

ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

рецензируемый научный журнал

MODERN
TRANSPORTATION
SYSTEMS AND
TECHNOLOGIES
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)

«ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

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

ИНДЕКСАЦИЯ

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

КОНТАКТЫ

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

Научный редактор В.В. Никитин, доктор технических наук, профессор
Перевод на английский язык А.Ю. Гнатенко
Редактор сайта М.Д. Боярский
Ответственный редактор О.Ю. Смирнова
Верстка Т.С. Антонова

СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации средства массовой информации

Эл № ФС77-81789 от 31.08.2021 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://transsyst.ru/> Рукопись и дополнительные материалы следует оформить в соответствии с правилами редакции, см. подробно по <https://transsyst.ru/transsyst/about/submissions>

ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Том 8, № 2

2022

РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

Панычев Александр Юрьевич
к.э.н., доцент, ректор ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Титова Тамара Семёновна
д.т.н., профессор, Заслуженный работник науки РФ, Первый проректор – Проректор по науке ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Никитин Виктор Валерьевич
д.т.н., профессор, профессор кафедры «Электротехника и теплотехника», профессор кафедры «Электрическая тяга» ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Богданов Александр Владимирович, д. физ.-мат.н., профессор СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия;
Верескун Владимир Дмитриевич, д.т.н., профессор, ректор, РГУПС, Ростов-на-Дону, Россия;
Журавлева Наталья Александровна, доктор экономических наук, профессор Заведующий кафедрой «Экономика транспорта», Директор Института прикладной экономики и бухгалтерского учета железнодорожного транспорта ПГУПС, 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 РГУПС, Ростов-на-Дону, Россия;
Кручинина Ирина Юрьевна, д.т.н., директор ИХС РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Ли Вэйли, PhD, профессор Пекинского транспортного университета, Пекин, КНР;
Линь Гобинь, PhD, профессор, директор Национального транспортно-инженерного центра Маглев, доцент Университета Тунцзи, Шанхай, КНР;
Ледяев Александр Петрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тоннели и метрополитены», ведущий научный сотрудник Научно-аналитической группы по развитию городского транспорта ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия;
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;
Ни Фэй, PhD, младший научный сотрудник, Национальный транспортно-инженерный центр Маглев, Университет Тунцзи, Шанхай, КНР;
Никитенко Владимир Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика» РУТ (МИИТ), Москва, Россия;
Подсорин Виктор Александрович, д.э.н., профессор РУТ (МИИТ), Москва, Россия;
Повадол Сирирангси, Dr., Заместитель декана Факультета логистики и управления транспортом Паньяпаватского института управления, Паккред, Таиланд;
Смирнов Владимир Николаевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Мосты» ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия;
Смирнов Сергей Александрович, Ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия;
Соломин Владимир Александрович, д.т.н., профессор РГУПС, 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;
Талантова Клара Васильевна, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия;
Терешина Наталья Петровна, д.э.н., профессор, Заведующая кафедрой «Экономика и управление на транспорте» РУТ (МИИТ), Москва, Россия;
Хан Хьён-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

"MODERN TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES"

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: transsyst@mail.ru
Website: www.transsyst.ru
Phone: +7 (911) 2384445

Science Editor V.V. Nikitin, Doctor of Technical Science, Professor
Translation into English A.Yu. Gnatenko
WEB- Editor M.D. Boyarsky
The Executive Editor O.Yu. Smimova
Layout Editor T.S. Antonova

AIMS & SCOPE

Network electronic journal "Modern Transportation Systems and Technologies" 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>)

MODERN TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

Vol. 8, Issue 2

2022

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

Aleksandr Y. Panychev

PhD, Associate professor, rector PGUPS, St. Petersburg, Russia

Deputy EDITOR-IN-CHIEF

Tamila S. Titova

Dr. Sc., Professor, First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work PGUPS,
St. Petersburg, Russia

THE SCIENTIFIC EDITOR

Viktor V. Nikitin

Dr.Sc., Professor, Professor Departments Electric Power Traction and
Theoretical Bases of Electrical Engineering PGUPS, St. Petersburg, Russia

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

Natal'ya A. Zhuravleva, Dr. Economics, Professor Head of the Department of Economics of Transport, Director of the Institute of Applied Economics and Accounting of Railway Transport PGUPS, St. Petersburg, Russia;

Johannes O. 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., Director of Institute of Silicate Chemistry of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;

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

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

Aleksandr P. Ledyayev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Tunnels and Subways", Leading Research Fellow Scientific and Analytical Group for the Development of Urban Transport PGUPS, St. Petersburg, Russia;

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

Radik R. 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;

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

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

Viktor A. Podzorin, 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;

Vladimir N. Smirnov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Bridges" PGUPS, St. Petersburg, Russia;

Sergey A. Smirnov, Leading Researcher, Scientific and educational center for the innovative development of passenger rail transport PGUPS, St. Petersburg, Russia;

Vladimir A. 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;

Klara V. Talantova, Dr. Sc., Associate Professor, Professor of the Department of Building Structures

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

Smirnov Sergey PGUPS, 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 Романов А.С. Перспективы развития городских транспортных систем на основе концепции «мобильность как услуга»	5	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Romanov A.S. Prospects for the urban transportation systems development based on the concept of "mobility as a service"
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Чеченова Л.М., Баталова Н.В. Тенденции устойчивого развития транспортных систем экомобильности	17	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Chechenova L.M., Batalova N.V. Trends for sustainable development of ecomobility transportation systems
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ		ORIGINAL STUDIES
Рубрика 1. ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ Направление – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей Соловьева В.Я., Сахарова А.С., Еремеев Е.Г. Инновационные способы подготовки основания транспортных магистралей с использованием техногенных образований металлургического производства	28	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field – Design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels Soloviova V.Y., Sakharova A.S., Ereemeev E.G. Innovative methods for preparing the base of transport highways of the use of technogenic formations of metallurgical production
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Электротехнология и электрофизика Амосков В.М., Арсланова Д.Н., Белов А.В., Белов А.В., Васильев В.Н., Деомидов В.В., Капаркова М.В., Кухтин В.П., Ламзин Е.А., Ларионов М.С., Морозов И.А., Неженцев А.Н., Овсянников Д.А., Овсянников Д.А. (мл.), Родин И.Ю., Смирнов С.А., Смирнова О.Ю., Сычевский С.Е., Шатиль Н.А., Фирсова Т.А., Фирсов А.А. Гибридный и традиционный электромагниты для целей магнитного подвешивания: сопоставительный анализ	43	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field – Electrotechnology and electrophysics Amoskov VM, Arslanova DN, Belov AV, Vasiliev V.N., Deomidov V.V., Kaparkova M.V., Kukhtin V.P., Lamzin E.A., Larionov M.S., Morozov I.A., Nezhentzev A.N., Ovsyannikov D.A., Ovsyannikov D.A. (Jr), Rodin I.Yu., Smirnov S.A., Smirnova O.Yu., Sytchevsky S.E., Shatil N.A., Firsov A.A., Firsova T.A. Comparative analysis of performance of hybrid and pure EM suspensions
Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Электротехника Криворотова В.В. Компьютерное моделирование длинной линии с потерями в установившемся гармоническом режиме при активной нагрузке	55	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field – Electrical Engineering Krivorotova V.V. Computer Simulation of Long Line with Loss in Steady Harmonic Mode at Active Load

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте Селиванов А.В., Вашлаев И.И., Михайлов А.Г. Управление параметрами транспортной логистики в структуре консалтингового логистического центра	70	Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field – Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport Selivanov A.V., Vashlaev I.I., Mikhaylov A.G. Management of transport logistics parameters in the structure of the logistics consulting center
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Журавлева Н.А. Трансформационное лидерство и устойчивое развитие российских транспортных систем	92	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Zhuravleva N.A. Transformational leadership and sustainable development of Russian transport systems
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Григорьева С.В. Развитие системы управления стратегической устойчивостью в различные периоды ее жизненного цикла	112	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Grigoreva S.V. Development of the strategic sustainability management system in different periods of its life cycle
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. «Российский Маглев» в единой транспортной системе страны	124	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Smirnov S.A., Smirnova O.Yu. Russian Maglev in integrated transport system
Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА Анохов И.В., Римская О.Н., Хомов А.В. Влияние цифровизации железных дорог на развитие национальной экономики	135	Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS Anokhov I.V., Rimskaya O.N., Khomov A.V. Impact of railways digitalisation on the national economy development

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 338.47

DOI 10.17816/transsyst2022825-16

© **А.С. Романов**

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ «МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛУГА»

Обоснование: Уже несколько десятилетий остается актуальной проблема «автоцентричной» модели развития транспортных систем мегаполисов, которая характеризуется серьезными негативными последствиями в долгосрочной перспективе, несмотря на определенные удобства для отдельных пользователей. Городская мобильность обеспечивает доступ населения к экономическим ресурсам, поэтому надежная транспортная система является ключевым условием устойчивого развития современных агломераций. Использование цифровых технологий совместно с инновационными продуктами может обеспечить эффективное функционирование и конкурентоспособность общественного транспорта. «Мобильность как услуга» – это ориентированная на конечного пользователя модель городской мобильности, которая может способствовать постепенному отказу от пользования личного автомобиля.

Цель: Рассмотреть организационные модели реализации концепции инновационной мобильности, определить потенциальные выгоды от цифровой трансформации городской транспортной системы, основанной на модели эффективной мобильности «мобильность как услуга».

Методы: В работе были использованы общенаучные методы исследования как системный подход, аналогия, обобщение, синтез.

Результаты: В статье исследована концепция инновационной городской мобильности, основанная на технологии «мобильность как услуга», рассмотрены организационные модели MaaS, выявлены основные барьеры для реализации данной концепции наряду с потенциальными преимуществами и недостатками.

Ключевые слова: мобильность как услуга, цифровизация, городская мобильность, пассажирский транспорт, транспортная доступность.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© **Alexey S. Romanov**

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

PROSPECTS FOR THE URBAN TRANSPORTATION SYSTEMS DEVELOPMENT BASED ON THE CONCEPT OF “MOBILITY AS A SERVICE”

Background: For several decades now, the problem of the "auto-centric" model of megacity transport systems development has been a burning issue, which is characterized by serious negative consequences in the long run, despite certain conveniences for individual users. Urban mobility provides the population with access to economic resources, so a reliable transport system is a key condition for the sustainable development of modern agglomerations. The usage of digital technologies together with innovative products can ensure the efficient operation and competitiveness of public transport. "Mobility as a service" is an end-user-oriented model of urban mobility, which can promote the gradual abandonment of personal car use.

Aim: Consider organizational models for implementing the concept of innovative mobility, identify the potential benefits of digital transformation of the urban transportation system, based on the model of efficient mobility "mobility as a service".

Methods: General scientific research methods such as the systematic approach, analogy, generalization and synthesis were used.

Results: The article explores the innovative urban mobility model based on mobility-as-a-service technology, examines the organizational models of MaaS, identifying the main barriers to implementing this concept along with potential advantages and disadvantages.

Key words: mobility as a service, digitalization, urban mobility, passenger transport, transport accessibility.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на стратегическое положение транспортных систем в современных социально-экономических структурах, городской транспорт концентрируется на решении всего двух приоритетных задач: осуществление перевозки максимального количества людей при минимальных издержках и обеспечение транспортной безопасности. Экономика крупного города обладает преимуществами за счет сочетания высокой плотности населения, территориальной близости и наличия экономических ресурсов. Отрицательным последствием сочетания указанных факторов является перегруженность транспортных систем, которая может свести к нулю экономический потенциал городских территорий. Новая транспортная парадигма, рассматривающая транспорт как единую систему, интегрированную в городское пространство, в совокупности с цифровыми технологиями способствуют реализации инновационных концепций для эффективного использования транспортных средств, оптимизации городских пространств и организации бесшовного пассажирского сообщения.

Одной из инновационных концепций организации городского транспортного сообщения является технология Mobility-as-a-service –

МaaS («мобильность как услуга»), которая воплощает в себе идею бесшовной мобильности, полностью интегрированной в городскую среду. МaaS объединяет услуги различных видов транспорта в единую цифровую платформу, обеспечивая осуществление поездок «от двери до двери» с учетом индивидуальных предпочтений пассажиров.

МАТЕРИАЛЫ

В процессе написания работы были использованы материалы исследований, посвященных проблематике цифровизации транспортных процессов в городских системах, а именно. Организационно-экономическим аспектам внедрения концепции «мобильность как услуга» в городскую среду [1–4]. Влиянию инновационной мобильности на изменение поведенческих паттернов пассажиров [5–7]. Анализу потенциальных барьеров и выгод от развития инновационной городской мобильности [8–9].

ЭКОСИСТЕМА КОНЦЕПЦИИ «МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛУГА»

С точки зрения цифровой модернизации транспортных систем, МaaS представляет собой новую модель мобильности населения, направленную на минимизацию разрывов между операторами транспортных услуг и предполагающую интеграцию различных инструментов, необходимых для совершения поездки, в единую транспортно-информационную платформу. Интерес к МaaS обусловлен поиском новых эффективных способов организации городского транспортного сообщения: благодаря формированию условий для взаимовыгодной кооперации транспортных операторов, обеспечивающей бесшовную мобильность, значительно сокращается доля использования личного транспорта в городских поездках [10].

Независимо от конкретных бизнес-моделей, используемых операторами МaaS, существует ряд базовых условий, выполнения которых необходимо для развития городской транспортной системы на принципах МaaS:

- Городская транспортная система представлена различными видами транспорта;
- Существующая транспортная инфраструктура предполагает возможность организации мультимодального сообщения;
- Готовность транспортных операторов предоставлять необходимые данные третьим лицам;
- Возможность продажи транспортных услуг третьими лицами;

- Возможность безналичного расчета и использования электронных билетов.

Дополнительным условием функционирования MaaS является наличие возможности использования смартфона с доступом к сети «Интернет». Это накладывает некоторые ограничения на круг потенциальных пользователей данной транспортно-информационной платформы, так как формируется первоочередная ориентация на молодых клиентов.

Экосистема MaaS может значительно отличаться в зависимости от конкретной модели реализации концепции, тем не менее обязательно включает: транспортных операторов, поставщиков цифровых платформ, операторов платежных систем. Концепция MaaS предполагает формирование единого транспортного рынка и предоставление пользователям эффективной мобильности, обеспечивающей доступность городской среды. Для достижения этой цели на транспортном рынке необходимо появление новых участников рынка, которые будут выполнять роль интегратора, собирающего информацию о предложении от поставщиков транспортных услуг, и оператора MaaS, агрегирующего полученные данные и формирующего конечный продукт для пользователей. Выполнение этих функций может осуществляться как одним контрагентом, так и несколькими, соответственно, распределение функционального набора между участниками рынка влияет на цепочку создания стоимости предоставляемых транспортных услуг.

Оператор MaaS выполняет функцию посредника между транспортными операторами и конечными пользователями, используя данные каждого оператора и формируя консолидированную актуальную информацию для пользователей в режиме реального времени. Пользователи используют единый интерфейс для планирования поездок, поиска доступных вариантов и выбора наиболее подходящего, оплаты и оценки качества предоставленных услуг. Технология анализа больших объемов данных играет важную роль – агрегированные данные представляют собой ценный набор информации о целях поездок пассажиров, их предпочтениях и приоритетах, что облегчает процесс планирования и адаптации транспортных систем к изменяющимся требованиям пассажиров. В идеальной ситуации для полноценной реализации экосистемы MaaS транспортные операторы должны быть подключены к системе спутникового мониторинга транспортных средств с целью предоставления актуальной информации. В зависимости от объема предоставляемых данных оператор MaaS способен предлагать наиболее выгодные варианты перемещения, учитывая величину спроса и предложения, которые изменяются в течение времени суток.

Рассматривая процесс перехода к интегрированной структуре транспортного рынка, стоит остановиться на существующих моделях управления цифровой мобильности, определяющих степень вовлечения и распределение выполняемого функционала между участниками экосистемы MaaS.

Первая организационная модель предусматривает построение системы цифровой мобильности на принципах рыночного взаимодействия, где государственные органы выполняют второстепенную роль, занимаясь решением сопутствующих вопросов, касающихся нормативно-правового регулирования и субсидирования социально значимых маршрутов. Преимущество рыночной модели заключается в предположении, что MaaS является источником возможностей увеличения занимаемой доли рынка, поэтому частный сектор больше заинтересован в создании инновационного транспортного продукта, обеспечивающего конкурентоспособность их услуг. В данном случае функции интегратора данных и оператора MaaS передаются существующим транспортным операторам, либо возможно создание отдельной структуры. Потенциальные риски данной организационной модели вытекают из механизма рыночного распределения экономических ресурсов. В целях получения большей прибыли оператору MaaS выгоднее предлагать более дорогие услуги, что может сформировать обратный ожидаемому результату эффект: снижение текущей доли поездок с использованием общественного транспорта и развитие каршеринговых услуг и такси за счет обеспечения более легкого доступа пользователей.

