев В.И., Ксенофонтова В.А. Имитационное моделирование циркуляционного способа слива вязких нефтепродуктов // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 94–105. doi: 10.17816/transsyst20206294-105

To cite this article:

Karpova TS, Moiseev VI, Ksenofontova VA. Simulation of the Circulation Method for Discharging Viscous Petroleum Products. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):94-105. doi: 10.17816/transsyst20206294-105

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 338.47

DOI 10.17816/transsyst202062106-115

© А. Л. Каменков

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ПАССАЖИРОПОТОКА НА СКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Обоснование: Данные, которые объединяют в себе техники и технологии, которые извлекают смысл из информации на экстремальном пределе практичности, называются «большими данными». Большие данные способствовали углублению понимания поведения особенностей многих систем, а, в частности, транспортной системы. Большие данные из различных источников с различным диапазоном масштабов данных становятся все более доступными для общества. Однако, в рамках железнодорожного транспорта, получить большие данные релевантные для пользователей, которыми являются, как частные лица, так и компании, – сложная задача, а инструменты сбора данных дефицитны и их отсутствие является препятствием для углубленного изучения закономерностей мобильности человека. Информационной основой исследования являются данные о невостребованных билетах поездов «Сапсан» по направлению Москва – Санкт-Петербург в период 19.02.2020 – 04.03.2020 гг. Информация о невостребованных билетах позволяет проанализировать поведения пользователей железнодорожного транспорта во время перемещений по маршруту Москва-Санкт – Петербург в недельном и суточном разрезе за период 19.02.2020 – 04.03.2020 гг.

Цель: Анализ поведения пассажиров ж/д транспорта на основе общедоступных больших данных с официального сайта РЖД.

Материалы и методы: Обнаруженный суточный цикл дает нам возможность сделать вывод о предпочтениях пассажиров и позволяет производить дальнейшие исследования в данном направлении, опираясь на полученные результаты. Результатом исследования можно назвать нахождение некоторых закономерностей в предпочтениях пассажиров. Данное исследование актуально для компаний, сфера деятельности которых сопряжена с железнодорожным транспортом, а также - для компаний, непосредственно участвующих в перевозке. Данные, полученные в исследовании, позволяют, при помощи отдельных методов интеллектуального анализа или прикладного программирования, производить А/Б тестирование, выстраивать маркетинговые стратегии, оптимизировать производство и решать прочие задачи, связанные с оценкой пассажиропотока и перемещения пассажиров.

Результаты: Обнаружен волнообразный суточный цикл максимальной загруженности линии, выделенный двумя временными периодами: 06.00–09.00 и 15.00–17.00. Обнаружено, что наиболее низкая заполняемость была на протяжении рабочей недели. Выявлено, что более высокая заполняемость – около 90 % – была с пятницы по воскресенье как в одном, так и в другом направлении движения. Также обнаружено

различие заполняемости между направлениями движения поездов. Поезда, движущиеся из Москвы в Санкт-Петербург, отличается более плотной заполняемостью.

Ключевые слова: большие данные, скоростной транспорт, аналитика открытых данных, поведение пользователей.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© Alexander L. Kamenkov

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

THE APPLICATION OF BIG DATA FOR THE ANALYSIS OF PASSENGER FLOW ON THE HIGH-SPEED LINES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Background: Data that combines techniques and technologies that make sense of information at the extreme limit of practicality is called "big data." Big data contributed to a deeper understanding of the behavior of the features of many systems, and, in particular, the transport system. Big data from various sources with a different range of data scales is becoming more accessible to society. However, in the framework of railway transport, obtaining big data relevant for users, which are both private individuals and companies, is a difficult task, and data collection tools are scarce and their absence is an obstacle to an in-depth study of the patterns of human mobility. The informational basis of the study is the data on unclaimed Sapsan train tickets in the direction Moscow - St. Petersburg during the period February 19, 2020 - March 4, 2020. Information on unclaimed tickets allows us to analyze the behavior of railway users during their travels along the Moscow - St. Petersburg route in a weekly and daily breakdown for the period February 19, 2020 - March 4, 2020.

Aim: Analysis of the behavior of passengers of railway transport based on publicly available big data from the official website of Russian Railways.

Materials and Methods: The discovered daily cycle gives us the opportunity to conclude on the preferences of passengers and allows us to carry out further research in this direction, based on the results. The result of the study can be called finding some patterns in the preferences of passengers. This study is relevant for companies whose field of activity is associated with rail transport, as well as for companies directly involved in transportation. The data obtained in the study allow, using separate methods of intellectual analysis or applied programming, to perform A / B testing, build marketing strategies, optimize production and solve other problems associated with assessing passenger flow and passenger movement.

Results: A wavy diurnal cycle of maximum line congestion was detected, distinguished by two time periods: 06.00 - 09.00 and 15.00 -17.00. It was found that the lowest occupancy rate was during the working week. It was revealed that a higher occupancy rate - about 90 % - was from Friday to Sunday in both one and the other direction of movement. A difference in occupancy between train directions was also found. Trains moving from Moscow to St. Petersburg are more densely populated.

Keywords: Big data, high-speed transport, open data analytics, user behavior.

ВВЕДЕНИЕ

Каждую секунду огромное количество данных записывается с помощью социальных сетей, данных Wi-Fi, данных сотовой связи [1].

Эти, так называемые, «большие данные» содержат в себе ценную информацию о том, как люди взаимодействуют друг с другом и со своим окружением, предоставляя большие возможности для детального изучения структуры, функции и динамики человеческих систем, а также для понимания пространственно-временных закономерностей на макро- и микроэкономических уровнях [2]. В то же время развитие интернет-технологий, высокопроизводительных вычислений и возможностей хранения данных теперь позволяют нам эффективно использовать большие данные.

Большие данные о человеческой мобильности оказались особенно полезными для характеристики человеческого поведения, что привело к открытию многих закономерностей, которые не могут быть достигнуты с помощью традиционных пространственно-временных исследований и статистических данных [3].

Возникает вопрос - чем отличаются большие данные от обычных данных [4]:

- 1) Формат;
- 2) Объем данных;
- 3) Тип моделей решателей;
- 4) Распределенность данных;
- 5) Вычислительные ресурсы.

Различные источники данных, такие как социальные сети, отчеты о действиях пользователей на веб-сайтах были исследованы для того, чтобы понять структуру поведения пользователей в социальных сетях, общественные настроения и модели путешествий человека. Многие из этих данных могут эффективно фиксировать траектории движения людей, выявляя закономерности в мобильности человека и обеспечивая детализацию в понимании структуры и функциональности городских систем. Большие данные являются уникальным продуктом для использования производителями данных или государственных органов, что исключает проведение более глубоких исследований. Большие данные, доступные для общественности становятся все более необходимыми, так как могут быть использованы в качестве мощного инструмента для визуализации и понимания антропогенных структур и социальной динамики в различных пространственных масштабах. Быстрое развитие систем общественного транспорта позволяет восстанавливать траектории движения для каждого отдельного индивидуума [5].

Также при сочетании этих данных с передовыми методами интеллектуального анализа данных, такими как применения нейросетевых моделей распознавания элементов, верификационные методы, методы детектирования и прочие – может возникнуть множество возможностей для изучения паттернов перемещения. Например, при помощи алгоритмов кластеризации и метода грубых множеств можно выявить различные группы транзитных пассажиров с различными моделями движения, можно оценить производительность транзитных сетей и характеристики пространственно-временных моделей коммутации пассажиров общественного транспорта. Задачей нашего анализа будет являться нахождение закономерностей в перемещениях пассажиров и изучение характеристик паттернов перемещения.

Чтобы решить эту задачу, в данной работе исследован источник данных о железнодорожном транспорте, который не был исследован ранее: веб-сайт по продаже билетов на поезда «Сапсан» [6]. С развитием интернета онлайн-системы продажи билетов получили все большее распространение как в России, так и во всем мире. Большое количество сайтов по продаже тех или иных билетов позволяет пассажирам запрашивать количество оставшихся билетов (количество мест, доступных для покупки в данный момент) на определенные маршруты. С помощью интерфейсов прикладного программирования (API) можно автоматически собирать эти оставшиеся данные по билетам с веб-сайтов, что позволяет объединять информацию для всех predetermined маршрутов в течение predetermined периода времени, тем самым создавая вид больших данных. Однако, в случае РЖД возникла сложность с оценкой данных, так как они не имеют открытого API, в следствии чего появилась необходимость сделать инструмент, который собирает данные по конкретному поезду в автоматическом режиме. Информация о конкретных пассажирах отсутствует, поэтому произвести анализ индивидуальных пассажирских траекторий не представляется возможным. В этой статье будет показано, как информацию о билетах можно использовать для характеристики перемещающихся паттернов. Объектом нашего исследования будут являться данные о железнодорожном поезде «Сапсан», курсирующем по направлению Москва – Санкт-Петербург. Российские высокоскоростные поезда пока не дошли до точки развития, сопоставимой с европейскими или азиатскими аналогами, однако шаги, сделанные в последнее время, говорят о том, что государство, как основной инвестор, очень заинтересовано в повышении скоростей передвижения. Мы ожидаем, что наша работа привлечет внимание к этому уникальному типу открытых данных для изучения других аналогичных транспортных систем.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА

В настоящее время в России только формируется система высокоскоростных магистралей. Ожидается, что к 2030 году протяженность ВСМ РФ будет равно 4300 км, что в настоящее время составило бы около 5 % общей протяженности высокоскоростных железных дорог в мире. По прогнозам, ВСМ РФ к 2030 году охватит 100 млн. человек населения, что сейчас составляет более 65 процентов [7]. В настоящее время функционируют несколько скоростных магистралей в РФ: Санкт-Петербург – Москва, Москва – Нижний Новгород. В данной работе мы будем рассматривать только СМ (скоростная магистраль) Санкт-Петербург – Москва. Средняя скорость движения поездов по этой магистрали – 180 км в час, что позволяет более 1000 пассажирам одновременно в течении 3–4 часов перемещаться между двумя крупнейшими городами РФ – Москвой и Санкт-Петербургом.

Сайт продажи билетов для СМ «Сапсан» [6] предоставляет удобный интерфейс, который позволяет пассажирам в любой момент времени запрашивать количество оставшихся билетов между любыми двумя заданными станциями на маршруте СМ. Мы разработали специальный API интерфейс, используя язык программирования Python, чтобы сделать такой запрос автоматически. Это позволило нам получить количество оставшихся билетов на данный регулярный поезд непосредственно перед отправлением. Мы показываем, что, по крайней мере, два типа полезной информации могут быть получены следующим образом:

- 1) «Сырые» данные оставшихся билетов. Эти данные могут точно измерить остаточный или неиспользованный транзитный потенциал СМ.
- 2) Количество пассажиров в каждом конкретном поезде и заполняемость. Количество пассажиров можно оценить по количеству неиспользованных билетов, которые вычисляются, как разница между общим количеством билетов и количеством оставшихся билетов в последнюю секунду перед отправлением. Коэффициент заполняемости рассчитывается как соотношение общего числа пассажиров к общему числу мест в поезде.

Мы считаем, что сайт продажи билетов заслуживает доверия, так как это единственный официальный сайт российских железных дорог и считаем, что нет признаков манипуляции данными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы провели два типа анализа, чтобы проиллюстрировать, как вышеупомянутые типы полезной информации могут быть использованы для понимания моделей перемещения на высокоскоростных магистралях и скоростных магистралях. Наши анализы описываются на участке Санкт-Петербург – Москва, представленном на Рис. 1. Санкт-Петербург и Москва – это основные города РФ, обладающие высоким уровнем развития агломерации и высокой плотностью населения. В настоящее время этот участок СМ является самым активным в РФ [8]. Как правило, поездка занимает около 4-х часов, а расстояние между городами равно около 700 км.

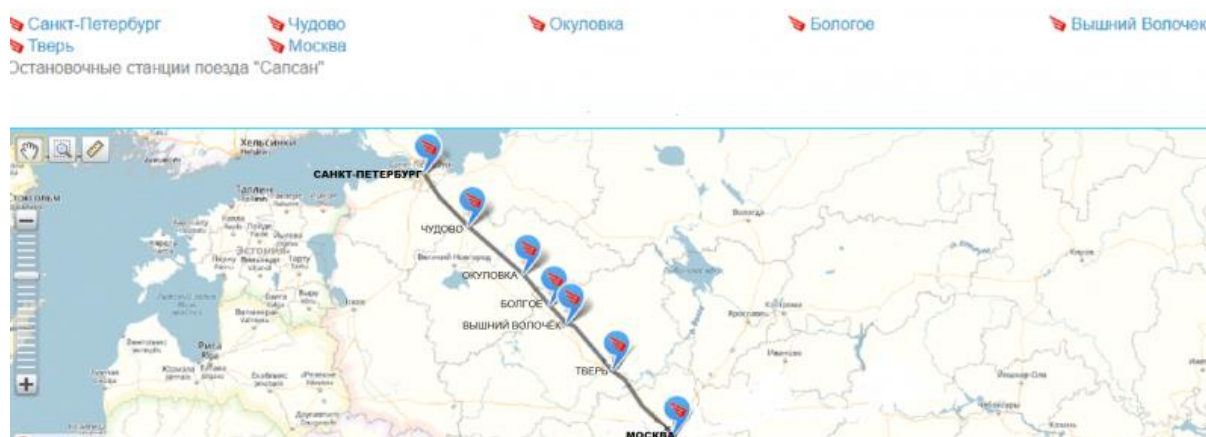


Рис.1. Расположение станций на СМ между Санкт-Петербургом и Москвой [8]

Первый тип анализа – анализ неиспользованного транзитного потенциала СМ

Мы собрали данные по наличию билетов для всех поездов СМ в направлении Санкт-Петербург – Москва на протяжении периода времени, равного 14 дней: с 19 февраля 2020 по 4 марта 2020. Рис. 2 представляет собой регулярную структуру оставшихся билетов. Одной из заметных особенностей является волнообразный суточный цикл, выделенный двумя временными циклами: 06.00–09.00 и 15.00–17.00. Именно в эти два отрезка времени было доступно наименьшее количество билетов. Эту особенность можно объяснять привязанностью к рабочему графику. Пользователи СМ, выезжающие с утра, предпочитают завершить свою поездку до полудня и иметь весь день в своем распоряжении, что предоставляет возможность продолжить работу, но уже в другом городе. В то время пользователи, отъезжающие после обеда, предпочитают добраться до точки назначения до ночи и иметь возможность воспользоваться прочим общественным

транспортом, который еще будет функционировать во время прибытия поезда [9]. Еще одно примечательное наблюдение состоит в том, что в пятницу и в воскресенье почти недоступны билеты на вечерние поезда. Это объясняется тем, что пользователи СМ перемещаются между работой и домом в выходные дни. Также, можно предположить, что влияние на данный спрос оказывают пассажиры, использующие СМ с целью путешествия или с прочей социальной целью. Особенно ярко это заметно в выходные дни.

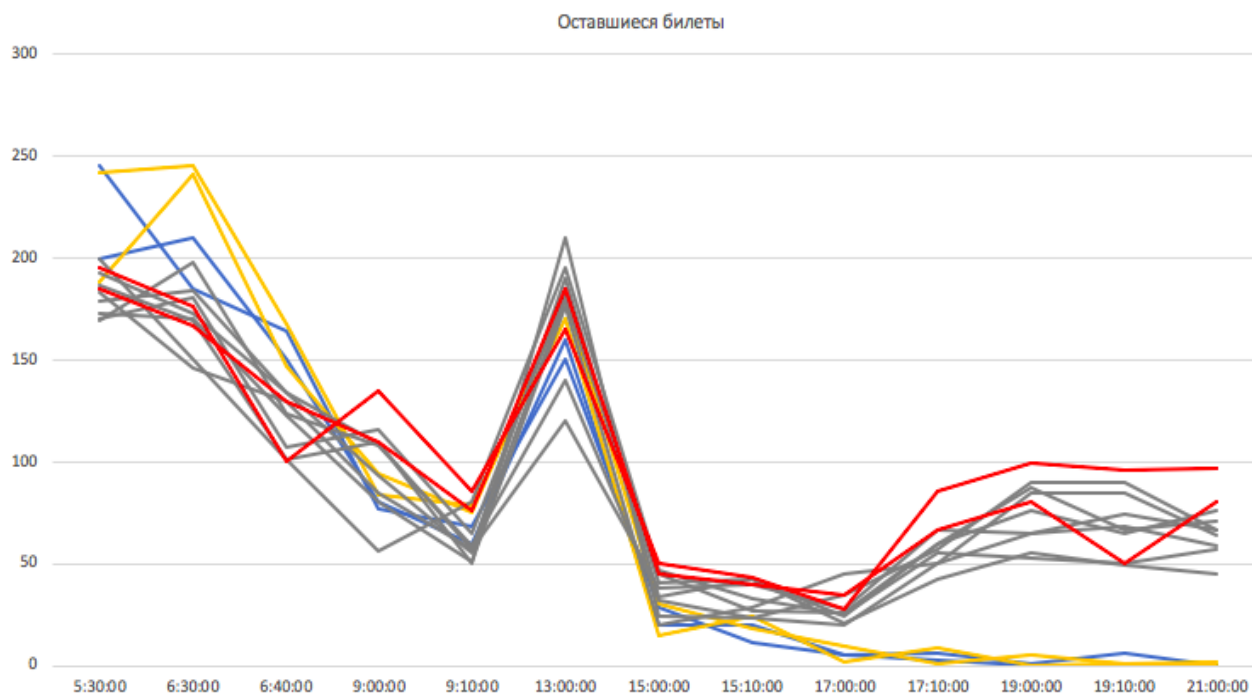


Рис 2. Количество оставшихся билетов

На данном графике отражены линии количества оставшихся билетов в разрезе по временному промежутку и по дням недели, где:

- Серый цвет – понедельник-четверг;
- Желтый цвет – пятница;
- Красный цвет – суббота;
- Синий цвет – воскресенье.

Анализ показывает, что коллективное поведение обладает повышенной регулярностью. Более того, данный факт может послужить отправной точкой для решения интересных вопросов, таких как изменение мобильности, изменение спроса на перемещения и другие.

Второй тип анализа: количество пассажиров и заполняемость

Каждый день из Санкт-Петербурга отправляется 13 поездов «Сапсан». Для понимания того, выполняют ли эти поезда свою основную функцию в плане перевозок, мы собрали ежедневный показатель заполняемости. Мы сравнили два показателя заполняемости: по направлению Санкт-Петербург – Москва и в обратном направлении. Ознакомиться с данными показателями можно на Рис. 3.

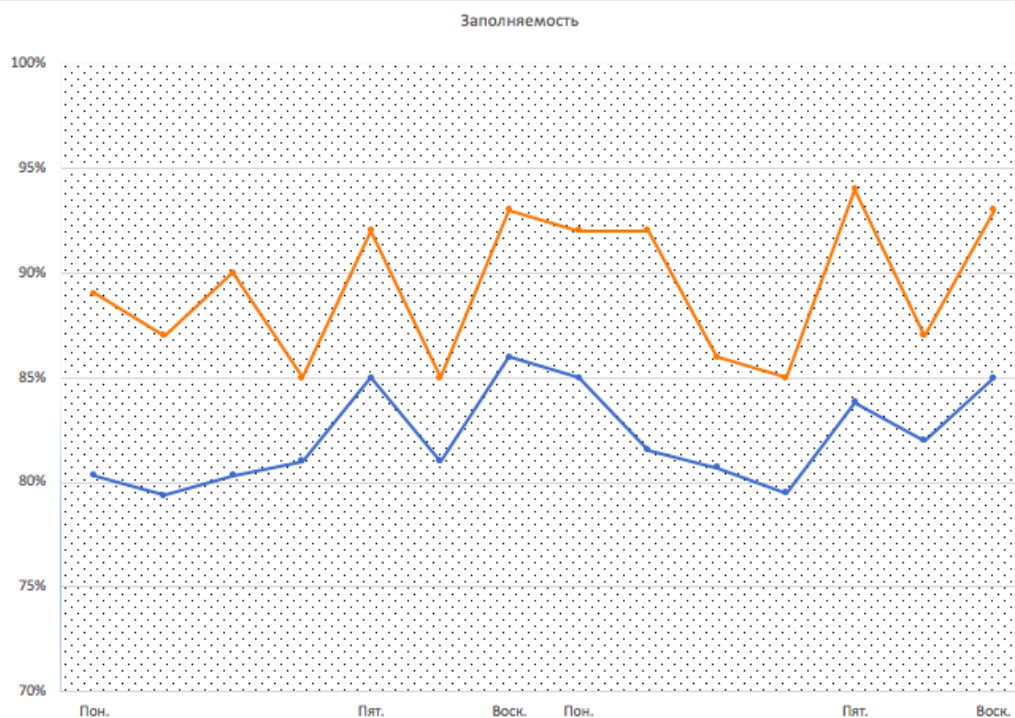


Рис. 3. Заполняемость поездов Сапсан

Синей линией отражается заполняемость поезда, следующего по направлению Санкт-Петербург – Москва, а оранжевой – по направлению Москва – Санкт-Петербург. Как можно увидеть из графика, наиболее низкая заполняемость была на протяжении рабочей недели. Более высокая заполняемость – около 90 % – была с пятницы по воскресенье как в одном, так и в другом направлении движения. Также явно заметно различие заполняемости между направлениями движения поездов. Направление Москва–Санкт-Петербург отличается более плотной заполняемостью. Это обуславливается тем, что уровень жизни в Москве, в среднем, более высокий, и жители столицы предпочитают проводить время в Санкт-Петербурге [11]. Подобно необработанным данным из первого анализа, анализ уровня заполняемости на станциях в диапазоне пространственных и временных масштабов может дать ценное представление о различных моделях поведения во время передвижения. Анализ показал, что данные об объеме потока могут способствовать лучшему пониманию системы СМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование является результатом анализа данных открытых источников о доступности билетов поездов СМ Москва-Санкт – Петербург и оценки их заполняемости. Данный анализ используется в качестве примера, позволяющего обосновать новые аналитические процедуры исследования больших данных и применения их в целях роста эффективности пассажирских перевозок. Как и любой другой тип больших данных, данные о доступных билетах далеки от совершенства [10]:

- 1) Они генерируются на уровне отдельных поездов, поэтому не могут быть использованы для получения траекторий движения на уровне отдельных пассажиров;
- 2) Исторические данные не всегда доступны на транспортных сайтах;
- 3) Данные не могут быть точно получены для всех станций;
- 4) Валидация все еще необходима для оценки непредвзятости данных.