Противоположностью рыночной модели является модель организации городской мобильности с непосредственным участием государственного сектора. В этом случае функции интегратора и оператора MaaS переходят государству. Экономическое обоснование данной модели заключается в заинтересованности государства в повышении конкурентоспособности услуг общественного транспорта, снижении доли личного транспорта и росте общественного благосостояния за счет снижения экологической нагрузки и более эффективному использованию имеющихся ресурсов с учетом целей устойчивого развития городских территорий. В отличие от частного оператора MaaS, стремящегося к максимизации дохода, государство преследует цель увеличения занимаемой доли общественным транспортом на рынке пассажирских перевозок. Так как одной из социальных функций государства является созданием общественных благ, то развитие концепции MaaS на государственных началах будет способствовать развитию мобильности в менее населенных районах, тем самым расширяя агломерационные связи. Расширению зоны действия инновационной мобильности также может привести к увеличению клиентской базы за счет более широкого спектра

предложений. Однако, исключительная концентрация вокруг задачи по увеличению использования услуг общественного транспорта может игнорировать степень удовлетворенности конечных пользователей от сервиса, что противоречит принципам концепции MaaS.

Третья модель представляет собой некий компромисс, сочетающий в себе признаки рассмотренных организационных моделей – реализация инновационной мобильности с использованием механизмов государственно-частного партнерства. Модель государственно-частного партнерства предполагает использование инновационного потенциала частного сектора при сохранении определенного контроля над направлениями стратегического развития. Данная модель подразумевает рыночное взаимодействие, но при расширенном участии государства в цепочке создания стоимости транспортных услуг, осуществляя выполнение функции интегратора данных, а оператор MaaS остается в юрисдикции частного сектора. Целесообразность данной модели основана на предположении о рациональном распределении компетенций при активном участии частного и государственного секторов. Государство, выполняя роль интегратора, выступает в роли гаранта между транспортными организациями и оператором MaaS, снижая риск монопольной власти. Если государственный сектор выполняет роль интегратора, то это может способствовать снижению первоначального капитала для частных инвесторов.

Таким образом, при наличии возможности оператора MaaS генерировать и предоставлять доступ к информационным данным появляется риск рыночной монополии за счет ограничения доступа к услугам отдельных перевозчиков. Следовательно, для снижения монопольной власти функции сбора, обработки и предоставления готовой информации могут быть распределены между участниками экосистемы MaaS. Альтернативным вариантом является модель MaaS с государственным участием, что формирует условия для предоставления услуг в соответствии с общественными приоритетами [11]. Ключевые преимущества и потенциальные риски рассмотренных моделей тезисно представлены в Табл. 1.

Рассмотренные модели демонстрируют, что развитие концепции MaaS может быть обеспечена с помощью использования различных механизмов взаимодействия участников экосистемы. Независимо от выбранной модели, реализации концепции инновационной мобильности повлияет на конъюнктуру транспортного рынка, требования к транспортным операторам и специфику межорганизационного взаимодействия.

Таблица 1. Организационные модели MaaS

Организационная модель	Преимущества	Риски
Рыночная модель управления	Раскрытие инновационного потенциала частного сектора; Возможность дополнительной прибыли для транспортных операторов; Клиентоориентированный подход к созданию транспортной услуги.	Доминирующее положение оператора MaaS; Формирование конечного предложения с целью максимизации прибыли; Игнорирование общественных интересов.
Государственная модель управления	Учет общественных интересов; Рост спроса на услуги общественного транспорта; Реализация городской мобильности с учетом стратегических целей устойчивого развития.	Жесткое нормативно-правовое регулирование препятствует участию частного сектора; Слабая ориентация на запрос конечного потребителя; Создание неконкурентоспособной MaaS; Значительная доля административных расходов.
Государственно-частное партнерство	Активное участие обоих секторов; Сокращения разрыва общественного и коммерческого секторов; Снижение монопольной власти оператора MaaS.	Снижение маржинального дохода оператора MaaS; Длительный период выбора контрагентов; Меньшая гибкость по сравнению с рыночной моделью.

ИННОВАЦИОННАЯ ГОРОДСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ

Городская транспортная система, основанная на принципах MaaS, обладает рядом существенных преимуществ для пассажиров, перевозчиков, и городского населения в целом. Общественный транспорт эффективен как с точки зрения провозной способности, поскольку позволяет разместить большое количество людей в одном транспортном средстве, так и с временной точки зрения, поскольку обеспечивает обслуживание в течение дня.

Надежность транспортной системы является основополагающей характеристикой при обсуждении аспектов городской мобильности. MaaS имеет определенный потенциал для вклада в достижение цели устойчивого развития современных агломераций. MaaS позволяет регулировать транспортные тарифы в отношении неэкологичных видов транспорта, регулируя уровень спроса. Дополнительное снижение экологической нагрузки так же будет формироваться за счет перехода на

систему электронных платежей.

Учет персонализированных предпочтений пассажиров позволяет подобрать оптимальный вариант транспортной услуги, отвечающей требованиям пользователей в зависимости от их приоритетов (стоимость, время в пути, безопасность, количество пересадок), что кардинально меняет опыт пользования услугами общественного транспорта. MaaS предполагает наличие опционных вариантов оплаты за предоставленные транспортные услуги: оплата за каждую осуществленную поездку, месячные или годовые абонементы, позволяющие сократить средние транспортные затраты пассажира при увеличении количества поездок. Некоторые интеграторы предлагают дневную или недельную подписку с различными льготами на поездки с использованием нескольких видов транспорта, что повышает привлекательность мультимодальных продуктов для пользователей [12]. В Табл. 2 представлены несколько систем MaaS, реализованных в различных городах Европы.

Таблица 2. MaaS функционирующие в городах Европы

Название	Страна, город	Год внедрения	Представленный транспорт	Дополнительный функционал
Optumod	Франция, Париж	2012	Общественный, шеринг велосипедов, пригородные поезда.	Планирование поездок, бронирование транспорта, парковка.
Mobility shop	Германия, Ганновер	2014	Общественный, такси, каршеринг, пригородные поезда.	Планирование поездок, бронирование, электронная оплата.
Whim	Финляндия, Хельсинки	2016	Общественный, аренда авто, такси, каршеринг, шеринг велосипедов, пригородные поезда.	Планирование, бронирование, электронная оплата.
My Cicero	Италия	2015	Общественный, такси, пригородные поезда и автобусы.	Планирование, бронирование, электронная оплата.
Ubigo	Швеция, Гётеборг	2016	Общественный, такси, каршеринг, шеринг велосипедов, аренда авто.	Планирование, бронирование, электронная оплата, линия поддержки.

Как видно из таблицы, набор предоставляемых услуг отличается, как и выбором транспорта, так и спектром дополнительных функций, что свидетельствует о различной степени интегрированности конечного продукта.

Выгода для транспортных операторов формируется за счет получения доступа к более широкому кругу пользователей и увеличении занимаемой доли рынка. Также оператор MaaS имеет возможность распределять пассажиропотоки в часы-пик, тем самым оптимизируя соотношения величин спроса и предложения.

В качестве косвенных эффектов стоит выделить потенциальное развитие ИТ-отрасли, так как основным компонентом транспортно-информационной системы MaaS является цифровые технологии, отвечающие за сбор, передачу и обработку информации. ИТ-отрасль является гарантом надежного функционирования прочих сфер экономики, а увеличение инвестиций в развитие информационно-коммуникационные технологии способствует формированию роста ВВП за счет относительно высокой добавленной стоимости [13]. Также MaaS имеет потенциал для создания нового рынка услуг за счет предоставления анализа данных как поставщикам транспортных услуг, так и сторонним лицам, например, частным компаниям из других сфер бизнеса.

Пассажирский транспорт в контексте крупных агломераций является важным аспектом развития городской среды не только из-за влияния на его территориальную структуру, но и благодаря генерированию дополнительных выгод для бизнеса [14]. MaaS можно рассматривать в качестве инструмента для развития городских структур за счет интеграции транспортной системы, снижении экологической нагрузки, формирования новых ниш для инновационных технологий. Внедрение MaaS обеспечивает бесперебойное и устойчивое транспортное обслуживание благодаря формированию единого адаптированного городского пространства [15]. Структура распределения возникающих эффектов от реализации концепции MaaS визуально представлена на Рис.

Важным этапом реализации инновационной концепции MaaS является определение потенциальных барьеров. Можно выделить законодательные барьеры (распределение прав и ответственностей между участниками экосистемы), рыночные барьеры (неравномерное предоставление информации может блокировать доступ к услугам отдельного оператора), барьеры городской инфраструктуры (отсутствие подходящих условий для реализации концепции). Из-за изменения привычной экосистемы транспортного рынка вследствие развития MaaS могут возникнуть межорганизационные барьеры. Выполняемый функционал и сфера ответственности должны быть распределены между участниками на этапе разработки концепции городской мобильности.



Рис. Структура образуемых выгод от реализации концепции городской мобильности МaaS

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно сказать, что МaaS – это относительно недавняя и быстро меняющаяся концепция, связанная с инновационной мобильностью, которая представляет собой гибридную технологическую инновацию, сочетающую ИКТ с бизнес-моделью для предоставления интегрированного доступа к транспортным услугам. МaaS является не просто новой транспортной услугой, а инновационной моделью распределения мобильности, ориентированной на персональные потребности пассажиров. С позиции организационных моделей реализации концепции можно сказать, что жесткое регулирование препятствует участию частного сектора и снижает возможность использования инновационного потенциала, и наоборот – слишком слабое регулирование способствует появлению системы инновационной мобильности, не отвечающей общественным интересам. Следовательно, выбранная организационная модель должна оптимизировать приоритеты государственного и частного секторов и способствовать формированию конкурентоспособной и устойчивой городской мобильности.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Завьялов Д.В., Пищикова О.В., Сагинова О.В. Эволюция концепции городской мобильности // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – №2. – С. 309–320. [Zavyalov DV, Pishchikova OV, Saginova OV. The evolution of the urban mobility concept. *Journal of Economics, entrepreneurship and law*. 2020;(2)309-320. (In Russ.)]. doi: 10.18334/epp.10.2.100426
2. Сагинова О.В. Модели городской мобильности и логистика крупного города // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – №2. – С. 321–330. [Saginova OV. Patterns of urban mobility and logistics in a big city. *Journal of Economics, entrepreneurship and law*. 2020;(2)321-330. (In Russ.)]. doi: 10.18334/epp.10.2.100430
3. Пищикова О.В. Анализ моделей реализации концепции «Мобильность как услуга» в управлении городским транспортом // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – № 3. – С. 555-564. [Pishchikova OV. Analysis of models for the implementation of the concept of. *Journal of Economics, entrepreneurship and law*. 2021;(3)555-564. (In Russ.)]. doi: 10.18334/epp.11.3.111742
4. Сагинова О.В., Спирин И.В., Завьялова Н.Б., Сидорчук Р.Р. Методологические аспекты управления качеством транспортного обслуживания. // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2016. – №7. – С.28–37. [Saginova O, Spirin I, Zavyalova N, Sidorchuk R. Methodology of public transport service quality. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2016;(7)28-37. (In Russ.)] doi:10.18184/2079-4665.2016.7.2.28.37
5. Nempanu F, Schlingensiepen J, Buretea D, Iordache V. Mobility as a service in smart cities. In Proceedings of the 9th International Conference for Entrepreneurship, Innovation and Regional Development “*Responsible entrepreneurship vision, development and ethics*”. Bucharest: June 23-24, 2016, pp. 425-435. [cited 2022 Jun 14]. Available from: file:///D:/Downloads/ICEIRD2016ZbucneaNikolaidisResponsibleEntrepreneurshipONLINE.pdf
6. Durand A, Harms L, Hoogendoorn-Lanser S, Zijlstra T. Mobility-as-a-Service and changes in travel preferences and travel behaviour: a literature review. Netherlands: September, 2018, 56 p. [cited 2022 Jun 14]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/330958677_Mobility-as-a-Service_and_changes_in_travel_preferences_and_travel_behaviour_a_literature_review#pf36
7. Alyavina E, Nikitas A, Njoya ET. Mobility as a service and sustainable travel behaviour: A thematic analysis study. *Transportation research part F: traffic psychology and behavior*. 2020;(73):362-381. doi: 10.1016/j.trf.2020.07.004
8. Cruz C, Sarmiento A. “Mobility as a Service” Platforms: A Critical Path towards Increasing the Sustainability of Transportation Systems. *Sustainability*, 2020;12(16):6368. doi:10.3390/su12166368
9. Jittrapirom P, Caiati V, Feneri A, Ebrahimigharehbaghi S, Alonso González M, Narayan J. Mobility as a service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, 2017;2(2):13-25. doi: 10.17645/up.v2i2.931
10. Li Y, Voegelé T. Mobility as a Service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required. *Journal of Transportation Technologies*. 2017;07(02):95-106. doi: 10.4236/jtts.2017.72007
11. Wong YZ, Hensher DA, Mulley C. Emerging transport technologies and the modal efficiency framework: A case for mobility as a service (MaaS). Sydney: February, 2018,

28. p. [cited 2022 Jun 14]. Available from: <https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/handle/2123/19100/ITLS-WP-18-04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Boer M, Turetken O, Adalı O. A Review of Business Models for Shared Mobility and Mobility-as-a-Service (MaaS): A Research Report. Netherlands: January, 2020, 65 p. [cited 2022 Jun 14]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/357992475_A_Review_of_Business_Models_for_Shared_Mobility_and_Mobility-as-a-Service_MaaS_A_Research_Report
13. Гулый И.М. Методология оценки экономических эффектов инвестирования в цифровые технологии на транспорте // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – №4. – С. 124–133. [Guliy IM. Methodology for assessing the economic effects of investing in digital technologies in transportation. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(4):124-133. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst201954124-133
14. Романов А.С., Лякина М.А. Механизм образования внешних эффектов от повышения транспортной доступности, обусловленной развитием высокоскоростного железнодорожного сообщения // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – №4. – С. 127–142. [Romanov AS, Lyakina MA. The formation mechanism of external effects of improving transport accessibility caused by high-speed rail development. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(4):127-142. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst202064127-142
15. Волкова Е.М. Развитие совместного потребления в городских транспортных системах // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – №3. – С. 56–66. [Volkova EM. Sharing economy development in urban transport systems. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2021;7(3):56-66. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst20217356-66

Сведения об авторах:

Романов Алексей Станиславович, к.э.н., ассистент кафедры «Экономика транспорта»
SPIN: 4634-9738; ORCID: 0000-0001-9088-4361
E-mail: Alexey-95-31@mail.ru

Information about the authors:

Alexey S. Romanov, PhD in economics, assistant of the Department of Transport Economics
SPIN: 4634-9738; ORCID: 0000-0001-9088-4361
E-mail: Alexey-95-31@mail.ru

Цитировать:

Романов А.С. Перспективы развития городских транспортных систем на основе концепции «мобильность как услуга» // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 5–16. doi: 10.17816/transsyst2022825-16

To cite this article:

Romanov AS. Prospects for the urban transportation systems development based on the concept of “mobility as a service”. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):5-16. doi: 10.17816/transsyst2022825-16

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК: 338.26 [UDC 338.26]

DOI 10.17816/transsyst20228217-27

© Л.М. Чеченова, Н.В. Баталова

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РАМКАХ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА INTERTRAN

Обоснование: В настоящее время перед транспортной отраслью стоят нетрадиционные для нее вызовы, такие как потребность в «оцифровке» транспортной услуги, повышение мобильности перевозки и снижение зависимости от бумажных технологий ее оформления. При этом на данный момент железнодорожный транспорт демонстрирует рынок качественное развитие с переориентацией географии сервисов и играет важнейшую стратегическую роль в развитии восточного полигона, предлагая именно то, что требуется грузоотправителям: регулярность отправок, кратчайшие сроки и стабильные цены, несмотря на глобальную перестройку рынков и экономические колебания.

Цель: определение взаимосвязи между расширением использования цифровой технологии и эффективностью развития интермодальных перевозок. Подтверждено, что проект Intertran позволяет эффективно взаимодействовать железнодорожным компаниям, морским портам и контролирующим органам.

Методы: методология исследования построена на анализе порядка электронного взаимодействия между морскими портами и железной дорогой в процессе интермодальной перевозки грузов через морские порты с использованием электронных документов и данных. Информационная база исследования опирается на отчеты азиатских и европейских железнодорожных компаний – членов Международного союза железных дорог, российских и иностранных экспедиторских компаний, а также данные Федеральной таможенной службы России и зарубежных таможенных органов.

Результаты: в результате исследования обосновано участие ОАО «РЖД» в развитии инноваций и цифровой рыночной среды, определен порядок обработки документов в электронном виде в рамках реализации проекта Intertran с использованием мобильных рабочих станций, определены эффекты от организации пилотной грузоперевозки в рамках проекта, установлена необходимость расширения цифровой среды доверия между участниками транспортно-логистических процессов.

Заключение: исследование подтверждает, что основу эффективного развития проекта Intertran и взаимодействия железнодорожных компаний, морских портов и контролирующих органов составляет комплекс действий, направленных на электронное взаимодействие участников процесса перевозки и дальнейшую оптимизацию обработки технологических операций.