Приведенный анализ показал заметный волнообразный суточный цикл количества оставшихся билетов, выделенный пиком дефицита билетов в вечернее время суток. Была выделена несбалансированность потока на протяжении недели на поездах Москва – Санкт-Петербург и Санкт-Петербург – Москва в период 19.02.2020–04.03.2020 гг. Привлекая дополнительные массивы данных, в том числе более крупных пространственных и временных масштабов, можно получить более явные закономерности в перемещениях пассажиров, а также – использовать данные для предиктивной аналитики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке научного руководителя, профессора кафедры «Экономика транспорта» д.э.н. Журавлевой Натальи Александровны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Kitchen R. The Real-Time City? Big Data and Smart Urbanism. SSRN Electronic Journal [Internet]. Elsevier BV; 2013. Available from: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2289141>
2. Batty M. Big data and the city. *Built Environment*. 42(3):321-337. doi: 10.2148/benv.42.3.321
3. Gonza'lez MC, Hidalgo CA, Baraba'si A-L. Understanding individual human mobility patterns. *Nature*. 2008;779-782. doi: 10.1038/nature06958
4. Павлов А.И. Большие данные в фотограмметрии и геодезии // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – № 4(12). – С. 96–100. [Pavlov AI. Bol'shie dannye v fotogrammetrii i geodezii. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*. 2015;4(12):96-100. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.muiv.ru/vestnik/pp/chitatelnyam/poisk->

- po-statyam/8556/46166/. Ссылка активна на: 16.04.2020.
5. Travel card and Oyster [Internet]. [16 April 2020] Available from: https://www.nationalrail.co.uk/times_fares/ticket_types/46575.aspx
 6. Официальный сайт РЖД [Officialnii sait RZD [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.rzd.ru/>. Ссылка активна на: 16.04.2020.
 7. ВСМ в России [VSM v Rossii (In Russ.)]. Доступно по: <http://www.hsrail.ru/info/vsmr/>. Ссылка активна на: 16.04.2020
 8. Гид по маршруту поезда «Сапсан» [Gid po marshrutu poezda “Sapsan” [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <https://peterburg.center/ln/gid-po-marshrutu-poezda-sapsan-sankt-peterburg-moskva.html>. Ссылка активна на: 16.04.2020
 9. David Gordon - Phoenix - Therapeutic Patterns of Milton H. Erickson, META Publications; 1st edition (June 1, 1981) p. 105-142
 10. Franks B. The Analytics Revolution. John Wiley & Sons, Inc.; 2014 Sep 17; [16 April 2020] Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118936672>.
 11. Уровень жизни в регионах России [The standard of living in the regions of Russia [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <https://gks.ru/folder/13397>. Ссылка активна на: 16.04.2020.

Сведения об авторе:

Каменков Александр Леонидович, аспирант кафедры «Экономика транспорта»
eLibrary SPIN: 5385-2508; ORCID: 0000-0001-7052-5353
E-mail: sashaskotch@gmail.com

Information about the author:

Alexander L. Kamenkov, graduate student of the Department of Transport Economics
eLibrary SPIN: 5385-2508; ORCID: 0000-0001-7052-5353
E-mail: sashaskotch@gmail.com

Цитировать:

Каменков А.Л. Применение больших данных для анализа пассажиропотока на скоростных магистралях Российской Федерации // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 106–115. doi: 10.17816/transsyst202062106-115

To cite this article:

Kamenkov AL. The application of Big Data for the Analysis of Passenger Flow on the High-Speed Lines of the Russian Federation. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):106-115. doi: 10.17816/transsyst202062106-115

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 330.88+338.47

DOI 10.17816/transsyst202062116-128

© Н. А. Неманова

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КОМПАНИИ-ОПЕРАТОРА НА РЫНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Обоснование: Российская транспортная система теряет свои конкурентные преимущества в силу замедленного реагирования на цифровые вызовы. Таким образом, для субъектов рынка транспортно-логистических услуг является актуальной наличие рекомендаций для адаптации бизнес-модели при переходе из аналоговой экономики в цифровую.

Цель: Разработать концептуальную схему цифровой трансформации бизнес-модели Компании-оператора.

Методы:

- сравнение принципов пяти бизнес-сфер компании-оператора «до» и «после» перехода в цифровую экономику;
- анализ поведения компаний на транспортном рынке;
- обобщение результатов исследования и оценка возможности их применения иным организациям данного сегмента рынка;
- метод кейсов – «Выработка мер для эффективного развития мультимодальных перевозок АТР» (ИНТЕРТРАН));
- комплексный подход – поиск новых точек (каналов) взаимодействия с динамической сетью клиентов посредством реализации проектов промышленной логистики.

Результаты:

- определен статус пяти сфер бизнес-стратегии компании-оператора до и после перехода из аналоговой эпохи в цифровую;
- сформулированы условия, при которых реализация бизнес-процесса «продажа транспортно-логистических услуг» обеспечит отделу продаж компании-оператора развивать «проактивные продажи»;
- предложены рекомендации для адаптации ценностного коммерческого предложения на оказание транспортно-логистической услуги.

Выводы: Новизна предложенной концептуальной схемы для адаптации бизнес-модели Компании-оператора при переходе от аналоговой экономики в цифровую заключается в первоначальном определении этапа цифровой трансформации каждой из пяти сфер бизнес-стратегии компании-оператора, а затем в выборе определённой цифровой технологии для внедрения в конкретный бизнес-процесс.

Ключевые слова: цифровизация, интермодальные перевозки, клиентоориентированность, цифровая технология блокчейн (blockchain).

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© N. A. Nemanova

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)**CONCEPTUAL DIAGRAM OF DIGITAL TRANSFORMATION
OF THE OPERATOR COMPANY
IN THE TRANSPORT SERVICES MARKET**

Rationale: The Russian transport system is losing its competitive advantage due to the slow response to digital calls. Thus, for subjects of the market of transport and logistics services, it is relevant to have recommendations for adapting a business model when moving from an analogue economy to a digital one.

Purpose: To develop a conceptual diagram of the digital transformation of the business model of the operator company.

Methods:

- comparison of the principles of the five business areas of the operator before and after the transition to the digital economy;
- analysis of the behavior of companies in the transport market;
- summarizing the results of the study and assessing the possibility of their application to other organizations in this market segment;
- case method – “Development of measures for the effective development of multimodal transportation of the Asia-Pacific Region” (INTERTRAN));
- an integrated approach is the search for new points (channels) of interaction with a dynamic network of customers through the implementation of industrial logistics projects.

Results:

- the status of five areas of the business strategy of the operator company was determined before and after the transition from the analogue era to the digital one;
- the conditions are formulated under which the implementation of the business process "sale of transport and logistics services" will provide the sales department of the operator company to develop "proactive sales";
- recommendations are proposed for adapting a value proposition for the provision of transport and logistics services.

Conclusions: The novelty of the proposed conceptual scheme for adapting the business model of the operator company during the transition from the analogue economy to the digital one lies in the initial definition of the stage of digital transformation of each of the five areas of the operator's business strategy, and then in the selection of a specific digital technology for implementation in a specific business-process.

Keywords: digitalization, intermodal transportation, customer focus, digital Blockchain technology.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность управления транспортной деятельностью в условиях смешанных перевозок заключается в уменьшении транспортной составляющей в цене товара, достигаемая за счёт наилучшего сочетания работы транспортных систем различных видов транспорта и удовлетворении потребностей в транспортной продукции с учётом необходимого сервиса, безопасности и экологичности перевозочного процесса [1]. Это приобретает серьёзное значение в условиях современного рынка транспортно-логистических услуг (далее – ТЛУ), так как около 90–95 % [2] всех грузоперевозок осуществляется с участием двух или более видов транспорта (интермодальные перевозки), а в транспортных узлах (стыковых пунктах различных видов транспорта) грузы находятся до 70,0 % времени перемещения, что в итоге существенно увеличивает транспортную составляющую: при среднемировом уровне логистических издержек 11,6 % от ВВП, показатель в Российской Федерации достигает 19,0 % (Рис. 1).

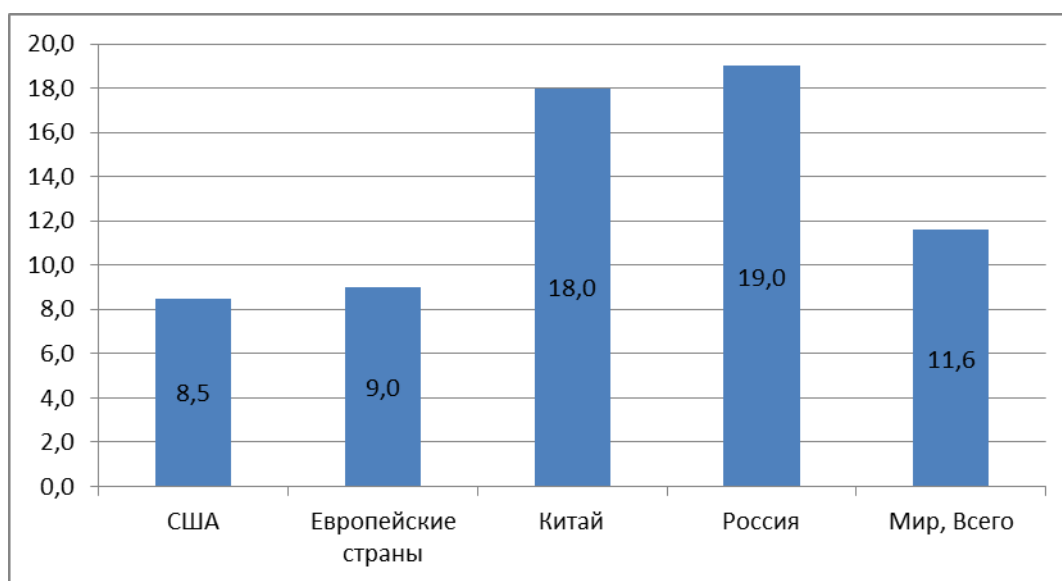


Рис. 1. Доля логистических затрат в ВВП различных государств, %

Переход от командно-административных принципов управления экономикой к рыночным определил новые условия работы всех видов транспорта, которые основаны на принципах маркетинга, менеджмента и логистики. Тогда сформировалась система управления транспортными предприятиями, своевременно реагирующая на изменения как внутренней, так и внешней среды при выполнении смешанных перевозок для обеспечения единства, как внутренней логистики каждого участника перевозки, так и внешней – при их партнёрском взаимодействии в составе транспортно-логистической системы [3].

Тенденция цифровизации (в основе исследования определение цифровизации коллектива авторов источника [4, С. 267], под которой понимают процесс принятия новой формы подачи данных, рост использования цифровых или компьютерных технологий на отдельном предприятии, в отрасли или в целом по стране) субъектам рынка ТЛУ создаёт такие условия, в которых следует инициировать не просто адаптацию бизнес-модели при переходе из аналоговой экономики в цифровую, а быть готовым к созданию новой бизнес-модели производства и потребления. Проблема заключается в том, что крупные компании на рынке ТЛУ особенно уязвимы перед «цифровым переворотом» по таким причинам, как, например, наличие обширной базы клиентов, внушительной прибыли, а также нестабильного качества обслуживания клиентов.

При этих обстоятельствах растёт заинтересованность в разработке концептуальной схемы цифровой трансформации компании-оператора (процесса адаптации бизнес-процессов, который инициируется с изменений в подходе к определению потребностей клиента, а затем внедрении новых технологий в определённый бизнес-процесс) с целью сохранения конкурентных позиций на рынке транспортных услуг.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЯТИ СФЕР БИЗНЕС-СТРАТЕГИИ КОМПАНИИ-ОПЕРАТОРА ДО И ПОСЛЕ ПЕРЕХОДА ИЗ АНАЛОГОВОЙ ЭПОХИ В ЦИФРОВУЮ

Согласно исследованию [5] цифровые технологии оказывают влияние на принципы пяти важнейших сфер бизнес-стратегии компании: клиентов, конкуренцию, данные, инновации и ценности (Табл. 1). Очевидно, что в цифровой экономике переход от конкуренции между субъектами рынка ТЛУ к партнёрским отношениям и наоборот имеет непрерывный процесс.

Таблица 1. Принципы бизнес-стратегии после перехода из аналоговой эпохи в цифровую

Сфера	ДО	ПОСЛЕ
Клиенты	Клиенты – массовый рынок; Основной вид связи – реклама; Компания – основной авторитет; Маркетинг убеждает совершить покупку; Односторонний поток ценностей. Экономия за счёт масштаба компании.	Клиенты – динамическая сеть. Имеется обратная связь. Сообщество клиентов – основной авторитет. Маркетинг убеждает совершить покупку, сохранять лояльность торговой марке, оставлять отзывы. Двусторонний поток ценностей. Экономия за счёт ценности клиентов.

Сфера	ДО	ПОСЛЕ
Конкуренция - взаимоотношения между компаниями: конкуренция и сотрудничество	Конкуренция только в пределах отраслей; Четкое разделение конкурентов и партнёров; Убыток конкурента всегда выгоден; Ключевые активы должны быть внутри компании; Продукты с уникальными возможностями и преимуществами; Несколько ключевых игроков в каждой отрасли.	Возможна конкуренция между отраслями. Затруднено однозначное определение конкурентов и партнёров. Конкуренты могут сотрудничать по ключевым вопросам. Ключевые активы могут иметь вид внешней сети партнёрских отношений. Платформы помогают партнёрам обмениваться ценностью. Сетевой эффект, «победитель получает все».
Данные	Генерация данных сопряжена с затратами. Основная задача – хранение и управление данными. Только структурированные данные пригодны к использованию. Изолированные хранилища данных. Данные рассматриваются как инструмент оптимизации процессов.	Повсеместная непрерывная генерация данных. Основная задача – превращение данных в информацию. Доступны возможности обработки неструктурированных данных. Связь между хранилищами увеличивает ценность данных. Данные рассматриваются как ключевой нематериальный актив, необходимый для создания добавочной стоимости.
Инновации	Принятие решений зависит от интуиции и авторитета. Тестирование трудоёмко, медленно и затратно. Эксперименты могут проводиться только специалистами и не слишком часто. Задача инновации – найти нужное решение. Неудачи недопустимы. Продукт должен быть полностью завершён до выпуска	Принятие решений зависит от результатов тестирования. Тестирование не представляет сложности, проводится быстро и без серьёзных затрат. Эксперименты могут проводиться постоянно, без участия специалистов. Задача инновации – решить нужную проблему. Неудачи – источник знаний. Рабочие циклы продолжаются после выпуска.

Источник: составлено автором по данным [5]

Отмечаем, что создаются условия для применения современных инновационных технологий, например, таких как блокчейн (blockchain) с целью цифровой трансформации бизнес-модели компании-оператора. Возникает потребность в поиске новых способов в генерировании ценностного коммерческого предложения для динамической сетевой структуры внешних клиентов: «клиенты-потребители» (производители

товара, грузовладельцы) и «клиенты-компании» (экспедиторы, дилеры и другие посредники), которые и в цифровой экономике по прежнему являются самым важным для компании-оператора источником прибыли.

БИЗНЕС–ПРОЦЕСС «ПРОДАЖА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ КОМПАНИИ-ОПЕРАТОРА» В ЧАСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КЛИЕНТАМИ

Организационная структура.

Бизнес-стратегия компании проецируется на организационную структуру, и одновременно организационная структура «обслуживает» стратегию. Иными словами, организационная структура должна соответствовать бизнес стратегии [6]. Актуально мнение [1, С. 45] об организационных структурах управления: «организационные структуры должны проектироваться так, чтобы они стимулировали систему к изменению и развитию, а в основе монополизма отраслей лежит принцип стабильности как антипод всякого развития».

Разработка проекта роста бизнеса операторской компании [7] на базе организационных изменений в целях реализации стратегии клиентоориентированности имеет конкурентные преимущества над реализацией внутренней реорганизации в формате «стихийного процесса». Создание проектной документации (устав; сбор требований к проекту и продукту проекта; управление содержанием; расписание работ проекта на основе иерархической структуры работ; планы управления качеством, рисками и заинтересованными сторонами) позволило обеспечить контроль и соблюдение сроков, бюджета, качества при заявленном уровне требований к продукту проекта.

В результате реализации проекта внутренней реорганизации создается новый отдел – отдел продаж, который реализовывает процесс продажи транспортной услуги (процесса согласования условий обмена услуги на её денежный эквивалент, в котором участвуют компания-оператор и потенциальный клиент) и стратегию клиентоориентированности.

Эволюция подходов к обслуживанию клиентов.

Подходы к обслуживанию клиентов [8] за период с 1970 по 2006 годы представлены в Табл. 2.

Таблица 2. Подходы к обслуживанию клиентов

Период	Подход
1970 – 1990	Плановое распределение грузопотоков по видам транспорта (инновациям в обслуживании клиентов уделяется мало времени). «План любой ценой».

Период	Подход
1991 – 2002	Межвидовая конкуренция за привлечение грузовладельцев. Спад объёмов перевозок приводит к улучшению качества обслуживания клиентов. Создаётся система фирменного транспортного обслуживания.
2003 – 2005	Исчезает преимущество межвидовой конкуренции, усиление внутриотраслевой конкуренции. Цель – удержание клиентов, привлечение дополнительных объёмов перевозок. «Концепция прорыва».
2006 г. – по настоящее время	Стратегическая задача ОАО «РЖД» – стать общенациональной транспортной компанией, глубоко интегрированной в евроазиатскую транспортную цепочку. Цель – внедрение инноваций в обслуживание клиентов.

Составлено автором по [8, С.18]

Также для каждого клиентского сегмента, выделенных согласно доходу от перевозок, разработаны алгоритмы сотрудничества с ними (Табл. 3).

Таблица 3. Подходы к сотрудничеству с каждым клиентским сегментом

Ключевые – наиболее прибыльные покупатели, интенсивно пользуются услугами компании, не очень чувствительны к цене. ✓ ведение общего бизнеса, ✓ предоставление доступа к информационным ресурсам дороги (ЭТРАН), ✓ моральное стимулирование, признание важности через общесетевой конкурс «Партнёр года»	Крупные – прибыльные клиенты, ежемесячно пользуются услугами железной дороги. ✓ знание специфики бизнеса, динамики и перспектив развития компании, ✓ построение технологической и экономической модели транспортно-перевозочного процесса для оптимизации издержек клиента, ✓ предоставление доступа к информационным ресурсам дороги (ЭТРАН).
Средние – предприятия небольшого масштаба, регионального уровня ✓ долгосрочные договоры с определением взаимной финансовой ответственности, ✓ гибкие тарифные условия, ✓ кредитование перевозок, ✓ комплексное обслуживание, основанное на логистических принципах (интермодальные перевозки)	Мелкие – предприятия малого бизнеса, железной дороге необходимо направлять усилия на увеличение этой группы клиентов. ✓ гибкие тарифные условия, ✓ кредитование перевозок, ✓ комплексное обслуживание, по принципу «одно окно» и «от двери до двери»

Источник: составлено автором по данным [8, по С.27]

На рынке ТЛУ в настоящее время целью политики продаж является повышение клиентоориентированности Компании-оператора и направлена она на реализацию его бизнес-стратегии. Деятельность Компании-оператора в области продаж услуг нацелена на максимальное удовлетворение потребностей клиентов в услугах, получение максимальной прибыли и поддержание лидирующих позиций на рынке ТЛУ. Компания-оператор оперативно реагирует на изменения конъюнктуры современного рынка транспортно-экспедиционных услуг расширением и оптимизацией необходимых клиентам транспортных решений. Например, Компания-оператор может реализовывать концепцию интермодальных контейнерных перевозок на всем пространстве Евразийского континента, которая обеспечивается наличием необходимого инфраструктурного комплекса, парка железнодорожного подвижного состава и контейнеров, а также развитой сети дочерних обществ и коммерческих организаций.

Обобщение данных о деятельности субъектов рынка ТЛУ в 2020 году позволяет продемонстрировать этапы продажи и сопровождения транспортно-экспедиторской услуги (Рис. 2).



Рис. 2. Этапы продажи и сопровождения транспортно-экспедиторской услуги

Источник: составлено автором

Клиентоориентированная бизнес-модель компании-оператора.

Бизнес-модели процессов, с помощью которых компания создает ценности, доставляет их на рынок и получает ответные ценности [5], устаревают и, следовательно, больше не являются источником ценности для потребителей, не позволяют компании устойчиво генерировать прибыль.

При этом наиболее значимым источником изменений бизнес-моделей выступают *цифровые технологии*. Суть *цифровой трансформации* как процесса преобразования бизнес-моделей под влиянием цифровых технологий не в технологиях, а в *изменениях*.

Цифровые технологии в аспекте качества транспортного обслуживания обеспечивают контроль всех аспектов взаимоотношений с конкретным пользователем транспортных услуг, например: платежеспособность клиента, наличие договора на перевозку, отсутствие запретов на перевозку конкретного груза, наличие и дислокация подвижного состава, оформление заказа, бронирование контейнеров.

В исследовании автора [9] доказано, что адаптация и внедрение цифровой технологии блокчейн (blockchain) в процесс интермодальной перевозки (последовательная перевозка грузов двумя или более видами транспорта в одной и той же грузовой единице (контейнере) без перегрузки самого груза при смене вида транспорта в рамках единой транспортной цепи) повышает ценность коммерческого предложения по перевозке грузов. Повышение ценности транспортной услуги связано, прежде всего, с сокращением времени, включающего в себя время заказа, оформления, самой перевозки, расчетов по ней или времени операционного и финансового цикла. Так как центральным звеном экономических отношений в новом технологическом укладе является рост значимости категории времени, то есть экономика стремится к высоким скоростям производства и перемещения.

Именно поэтому, внедрение цифровых технологий в бизнес–процесс «Продажа транспортно-логистических услуг» позволяет отделу продаж компании-оператора (продукт проекта внутренней реорганизации) развивать «проактивные продажи», то есть высвобождать временные ресурсы для привлечения новых клиентов при условии качественного обслуживания уже существующей обширной базы внешних клиентов.

АДАПТАЦИЯ ЦЕННОСТНОГО КОММЕРЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА ОКАЗАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ УСЛУГИ

Коллективом авторов источника [10] предложена методика перехода от цепочек создания добавленной стоимости к *экосистемам* для достижения более глубокого понимания потребностей клиентов и создавать конкурентные цифровые бизнес-модели. Если *раньше* традиционный анализ отрасли включал в себя поиск наиболее привлекательных рыночных сегментов или новых источников прибыли в цепочке ценности, то *сегодня* оперировать следует уже не цепочкой ценности, а пространством ценности. Иными словами, для поиска решения используется множество факторов и измерений, которые кардинально влияют на будущее транспортной отрасли и бизнес-модели субъектов рынка ТЛУ.