Ключевые слова: цифровизация, безбумажные технологии, интермодальные перевозки, железнодорожный транспорт.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© **L.M. Chechenova, N.V. Batalova**

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

EFFICIENCY OF PILOT TRANSPORTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE INTERTRAN PROJECT

Background: Nowadays, the transport industry is facing non-traditional challenges for it, such as the need for digitization of transport services, increasing the mobility of transportation and reducing dependence on paper technologies for its design. At the same time, at the moment, only rail transport demonstrates high-quality development to the market with a reorientation of the geography of services and plays an important strategic role in the development of the eastern polygon, offering exactly what shippers need: regular shipments, the shortest possible time and stable prices despite the global restructuring of markets and economic fluctuations.

Objective: to determine the relationship between the expansion of the use of digital technology and the efficiency of the development of intermodal transport. We confirm that the Intertran project allows railway companies, seaports and regulatory authorities to interact effectively.

Methods: the methodology of the study is based on the analysis of the order of electronic interaction between seaports and railways in the process of intermodal cargo transportation through seaports using electronic documents and data. The information base of the study is based on reports of Asian and European railway companies – members of the International Union of Railways, Russian and foreign forwarding companies, as well as data from the Federal Customs Service of Russia and foreign customs authorities.

Results: as a result of the research, the participation of JSC “Russian Railways” in the development of innovations and the digital market environment is justified, the procedure for processing documents in electronic form within the framework of the Intertran project using mobile workstations is determined, the effects of the organization of pilot cargo transportation within the project are determined, the need to expand the digital environment of trust between participants in transport and logistics processes is established.

Conclusion: the study confirms that the basis for the effective development of the Intertran project and the interaction of railway companies, seaports and regulatory authorities is a set of actions aimed at electronic interaction of participants in the transportation process and further optimization of processing of technological operations.

Key words: digitalization, paperless technologies, intermodal transportation, rail transport.

ВВЕДЕНИЕ

В 2022 г. изменение сетей маршрутов и локаций по перевозке грузов происходит темпами, превышающими рекордные показатели пандемического кризиса [1]. При этом необходимо учитывать, что колебания экономической активности приводят к сопоставимым колебаниям спроса на транспортно-логистические услуги. Можно наблюдать крайне сложную ситуацию на рынке морских перевозок, где нехватка контейнерного оборудования в связи с беспрецедентным спросом, а также различные форс-мажорные обстоятельства, привели к скачку стоимости перевозок и снижению уровня надежности поставок. В свою очередь, авиагрузоперевозки, судя по основным метрикам, к началу 2022 г. сумели восстановиться практически до докризисных уровней, однако долгосрочный импульс роста был утерян из-за введенных санкций. Итого, на данный момент только железнодорожный транспорт демонстрирует рынку качественное развитие с переориентацией географии сервисов, что привлекает внимание грузоотправителей [2]. Российские железные дороги играют важнейшую стратегическую роль в развитии восточного полигона, предлагая именно то, что требуется грузоотправителям: регулярность отправок, кратчайшие сроки и стабильные цены [3].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является определение взаимосвязи между расширением использования цифровой технологии и эффективностью развития интермодальных перевозок. Наша задача – доказать, что проект Intertran позволяет эффективно взаимодействовать железнодорожным компаниям, морским портам и контролирующим органам.

Следует учитывать преимущества перевозок грузов железнодорожным транспортом, а именно:

- скорость – на сегодняшний день для некоторых компаний предлагаемая скорость доставки по железной дороге – это единственный способ обеспечения мобильности и скорости перевозок;
- регулярность – благодаря бесперебойной и регулярной отправке поездов можно гораздо надежнее спланировать загрузку производства сырьем или поставку рознице товара;

– сохранность – обеспечение высочайшего уровня сохранности груза, что подтверждено отсутствием аналогичных показателей в альтернативных способах доставки;

– экологичность – статистика подтверждает, что с учетом глобальной тенденции к переходу компаний на ESG-подходы, перспективы у железнодорожных компаний, инфраструктуры и собственно перевозок довольно оптимистичны.

Материалами исследования послужили отчеты азиатских и европейских железнодорожных компаний – членов Международного союза железных дорог (МСЖД), российских и иностранных экспедиторских компаний, а также данные Федеральной таможенной службы России (ФТС) и зарубежных таможенных органов.

Основу разработанной информационной технологии Intertran составляет определение порядка электронного взаимодействия между морскими портами и железной дорогой в процессе интермодальной перевозки грузов через морские порты с использованием электронных документов и данных (Рис. 1).

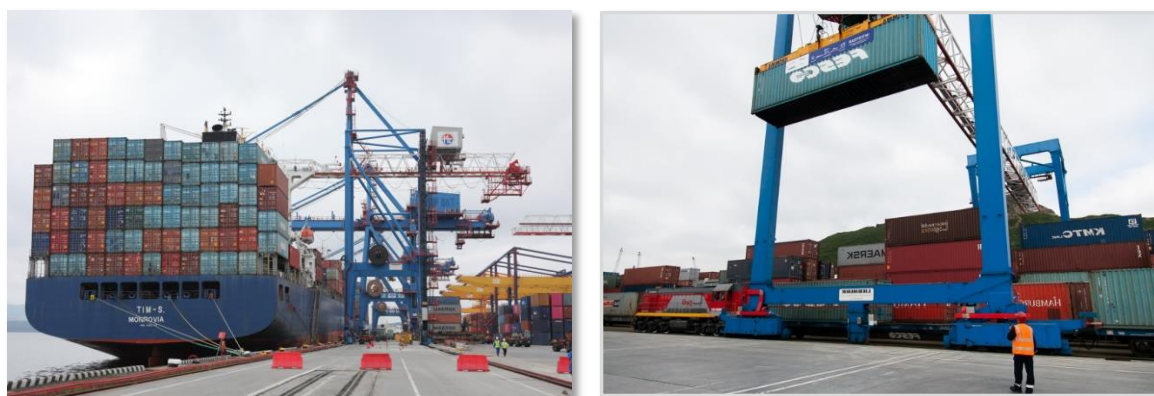


Рис. 1. Технология Intertran в морском торговом порту Владивостока

Если рассматривать хронологию проекта Intertran, то можно отметить ключевые этапы его реализации. В 2016 г. экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО) ООН публикует результаты исследования, направленные на оптимизацию интермодальных железнодорожных сообщений в Северо-Восточной и Центральной Азии. В 2017 г. Intertran определен в качестве приоритетного проекта на 2018 г. при поддержке МСЖД APRA и международных организаций, таких как ЭСКАТО, ОСЖД, ССТТ. В 2018 г. установлен вектор дальнейшего развития проекта в части его практической реализации. В 2019 г. разработаны и внедрены информационные

технологии для проекта Intertran, а также организованы пилотные перевозки по маршруту «Йокогама – Владивосток – Силикатная» (Рис. 2).



Рис. 2. Пилотный маршрут транспортировки грузов

При определении взаимосвязи между расширением использования цифровой технологии и эффективностью развития интермодальных перевозок учитывались результаты исследования группы экспертов за 2020 г. на тему «Правовое регулирование мультимодальных перевозок в Азиатско-тихоокеанском регионе», что позволило расширить область применения безбумажных технологий в части грузоперевозок железнодорожным транспортом и определить приоритетные направления дальнейшей работы в данной области, что также отражено в нашем исследовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Обосновано участие ОАО «РЖД» в развитии инноваций и цифровой рыночной среды. Пандемический кризис, смещение рынков, колебания экономики в результате введенных санкций ускорили общий тренд цифровизации грузоперевозок и логистической деятельности. В условиях резкого роста значимости железной дороги в международном сообщении развитие интеграционных процессов в сфере цифровизации на пространстве азиатского экономического сотрудничества является одним из важнейших направлений развития. Цифровизация процессов может обеспечить снижение стоимости перевозок, а также увеличение скорости и

надежности, что позволит индуцировать существенную долю дополнительных объемов [4]. В данной ситуации практическим решением может стать дополнительное расширение цифровой рыночной среды посредством активной реализации проекта Intertran как интегратора транспортно-логистического пространства с целью объединения меняющейся географии перевозок [5].

2. Установлен порядок обработки документов в электронном виде в рамках реализации Проекта с использованием мобильных рабочих станций. Дополнительным фактором роста цифровизации технологических процессов грузоперевозок в ОАО «РЖД» является разработка и внедрение отечественного IT-решения, позволяющего обрабатывать документы в электронном виде в портах при приеме грузов к отправлению и его доставке (Рис. 3).



Рис. 3. Особенности обработки документов в электронном виде

3. Определены эффекты от организации пилотной грузоперевозки в рамках проекта Intertran. Создание информационной технологии Intertran, выстраивание последовательного плана реализации проекта осуществлялись рабочей группой ОАО «РЖД» и ТГ FESCO по развитию интермодальных перевозок с использованием электронного документооборота. Проведенная работа позволила осуществить пилотную

отправку контейнеров из японского порта Йокогама, через порт «Владивосток» на станцию «Силикатная» МЖД.

Сценарий пилотной грузоперевозки в рамках проекта Intertran предусматривает реализацию практических мер по внедрению электронного документооборота при интермодальных перевозках, а также создание единой среды для обмена информацией в целях обеспечения автоматизации бизнес-процессов на железнодорожном транспорте. Это является дополнительным стимулом, повышающим привлекательность сквозных интермодальных железнодорожных перевозок, для грузоотправителей и экспедиторов (Рис. 4).



Рис. 4. Последовательность обработки документов в электронном виде

Таким образом, к основным положительным эффектам от реализации Проекта можно отнести сокращение общего времени обработки груза на 4 дня и снижение совокупных затрат для участников процесса грузоперевозки.

4. Установлена необходимость расширения цифровой среды доверия между участниками транспортно-логистических процессов. Следует отметить, что скачок объемов перевозок грузов в период пандемического кризиса показал ограниченность возможностей железнодорожной инфраструктуры – узким местом, прежде всего, является пропускная способность пунктов пропуска [6].

Несомненно, скорость перевозки существенно снижается в результате простоев на таможенной границе. При этом, одной из стратегических целей развития ОАО «РЖД» является ускорение движения поездов с сокращением времени перевозки. Но достижение поставленной цели является трудновыполнимым, если состав будет стоять на границе, несмотря на внедрение в работу ФТС России цифровых технологии, напр., электронного таможенного транзита [7].

Причины указанной проблемы заключаются в наличии прямой связи между внедрением безбумажных технологий и ведением документооборота, поскольку фактически оцифровывается действующая бумажная технология и создаются альбомы форматов электронных документов у каждого участника перевозки грузов. В связи с этим предлагается создание единой цифровой среды доверия между участниками транспортно-логистических процессов с возможностью обмена значимыми данными в рамках безбумажных технологий для всех участников, в том числе государственных органов, оперирующих исключительно необходимым данными для обеспечения контрольных функций. Поскольку особую актуальность в последнее время приобретает вопрос развития мультимодальных перевозок – подход обмена значимыми данными существенно упрощает процесс перевозки и повышает ее мобильность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новое видение последующего развития цифровизации посредством внедрения безбумажных технологий с ориентиром на интермодальные перевозки появилось в 2016 г. в рамках проекта ЭСКАТО ООН «Развитие бесперебойных интермодальных перевозок с железнодорожным элементом в Северо-Восточной и Центральной Азии для укрепления Евро-Азиатских транспортных связей». Эту ситуацию можно рассматривать как первичный «пилот» концепции по развитию безбумажных технологий. Для ОАО «РЖД» участие в реализации проекта Intertran является не только проектом, направленным на развитие цифровых сервисов Компании, но и вкладом в реализацию национальных целей развития РФ, утвержденных Указом президента № 474 от 20.07.2020 в части цифровой трансформации.

Проведенное исследование подтверждает, что основу эффективного развития проекта Intertran и взаимодействия железнодорожных компаний, морских портов и контролирующих органов составляет комплекс действий, направленных на:

- электронное взаимодействие с таможенными органами в порту при декларировании товаров и использовании электронных транзитных деклараций;
- использование электронных накладных (безбумажная технология) при обработке железнодорожных транспортных документов;
- оптимизацию обработки технологических операций на железнодорожной станции с использованием мобильных рабочих станций;
- прохождение процедуры таможенного транзита в электронной форме таможенными органами места назначения на территории Российской Федерации без предоставления документов на бумажном носителе.

Смещение стереотипов цифрового развития приведет к трансформации технологий производства и потребления, что, в свою очередь, отразится на появлении новых бизнес-моделей транспортных компаний и изменении структуры стоимости транспортной услуги [8, 9]. Несомненно, текущая ситуация в мире кардинально меняет состояние рынка транспортных услуг, что прямым образом отражается на перестройке интеграционных процессов логистических цепочек поставок, смене географии грузоперевозок, увеличении времени прохождения грузов через пограничные пропускные пункты с последующим ростом сроков поставки и прочих факторов, что несомненно повышает значимость дальнейшей доработки технологии электронного документооборота при мультимодальных перевозках с участием заинтересованных сторон.

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. Данные информационного агентства «СПАРК». [Dannye informacionnogo agentstva "SPARK". [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на 02.06.2022. Доступно по: <https://spark.ru/startup/mtl-group/blog/88824/mirovaya-logistika-v-2022g-uzhe-zamedlila-svoyo-razvitie>
2. Гулый И.М. Экономическая оценка тенденций цифровой трансформации российского железнодорожного транспорта // Транспортное дело России. – 2021. – № 3. – С. 37–39. [Gulyj IM. Economic assessment of trends in the digital transformation of Russian railway transport. *Transport business of Russia*. 2021;2:37-39. (In Russ.)]. doi: 10.52375/20728689_2021_3_37
3. Гулый И.М. Экономические преимущества цифровизации, обеспечивающие переориентацию глобальных транспортных потоков грузов с морского пути на альтернативный вариант транзита по железнодорожной сети через российскую территорию // Транспортное дело России. – 2021. – № 6. – С. 46–

48. [Gulyj IM. Economic advantages of digitalization, ensuring the reorientation of global cargo transport flows from the sea route to an alternative transit option via the railway network on the Russian territory. *Transport business of Russia*. 2021;6:46-48. (In Russ.)]. doi: 10.52375/20728689_2021_6_46
4. Волыхина Н.В. Концепция «Mobility-as-a-service» в период цифровой трансформации транспортных систем // В сборнике: III Бетанкуровский международный инженерный форум. – 2021. – С. 89–92. [Volyhina NV. Konceptsiya “Mobility-as-a-service” v period cifrovoj transformacii transportnyh system. V sbornike: III Betankurovskij mezhdunarodnyj inzhenernyj forum. 2021;89-92. (In Russ.)].
5. Журавлева Н.А., Урываев С.В. Моделирование схем международного взаимодействия в евразийских транспортных коридорах на основе железнодорожной инфраструктуры // Бюллетень результатов научных исследований. – 2021. – № 3. – С. 137–148. [Zhuravleva NA., Uryvaev SV. Modelling international interaction schemes in Eurasian transport corridors based on railway infrastructure. *Bulletin of scientific research results*. 2021;3:137-148. (In Russ.)]. doi: 10.20295/2223-9987-2021-3-137-148
6. Журавлева Н.А. Цифровизация и Covid-19: влияние на операционные и бизнес-модели транспортных организаций // Сборник научных трудов МНПК: Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее. Российский университет транспорта (МИИТ). Москва. – 2020. – С. 31–34. [Zhuravleva NA. Digitalization and covid-19: impact on transport organizations' operational and business models. *Sbornik nauchnyh trudov MNPk: Konceptual'nye problemy ekonomiki i upravleniya na transporte: vzglyad v budushchee*. Rossijskij universitet transporta (MIIT). Moscow. 2020;31-34. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 17.06.2022. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46936718>
7. Гудкова О.В., Калинина К.И., Лазутченкова А.А. Цифровые технологии в таможенном регулировании ЕАЭС // В сборнике: Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий в России. Брянск. 25 ноября 2021 года. – С. 177–182. [Gudkova OV, Kalinina KI, Lazutchenkova AA. Digital technologies in the customs regulation of the EAEU. V sbornike: Cifrovoj region: opyt, kompetencii, proekty. *Sbornik trudov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, priurochennoj k Godu nauki i tekhnologij v Rossii*. Bryansk. 25 november 2021 year. 2021;177-182. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 17.06.2022. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48374812&pff=1>
8. Данные форума по устойчивому транспортному сообщению между Азией и Европой (5-6.10.2021 г.). [Dannye foruma po ustojchivomu transportnomu soobshcheniyu mezhdru Aziej i Evropoj (5-6.10.2021 g.). [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на 02.06.2022. Доступно по: https://icctt.com/f/forum_po_ustojchivoj_transportnoj_svyaznosti_eskato_broshyura.pdf
9. Zhuravleva N, Volkova E, Solovyev D. Smart technology implementation for road traffic management. In: E3S Web of Conferences: “Sustainable Energy Systems: Innovative Perspectives”; 2020. pp. 01063. doi: 10.1051/e3sconf/202022001063

Сведения об авторах:

Чеченова Лиана Мухамедовна, к.э.н. доцент;
eLibrary SPIN: 7593-2214; ORCID: 0000-0002-2641-9454;
E-mail: liana1981-149@mail.ru

Баталова Наталья Владимировна

eLibrary SPIN: 4027-4771; ORCID: 0000-0002-5948-7226;
E-mail: natalyabatalova@yandex.ru

Information about the authors:

Liana M. Chechenova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 7593-2214; ORCID: 0000-0002-2641-9454;
E-mail: liana1981-149@mail.ru

Natalia V. Batalova

eLibrary SPIN: 4027-4771; ORCID: 0000-0002-5948-7226;
E-mail: natalyabatalova@yandex.ru

Цитировать:

Чеченова Л.М., Баталова Н.В. Тенденции устойчивого развития транспортных систем экомобильности // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 17–27. doi: 10.17816/transsyst20228217-27

To cite this article:

Chechenova LM, Batalova NV. Trends for sustainable development of ecomobility transportation systems. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):17-27. doi: 10.17816/transsyst20228217-27

Рубрика 1. ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ

Направление – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

УДК [UDC] 693.3:691.335:504.05

DOI 10.17816/transsyst20228228-42

© В.Я. Соловьева, А.С. Сахарова, Е.Г. Еремеев

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Обоснование: Для эффективного укрепления проблемных грунтов на основе глин или мелких пылеватых песков, необходимо производить их предварительную стабилизацию, например, при помощи гранулированного доменного шлака.