Кейс. Клиент (грузовладелец, экспедитор и т.д.) обращается в компанию-оператор для перевозки груза по интермодальному маршруту из пункта «А» в пункт «Б». В коммерческое предложение на оказание транспортной услуги включены первая или/и последняя мили (автомобильный транспорт), железнодорожные тарифы стран, по которым проходит маршрут, предоставление подвижного состава, морской фрахт и т.п. Пример такого маршрута – проект интермодальной перевозки с оформлением электронных документов «Выработка мер для эффективного развития мультимодальных перевозок АТР» (ИНТЕРТРАН), в результате реализации которого с 2017 года отправлено 428 контейнеров из портов Японии, Китая и Южной Кореи на станцию Силикатная Московской железной дороги [11].

С одной стороны, компания-оператор предоставляет собственный подвижной состав и комплекс услуг для пространственного перемещения груза, тем самым удовлетворяя спрос пользователя транспортно-логистическими услугами. *С другой стороны,* если применить комплексный подход, то клиент обращается в компанию-оператор на определённом этапе жизненного цикла своего производства. Получается, компания-оператор может стать «помощником» для клиента в управлении цепями поставок производства, то есть предложить новую или улучшить существующую логистическую технологию конкретного стороннего предприятия. Иными словами, компания-оператор может разработать и предложить комплексный индивидуальный набор сервисов уровня 3-PL и 4-PL: от долгосрочного производственного планирования, завоза сырья, обслуживания складов и внутризаводской транспортной инфраструктуры, погрузочно-разгрузочных работ до организации ритмичных отправок готовой продукции, взаимодействия со станциями, стивидорами, перевалки и фрахта [12].

Данный «сдвиг в мышлении» инициирует процесс «Разработка и поддержание транспортных решений и расчет их стоимости» в части промышленной логистики Компании-оператора, целью которого является разработка и интеграция проектов промышленной логистики компании-оператора в логистику стороннего предприятия (клиента, экспедитора, грузовладельца и т.п.), что обеспечит, например, сокращение оборота подвижного состава на территории предприятия при погрузке груза и, как следствие, уменьшение транспортной составляющей в конечной цене товара.

Таким образом, компания-оператор посредством реализации каталога проектов промышленной логистики найдёт новые точки (каналы) взаимодействия с динамической сетью внешних клиентов, что обеспечит взаимный рост бизнеса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Определен статус пяти сфер бизнес-стратегии компании-оператора до и после перехода из аналоговой эпохи в цифровую;

Сформулированы условия, при которых реализация бизнес-процесса «продажа транспортно-логистических услуг» обеспечит отделу продаж компании-оператора развивать «проактивные продажи»;

Предложены рекомендации для адаптации ценностного коммерческого предложения на оказание транспортно-логистической услуги.

ВЫВОДЫ

Автором сделана уникальная попытка в разработке рекомендаций цифровой трансформации бизнес-модели компании-оператора на рынке транспортно-логистических услуг с целью оперативного реагирования на «цифровые вызовы».

Концептуальная схема цифровой трансформации компании-оператора на рынке ТЛУ может включать в себя:

1) Определение этапа цифровой трансформации принципов пяти сфер бизнес-стратегии (клиенты, конкуренция, данные, инновации и ценности);

2) Выбор определённой цифровой технологии и дальнейшее её внедрение в конкретный бизнес-процесс;

3) Установление с помощью предложенного комплексного подхода новых точек (каналов) взаимодействия с клиентами.

Таким образом, новизна предложенной концептуальной схемы для адаптации бизнес-модели компании-оператора при переходе от аналоговой экономики в цифровую заключается в первоначальном определении этапа цифровой трансформации каждой из пяти сфер бизнес-стратегии Компании оператора, а затем в выборе определённой цифровой технологии для внедрения в конкретный бизнес-процесс.

Автор заявляет, что:

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

Библиографический список / References

1. Зайцев Е.Н., Богданов Е.В., Шайдуров И.Г., Пестерев Е.В. Общий курс транспорта: учебное пособие. – СПб: Университет ГА, 2008. – 92 с. [Zaitsev EN, Bogdanov EV, Shaidurov IG, Pesterev EV. *General course of transport: study guide*. St. Petersburg: GA University; 2008. 92 p. (In Russ.)].

2. Симонова Л. Рынок ТЛУ в условиях экономической рецессии: прогноз до 2017 г. [Simonova L. Market of TLU in the conditions of economic recession: forecast up to 2017. (In Russ.)]. Доступно по: http://tpprf.ru/common/upload/news/Simonova_RBC_27.01.15.pdf. Ссылка активна на 15.05.2019.
3. Зайцев Е.Н. Синтез комплексной системы управления смешанными перевозками. – СПб: СПбГУГА, 2008. – 84 с. [Zaitsev EN. *Synthesis of an integrated multimodal transport management system*. St. Petersburg: SPbGUGA; 2008. 84 p. (In Russ.)].
4. Афанасьенко И.Д., Борисова В.В. Цифровая логистика: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2019. – 267 с. [Afanasyenko ID, Borisova VV. *Digital Logistics: A Textbook for High Schools*. St. Petersburg: Peter, 2019. 267 p. (In Russ.)].
5. Роджерс Д.Л. Цифровая трансформация: практич. Пособие. – М.: Издательская группа «Точка», 2017. [Rogers DL. *Digital Transformation: Practical The manual*. Moscow: Tochka Publishing Group; 2017. 344 p. (In Russ.)].
6. Жемчугов А.М., Жемчугов М.К. Организационная структура и стратегия предприятия // Проблемы экономики и менеджмента. – 2011. – № 2. – С. 5–21. [Zhemchugov AM, Zhemchugov MK. The organizational structure and business strategy. *Problemy jekonomiki i menedzhmenta*. 2011;2(2):5-21. (In Russ.)].
7. Неманова Н.А. Разработка проекта внутренней реорганизации операторской компании с целью реализации стратегии клиентоориентированности на рынке железнодорожных перевозок: дис. магистра. – ФГБОУ ВО ПГУПС Императора Александра I, Санкт-Петербург, 2017. – 116 с. [Nemanova NA. *Razrabotka proekta vnutrennej reorganizacii operatorskoj kompanii s cel'ju realizacii strategii klientoorientirovannosti na rynke zheleznodorozhnyh perevozok* [dissertation]. Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. St. Petersburg; 2017. 116 p. (In Russ.)].
8. Балакина Ю.Ю. Оценка экономической эффективности новых форм и способов транспортного обслуживания на основе инновационной деятельности: автореф. дис. к.э.н. – СПб, 2006. – 28 с. [Balakina YuYu. *Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti novyh form i sposobov transportnogo obsluzhivaniya na osnove innovacionnoj dejatel'nosti*. [author. dis. Ph.D]. St. Petersburg; 2006. 28 p. (In Russ.)].
9. Неманова Н.А. Разработка конкурентного коммерческого предложения по перевозке грузов в контейнерах // Экономика железных дорог. – 2020. – № 1. – С. 42–53. [Nemanova NA. *Razrabotka konkurentnogo kommercheskogo predlozhenija po perevozke грузов v kontejnerah*. *Railway economy*. 2020;(1):42-53. (In Russ.)].
10. Вайл П., Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса: Изменение бизнес-модели для организации нового поколения. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 257 с. [Vile P, Warner S. *Digital Transformation of Business: Changing the business model for organizing a new generation*. Moscow: Alpina Publisher; 2019. 257 p. (In Russ.)].
11. Первый поезд в рамках проекта «ИНТЕРТРАН» отправился из Владивостокского торгового порта. [The first train in the framework of the INTERTRAN project departed from the Vladivostok Commercial Port. [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <https://gudok.ru/news/?ID=1475866>. Ссылка активна на 17.05.2020.
12. Промышленная логистика. [Industrial logistics. [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: https://www.rzdlog.ru/services/main/industrial_logistics/. Ссылка активна на 15.05.2020.
13. Цифровая трансформация: определения, роли, дорожная карта. [Digital transformation: definitions, roles, roadmap. [Internet]. (In Russ.)]. Доступно по: <http://files.runet-id.com/2019/dtr/presentations/15mar.dtr19-1--kutuzov.pdf> Ссылка активна на 20.05.2020.

14. Журавлева Н.А. Концептуальные основы оценки эффектов от развития проектов высокоскоростных транспортных систем на основе магнитной левитации// Транспортные системы и технологии. – 2019. – № 1. – С. 89–102. [Zhuravleva NA. Conceptual basis for assessment of effects of magnetic levitation-based high-speed transport systems projects development. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(1):89-102. (In Russ., In Engl.)]. doi:10.17816/transsyst20195189-102
15. Алетдинова А.А., Амбарцумян А.Э., Бабкин А.В. и др. Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации (монография). СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 756 с. [Aletdinova AA, Ambarcumjan AJe, Babkin AV, et al. *Metodologija razvitija jekonomiki, promyshlennosti i sfery uslug v uslovijah cifrovizacii* (monograph). St. Petersburg: POLYTEH-PRESS; 2018. – 756 p. (In Russ.)].

Сведения об авторах:

Неманова Надежда Александровна, аспирант, кафедра «Экономика транспорта»;
адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9.
eLibrary SPIN: 5057-1719; ORCID: 0000-0002-4661-5321;
E-mail: Nemanadin@yandex.ru

Information about the authors:

Nadezhda A. Nemanova, graduate student, Department of Transport Economics;
Address: 190031, St. Petersburg, Moskovsky av., 9.
eLibrary SPIN: 5057-1719; ORCID: 0000-0002-4661-5321;
E-mail: Nemanadin@yandex.ru

Цитировать:

Неманова Н.А. Концептуальная схема цифровой трансформации компании-оператора на рынке транспортных услуг // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 116–128. doi: 10.17816/transsyst202062116-128

To cite this article:

Nemanova NA. The Conceptual Scheme of Digital Transformation of the Operator Company in the Transport Services Market. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):116-128. doi: 10.17816/transsyst202062116-128

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.611.2

DOI 10.17816/transsyst202062129-144

© В. А. Манова, А. С. Лебедева

Национальный исследовательский университет ИТМО

(Санкт-Петербург, Россия)

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Обоснование: Данное исследование показывает вектор развития, по которому должна следовать РФ, опираясь на опыт стран с положительными результатами внедрения инновационных технологий в ТЛК.

Цель: Выявить и рассмотреть наиболее значимые факторы, влияющие на формирование инновационных транспортно-логистических комплексов (ТЛК) на примере стран Европейского союза, к которым, в первую очередь, относятся высокий уровень развития морских портов и рациональное инвестирование в инновационную составляющую транспортно-логистических комплексов.

Методы:

- Анализ портовых структур, как одного из факторов формирования инновационных ТЛК;
- Сравнительный анализ стран с различным потенциалом к формированию инновационных ТЛК;
- Исследование уровня инновационности ТЛК стран балльно-рейтинговым методом на основе экспертного опроса.

Результаты:

- Приведена авторская трактовка понятий «транспортно-логистический комплекс», «портовый транспортно-логистический комплекс»;
- Определены отличительные признаки инновационных комплексов;
- Определены наиболее перспективные виды портов для формирования на их базе инновационных комплексов;
- Проведено исследование эффективности логистических систем и уровня инновационности портовых структур стран с различным потенциалом к формированию инновационных портовых транспортно-логистических комплексов.

Выводы: По результатам исследований формулируются рекомендации по повышению потенциала РФ к созданию инновационных портовых транспортно-логистических комплексов посредством вложений в определенные виды технологий и технических решений.

Ключевые слова: транспортно-логистический комплекс, инновации, морской порт, индекс эффективности логистических систем (LPI)

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© V. A. Manova, A. S. Lebedeva
ITMO National Research University
(St. Petersburg, Russia)

FACTORS DETERMINING THE FORMATION OF INNOVATIVE LOGISTICS COMPLEXES

Background: This article discusses the development direction that the Russian Federation should follow, which is based on the experience of countries with positive results of the implementing of innovative technologies in the transport logistics complexes.

Aim: To identify and consider the most significant factors influencing on the creation of innovative transport and logistics complexes using the example of the countries of the European Union, which, first of all, include a high level of development of seaports as centers for arranging logistics processes and rational investment in the innovative components of transport logistics complexes.

Methods:

- Analysis of port structures, as one of the factors in the creation of innovative transport logistics complexes;
- Comparative analysis of countries with different potentials for creation of innovative transport logistics complexes;
- Study of the level of innovativeness of transport logistics complexes of the different countries by the point-based rating method based on an expert survey.

Results:

- The authors' interpretation of the concepts of the "transport and logistics complex" and "port transport and logistics complex" is given;
- The distinguishing features of innovative complexes have been identified;
- The most promising types of ports are determined for arranging innovative complexes on their basis;
- The research of the efficiency of the logistics systems and the level of innovations in the port structures of countries with different potential for the arranging innovative port and logistics complexes is carried out

Conclusions:

Based on the research results, recommendations are defined, which will help to increase the potential of the Russian Federation for creation of innovative port transport and logistics complexes through the investments in certain types of technologies and technical solutions.

Keywords: *transport and logistics complex, innovation, seaport, logistics systems, index LPI*

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт имеет высокую значимость для социально-экономического формирования государства. Концепция развития транспорта должна обеспечивать условия для экономического роста, увеличения конкурентоспособности различных отраслей, повышения уровня жизни населения страны. Реализация транзитного потенциала транспортной системы страны играет одну из главных ролей в формировании развитой экономики государства. Транспортно-логистический комплекс (ТЛК), как элемент этой глобальной системы, является неотделимым звеном в формировании эффективной и безопасной транспортной сети.

В связи с этим, все более актуальным становится вопрос не только о развитии сети ТЛК с мощной и обновленной инфраструктурой, но и о создании таких ТЛК, которые способны поддерживать темп инновационного развития экономики в современных условиях. В основном, такие ТЛК располагаются в развитых странах, которые перешли на следующий этап эволюции процесса транспортировки, например, в Германии, Нидерландах и других странах Евросоюза (ЕС). В РФ понимание необходимости перехода от традиционной формы организации транспортных структур к инновационным пришло не так давно. Это отражается на уровне их технико-технологического развития.

Стоит отметить, что общепринятой системы иерархии транспортно-логистических структур нет. Это приводит к различным вариантам трактовки одних и тех же понятий, подмене одних понятий другими. Так в отечественной литературе транспортно-логистический центр, терминально-логистический комплекс, транспортно-логистический кластер и ТЛК могут быть использованы как синонимы [1]. В зарубежной практике понятие ТЛК практически не используется. Наиболее близкими по смыслу являются такие сочетания, как «intermodal terminal», «multimodal terminal».

В рамках данного исследования под ТЛК будем понимать часть транспортно-логистической системы страны, включающую все элементы транспортной, информационной и финансовой инфраструктуры, технику и технологии, которые обеспечивают непрерывный процесс взаимодействия субъектов транспортного процесса на определенной территории.

Тема развития ТЛК достаточно широко представлена в отечественной и зарубежной литературе. Так, например, изучением данной тематики посвящены работы Салтыковой М.А., Волынчука А.Б. и Крыловой И.А., Сактагановой Ж.С., Кариповой А.Т., Легостаевой Л.В., A Rymkevich, A V Novichikhin, Michael Gogas, Giannis Adamos, Eftihia Nathanail [2–4]. В тоже время, вопросы, связанные с формированием

инновационных транспортно-логистических структур, остаются малоизученными. Они встречаются в отдельных работах таких авторов как Сидоренко С.И., Бабкина А.В., Elen Twrdy, Peter Jencek. [5–7].

Как правило, авторы рассматривают общетеоретические вопросы формирования того или иного вида ТЛК, а также перспективы организации ТЛК на какой-либо территории. При этом остается открытым вопрос, что именно определяет инновационность ТЛК, какие факторы влияют на уровень его инновационности.

В связи с этим, целью данного исследования является выявление основных факторов и признаков, определяющих инновационность ТЛК. Это позволит определить направления повышения уровня инновационного развития ТЛК РФ.

Для достижения цели исследования предложена следующая методология:

1. Выявление наиболее значимых факторов в формировании инновационных ТЛК, на примере стран ЕС;
2. Анализ портовых структур, как одного из факторов формирования инновационных ТЛК;
3. Сравнительный анализ стран с различным потенциалом к формированию инновационных ТЛК;
4. Исследование уровня инновационности ТЛК стран балльно-рейтинговым методом на основе экспертного опроса.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЛК В СТРАНАХ ЕС

Основой для создания инновационных ТЛК в области транспорта и логистики является учет совокупности факторов, определяющих потенциал территории. Для правильного и эффективного формирования инновационных ТЛК на территории России необходимо опираться на опыт более развитых стран. Для примера рассмотрим факторы, влияющие на формирование ТЛК в странах ЕС.

Формированию ТЛК в ЕС послужило интенсивное экономическое развитие стран. Это стало причиной необходимости изучения и освоения новых территорий, в первую очередь, предоставляющих доступ к воде. Первые логистические комплексы в Европе стали появляться во второй половине XX века. В начале XXI века они преобразовались в ТЛК. На их базе начали появляться инновационные ТЛК.

В настоящий момент на сектор транспорта приходится примерно 10 % ВВП ЕС [3], что доказывает его значимость для государства. Потребность в транспортно-логистическом обслуживании ЕС увеличивается приблизительно в 2,5 раза стремительнее, чем ВВП по мере

расширения единого экономического пространства посредством присоединения новых стран. Доля услуг, оказываемых в сфере транспорта, составляет около 40 % в общем обороте. Главными бенефициарами данного увеличения считаются Германия, Англия и Франция. Одним из факторов, послуживших успешному формированию инновационных ТЛК в ЕС, является стандартизация процессов в сфере транспорта. Разработаны документы, регламентирующие развитие логистических кластеров и ТЛК, такие как «Манифест кластеризации в странах ЕС», «Европейский кластерный меморандум» и др. [3]. Единые правила на рынке поддерживают стабильную ситуацию в данном сегменте, так как они подчиняются принципам либерализации и гармонизации, что составляет основу политики ЕС.

Особую поддержку государство и сектор частного бизнеса обеспечивают портовым ТЛК, инвестируя значительный объем средств в модернизацию их инфраструктуры и техническое оснащение. ТЛК в Европе обладают характерными чертами, которые формируются за счёт высокого уровня развития морских портов, существенной ролью внутренне водного транспорта, а также, широким применением мультимодальных перевозок. Именно крупные портовые ТЛК первыми развиваются по инновационному пути ввиду высокой доли в общем грузообороте страны. Так, например, на базе порта Роттердама в Голландии создан ТЛК, который простирается на 40 км по береговой линии и разделяется на 5 районов и 3 отгрузочных зоны. Порт специализируется на нефтяных грузах, руде, угле и контейнерных грузах. Также налажено железнодорожное и автомобильное сообщение. Вторым ярким примером может послужить ТЛК Филликстоу (Англия), который специализируется на контейнерных грузах и обрабатывает около 3000 судов в год. В порту развита сеть железнодорожного и автосообщения, что играет важную роль для формирования инновационного ТЛК [5].

Таким образом, портовый ТЛК представляет собой элемент транспортно-логистического кластера, который включает в себя ряд взаимосвязанных элементов, таких как портовые индустриально-логистические зоны, контейнерные терминалы, припортовые склады, сухие порты, рейлпорты и мультимодальные комплексы, непрерывно функционирующие внутри системы.

Таким образом, к основным факторам формирования инновационных ТЛК можно отнести:

1. Высокие стандарты качества, регулируемые нормативно-правовым законодательством;
2. Понимание государством роли транспорта в развитии экономики и формирование поддерживающей политики в сфере транспорта на основе принципов либерализации и гармонизации;

3. Единые правила бизнес этики;
4. Высокий уровень развития морских портов;
5. Рациональное распределение инвестиций между обновлением, расширением существующей инфраструктуры и инновационной составляющей ТЛК.

Если с точки зрения первых трех факторов в последнее время в РФ наблюдаются положительные тенденции, то уровень инновационного развития морских портов существенно ниже, чем портов стран ЕС, несмотря на значительный объем инвестиций в их строительство.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОРТ, КАК ОДИН ИЗ ГЛАВНЫХ ФАКТОРОВ ОБРАЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ТЛК

В 2018 году в развитие портовых структур в РФ вкладывается 7 % от ВВП [6], что на 2 % меньше, чем в Германии. При этом объем вкладываемых средств не всегда соответствует реальной потребности. Часто получается, что одни порты, обрабатывая больший объем грузов, являются менее современными и развитыми, чем другие порты, которые имеют неполную загрузку мощностей. Например, грузооборот порта Новороссийск снизился на 0,1 % за 2019 год [9]. Это связано с устаревшей инфраструктурой и неэффективно используемой территорией. Положительным примером могут послужить современные российские порты, такие как «Ямал СПГ», морской порт Сабетта. Ямал СПГ превысил годовой проектный объем производства сжиженного природного газа (СПГ) за 11 месяцев первого года работы и отгрузил с декабря 2017 года более 25 млн. тонн СПГ, что равносильно более 340 танкерных партий. А за первые 9 месяцев 2019 года было отгружено более 16,5 млн. тонн [10]. С учетом перспективы использования Северного морского пути (что снизит необходимость ледокольной проводки), данный порт может составить конкуренцию для традиционных путей доставки товаров из Юго-Восточной Азии в Европейскую часть и в РФ [11]. Однако далеко не каждый порт способен стать основной для создания инновационного ТЛК, что обусловлено, в первую очередь, видом порта, его назначением и потенциалом.

Портовые ТЛК создаются в базе морских портов, часто на основе совокупности портов (колоний портов). Портовые ТЛК, главным образом, представлены во фрахтовом сегменте, который значительно превышает количество пассажирских перевозок. При этом пассажирские терминалы могут являться составными элементами ТЛК.

Речные порты могут быть рассмотрены как составная часть транспортного комплекса, но ввиду снижения роли и стагнационных процессов внутренне водного транспорта не могут быть базой для

формирования инновационного ТЛК. В случае, если расположение и глубина речного порта позволяет проходить морским судам, и он консолидирует значительные грузопотоки, то его можно рассматривать как основу для формирования ТЛК.