Цель: использование многотоннажных шлаков разной природы для высокоэффективной подготовки оснований при создании дорожного покрытия.

Методы: в качестве основного объекта исследований рассматривались грунты природного и техногенного происхождения: глины, пески, асфальтогранулят. Физико-механические исследования грунтов природного происхождения проводились в соответствии с ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик», коэффициент фильтрации определялся по ГОСТ 25584-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации». Физико-механические характеристики асфальтобетона определялись по ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний». Компонентный состав шлака внепечной обработки определялся с помощью рентгенофазового анализа. Испытание затвердевших образцов осуществлялось в водонасыщенном состоянии по ГОСТ 10180-20125 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Определение величины водопоглощения по массе укрепленного грунта производилось по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Методы определения водопоглощения».

Результаты: укрепление предварительно подготовленных грунтов любой природы эффективно осуществлять при использовании пониженного расхода цемента в сочетании с комплексной химической добавкой «Наноактив-М» и тонкомолотым доменным шлаком.

Выводы: комплексное использование металлургических шлаков различного вида при укреплении грунтов обеспечивает эффективное решение технологической, экономической и экологической проблемы современности.

Ключевые слова: грунты, глины, мелкие пески, техногенные продукты, асфальтобетон, шлаки, укрепление, уплотнение, прочность.

Rubric 1. TECHNOLOGIES AND PROJECTS

Field – Design and Construction of Roads, Subways, Airfields, Bridges and Transport Tunnels

© V.Y. Soloviova, A.S. Sakharova, E.G. Ereemeev

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

INNOVATIVE METHODS FOR PREPARING THE BASE OF TRANSPORT HIGHWAYS OF THE USE OF TECHNOGENIC FORMATIONS OF METALLURGICAL PRODUCTION

Background: In order to effectively reinforcement problem soils based on clay or fine powdery sand, it is necessary to pre-stabilize them, for example, using granulated blast-furnace slag.

Aim: the use of multi-tonnage slags of various nature for highly efficient preparation of bases in the construction of road surfaces.

Methods: soils of natural and technogenic origin were considered as the main object of research: clays, sands, asphalt granulate. Physical and mechanical studies of soils of natural origin were carried out in accordance with GOST 5180-2015 «Soils. Methods for laboratory determination of physical characteristics», the filtration coefficient was determined according to GOST 25584-2016 «Soils. Methods for laboratory determination of the filtration coefficient». The physical and mechanical characteristics of asphalt concrete were determined according to GOST 12801-98 «Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test Methods». The component composition of the out-of-furnace slag was determined using X-ray phase analysis. Testing of hardened samples was carried out in a water-saturated state according to GOST 10180-20125 «Concrete. Methods for determining the strength of control samples. The determination of the water absorption value by the mass of the reinforced soil was carried out according to GOST 12730.3-78 «Concrete. Methods for determining water absorption».

Results: reinforcement of pre-prepared soils of any nature is effectively carried out using a reduced consumption of cement in combination with the Nanoaktiv-M complex chemical additive and finely ground blast-furnace slag.

Conclusion: the complex use of various types of metallurgical slags in soil reinforcement provides an effective solution to the technological, economic and environmental problems of our time.

Key words: soils, clays, fine sands, technogenic products, asphalt concrete, slags, reinforcement, compaction, strength.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания эффективного дорожного покрытия требуется тщательная подготовка основания. В истории строительных технологий в качестве основания использовались и используются до настоящего времени грунты природного происхождения (пески, супеси, суглинки,

глины, скальные и крупнообломочные породы, и др.), залегающие непосредственно в районе строительства, а также используются техногенные грунты, такие как асфальтогранулят, щебень, искусственные почвосмеси и др.). Однако ни те, ни другие не могут обеспечить необходимую прочность в естественном или первоначальном виде, в котором они находятся. В связи с этим применяют различные способы стабилизации и укрепления грунтов [1–3].

На сегодняшний день для укрепления грунтов широко применяются различные составы на основе цемента: портландцемента, шлакопортландцемента, известково-шлакового цемента, а также других видов цемента марок не ниже 300 [4, 5]. Недостатком данного способа является высокая стоимость данных материалов. Поэтому особую актуальность приобретает поиск новых материалов, продуктов или отходов, которые позволили бы эффективно повысить прочность оснований природно-техногенных объектов для автомобильных и железных дорог.

Для повышения эколого-экономической эффективности при строительстве транспортных объектов целесообразно использовать различные виды техногенных образований [6–8].

Одним из направлений может быть рассмотрено металлургическое производство, где происходит образование значительного количества отходов, большую часть которых составляют металлургические шлаки, накопленные в отвалах. В Российской Федерации, по некоторым оценкам [9], только сталеплавильных шлаков накоплено свыше 250 миллионов тонн. Они занимают площадь около 1,3 тысяч гектаров. Кроме этого, в отвалы ежегодно сваливается более 5 миллионов тонн шлаков. Подобные отходы представляют собой огромную экологическую проблему, учитывая их химический и минералогический состав, который в большинстве случаев представляет твердый раствор, конечными продуктами которого являются геленит $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и окерманит $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$. Можно предположить, что данные минералы являются ценным сырьем в области строительства, особенно в области дорожного строительства, при определенной целенаправленной их активации, например, при помощи химических добавок определенной природы.

Целенаправленное использование многотоннажных шлаков разной природы с целью создания эффективных бетонов или высокоэффективной подготовки оснований при создании дорожного покрытия путем высококачественного укрепления грунтов является важной и актуальной задачей настоящего времени [10–13], решение которой представлено в данном научно-экспериментальном исследовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве основного объекта исследований рассматривались грунты, которые представлены природными и техногенными материалами:

- 1) глинами;
- 2) песком;
- 3) асфальтогранулятом.

1. Глинистые грунты, как правило, характеризуются слоистой структурой, они хорошо поглощают влагу и достаточно хорошо удерживают ее в своей структуре, т.е. характеризуются пониженным коэффициентом фильтрации. Способность глинистого грунта удерживать влагу в повышенном количестве и достаточно долгое время является негативной характеристикой глинистого грунта, так как в зимний период, при пониженных отрицательных температурах, вода, удержанная глиной, замерзает, превращается в лед и значительно увеличивается в объеме, что приводит к пучению глинистого грунта, и, следовательно, к понижению его устойчивости, что оказывает отрицательное влияние на устойчивость верхнего дорожного покрытия [14, 15].

Основные физико-механические характеристики глинистого грунта, используемого в работе, следующие:

- влажность грунта в естественном состоянии – 21,3 %;
- насыпная плотность грунта в естественном состоянии – 1760 кг/м³;
- насыпная плотность грунта в сухом состоянии – 1367 кг/м³;
- число пластичности, t_p – 14,7;
- максимальная плотность грунта – 1,47 г/м³;
- коэффициент фильтрации – 0,0001 м/сут;
- содержание частиц < 0,005 мм – 73,2 %.

2. В данном научном исследовании рассматриваем грунт на основе песка мелкого, который относится к проблемным в естественном виде и без дополнительной эффективной активации не может быть использован в качестве надежного основания при строительстве транспортных магистралей.

При проведении физико-механических исследований песка по ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»; ГОСТ 25584-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации» установлены следующие физико-механические характеристики:

- модуль крупности, M_k – 0,93;
- полный остаток на сите – 5,7 %;
- содержание пылевидных и глинистых частиц – 4,1 %;
- содержание глины в комках – 0,3%;
- насыпная плотность грунта в состоянии естественной влажности – 1570 кг/м³;

- насыпная плотность грунта в сухом состоянии – 1410 кг/м³;
- естественная влажность грунта – 7,6 %;
- коэффициент фильтрации – 0,03 м/сут.

Данный песок в соответствии с ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» соответствует песку пылеватому.

3. В качестве техногенного грунта рассматривали разрушенное асфальтобетонное покрытие, которое, в большинстве случаев, после эксплуатации измельчается путем фрезерования и используется в качестве эффективного материала при создании надежного основания в процессе строительства транспортных магистралей. При проведении научно-экспериментальных исследований использован асфальтобетон, физико-механические характеристики которого определены по ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний»; ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»: зерновой состав асфальтобетона (представлен в Табл. 1);

Таблица 1. Зерновой состав минеральной части асфальтобетона

Полные остатки на ситах, мас. %	Диаметр отверстий контрольных сит, мм										
	25	20	15	10	5	2,5	1,25	0,65	0,16	0,05	<0,05
	4,6	7,3	11,8	33,7	51,2	65,6	79,6	93,7	98,1	99,3	0,7

Источник: составлено автором по результатам исследований

- коэффициент фильтрации – 3,1 м/сут;
- естественная влажность грунта – 1,7 %;
- содержание пылевидных и глинистых частиц – 3,7 %;
- содержание глины в комках – нет;
- насыпная плотность грунта в состоянии естественной влажности – 1476 кг/м³;
- насыпная плотность грунта в сухом состоянии – 1398 кг/м³.

4. В качестве вяжущего материала для укрепления грунтов разной природы рассматривали минеральное вяжущее – портландцемент ПЦ500-Д20 по ГОСТ 10178-85 со следующими физико-механическими характеристиками:

- нормальная густота цементного теста – 26,5 %;
- начало схватывания, мин. – 160;
- конец схватывания, мин. – 265;
- прочность на сжатие в возрасте 28 сут., МПа – 51,3;
- прочность при изгибе, МПа – 6,4.

5. Дополнительно к минеральному вяжущему для укрепления и уплотнения грунтов разной природы рассматривали побочные продукты металлургического производства.

В зависимости от технологических процессов (извлечение, рафинирование и легирование металлов) образуется несколько видов шлаков: гранулированный доменный шлак, тонкомолотый доменный шлак, а также шлак внепечной обработки стали.

Доменный шлак по своему составу близок к цементу и отличается от состава обыкновенного цемента меньшим содержанием CaO и большим содержанием SiO_2 и Al_2O_3 . Основной фазой доменного шлака является двухкальциевый силикат $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, который обладает вяжущими свойствами, но для этого требуется интенсивное энергетическое воздействие [16]. Также в состав шлака входят сложные кристаллогидраты типа геленита $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, тоже способного проявлять вяжущие свойства [17]. В результате резкого охлаждения (грануляции) жидкого доменного шлака получается гранулированный шлак, который, кроме указанных соединений, входящих в состав кристаллической фазы, содержит алюмосиликатное стекло, обладающее химической активностью.

Кроме доменных металлургических шлаков, гранулированных и тонкомолотых, побочным продуктом при производстве стали является шлак внепечной обработки.

По данным рентгенофазового анализа (Рис.) установлено, что в пробе шлака внепечной обработки присутствует в большом количестве кальциевый алюминат, представленный майенитом, $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ для которого основные дифракционные максимумы обнаружены при $d/n=(4,89; 2,68; 2,45)10^{-10}$ м, в качестве второго компонента обнаружен гамма-двухкальциевый силикат, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, для которого $d/n=(3,01; 2,74; 1,91)10^{-10}$ м и в качестве третьего компонента, в наименьшем количестве присутствует оксид железа с примесью лития (Li, Fe) для которого $d/n=(2,54; 2,10)10^{-10}$ м.

Основная фаза шлака внепечной обработки – алюминат кальция $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ – майенит, в большинстве случаев содержит небольшое количество (0-1) молекул структурной воды. Майенит характеризуется повышенной твердостью, которая имеет значение, равное 5 по шкале Мооса.

При проведении соответствующей активации использование металлургических шлаков позволит одновременно решить две важные задачи: оказать эффективное действие на улучшение параметров качества грунта при его укреплении при одновременной его утилизации в достаточно больших объемах.

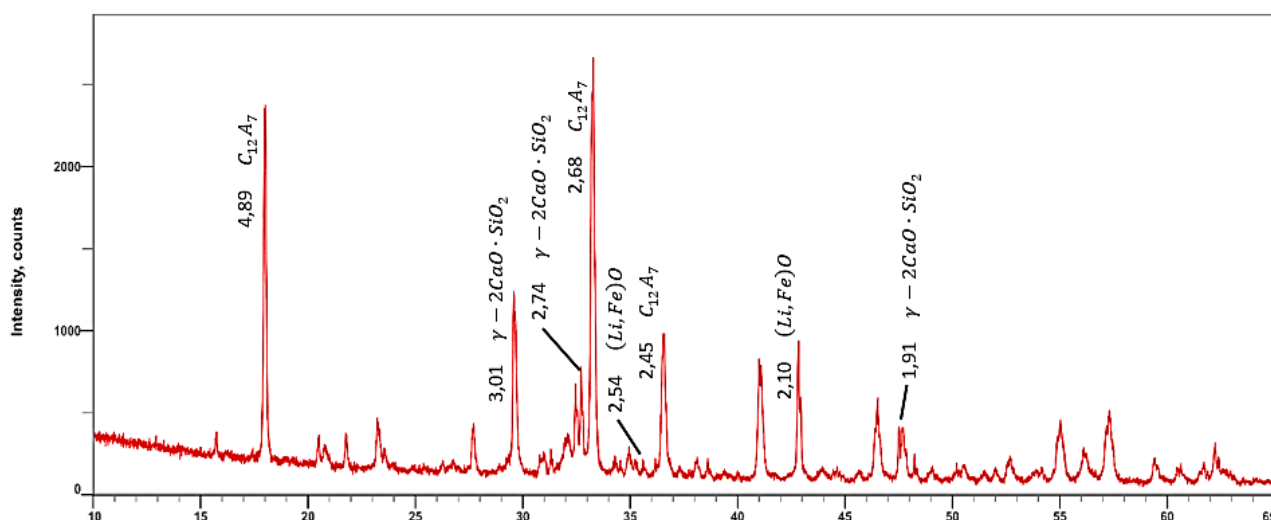


Рис. Рентгенограмма шлака внепечной обработки стали

6. В качестве активатора твердения использовали высокоэффективную комплексную химическую добавку «наноактив-М», которая выпускается по ТУ 5743-009-56147703-2013. Добавка представлена водным раствором поликарбоксилатных полимеров, модифицированных веществами органической и неорганической природы по ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия», плотность водного раствора добавки $\rho = 1,035 \text{ г/см}^3$ и значение водородного показателя $\text{pH} = 6,5$.

7. Оценку эффективности укрепления грунта осуществляли по изменению прочности на сжатие и прочности на растяжение при изгибе, а также по изменению степени уплотнения грунта, которое оценивали по величине водопоглощения по массе, W_m , %.

Для этого изготавливали образцы – балочки размером (40×40×160) мм методом прессования под давлением 20 МПа в соответствии с ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний» и рекомендаций, представленных в документе «Пособие по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами к СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06-88».

Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях: $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и влажность воздуха $W \geq 95\%$.

Испытание затвердевших образцов осуществлялось в водонасыщенном состоянии по ГОСТ 10180-20125 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Определение величины водопоглощения по массе укрепленного грунта производилось по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Методы определения водопоглощения».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе научно-экспериментального исследования проведено традиционное укрепление грунтов разной природы при помощи портландцемента, количество которого использовали в пределах (6-12) мас.% от массы грунта. Результаты по изменению показателей прочности на сжатие и на растяжение при изгибе и изменения показателей водопоглощения представлены в Табл. 2.

Таблица 2. Оценка эффективности действия портландцемента при укреплении грунтов разной природы

№ п/п	Наименование грунта	Количество портландцемента ПЦ500 Д20, мас.% от массы грунта	Прочность в возрасте 28 суток укрепленного грунта, МПа		Водопоглощение по массе укрепленного грунта, Wm%
			На сжатие	На растяжение при изгибе	
1	2	3	4	5	6
1	Глинистый грунт	3,0	0,9	0,12	11,2
2		6,0	1,6	0,24	10,4
3		9,0	1,6	0,23	10,3
4		12,0	1,3	0,21	10,7
5	Песок пылеватый	3,0	1,10	0,09	10,2
6		6,0	1,74	0,15	9,4
7		9,0	2,13	0,28	8,7
8		12,0	2,81	0,45	7,3
9	Грунт на основе асфальтобе- тона	3,0	2,78	0,46	4,1
10		6,0	4,76	0,81	3,7
11		9,0	6,83	1,12	3,2
12		12,0	6,96	1,18	3,1

Источник: составлено автором по результатам исследований

Анализ данных представленных в Табл. 2 показывает:

1. Сочетание глинистого грунта с портландцементом является не эффективным. Максимальное количество портландцемента составляет 6,0 мас.% от массы грунта, дальнейшее увеличение портландцемента является нецелесообразным, так как ни один из исследуемых параметров не улучшается. Глинистый грунт в присутствии рационального количества цемента не отличается уплотненной структурой, т.к минимальное значение величины водопоглощения составляет 10,4 % – это достаточно высокое значение. Для укрепления глинистого грунта недостаточно использовать только портландцемент.