Портовые ТЛК формируются на базе морских портов или группы портов, объединенных одной управляющей структурой. Рассмотрим несколько разновидностей портов, которые являются наиболее значимыми при формировании ТЛК и их особенности: порты-хабы, порты-гейтвеи, смешанные порты и сухие порты.

Понятие портов-хабов появилось относительно недавно и общепринятое определение не было выявлено, однако, такие исследователи как К. Фагерхолт, А. Баирд, Т. Ноттебум под портом-хабом подразумевают узловой портовый комплекс, в структуре грузооборота, которого в большей степени преобладает операция траншшипмента контейнерных грузов [11]. Кроме этого, по мнению ученых для портов-хабов характерно:

- центральное местоположение в регионе, либо расположение на основных маршрутах морских перевозчиков;
- ориентация на контейнерные грузы;
- возможность приема более крупных судов по сравнению с другими портами региона.

В качестве примера портов-хабов могут послужить порт Гамбург, порт Гданьск и Большой порт Санкт-Петербург.

Главным отличием порта-гейтвея (от англ. gateway, «торговые ворота») от порта хаба является ориентированность на хинтерленд. Это означает, что преобладающим типом операций являются операции по перевалке грузов с морского транспорта на наземный и наоборот. Посредством таких портов соединяются морская транспортная сеть с инфраструктурой наземного транспорта.

Смешанные порты включают в себя функции портов-гейтвеев и хабов. Они ориентированы на грузовые потоки как на тыловой зоне фрахтового тяготения порта, так и на перевалку по типу море-море.

Сухие порты являются узловыми элементами в интермодальной транспортной системе. Они также носят название внутренних контейнерных терминалов. А.Л. Кузнецов приводит следующее определение «сухого порта»: «внутренний контейнерный терминал, непосредственно связанный с морским портом, имеющий высокую провозную способность смежного транспорта, через который клиенты выполняют отправку и получение своего груза в интермодальных грузовых единицах так, как если бы они работали непосредственно через порт» [12].

Наиболее перспективными для формирования на их базе

инновационного ТЛК являются порты-хабы и порты-гейтвей, а также смешанные порты, так как именно они объединяют в себе преимущества морских портов, терминалов, складов для хранения, обладают необходимой инфраструктурой: подъездными путями и железнодорожными путями. У них выгодное расположение, и они способны обслуживать как хинтерленд, так и морской порт. рисунка (колонки). Точка в конце подрисуночной надписи не ставится.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО СТРАНАМ

Чтобы подтвердить или опровергнуть гипотезу о том, что рациональное инвестирование в развитие отдельных видов портов является основополагающим фактором формирования инновационных ТЛК, что, в свою очередь, отражается на эффективности функционирования транспортно-логистической системы страны, необходимо провести сравнительный анализ эффективности транспортно-логистических систем стран с разным потенциалом к формированию инновационных портовых ТЛК.

Согласно рейтингам крупнейших портов мира 2019 года [13] к странам с высоким потенциалом к формированию инновационных портовых ТЛК на основании объема обрабатываемых грузов относятся: Китай, Сингапур, Республика Корея, Нидерланды. Странами-лидерами по уровню эффективности транспортно-логистических структур на основании рейтинга Всемирного банка считаются Германия, Швеция, Бельгия, Сингапур, Нидерланды, Великобритания. [14]. РФ уступает по данным показателям вышеперечисленным странам, но с точки зрения потенциала исходя из количества портов и их общего объема грузооборота соответствует требованиям выборки.

Рассмотрим потенциал стран к формированию инновационных ТЛК исходя из общего грузооборота портов стран, количества, видов и объема грузооборота их крупнейших портов (Табл. 1).

Таблица 1. Анализ потенциала стран к формированию инновационных ТЛК

Страна	ТЕУ, тыс. в год 2018 [15]	Соотношение объема грузооборота к населению ТЕУ в год./тыс. чел.	Количество крупнейших морских портов [16]	Крупнейшие морские порты /вид порта [16]	Грузооборот, млн. тонн /год [23–31]
Германия	77	0,93	4	Бремерхафен / Хаб	14,2
				Гамбург / Хаб	135,1
				Вильгельмсхафен / Гейтвей	20
				Киль / Гейтвей	7,15
Нидерланды	67	3,88	2	Амстердам / Хаб	82,3
				Роттердам / Хаб	142

Страна	ТЕУ, тыс. в год 2018 [15]	Соотношение объема грузооборота к населению ТЕУ в год./тыс. чел.	Количество крупнейших морских портов [16]	Крупнейшие морские порты /вид порта [16]	Грузооборот, млн. тонн /год [23–31]
Швеция	203	19,82	3	Гётеборг / Гейтвей	18
				Стокгольм / Гейтвей	1,4
				Хельсингборг / Хаб	8,2
Бельгия	61	5,3	2	Антверпен / Гейтвей	195,2
				Зебрюгге / Хаб	40,1
Сингапур	106	18,34	1	Сингапур / Смешанный	420
Великобритания	108	1,61	5	Филикстоу / Гейтвей	60,4
				Халл (Гуль) / Гейтвей	14
				Порт Саутгемптон / Гейтвей	32,4
Китай	606	0,43	16	Шанхай / Хаб	561,29
				Шэньчжэнь / Хаб	500
				Нинбо / Гейтвей	550
Республика Корея	153	2,95	2	Пусан / Хаб	455,07
				Порт Кванъян / Хаб	283
РФ	297	2,06	10	Порт Архангельск / Гейтвей	2,8
				Новороссийск /Смешан.	140
				Санкт-Петербург /Смешан.	59,32
				Порт Владивосток / Хаб	7,5
				Порт Восточный / Гейтвей	24,2

Составлено авторами [23–31]

Согласно данным, представленным в Табл. 1, крупные порты являются либо хабами, либо гейтвеями. Лидером по объему грузооборота и количеству портов является Китай. Потребность в обслуживании огромной популяции Китая обуславливает наличие множества портов с объемом грузооборота от 10 до 500 млн. тонн в год. РФ также имеет большое количество крупных портов благодаря своему географическому положению и соответствующему числу потребителей услуг портов. Однако инновационность портов остается на низком уровне, что отражается на грузопотоках и в конечном итоге, на грузообороте. В то же время показатель соотношения объема грузооборота к величине населения показывает, что такие страны как Швеция, Сингапур, Бельгия и Нидерланды обрабатывают больший объем груза на душу населения, используя меньшее количество портов. Это свидетельствует о большей степени влияния интенсивных факторов, чем экстенсивных, на потенциальные мощности и эффективность портовых структур, и, следовательно, на эффективность транспортно-логистических систем. В Северной Европе крупнейшими портами являются Антверпен (Бельгия), Бремерхафен (Германия), Феликстоун (Великобритания), Гётеборг (Швеция), Гамбург (Германия), Амстердам и Роттердам (Нидерланды). Они демонстрируют рост грузооборота на протяжении последних нескольких лет, так как способны принимать самые крупные суда-

глубоководные лайнеры, что невозможно в российских портах из-за проходных осадок.

Проведем сравнение эффективности транспортно-логистических систем стран посредством анализа Международного индекса эффективности логистики (LPI), рассчитываемого Группой Всемирного банка каждые два года. Индекс основан на сопоставлении множества факторов и показывает на каком этапе находится уровень инновационного развития страны и напрямую связан с логистическим процессом. Расчет итогового значения индекса производится исходя из шести компонентов: эффективность таможенного и пограничного оформления, качество торговой и транспортной инфраструктуры, простота организации международной поставки, компетентность и качество логистических услуг, возможность отслеживать грузы, частота соблюдения сроков поставки. В Табл. 2 приведены значения агрегированного индекса LPI для исследуемых стран за 2012–2018 гг. [17]. Агрегированный LPI объединяет четыре последних выпуска LPI. Этот подход уменьшает случайные отклонения от одного обследования LPI к другому. Каждый год баллы по каждому компоненту оценивались с учетом весовых коэффициентов: 6,7 % – 2012 год, 13,3 % – 2014 год, 26,7 % – 2016 год, 53,3 % – 2017 год.

Таблица 2. Значение агрегированного индекса LPI за 2012-2018гг. и его составляющих

Страна	LPI ранг	LPI	Таможня	Инфраструктура	Международная логистика	Компетенции в логистике	Отслеживание грузов	Поставки в срок
Германия	1	4,19	4,09	4,38	3,83	4,26	4,22	4,4
Нидерланды	2	4,07	3,97	4,23	3,76	4,12	4,08	4,3
Швеция	3	4,07	3,95	4,22	3,88	4,04	4,02	4,32
Бельгия	4	4,05	3,74	4,03	3,97	4,1	4,11	4,4
Сингапур	5	4,05	4	4,14	3,72	4,08	4,05	4,34
Великобритания	6	4,01	3,85	4,09	3,69	4,04	4,1	4,32
Китай	9	3,96	3,85	4,02	3,85	3,94	3,95	4,18
Республика Корея	23	3,65	3,43	3,75	3,43	3,63	3,75	3,96
РФ	85	2,69	2,25	2,64	2,59	2,74	2,67	3,23

Рейтинг стран на основе индекса LPI также свидетельствует о том, что страны с наиболее развитыми с точки зрения инноваций транспортными структурами имеют высокую эффективность логистических операций. Это определяет приоритет вложения инвестиций в увеличение мощностей портов за счет инновационных технологий, а не увеличения количества стивидорных площадей. Кроме пропускной способности и скорости погрузки-разгрузки грузов в РФ следует обратить внимание на такие направления вложений, как скорость документооборота, сохранность грузов, безопасность портовых операций.

В настоящее время подписание нескольких копий транспортных документов после завершения операций разными должностными лицами может занимать до 12–24 часов, что задерживает отправление судов. Различия в показаниях измерений количества топлива или жидкого груза, возникающие в результате использования устаревших технологий и нарушений деловой этики, приводят к необходимости пересчета данного количества, что также тормозит процесс транспортировки. Сохраняется вероятность повреждения или потери груза, особенно в момент погрузки-разгрузки, по причине низкой квалификации кадров, недостаточно высокого уровня использования автоматизированных и электронных систем контроля. Кроме того, морской транспорт и его инфраструктура являются источниками загрязнения окружающей среды, что требует внедрения инновационных технологий в области ресурсосбережения и экологии. Решение указанных проблем позволит портовым ТЛК РФ повысить инновационность и конкурентоспособность на мировом рынке.

Выделим группы инновационных технологий, способных решать данные проблемы: беспилотные транспортные средства для перевозки по внутрипортовым территориям, современное перегрузочное оборудование (например, автоматические мостовые штабелеукладчики и современные ричстакеры, грузоподъемностью 36 т и с вылетом стрелы 36,5 м), модернизированные складские помещения (умные склады), автоматизированная система работы терминала.

Определив направления вложений инвестиций в инновации, необходимо оценить степень отставания РФ от стран-лидеров с точки зрения использования тех или иных групп инновационных технологий в процессе функционирования портовых ТЛК.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОСТИ ТЛК СТРАН

Уровень инновационности ТЛК имеет важное значение для оценки потенциала страны и отражается в рейтинге стран по LPI.