2. Пески пылеватые в присутствии портландцемента в количестве 12 мас.% от массы грунта укрепляют грунт до марки М20, но при этом структура грунта также является недостаточно плотной, наименьшее

значение величины водопоглощения, $W_m \geq 7,0 \%$.

3. Наилучшие результаты по всем показателям достигаются при укреплении техногенного грунта на основе асфальтобетона. При максимальном расходе цемента, равном 12 мас.% от массы грунта, укрепленный грунт соответствует М60, но при этом укрепленный грунт по-прежнему обладает повышенной величиной водопоглощения, $W_m = 3,1 \%$, что не обеспечит грунту достаточную морозостойкость и долговечность.

Для эффективного уплотнения структуры укрепляемого грунта рассматривали его предварительную стабилизацию при помощи доменного гранулированного шлака с последующим укреплением грунта при помощи тонкомолотого шлака в сочетании с портландцементом, комплексной химической добавкой, а также дополнительным использованием шлака внепечной обработки стали.

Результаты по стабилизации и укреплению грунта на основе глины представлены в Табл. 3. Анализ данных, представленных в Табл. 3 показывает, что для укрепления глинистого грунта принципиальное значение имеет его стабилизация при помощи гранулированного доменного шлака, что обеспечивает значительное уплотнение глины, до величины водопоглощения, $W_m = 8,8 \%$. Рациональное количество гранулированного шлака составляет 25 % от массы грунта, дальнейшее увеличение шлака не улучшает характеристики грунта на основе глины.

По предварительным исследованиям (Табл. 2) установлено, что портландцемент в небольшом количестве ≈ 6 мас.% от массы грунта оказывает положительное влияние на свойства глинистого грунта, а в сочетании с гранулированным доменным шлаком, комплексной химической добавкой «Наноактив-М» и портландцементом, в том же рациональном количестве 6 мас.% от массы грунта, обеспечивает достаточно эффективное укрепление глинистого грунта [18]. По полученным показателям прочности и в соответствии с ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия» комплексно укрепленный грунт на основе глины соответствует $\approx$ марке М40.

Предварительными экспериментальными исследованиями установлено, что шлак внепечной обработки стали (ВОС), абсолютно, не совместим с портландцементом, поэтому использование шлака ВОС рассматривали взамен использования портландцемента, также в сочетании с тонкомолотым доменным шлаком в сочетании с комплексной химической добавкой.

Полученные результаты, представленные в Табл. 3, показали, что шлак ВОС, в сочетании с указанными компонентами, по эффективности действия является аналогичным портландцементу, а также обеспечивает

получение укрепленного грунта М40 с величиной водопоглощения $W_m=3,6\%$.

Таблица 3. Физико-механические характеристики стабилизированного и укрепленного грунта на основе глины.

№ п/п	Наименование активатора					Прочность в возрасте 28 суток укрепленного грунта, МПа		Водопоглощение по массе укрепленного грунта, $W_m, \%$
	Гранулированный доменный шлак, мас. % от массы грунта	ПЩ 500 Д20, мас. % от массы грунта	Комплексная химическая добавка «Наноактив-М» мас. % от массы цемента	Тонкомолотый доменный шлак, мас. % от массы грунта	Шлак внепечной обработки стали, (ВОС), мас. % от массы грунта	На сжатие	На растяжение при изгибе	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15	–	–	–	–	0,8	0,11	9,2
2	20	–	–	–	–	1,0	0,19	8,9
3	25	–	–	–	–	1,3	0,23	8,8
4	30	–	–	–	–	1,2	0,21	9,0
5	25	6,0	0,8	–	–	3,8	0,69	4,4
6	25	6,0	1,0	–	–	4,0	0,73	4,3
7	25	6,0	1,2	–	–	3,9	0,71	4,4
8	25	6,0	1,0	5,0	–	4,1	0,76	4,2
9	25	6,0	1,0	10,0	–	4,3	0,81	4,1
10	25	6,0	1,0	15,0	–	4,6	0,92	3,9
11	25	6,0	1,0	20,0	–	4,5	0,91	3,9
12	25	–	1,0	15,0	5,0	3,9	0,88	3,8
13	25	–	1,0	15,0	10,0	4,1	0,95	3,8
14	25	–	1,0	15,0	15,0	4,4	0,98	3,7
15	25	–	1,0	15,0	20,0	4,8	1,10	3,6
16	25	-	1,0	15,0	25,0	4,7	1,05	3,6

Источник: составлено автором по результатам исследований

Для улучшения параметров укрепленного грунта на основе песка пылеватого в соответствии с его природной тонкостью и формирующейся структурой рассмотрели его предварительную стабилизацию при помощи гранулированного доменного шлака и дополнительную активацию при помощи комплексной химической добавки и тонкомолотого доменного шлака. Полученные результаты представлены в Табл. 4.

Таблица 4. Физико-механические характеристики стабилизированного и укрепленного грунта на основе песка пылеватого

№ п/п	Наименование активатора				Прочность в возрасте 28 суток укрепленного грунта, МПа		Водопоглощение по массе укрепленного грунта, W_m %
	Гранулированный доменный шлак, мас. % от массы грунта	ПЦ 500 Д20, мас. % от массы грунта	Комплексная химическая добавка «Наноактив-М» мас. % от массы цемента	Тонкомолотый доменный шлак, мас. % от массы грунта	На сжатие	На растяжение при изгибе	
1	2	3	4	5	7	8	9
1	15	–	–	–	1,54	0,26	6,9
2	20	–	–	–	1,71	0,28	6,4
3	25	–	–	–	1,96	0,35	6,2
4	30	–	–	–	1,95	0,34	6,3
5	25	7	1,0	–	6,64	1,26	3,1
6	25	9	1,0	–	7,86	1,49	2,9
7	25	7	1,0	15	7,92	1,61	2,8
8	25	9	1,0	15	9,41	1,98	2,6

Источник: составлено автором по результатам исследований

Анализ данных, представленных в Табл. 4, показывает очевидную эффективность стабилизации пылеватого песка гранулированным доменным шлаком с последующей его активацией при помощи портландцемента, комплексной химической добавки «Наноактив-М» и дополнительного использования тонкомолотого доменного шлака. Результаты, представленные в Табл. 4, показывают, что грунт на основе мелкого пылеватого песка может быть укреплен до показателей прочности, которые подтверждают образование основания М75 с величиной водопоглощения $W_m=2,8$ % при использовании портландцемента в количестве 7,0 мас. % от массы грунта в сочетании с комплексной химической добавкой и тонкомолотым доменным шлаком.

Наилучшие результаты по укреплению исследуемых грунтов получены при использовании техногенного асфальтобетонного материала. Для улучшения достигнутых характеристик рассмотрели дополнительное использование комплексной химической добавки «Наноактив-М» и тонкомолотого доменного шлака. Использовать гранулированный доменный шлак не целесообразно, т.к. зерна асфальтобетона имеют размер

от 5 до 25 мм. Результаты проведенных исследований представлены в Табл. 5.

Таблица 5. Физико-механические характеристики укрепленного грунта на основе техногенного асфальтобетонного материала

№ п/п	Наименование активатора			Прочность в возрасте 28 суток укрепленного грунта, МПа		Водопоглощение по массе укрепленного грунта, W_m , %
	ИЦ 500 Д20, мас. % от массы грунта	Комплексная химическая добавка «Наноактив-М» мас. % от массы цемента	Тонкомолотый доменный шлак, мас. % от массы грунта	На сжатие	На растяжение при изгибе	
1	2	3	4	5	6	7
1	6,0	–	–	4,76	0,81	3,7
2	9,0	–	–	6,83	1,12	3,2
3	6,0	1,0	–	6,0	1,16	2,7
4	9,0	1,0	–	8,6	1,64	2,3
5	6,0	1,0	15	7,6	1,57	1,4
6	9,0	1,0	15	11,0	2,31	1,1

Источник: составлено автором по результатам исследований

При проведении комплексной модификации техногенного асфальтобетонного материала обеспечивается создание достаточно плотного грунта с повышенной прочностью на сжатие и на растяжение при изгибе при пониженном расходе цемента. При расходе цемента, равного 6,0 мас. % от массы грунта, формируется грунт М75, а при расходе цемента в количестве 9,0 мас. % от массы грунта, укрепленный грунт соответствует М100.

С достигнутыми показателями по прочности укрепленные грунты могут быть рекомендованы для устройства надежного дорожного покрытия федерального значения.

ВЫВОДЫ

1. Научно-экспериментальные исследования показали, что проблемные глинистые грунты и грунты на основе мелкого пылеватого песка способны формировать прочную и плотную структуру в результате их эффективной стабилизации гранулированным доменным шлаком с последующей активацией портландцементом в сочетании с комплексной

химической добавкой «Наноактив-М» и тонкомолотым доменным шлаком.

2. Комплексная стабилизация и последующая модификация обеспечивает создание грунта на основе глины М40, а на основе мелкого пылеватого песка – М75.

3. Техногенный асфальтобетонный грунт при пониженном расходе цемента (6–9) мас.% от массы грунта в присутствии комплексной химической добавки «Наноактив-М» и тонкомолотого доменного шлака формирует прочное основание М75 и М100, соответственно.

4. Установлено, что использование металлургических шлаков различного вида эффективно с технологической, экономической и экологической точек зрения:

- уменьшается расход дорогостоящего портландцемента;
- повышается эффективность укрепления проблемных грунтов;
- осуществляется целенаправленная утилизация больших объемов техногенного продукта металлургического производства.

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. Кушхов Р.Б., Семен А.Э., Турдаков С.В. Современные методы укрепления слабых грунтов и повышения устойчивости земляного полотна на слабом основании / Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в науке, технике, образовании». В 2-х частях. 31 марта 2018 года, Смоленск. Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО», 2018. – С. 54–56. [Kushhov RB, Semen AJe, Turdakov SV. Sovremennye metody ukreplenija slabых gruntov i povыshenija ustojchivosti zemljanogo polotna na slabom osnovanii. In Sbornik nauchnyh trudov po materialam III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii “Sovremennye tendencii v nauke, tehnikе, obrazovanii”. V 2-h chastjah. 31 marta 2018 goda, Smolensk. Smolensk: NOVALENZO, 2018. p. 54-56. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32861684&selid=32861712> Ссылка активна на 14.02.2022.
2. Золотухин С.Н., Чигарев А.Г., Ларионов С.Г. Совершенствование технологии укрепления грунтов с одновременным проведением инженерно-геологических изысканий // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 511–515. [Zolotuhin SN, Chigarev AG, Larionov SG. Sovershenstvovanie tehnologii ukreplenija gruntov s odnovremennym provedeniem inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy. Innovacionnye, informacionnye i kommunikacionnye tehnologii. 2019,1:511-515 (In Russ.)]. Доступно по: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41480234_62841164.pdf Ссылка активна на: 14.02.2022.
3. Евсеев А.В. Причины, обуславливающие необходимость укрепления грунтов при подземном строительстве // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 5. – С. 379–380. [Evseev AV. Prichiny, obuslavlivajushhie neobhodimost' ukreplenija gruntov pri

- podzemnom stroitel'stve. *Innovacii i investicii*. 2018,5:379-380 (In Russ.)). Ссылка активна на: 14.02.2022. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41495869>
4. Сычева А.М., Соломахин А.С., Яснова Н.С. и др. Применение полимерцементного пенобетона для повышения срока службы железнодорожного полотна. Транспортное строительство. – 2017. – № 6. – С. 21–23. [Sycheva AM, Solomahin AS, Jasnova NS, et al. Primenenie polimercementnogo penobetona dlja povyshenija sroka sluzhby zheleznodorozhnogo polotna. *Transportnoe stroitel'stvo*. 2017(6):21-23 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 16.02.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30048658>
 5. Malchevskaya K, Sakharova A, Kabanov A. Soil Reinforcement and Detoxication by Means of Mineral Binder Systems. *Procedia Engineering*. 2017;189:582–586. doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.092
 6. Shershneva M, Kozlov I, Pankrateva G, et al. Geocoprotective building structures for transport construction using mineral technogenic silicates and their properties. In: Petriaev A, Konon A, editors. *Lecture Notes in Civil Engineering. Proceedings of 4th International Scientific Conference on Transportation Soil Engineering in Cold Regions (TRANSOILCOLD)*, 2019 May 20-23; St. Petersburg, Russia. Singapore: Springer; 2020. p. 319-327. doi: 10.1007/978-981-15-0454-9_33
 7. Shershneva MV, Makarova EI, Efimova NN. Minimization of negative impact from solid waste landfills with use of mineral geoantidotes. *Procedia Engineering*. 2017;189:315-319. doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.050
 8. Svatovskaya L, Sychoy M, Drobyshev I. Geosphere Protection on the Base of Foam Building Systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019,272(2):022161. doi: 10.1088/1755-1315/272/2/022161
 9. Shahbazi M; Rowshanzamir M, Abtahi SM, et al. Optimization of carpet waste fibers and steel slag particles to reinforce expansive soil using response surface methodology. *Applied clay science*. 2017;142:185-192. doi: 10.1016/j.clay.2016.11.027
 10. Zurinskas D, Vaiciukyniene D, Stelmokaitis G, et al. Clayey Soil Strength Improvement by Using Alkali Activated Slag Reinforcing. 2020,10 (12) doi: 10.3390/min10121076
 11. Yang CJ, Bae JS, Byun HS, et al. Analysis of Mechanical Properties of Solidified soil using Pig Iron Slag. *Journal of the korean geosynthetic society*. 2018,17(1):1-10. doi: 10.12814/jkgss.2018.17.1.001
 12. Maslennikova LL, Babak NA, Naginskii IA. Modern building materials using waste from the dismantling of buildings and structures. *Materials Science Forum*. 2018,945 MSF:1016-1023. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.1016
 13. Козлов И.С., Ли Р. Геоэкологическое решение укрепления строительного грунта с использованием кремнезоля. Естественные и технические науки. – 2018. – № 12(126). – С. 233–236. [Kozlov IS, Li R. Geoecological solution of strengthening construction soil with using silica sol. *Natural and technical sciences*. 2018,12(126):233-236. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 16.02.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36760457>
 14. Abu-Khasan M, Egorov V. The Influence of Different Types of Reinforcement on the Deformation Characteristics of Clay Soil in the Conditions of Seasonal Freezing and Thawing. *IOP Conference Series: materials science and engineering*. 2020: 022041. doi: 10.1088/1757-899X/753/4/042083
 15. Юшков Б.С., Дегтярь А.А. Укрепление слабых пучинистых грунтов в дорожном строительстве методом устройства двухконусных пустотелых свай. Дороги и мосты. – 2015. – № 1(33). – С. 45–66. [Jushkov BS, Degtjar AA. Ukreplenie slabyh puchinistykh gruntov v dorozhnom stroitel'stve metodom ustrojstva dvuhkonusnykh pustotelykh svaj. *Dorogi i mosty*. 2015,1(33):45-66 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 16.02.2022. Доступно

по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24862013>

16. Shershneva MV, Chernakov VA, Bobrovnik AB. Features of geoeoprotective properties' manifestation of some silicate-containing waste products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;022025. doi: 10.1088/1755-1315/272/2/022025
17. Кнатько В.М., Кнатько М.В., Щербакоев Е.В., Лаздовская М.А. Оперативная оценка эффективности химических реагентов при укреплении дисперсных грунтов путем синтеза неорганических вяжущих веществ // Грунтоведение. – 2013. – № 1. – С. 56–59. [Knat'ko VM, Knat'ko MV, Shherbakova EV, Lazdovskaja MA. Operativnaja ocenka jeffektivnosti himicheskikh reagentov pri ukreplenii dispersnyh gruntov putem sinteza neorganicheskikh vjazhushhih veshhestv. *Gruntovedenie*. 2013,1:56-59(In Russ.)]. Ссылка активна на: 16.02.2022. Доступно по: <https://okhotin-grunt.ru/arhiv2/2013.pdf>
18. Solovieva V, Stepanova I, Soloviev D, et al. Increasing the level of properties of composite materials for civil engineering geoconstruction with the use of new generation additives. In: Petriaev A, Konon A, editors. *Lecture Notes in Civil Engineering*. Proceedings of 4th International Scientific Conference on Transportation Soil Engineering in Cold Regions (TRANSOILCOLD), 2019 May 20-23; St. Petersburg, Russia. Singapore: Springer; 2020. p. 387-393. doi: 10.1007/978-981-15-0454-9_40

Сведения об авторах:

Соловьева Валентина Яковлевна, д.т.н., профессор;
eLibrary SPIN: 1571-2027; ORCID: 0000-0002-2468-2128;
E-mail: 9046185117@mail.ru

Сахарова Антонина Сергеевна, к.т.н.,
eLibrary SPIN: 9047-0013; ORCID: 0000-0002-0735-1271;
E-mail: assakharova@list.ru

Еремеев Егор Георгиевич,
eLibrary SPIN: 5926-5905; ORCID: 0000-0002-1713-7973;
E-mail: eremevegor@yandex.ru

Information about the authors:

Valentina Y. Solovieva, Doctor of Technical Sciences, Professor;
eLibrary SPIN: 1571-2027; ORCID: 0000-0002-2468-2128;
E-mail: 9046185117@mail.ru

Antonina S. Sakharova, candidate of technical sciences (PhD);
eLibrary SPIN: 9047-0013; ORCID: 0000-0002-0735-1271;
E-mail: assakharova@list.ru

Egor G. Eremeev,
eLibrary SPIN: 5926-5905; ORCID: 0000-0002-1713-7973;
E-mail: eremevegor@yandex.ru

Цитировать:

Соловьева В.Я., Сахарова А.С., Еремеев Е.Г. Инновационные способы подготовки основания транспортных магистралей с использованием техногенных образований металлургического производства // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 28–42. doi: 10.17816/transsyst20228228-42

To cite this article:

Solovieva VY, Sakharova AS, Eremeev EG. Innovative methods for preparing the base of transport highways of the use of technogenic formations of metallurgical production. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):28-42. doi:10.17816/transsyst20228228-42

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Электротехнология и электрофизика

УДК 629.439:621.313.282:621.318.1/.3

DOI 10.17816/transsyst20228243-54

Памяти профессора Юрия Фёдоровича Антонова

© В.М. Амосков¹, Д.Н. Арсланова¹, А.А. Белов¹, А.В. Белов¹,
В.Н. Васильев¹, В.В. Деомидов¹, М.В. Капаркова¹, В.П. Кухтин¹,
Е.А. Ламзин¹, М.С. Ларионов¹, И.А. Морозов², А.Н. Неженцев¹,
Д.А. Овсянников³, Д.А. Овсянников (мл.), И.Ю. Родин¹,
С.А. Смирнов⁵, О.Ю. Смирнова⁵, С.Е. Сычевский^{3,1},
Н.А. Шатиль¹, А.А. Фирсов¹, Т.А. Фирсова¹

¹ АО «Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры
им. Д. В. Ефремова»

² НАО НПЦ «ТИТ»

³ Санкт-Петербургский государственный университет

⁴ Санкт-Петербургский Государственный Университет промышленных
технологий и дизайна

⁵ Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

ГИБРИДНЫЙ И ТРАДИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАГНИТНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ: СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Цель: сравнение гибридных электромагнитов (ГЭМ) и традиционных электромагнитов (ЭМ) левитационного подвеса.

Методы: Сопоставление проводится на базе вычислительного эксперимента для варианта ГЭМ, достоверность численной модели которого подтверждается верификацией с использованием адекватной натурной (физической) модели.

Результаты: Конструкция гибридных электромагнитов (ГЭМ) совмещает в качестве источников поля в единой магнитной цепи токовые катушки и постоянные магниты. Сравнение продемонстрировало семикратное снижение энергопотребление для ГЭМ по сравнению с ЭМ, причём вес гибридного магнита в два раза меньше.

Заключение: Подтверждена правильность выбранной концепции построения магнитной системы предложенного варианта магнитолевитационного подвеса.

Ключевые слова: магнитная левитация, гибридные электромагниты, постоянные магниты, электромагниты, подъемная сила, математическое моделирование, натурный макет, физические измерения.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Electrotechnology and Electrophysics

© V.M. Amoskov¹, D.N. Arslanova¹, A.A. Belov¹, V.N. Vasiliev¹,
V.V. Deomidov¹, M.V. Kaparkova¹, V.P. Kukhtin¹, E.A. Lamzin¹,
M.S. Larionov¹, I.A. Morozov², A.N. Nezhentzev¹, D.A. Ovsyannikov³,
D.A. Ovsyannikov (Jr)^{4,1}, I.Yu. Rodin¹, S.A. Smirnov⁵, O.Yu. Smirnova⁵,
S.E. Sytchevsky^{3,1}, N.A. Shatil¹, A.A. Firsov¹, T.A. Firsova¹

¹ Joint Stock Company “NII-EFA”² TIT RDC PJSC³ St. Petersburg State University⁴ St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design⁵ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

COMPARATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE OF HYBRID AND PURE EM SUSPENSIONS

Aim: The aim of the study is a comparative representation of a hybrid EM suspension (HEMS) for maglev transport and a pure EM configuration.

Methods: Several designs have been numerically investigated and compared to conventional EMS. The numerical model has been validated with magnetic measurements on the experimental set-up.

Results: The HEMS implies a combination of electromagnets (EM) and permanent magnets (PM) in a common magnetic circuit. The magnets synergy of HEMS has been demonstrated that leads to sufficient reduction in energy consumption and weight as compared to a conventional EMS.

Conclusions: A desired performance of HEMS has been achieved. Efficiency of the design solutions has been verified numerically and experimentally.

Key words: maglev, hybrid suspension, permanent magnet, electromagnet, lifting force, numerical model, experimental set-up, measurement.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ систем электромагнитных подвесов (ЭМП) [1] указывает на ряд преимуществ применения в них так называемых «гибридных электромагнитов» (ГЭМ) [2–10] по сравнению с электромагнитами «традиционного» исполнения (ЭМ). В АО «НИИЭФА» испытан прототип гибридного магнита [11, 12] из разработанной линейки ГЭМ, отличающихся грузоподъемностью и, соответственно, размерами.

Адаптированная для численного моделирования таких систем вычислительная технология [13, 2] позволяет конструировать и создавать подвесы любой требуемой на практике грузоподъемности.

Для изготовленного прототипа варианта серийного ГЭМ (детальнее см. параметры в [14] и в Табл. 1, заимствованной из [14]) был выполнен комплекс работ на сертифицированном стенде АО «НИИЭФА» [14] и любезно предоставленной АО ИИЦ «ТЕМП» испытательной установке [15].

Таблица 1. Параметры гибридного электромагнита АО «НИИЭФА»

Сечение токовой катушки, мм ²	1450
Коэффициент заполнения проводника медью	0,8
Максимальная рассеиваемая мощность, Вт	240
Проводник марки ПЭЭИП2-155, мм ²	1,12х3,55 (1,28х3,71 в изол.)
Количество витков проводника в катушке	306
Максимальный ток (стационарный), А	10
Максимальный ток (кратковременный), А	15
Индуктивность (при зазоре 5 мм), мГн	150 (I=13 А) и 300 (I=0 А)
Индуктивность (при зазоре ∞), мГн	180 (I=0 А)
Собственная индуктивность катушки, мГн	25
Сопротивление обмотки, Ом	2
Марка постоянных Nd-Fe-B магнитов	N48SH
Размеры Д×Ш×В, мм	650×130×89
Вес, Н	450

Измерения проводились с целью:

- определения зависимости подъемной силы магнита от величины тока в катушке при различных величинах задаваемого левитационного зазора (воздушного промежутка между установленной на путевой структуре ферромагнитной направляющей и поверхностью полюсов ГЭМ);
- сопоставления измеренной зависимости подъемно силы с данными вычислительного эксперимента, полученными на разработанной детальной трехмерной (3D) математической модели магнита подвеса.

Сравнение данных продемонстрировало приемлемую для практических целей точность как числовой, так физической моделей. А дополнительные перекрестные проверки прототипа на двух измерительных установках подтверждают достоверность реализованной методики измерения. Таким образом выполнена верификация вычислительной технологии для анализа магнитов, специфичных для целей магнитолевитационных подвесов.

СРАВНЕНИЕ ГЭМ И ЭМ ЛЕВИТАЦИОННОГО ПОДВЕСА

Следует подчеркнуть, что методически величина подъемной силы моделируется путем интегрирования плотности пондеромоторных сил по объему исследуемой системы. Распределение сил получается в результате

использования тензора натяжений Максвелла, компоненты которого, в свою очередь, вычисляются на основе расчета компонент векторов магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Таким образом, анализ результатов расчетов и измерения сил позволяет сделать заключение о достоверности моделирования как полей, так и сил в системах магнитолевитационных подвесов. Этот вывод, впрочем, соответствует аналогичным выводам, сделанным при анализе моделей электрофизических установок других типов (ускорители заряженных частиц и системы их транспортировки, термоядерные реакторы с магнитным удержанием плазмы, синхронные электродвигатели и т.п.).

На Рис. 1 приведено характерное распределение магнитного поля в поперечном сечении магнита вблизи центральной части.

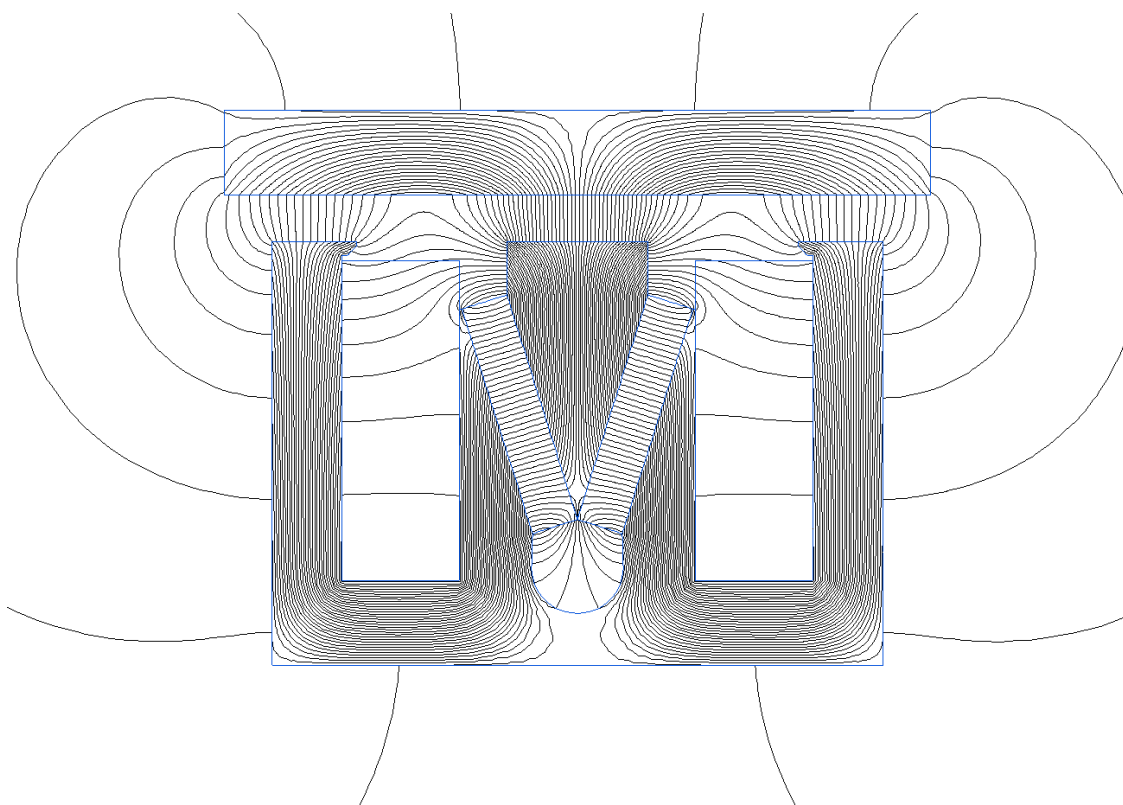


Рис. 1. Характерное распределение магнитного поля в поперечном сечении вблизи центральной части ГЭМ АО «НИИЭФА»

С целью сравнительной оценки силовых и энергетических характеристик электромагнита ГЭМ АО «НИИЭФА» была также разработана вычислительная модель электромагнита традиционного исполнения, показанная на Рис. 2. Этот магнит представляет собой U-образный магнит с параметрами близкими к оптимальным. Магниты такого типа успешно применялись в магнитолевитационных транспортных системах (например, в Германии, Китае, Южной Корее). Сила притяжения традиционного магнита к ферромагнитной направляющей определяется

величиной тока в катушке. Поэтому для увеличения несущей способности как систем разгрузки осей, так и магнитолевитационных систем (на первый взгляд) необходимо стремиться к повышению величины тока. Известно, что работоспособность таких систем ограничивается допустимым нагревом (температурой), вызванным тепловыделением тока в катушке.

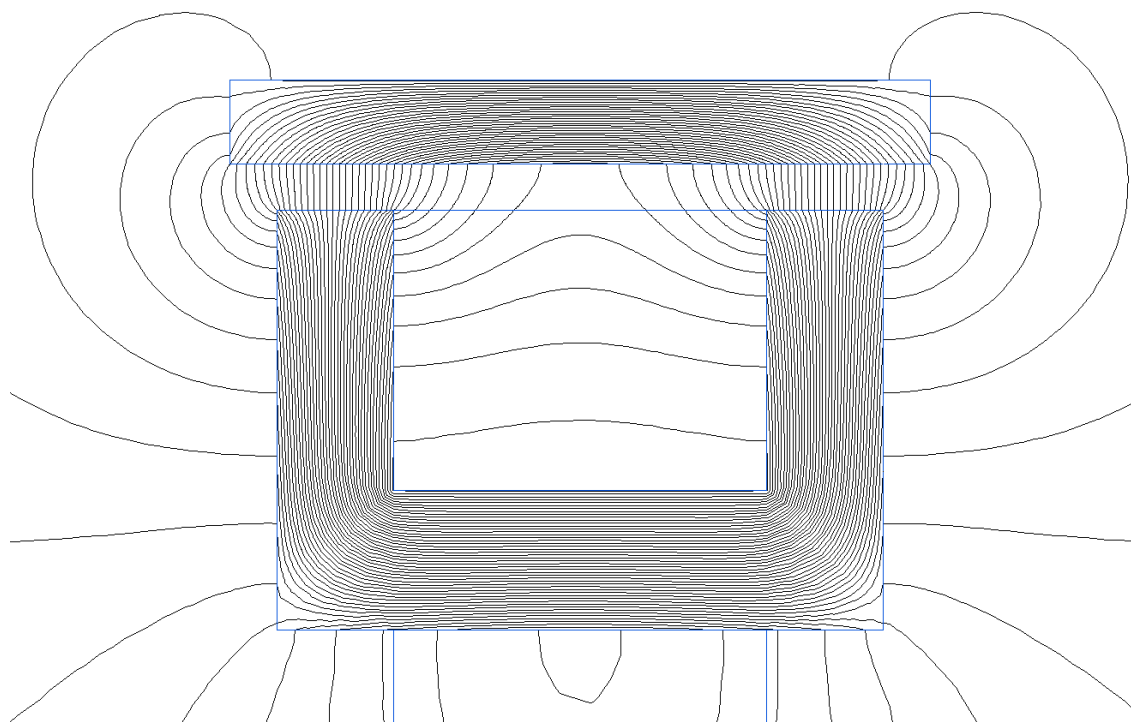


Рис. 2. Характерное распределение магнитного поля в модели электромагнита традиционного исполнения с параметрами, близкими к оптимальным

В анализируемом случае оба магнита сравниваются по энергопотреблению и рабочей температуре при условии генерации одинаковой силы. При этом сама максимально возможная величина силы определялась предельно допустимой температурой катушки магнита.

На Рис. 3 приведено распределение температуры в поперечном сечении традиционного ЭМ при джоулевых тепловыделениях, составляющих $P = 576$ Вт (полный ток в катушке 9600 А). При температуре окружающей среды 300 К и величине коэффициента конвективной теплоотдачи (ККТ), равном 10 Вт/м^2 : максимальная температура в катушке составляет $T_{\text{макс}} = 416 \text{ К}$ и минимальная $-T_{\text{мин}} = 402 \text{ К}$.