В результате анализа характеристик инновационных портовых ТЛК лидеров согласно рейтингу стран по LPI авторами были выявлены следующие признаки, отличающие инновационные ТЛК от других видов:

1. Интенсивное использование технологий и инновационно-технических решений, отвечающих требованиям безопасности на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средств (количество и уровень инновационности технологий за последние 5 лет);
2. Интенсивное использование инновационных технологии в области ресурсосбережения и экологии, позволяющие уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду (количество и уровень инновационности технологий за последние 5 лет);

3. Высокая оснащенность электронными и автоматизированными системами управления и контроля, самообучающимися системами (уровень интеллектуального управления логистическими операциями);

4. Использование беспилотного транспорта в логистических процессах;

5. Высокая доля проинвестированных средств в инновации к общему объему инвестиций в морской транспорт.

Данные признаки взяты за основу формирования критериев для проведения сравнительного анализа стран с точки зрения уровня инновационности портовых ТЛК балльно-рейтинговым методом на основе экспертного опроса (Табл. 3). В качестве экспертов выступали специалисты в транспортно-логистической сфере Санкт-Петербурга. Критерии оценивались по шкале от 0 до 5 баллов, где 5 баллов означает полное соответствие критерию, 0 – полное несоответствие критерию.

Таблица 3. Результаты сравнительного анализа уровня инновационности портовых ТЛК различных стран

Критерий	Вес критерия	Германия	Нидерланды	Швеция	Бельгия	Сингапур	Великобритания	Китай	Респ. Корея	РФ
Интенсивность использования инновационно-технических решений	0,9	5	5	4	5	5	5	4	5	2
Интенсивность использования технологий ресурсосбережения	0,8	4	5	5	4	4	4	3	4	2
Уровень автоматизации и интеллектуализации процессов и операций	0,7	5	5	4	5	5	5	5	4	2
Интенсивность использования беспилотного транспорта	0,5	3	3	2	2	3	2	2	3	0
Доля инвестиций в инновационное развитие	0,6	4	4	5	5	5	4	5	4	3
Рейтинг	-	15,1	15,9	14,4	15,5	15,7	14,6	13,5	14,4	6,6

Согласно результатам оценки, представленным в Табл. 3, лидерами рейтинга являются Нидерланды, Сингапур, Бельгия и Германия. Эти страны являются примерами использования инновационных технологий и

изобретений. Главными качествами данных портов являются высокая функциональность и гибкость. Россия отстает от ведущих стран более, чем на два пункта по всем показателям: интенсивность использования инновационно-технических решений, использование технологий ресурсосбережения, электронные автоматизированные решения, использование беспилотного транспорта остается на базовых этапах развития или вообще отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование показывает вектор развития, по которому должна следовать РФ, опираясь на опыт стран с положительными результатами внедрения инновационных технологий в ТЛК. У России есть огромный потенциал для развития в области инновационных ТЛК. Географическое положение является преимуществом нашей страны: степень развития местной (региональной) инфраструктуры, выгодность позиционирования региона относительно важных национальных и международных транспортных коридоров. Однако данный потенциал не реализован, что объясняется низкими показателями эффективности транспортно-логистической системы и темпами инновационного развития транспортных структур, в особенности крупных морских портов, которые являются приоритетными центрами образования инновационных ТЛК. При этом анализ стран с различным потенциалом к образованию инновационных ТЛК показал, что наиболее эффективные транспортно-логистические системы имеют страны с наименьшим общим объемом грузооборота и количеством портов, но с наибольшим уровнем их инновационности. Это определяет необходимость рационального использования инвестиций в определенные группы инновационных технологий, которые способны решить проблемы существующих морских портов РФ, в частности, в такие технологии, как беспилотные транспортные средства, модернизированное перегрузочное оборудование, умные склады, автоматизированная система работы терминала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Журавская М.А., Михайлев Д.Е. Возможность формирования мультимодального транспортно-логистического комплекса в Свердловском транспортном узле // Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. – 2018. – № 2(28). – С. 12–17. [Zhuravskaya MA, Mihajlev DE. The possibility of forming a multimodal transport and logistics complex in the Sverdlovsk transport hub. *Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport*. 2018;2(28):12-17. (In Russ.)]. doi:

10.20291/2311-164X-2018-2-12-17

2. Салтыков М.А. Типология пространственно-экономических форм морских портовых агломераций // Теоретические и практические проблемы логистики и управления цепями поставок. – 2019. – № 1. – С. 62–75. [Saltykov MA. Typology of spatial-economic forms of sea port agglomerations. *Theoretical and practical problems of logistics and supply chain management*. 2019;1:62-75. (In Russ.)]. doi: 10.24143/2073-5537-2019-1-62-75
3. Волынчук А.Б., Крылова И.А. Транспортно-логистический кластер как инструмент развития периферийных территорий // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 6. – С. 72–77. [Volynchuk AB, Krylova IA. Transport and logistic cluster as a tool of development of peripheral territories. *Fundamental research*. 2018;6:72-77 (In Russ.)].
4. Saktaganova G, Legostaeva L, Karipova A. Major development mechanisms for the infrastructure of the transport and logistics complex in Kazakhstan. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2018;9(4):1474-1480. doi: 10.14505/jarle.v9.4(34).34
5. Rymkevich A, Novichikhin A. Management of a transport and logistics terminal: models, indicators and optimization. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2019;377:012027. doi: 10.1088/1755-1315/377/1/012027
6. Глазкова О.С. Влияние инновационных территориальных кластеров на социально-экономическое развитие регионов // Дискуссия. Экономические науки. – 2015. – № 4. – С. 22–27. [Glazkova OS. Innovative territorial clusters' influence on social and economic development of regions. *Discussion. Economic sciences*. 2015;4(56):22-27. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-innovatsionnyh-territorialnyh-klasterov-na-sotsialno-ekonomicheskoe-razvitie-regionov>. Ссылка активна на: 19.06.2020.
7. Булатов Р.В. Перспективы развития региона на основе преобразований транспортной инфраструктуры // Вестник ЗабГУ. – 2015. – № 6(121). – С. 3–4. [Bulatov R. Future development of the region on the basis of transport infrastructure change. *Vestnik ZabGU*. 2015;6:3-4 (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-regiona-na-osnove-preobrazovaniy-transportnoy-infrastruktury>. Ссылка активна на: 19.06.2020.
8. Gogas M, Adamos G. Assessing the performance of intermodal city logistics terminals in Thessaloniki. *Transportation Research Procedia*. 2017;24:17-24. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.061
9. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [The transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. (In Russ.)]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902132678>. Дата обращения: 03.03.2020.
10. Гапочка А.А. Международные морские порты-хабы как фактор развития региона балтийского моря: дис. канд. эк. наук. – СПб, 2017. – 27 с. [Gapochka AA. Mezhdunarodnye morskije porty-haby kak faktor razvitiya regiona baltijskogo morya [dissertation]. St. Petersburg; 2017. 27 p. (In Russ.)].
11. Carlos M, Martin C. Innovation in Logistics Services. [Internet]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/228346497_Innovation_in_Logistics_Services. [cited 2020 March 3].
12. Top European Logistics Hubs, Q2, 2013. [Internet]. [cited 2020 March 3] Available from: www.colliers.com/research.
13. ТОП-10 самых больших портов в мире. [TOP 10 largest ports in the world.

- [Internet]. (In Russ.)). Доступно по: <https://mentamore.com/puteshestviya/top-samyx-bolshix-portov-v-mire.html>. Ссылка активна на 11.03.2020.
14. The world bank. [Internet]. [cited 2020 March 11] Available from: <https://lpi.worldbank.org/international>.
 15. Hafenspiegel-x3-runtergerechnet. [Internet]. [cited 2020 March 11] Available from: https://bremenports.de/wp-content/uploads/2019/07/2018_Hafenspiegel-x3-runtergerechnet.pdf.
 16. Калькулятор фрахта. [Freight calculation [Internet]. (In Russ.)). Доступно по: <https://seafreightrates.ru/porty/> Ссылка активна на 11.03.2020.
 17. The world bank. [Internet]. [cited 2020 March 10] Available from: <https://lpi.worldbank.org/international>
 18. Кузнецов А.Л. Морские и сухие порты в новой мировой системе грузораспределения // Эксплуатация морского транспорта. – 2009. – № 1(55). – С. 11. [Kuznesov AL. Morskie i suhie porty v novoj mirovoj sisteme gruzoraspredeleniya. *Ekspluatatsiya morskogo transporta*. 2009;1(55):11.
 19. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики с 4. [Bulletin on current trends in the Russian economy. [Internet]. (In Russ.)). Доступно по: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/24196.pdf>. Ссылка активна на: 10.03.2020.
 20. Никулина С.В. Морские порты как субъекты международной конкуренции: дис. канд. эк. наук: 08.00.14 – СПб, 2011. – 11 с. [Nikulina SV. Morskie porty kak sub"ekty mezhhdunarodnoj konkurencii [dissertation]. St. Petersburg; 2011. 11 p. (In Russ.)].
 21. Webcomtrans. [Internet]. [cited 2020 March 09] Available from: <http://webcomtrans.com/blog/ravnenie-na-luchshih-spisok-samyh-krupnyh-portov-mira-2019/>.
 22. Mentamore. [Internet]. [cited 2020 March 01] Available from: <https://mentamore.com/puteshestviya/top-samyx-bolshix-portov-v-mire.html>.
 23. Worldbank. [Internet]. [cited 2020 March 01] Available from: <https://lpi.worldbank.org/international>.
 24. Seafreightrates. [Internet]. [cited 2020 March 03] Available from: <https://seafreightrates.ru/porty/>.
 25. Portsinfo. [Internet]. [cited 2020 March 03] Available from: <http://portsinfo.ru/ports/>.
 26. Cargotime. [Internet]. [cited 2020 March 01] Available from: <https://cargotime.ru/rejting-gruzovyx-portov/>.
 27. Bremenports. [Internet]. [cited 2020 March 01] Available from: https://bremenports.de/wp-content/uploads/2019/07/2018_Hafenspiegel-x3-runtergerechnet.pdf.
 28. Nports. [Internet]. [cited 2020 March 10] Available from: <https://www.nports.de/en/ports/wilhelmshaven/>
 29. Portofamsterdam. [Internet]. [cited 2020 March 11] Available from: portofamsterdam.com/en.

Сведения об авторах:

Манова Вероника Алексеевна, магистрант, Факультет технологического менеджмента и инноваций;
адрес: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49;
eLibrary SPIN: 9844-1017; ORCID: 0000-0001-9321-9164;
E-mail: veronika-manova@yandex.ru

Лебедева Анна Сергеевна, к.э.н., доцент;
eLibrary SPIN: 6190-5965; Scopus ID: 57195325759;
E-mail: aslebedeva@itmo.ru

Information about the authors:

Veronika A. Manova, Master degree, Faculty of Technology Management and Innovation;
Address: 197101, St. Petersburg, Kronverksky Prospekt, 49;
eLibrary SPIN: 9844-1017; ORCID: 0000-0001-9321-9164;
E-mail: veronika-manova@yandex.ru

Anna S. Lebedeva, PhD, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 6190-5965; Scopus ID: 57195325759;
E-mail: aslebedeva@itmo.ru

Цитировать:

Манова В.А., Лебедева А.С. Факторы, определяющие формирование инновационных транспортнологистических комплексов // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 129–144. doi: 10.17816/transsyst202062129-144

To cite this article:

Manova VA, Lebedeva AS. Factors Determining the Formation of Innovative Logistics Complexes. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(2):129-144. doi: 10.17816/transsyst202062129-144