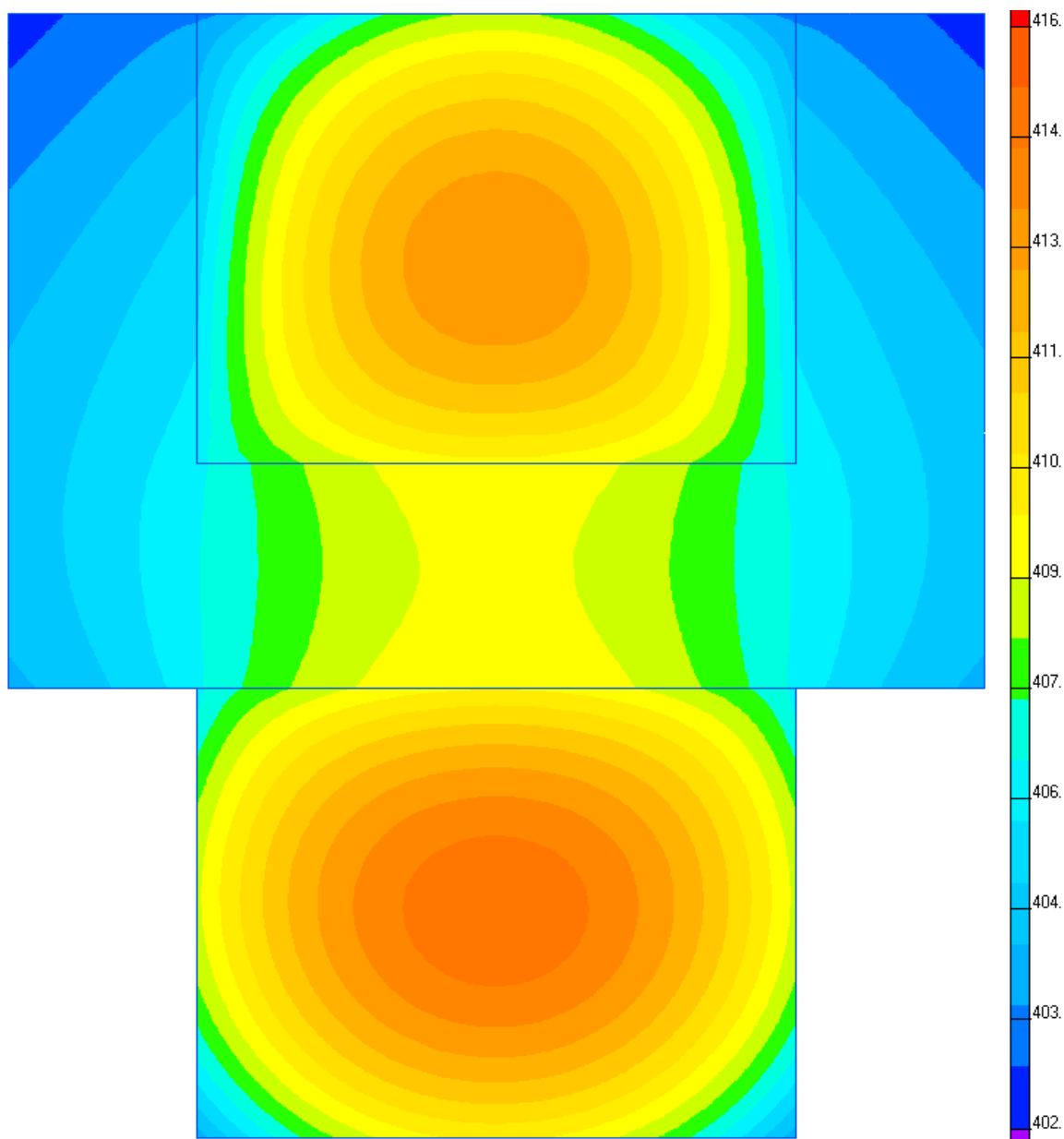


Рис. 3. Распределение температуры в электромагните традиционного исполнения.
ККТ равен $10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

В результате проведенных численных расчетов были определены следующие характеристики модели U – образного магнита. При генерации силы величиной 4700 Н и зазоре 10 мм он потребляет более **600 Вт** (при генерации силы в 3000 Н магнит потребляет **380 Вт** энергии). При величине коэффициента конвективной теплоотдачи равном $20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ (интенсивный обдув) и коэффициенте черноты поверхности 0,5 перегрев проводника обмотки магнита относительно окружающей среды составляет $\sim 76^\circ\text{К}$ (при ККТ равном $10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ перегрев проводника составит $\sim 116^\circ\text{К}$). Вес магнита равен $\sim 90 \text{ кг}$.

На Рис. 4 приведено распределение температуры в поперечном сечении ГЭМ АО «НИИЭФА». При генерации силы величиной 4700 Н и зазоре 10 мм джоулевы тепловыделения составляют $P = 76$ Вт (ток в проводнике 7 А). При температуре окружающей среды 300 К и ККТ равном 10 Вт/м^2 : $T_{\text{макс}} = 324$ К и $T_{\text{мин}} = 322$ К. Магнит при этом потребляет около **80** Вт электроэнергии. При генерации силы в 3000 Н магнит энергии практически **не потребляет**. При коэффициенте теплоотдачи $20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ перегрев проводника обмотки магнита относительно окружающей среды составит $\sim 12^\circ\text{К}$ (при $10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ перегрев проводника составит $\sim 24^\circ\text{К}$). Вес магнита равен ~ 50 кг.

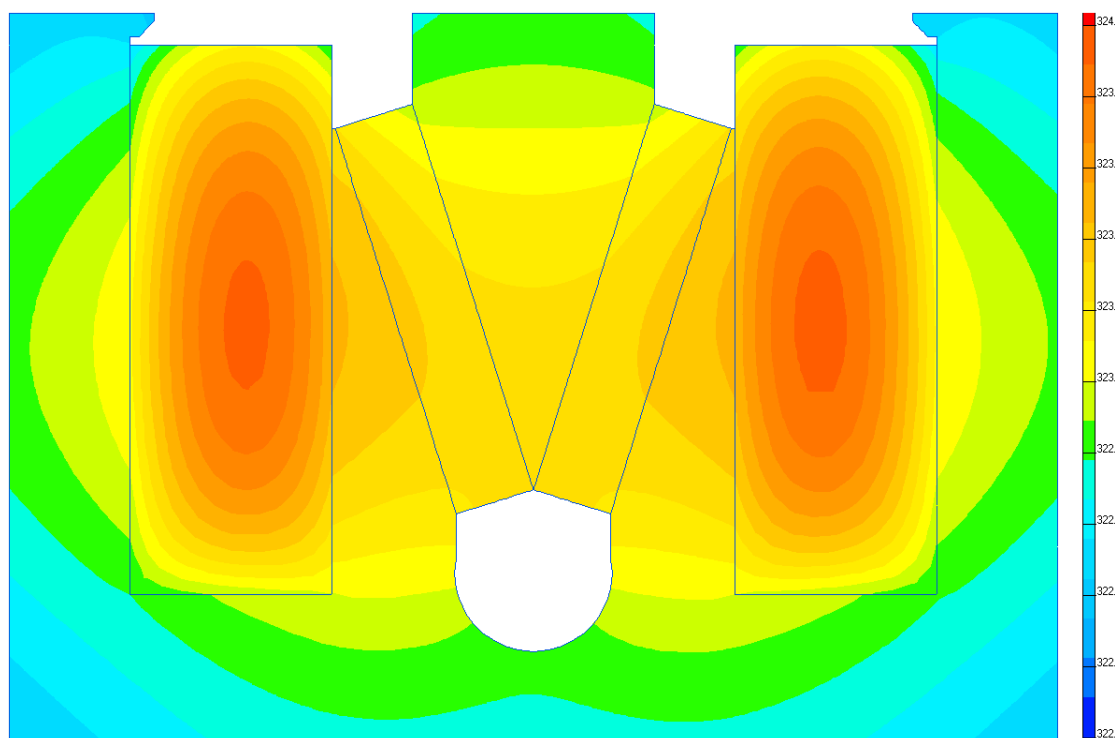


Рис. 4. Распределение температуры в ГЭМ АО «НИИЭФА». ККТ равен $10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

ВЫВОДЫ

В АО «НИИЭФА» разработан и изготовлен полномасштабный прототип серийного образца гибридного электромагнита подвеса магнитолевитационных транспортных систем. С целью сопоставительного анализа разработана математическая модель адекватного гибридного магниту электромагнита «традиционного» исполнения в виде U-образного магнита. Параметры этого ЭМ были выбраны близкими к оптимальным для целей обеспечения разгрузки осей транспортных систем или магнитолевитационных подвесов.

Вычислительный эксперимент показал, что стационарно генерируемая традиционным магнитом пондеромоторная сила 4,7 кН при

зазоре 10 мм достигается при сильном разогреве проводника обмотки (~450 K), Та же сила может быть создана гибридным магнитом разработки АО «НИИЭФА» при потреблении им в 7,5 раза меньшего количества энергии.

Гибридный магнит почти в два раза легче.

При генерации силы в 3 кН (режим работы обеспечивается только постоянными магнитами) ГЭМ практически не потребляет энергии в то время, как эквивалентный магнит традиционного исполнения потребляет 380 Вт.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной поддержке Фонда Академика Василия Андреевича Глухих.

Авторы признательны В.П. Занину, А.А. Галенко, А.Т. Горелову за плодотворные дискуссии.

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. Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники. Теория, расчет, применение. – СПб: Политехника, 2003. – 206 с. [Zhuravljov JuN. Aktivnye magnitnye podshipniki. Teoriya, raschyot, primeneniye. SPb: Politehnika, 2003. 206 s. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 27.10.2021. Доступно по: https://www.studmed.ru/zhuravlev-yun-aktivnye-magnitnye-podshipniki-teoriya-raschet-primeneniye-2003_ae0c7437419.html
2. Amoskov VM, Arslanova DN, Bazarov AM, et al. Modeling EMS maglev systems to develop control algorithms. *Cybernetics and physics*. 2018;7(1):11-17. doi: 10.35470/2226-4116-2018-7-1-11-17
3. Tzeng YK, Wang TC. Optimal design of the electromagnetic levitation with permanent and electro magnets. *IEEE Transaction on Magnetics*. 1994;30(6):4731-733. doi: 10.1109/20.334204
4. Onuki T, Toda Y. Optimal Design of Hybrid Magnet in Maglev System with Both Permanent and Electro Magnets. *IEEE Transaction on Magnetics*. 1993;29(2):1783-1786. doi: 10.1109/20.250751
5. Kim K, Han H, Kim C, Yang S. Dynamic Analysis of a Maglev Conveyor Using an EM-PM Hybrid Magnet. *Journal of Electrical Engineering and Technology*. 2013;8(6):1571-1578. doi: 10.5370/JEET.2013.8.6.1571
6. Kim C-H, Cho H-W, Lee J-M, et al. Zero-power control of magnetic levitation vehicles with permanent magnets. *ICCAS 2010: Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Systems*; 2010 Oct 27-30; Gyeonggi-do, Korea (South). 2010. p. 732-735. doi: 10.1109/ICCAS.2010.5670118

7. Safaei F, Suratgar AA, Afshar A, et al. Characteristics Optimization of the Maglev Train Hybrid Suspension System Using Genetic Algorithm. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2015;30(3):1163-1170. doi: 10.1109/tec.2014.2388155
8. Erkan K, Okur B, Koseki T, et al. Experimental evaluation of zero-power levitation control by transfer function approach for a 4-pole hybrid electromagnet. In: Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Mechatronics; 2011 April 13-15; Istanbul, Turkey. 2011. p. 23-28, doi: 10.1109/ICMECH.2011.5971299
9. Morishita M, Azukizawa T, Kanda S, et al. A new MAGLEV system for magnetically levitated carrier system. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 1989;38(4):230-236. doi: 10.1109/25.45486
10. Wang TC, Tzeng YK. A new electromagnetic levitation system for rapid transit and high speed transportation. *IEEE Transactions on Magnetics*. 1994;30(6):4734-4736. doi: 10.1109/20.334205
11. Патент РФ на изобретение № RU2739939/ 30.12.2020. Бюл. № 1. Амосков В.М., Арсланова Д.Н., Белов А.В., Васильев В.Н., Кухтин В.П., Капаркова М.В., Ламзин Е.А., Ларионов М.С., Неженцев А.Н., Родин И.Ю., Сычевский С.Е., Фирсов А.А., Шатиль Н.А. «Гибридный электромагнит для системы маглев». [Pat. RUS № RU2739939/ 30.12.2020. Byul. № 1. Amoskov V.M., Arslanova D.N., Belov A.V., et al. "Gibridnyj jelektromagnit dlya sistemy maglev". (In Russ.)]. Доступно по: <https://patenton.ru/patent/RU2739939C1> Ссылка активна на: 27.10.2021.
12. Патент РФ на изобретение № RU2743753/ 25.02.2021. Бюл. № 6. Амосков В.М., Арсланова Д.Н., Белов А.В., Васильев В.Н., Кухтин В.П., Капаркова М.В., Ламзин Е.А., Ларионов М.С., Неженцев А.Н., Родин И.Ю., Сычевский С.Е., Фирсов А.А., Шатиль Н.А. «Гибридный магнит без полей рассеяния для системы маглев». [Pat. RUS № RU2743753/ 25.02.2021. Byul. № 6. Amoskov V.M., Arslanova D.N., Belov A.V., et al. "Gibridnyj magnit bez poley rassejaniya dlya sistemy maglev". (In Russ.)]. Ссылка активна на: 27.10.2021. Доступно по: <https://patenton.ru/patent/RU2743753C1>
13. Amoskov VM, Belov AV, Belyakov VA, et al. Computation technology based on KOMPOT and KLONDIKE codes for magnetostatic simulations in tokamaks. *Plasma Devices and Operations*. 2008;16(2):89-103. doi: 10.1080/10519990802018023
14. Акулицкий С.Г., Амосков В.М., Арсланова Д.Н. и др. Результаты стендовых испытаний прототипа полномасштабного гибридного электромагнита для систем маглев // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 4. – С. 14–32. [Akulitzky SG, Amoskov VM, Arslanova DN, et al. Bench testing of hybrid EMS prototype. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2021;7(4):14-32. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst20217400-00
15. Амосков В.М., Арсланова Д.Н., Белов А.В. и др. Натурные испытания и верификация математической модели гибридного электромагнита подвеса для больших величин левитационных зазоров // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 1. – С. 28–37. [Amoskov VM, Arslanova DN, Belov AV, et al. Verification of numerical model of hybrid ems using test bench measurements at large air gap. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(1):28-37. (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst20228128-37

Сведения об авторах:

Амосков Виктор Михайлович, к.ф.-м.н.;

eLibrary SPIN: 2436-3828; ORCID: 0000-0001-9781-9116; Scopus ID: 6701846033;

E-mail: amoskov-sci@yandex.ru

Арсланова Дарья Николаевна, магистр;

eLibrary SPIN: 3234-8141; ORCID: 0000-0002-3791-723X; Scopus ID: 55314279800;

E-mail: arslanova-sci@yandex.ru

Белов Андрей Александрович, магистр;

eLibrary SPIN: 6291-0480; ORCID: 0000-0001-7040-6741;

E-mail: andrewthewhite@mail.ru

Белов Александр Вячеславович, магистр;

eLibrary SPIN: 3748-2363;; ORCID: 0000-0001-9486-3437; Scopus ID: 7202831959;

E-mail: belov-sci@yandex.ru

Васильев Вячеслав Николаевич;

eLibrary SPIN: 5444-8639; ORCID: 0000-0002-1218-6274; Scopus ID: 7005989574;

E-mail: vvmn@mail.ru

Деомидов Валерий Викторович, магистр;

eLibrary SPIN: 5931-9704; ORCID: 0000-0003-2795-8342;

E-mail: deomidov@icloud.com

Капаркова Марина Викторовна;

eLibrary SPIN: 6881-2266; ORCID: 0000-0002-3489-5581; Scopus ID: 12445243900;

E-mail: kaparkova-sci@yandex.ru

Кухтин Владимир Петрович, к.ф.-м.н.;

eLibrary SPIN: 1628-3135; ORCID: 0000-0001-6925-6141; Scopus ID: 35353250700;

E-mail: kukhtin-sci@yandex.ru

Ламзин Евгений Анатольевич, д.ф.-м.н.;

eLibrary SPIN: 8287-7879; ORCID: 0000-0002-6072-5711; Scopus ID: 12756829300;

E-mail: lamzin-sci@yandex.ru

Ларионов Михаил Сергеевич;

eLibrary SPIN: 1631-3598; ORCID: 0000-0002-8570-7210; Scopus ID: 36443801800;

E-mail: larionov-sci@yandex.ru

Морозов Игорь Александрович, магистр;

eLibrary SPIN: 4815-5843; ORCID: 0000-0001-7451-730X;

E-mail: morozov083@gmail.com

Неженцев Андрей Николаевич;

eLibrary SPIN: 7319-8924; ORCID: 0000-0002-8724-7211; Scopus ID: 57201374326;

E-mail: nezhentzev-sci@yandex.ru

Овсянников Дмитрий Александрович, д.ф.-м.н., профессор;

eLibrary SPIN: 7762-9740; ORCID: 0000-0002-0829-2023;

E-mail: d.a.ovsyannikov@spbu.ru

Овсянников Дмитрий Александрович (Мл.), магистр;

eLibrary SPIN: 5657-4707; ORCID: 0000-0003-4191-8494

E-mail: d-ovs@yandex.ru

Родин Игорь Юрьевич, к.т.н.;

eLibrary SPIN: 4935-6473; Scopus ID: 7005063976;

E-mail: rodin@sintez.niiefa.spb.su

Смирнов Сергей Александрович, в.н.с.;

eLibrary SPIN: 3042-2910; ORCID: 0000-0002-2096-6967;

E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Смирнова Ольга Юрьевна, с.н.с.;

eLibrary SPIN: 9083-2984; ORCID: 0000-0002-2239-4384;

E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Сычевский Сергей Евгеньевич, д.ф.-м.н.;

eLibrary SPIN: 3073-0334; ORCID: 0000-0003-1527-4015; Scopus ID: 6602159085;

E-mail: sytch-sie@yandex.ru

Шатиль Николай Александрович, к.т.н.;

eLibrary SPIN: 2818-0206; ORCID: 0000-0001-8529-130X; Scopus ID: 6507475131;

E-mail: shatiln@yandex.ru

Фирсова Татьяна Александровна;

eLibrary SPIN: 2858-7562; ORCID: 0000-0002-9229-9622

E-mail: firsova@sintez.niiefa.spb.su

Фирсов Алексей Анатольевич;

eLibrary SPIN: 7943-4297; ORCID: 0000-0002-7846-8717; Scopus ID: 56069602000;

E-mail: firsov-sci@yandex.ru

Information about the authors:

Victor M. Amoskov, PhD in Physics and Mathematics;

eLibrary SPIN: 2436-3828; ORCID: 0000-0001-9781-9116; Scopus ID: 6701846033;

E-mail: amoskov-sci@yandex.ru

Darya N. Arslanova, MSc;

eLibrary SPIN: 3234-8141; ORCID: 0000-0002-3791-723X; Scopus ID: 55314279800;

E-mail: arslanova-sci@yandex.ru

Andrei A. Belov, MSc;

eLibrary SPIN: 6291-0480; ORCID: 0000-0001-7040-6741;

E-mail: andrewthewhite@mail.ru

Alexander V. Belov, MSc;

eLibrary SPIN: 3748-2363;; ORCID: 0000-0001-9486-3437; Scopus ID: 7202831959;

E-mail: belov-sci@yandex.ru

Valery V. Deomidov, MSc;

eLibrary SPIN: 5931-9704; ORCID: 0000-0003-2795-8342;

E-mail: deomidov@icloud.com

Tatiana A. Firsova;

eLibrary SPIN: 2858-7562; ORCID: 0000-0002-9229-9622

E-mail: firsova@sintez.niiefa.spb.su

Alexey A. Firsov, MSc;

eLibrary SPIN: 7943-4297; ORCID: 0000-0002-7846-8717; Scopus ID: 56069602000;

E-mail: firsov-sci@yandex.ru

Marina V. Kaparkova, MSc;

eLibrary SPIN: 6881-2266; ORCID: 0000-0002-3489-5581; Scopus ID: 12445243900;

E-mail: kaparkova-sci@yandex.ru

Vladimir P. Kukhtin, PhD in Physics and Mathematics;

eLibrary SPIN: 1628-3135; ORCID: 0000-0001-6925-6141; Scopus ID: 35353250700;

E-mail: kukhtin-sci@yandex.ru

Evgeny A. Lamzin, PhD, DSc in Physics and Mathematics;

eLibrary SPIN: 8287-7879; ORCID: 0000-0002-6072-5711; Scopus ID: 12756829300;

E-mail: lamzin-sci@yandex.ru

Mikhail S. Larionov, MSc;

eLibrary SPIN: 1631-3598; ORCID: 0000-0002-8570-7210; Scopus ID: 36443801800;

E-mail: larionov-sci@yandex.ru

Igor A. Morozov, MSc;

eLibrary SPIN: 4815-5843; ORCID: 0000-0001-7451-730X;

E-mail: morozov083@gmail.com

Andrey N. Nezhentzev, MSc;

eLibrary SPIN: 7319-8924; ORCID: 0000-0002-8724-7211; Scopus ID: 57201374326;

E-mail: nezhentzev-sci@yandex.ru

Dmitry A. Ovsyannikov, DSc in Physics and Mathematics, Full Professor;

eLibrary SPIN: 7762-9740; ORCID: 0000-0002-0829-2023;

E-mail: d.a.ovsyannikov@spbu.ru

Dmitry A. Ovsyannikov (Jr), MSc;

eLibrary SPIN: 5657-4707; ORCID: 0000-0003-4191-8494

E-mail: d-ovs@yandex.ru

Igor Yu. Rodin, PhD in Engineering;

eLibrary SPIN: 4935-6473; Scopus ID: 7005063976;

E-mail: rodin@sintez.niiefa.spb.su

Nicolai A. Shatil, MSc, PhD in Engineering;

eLibrary SPIN: 2818-0206; ORCID: 0000-0001-8529-130X; Scopus ID: 6507475131;

E-mail: shatiln@yandex.ru

Sergei A. Smirnov, Leading Researcher;

eLibrary 3042-2910; ORCID: 0000-0002-2096-6967;

E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Olga Yu. Smirnova, Senior Researcher;

eLibrary SPIN: 9083-2984; ORCID: 0000-0002-2239-4384;

E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Sergey E. Sytchevsky, DSc in Physics and Mathematics;

eLibrary SPIN: 3073-0334; ORCID: 0000-0003-1527-4015; Scopus ID: 6602159085;

E-mail: sytch-sie@yandex.ru

Vyacheslav N. Vasiliev, MSc;

eLibrary SPIN: 5444-8639; ORCID: 0000-0002-1218-6274; Scopus ID: 7005989574;

E-mail: vvnm@mail.ru

Цитировать:

Амосков В.М., Арсланова Д.Н., Белов А.В. и др. Гибридный и традиционный электромагниты для целей магнитного подвешивания: сопоставительный анализ // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 43–54. doi: 10.17816/transsyst20228243-54

To cite this article:

Amoskov VM, Arslanova DN, Belov AV et al. Comparative analysis of performance of hybrid and pure EM suspensions. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):43-54. doi: 10.17816/transsyst20228243-54

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Электротехника

УДК [UDC] 621.3.01

DOI 10.17816/transsyst20228255-69

© **В.В. Криворотова**

Иркутский государственный университет путей сообщения
(Иркутск, Россия)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛИННОЙ ЛИНИИ С ПОТЕРЯМИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ ГАРМОНИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ПРИ АКТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

Обоснование: Реализация проектов по созданию энергосистем большой протяженности требует максимально большего исследования не только технической реализуемости длинных линий, но и особенностей передачи энергии по этим линиям. Подобные исследования могут проводиться в полевых условиях, с применением физического эксперимента или с помощью компьютерного моделирования. Первое ограничено сложностью выполнения эксперимента, отсутствием доступа к реальным измерениям. В отличие от физического эксперимента компьютерное моделирование лишено данных проблем: оно позволяет достаточно легко не только смоделировать длинную линию, но и исследовать ее при различных режимах работы. Практическая значимость – возможность применения предлагаемого метода в учебном процессе при выполнении студентами энергетических специальностей транспортных ВУЗов исследований линий с распределенными параметрами для решения последующих задач в рамках развития или разработки новых энергетических систем большой протяженности.

Цель: Построение компьютерной модели длинной линии и разработка метода с исследования различных режимов ее работы при различных нагрузках, в том числе в режиме холостого хода и короткого замыкания.

Методы: компьютерное моделирование.

Результаты: Построена компьютерная модель линии с распределенными параметрами, которая позволяет выполнить ее исследование при различных режимах.

Выводы: В рамках развития энергетических систем актуальность разработки и моделирования новых методов исследования различных режимов в таких цепях многократно возрастает. При этом, вновь разрабатываемые методы должны быть применимы в учебном процессе. В статье описывается компьютерное моделирование и исследование длинной линии при различных активных нагрузках распределения действующего значения напряжения вдоль линии при ее передаче, равной половине длины волны (полуволновая линия). Исследования в данном направлении имеют не только научную значимость, но и практическую, поскольку можно обоснованно разрабатывать новые модели длинных линий, а также решать задачи в области исследования нестационарных (переходных) режимах работы длинных линий.

Ключевые слова: длинная линия, линия с распределенными параметрами, холостой ход, стоячие волны, компьютерное моделирование длинной линии, multisim.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Electrical Engineering

© V.V. Krivorotova

Irkutsk State University of Railways

(Irkutsk, Russia)

COMPUTER SIMULATION OF LONG LINE WITH LOSS IN STEADY HARMONIC MODE AT ACTIVE LOAD

Background: The implementation of projects to create long-range power systems requires the greatest possible study of not only the technical feasibility of long lines, but also the features of energy transmission along these lines. Such studies can be carried out in the field, using a physical experiment or using computer simulation. The first is limited by the complexity of the experiment, the lack of access to real measurements. Unlike a physical experiment, computer simulation is devoid of these problems: it makes it quite easy not only to model a long line, but also to study it under various operating modes. The practical significance of this work is the applicability of the proposed method in the educational process when students of energy specialties of transport universities perform research on lines with distributed parameters to solve subsequent problems in the development or development of new energy systems of great extent.

Aim: Building a computer model of a long line and developing a method for studying various modes of its operation under various loads, including idling and short circuit.

Methods: Computer modelling.

Results: A computer model of a line with distributed parameters has been constructed, which allows one to study it under various modes.

Conclusion: As part of the development of energy systems, the relevance of developing and modeling new methods for studying various modes in such circuits increases many times over. At the same time, newly developed methods should be applicable in the educational process. The article describes computer simulation and study of a long line under various active loads of the distribution of the effective value of the voltage along the line during its transmission, equal to half the wavelength (half-wave line). Research in this direction has not only scientific significance, but also practical, since it is possible to reasonably develop new models of long lines, as well as solve problems in the field of studying non-stationary (transient) operating modes of long lines.

Key words: long line, idle, standing waves, long line computer simulation, multisim.

ВВЕДЕНИЕ

Задача анализа процессов в линии при передаче по ней сигналов относится к числу задач о распространении электромагнитной энергии в неоднородных средах. В большинстве случаев, идеализируя условие задачи, полагают, что электромагнитная энергия распространяется в пространстве, однородность которого нарушена лишь введением проводов. Свойства последних существенно отличаются от свойств их диэлектрической среды. При этом, также идеализируя условие задачи, в

большинстве случаев полагают, что линия однородна, т.е. конструктивные данные линии (материал и диаметр проводов, из взаимное расположение и т.д.) сохраняются неизменными по всей длине линии [1–3]. Таким образом, линию рассматривают как направляющую систему, вдоль которой от передатчика к приемнику распространяется электромагнитная энергия. Подобный подход принципиально важен не только потому, что он позволяет строго сформулировать задачу анализа электромагнитного состояния рассматриваемой направляющей системы и найти правильный путь ее решения, но и дает общее физическое истолкование процессам передачи сигналов в этих системах.

Аналитическое решение соответствующей системы уравнений возможно при некоторых упрощающих предположениях. Кроме того, конечные и промежуточные устройства линии представляют собой электрические цепи с заданными частотными (временными) характеристиками. Поэтому задача анализа процессов передачи сигналов в длинных линиях решается методами теории электрических цепей [4, 5].

Для цепи с распределенными параметрами характерны неодинаковые токи в различных ее точках вследствие наличия токов смещения между отдельными частями цепи и токов проводимости из-за несовершенной изоляции. При этом сами цепи характеризуют их параметрами, а процессы в них – напряжениями и токами, которые зависят от двух переменных: временной и пространственной координаты [6].

Известно, что для получения соотношений, определяющих процессы в длинных линиях, используют первичные параметры: сопротивление проводов R_0 (Ом/км), их индуктивность L_0 (Гн/км), проводимость изоляции G_0 (1/Ом·км), емкость проводов C_0 (Ф/км) [7]. Физически эти параметры представляют те же свойства цепи, что и в цепях с сосредоточенными параметрами.

На практике в отдельных случаях некоторые первичные параметры можно не принимать во внимание. Например, для короткого отрезка линии с высококачественной изоляцией между проводами практически выполняется допущение $G_0 = 0$. Такие линии применяются для соединения радиоприемников и передатчиков с антенной, в качестве линии задержки сигнала.

ТЕЛЕГРАФНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Рассмотрим участок с электрической тягой на переменном токе вдоль железнодорожного полотна, на которой расположены контактные провода и питающие их высоковольтные линии. К решению задачи применим теорию цепей, приняв некоторые допущения:

– неизменность по всей длине линии конструктивных и электрических характеристик (материала, поперечного сечения проводов, их взаимного расположения, диэлектрической проницаемости среды, температуры и т. д.);

– геометрические размеры линии в поперечном сечении малы по сравнению с длиной волны колебания, проходящего по ней;

– длина линии намного превышает расстояние между проводниками.

Известно, что напряжение и ток в любой точке линии являются функциями как времени t , так и расстояния x от одного из конца линии. Для решения задачи о распределении токов и напряжений в однородной линии, являющихся функциями этих двух независимых переменных, составим дифференциальные уравнения, связывающие в некоторый момент мгновенные значения токов и напряжений в элементе линии длиной dx , удаленном на расстояние x от начала линии.

Пусть известны параметры однородной цепи (линии), отнесенные к единице ее длины: R_0 , L_0 , G_0 , C_0 . Обозначим мгновенные значения напряжения и тока в начале рассматриваемого элемента линии dx соответственно через u и i , а в начале следующего элемента – через $u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$ и $i + \frac{\partial i}{\partial x} dx$, выбрав положительные направления тока и напряжения (Рис. 1).

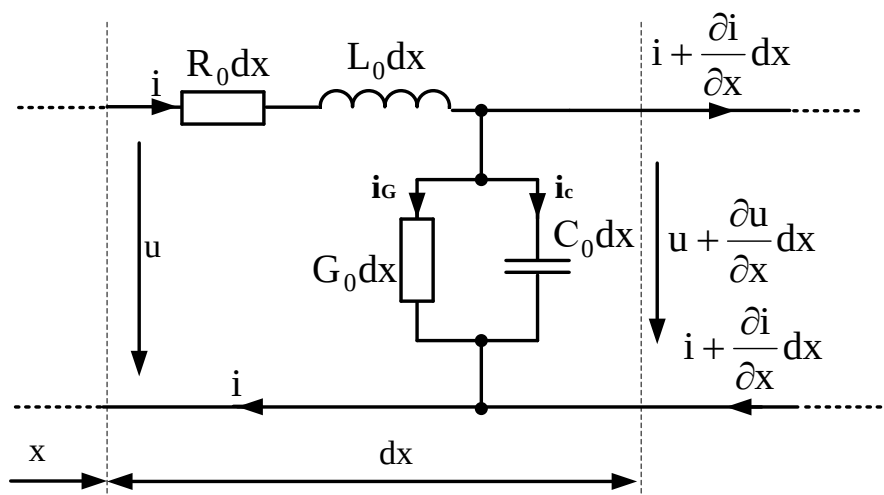


Рис. 1. Г-образная схема замещения однородной длинной линии

На основании второго закона Кирхгофа для элемента линии длиной dx можно записать следующее уравнение:

$$u - \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) = i R_0 dx + L_0 \frac{\partial i}{\partial t} dx \quad (1)$$

Данное уравнение содержит частные производные по времени $\frac{\partial i}{\partial t}$ и по пространственной координате $\frac{\partial u}{\partial x}$.

Преобразуем, разделим все выражение на dx , получим первое телеграфное уравнение

$$-\frac{\partial u}{\partial x} = iR_0 + L_0 \frac{\partial i}{\partial t}, \quad (2)$$

т.е. скорость изменения напряжения вдоль линии зависит как от тока, так и от скорости его изменения.

Теперь воспользуемся первым законом Кирхгофа для узла 1:

$$i - i_G - i_C - i - \frac{\partial i}{\partial t} dx = 0, \quad (3)$$

где i_G – ток через проводимость изоляции между проводами, равный

$$i_G = G_0 dx \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) \approx G_0 dx \cdot u, \quad (4)$$

так как $\left(\frac{\partial u}{\partial x} dx \right)$ – пренебрежимо мало.

Известно, что ток через конденсатор i_C определяется выражением

$$i_C = C \frac{\partial u}{\partial t}.$$

В нашем случае

$$i_C = C_0 dx \frac{\partial u}{\partial t} \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) \approx C_0 dx \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (5)$$

так как $\left(\frac{\partial u}{\partial x} dx \right)$ – пренебрежимо мало.

Подставляя последних два выражения в первый закон Кирхгофа для узла 1, получим

$$-G_0 dx \cdot u - C_0 dx \cdot \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial i}{\partial t} dx = 0. \quad (6)$$

Разделим это выражение на dx и выразим частную производную по току и получим второе телеграфное уравнение:

$$-\frac{\partial i}{\partial t} = G_0 \cdot u + C_0 \cdot \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (7)$$

т.е. скорость изменения тока зависит от величины падения напряжения и от скорости его изменения.

Уравнения (2) и (7) называются телеграфными, так как впервые были получены для линий телеграфной связи. Эти уравнения носят универсальный, всеобщий характер [8].

Несмотря на внешнюю простоту телеграфных уравнений, их аналитическое решение для произвольных сопротивлений генератора и нагрузки и сигнала произвольной формы отсутствует. Положение существенно упрощается, если решать телеграфные уравнения для установившегося режима гармонических колебаний в линии. Дело в том, что для этого режима заранее известен закон изменения напряжений и токов во времени в любом сечении линии. Из телеграфных уравнений остается найти лишь законы изменения с расстоянием x амплитуд и начальных фаз колебаний. Поскольку последние зависят лишь от одной переменной x , телеграфные уравнения переходят из уравнений в частных

производных в обыкновенные дифференциальные уравнения, что ведет к существенному упрощению их решения.

ТЕЛЕГРАФНЫЕ УРАВНЕНИЯ ПРИ УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Основываясь на спектральном методе анализа процессов в линейных цепях, ограничимся случаем гармонического воздействия на входе линии. При этом использование символического метода расчета гармонических напряжений и токов в длинной линии позволяет ограничиться рассмотрением производных только по одной пространственной координате $\left(\frac{d\dot{U}}{dx}, \frac{d\dot{I}}{dt}\right)$ [9, 10]. Следовательно, данный метод анализа позволяет описывать волновые процессы в длинной линии с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений [11, 12].

Воспользуемся символическим методом анализа гармонических колебаний, для чего обозначим комплексные напряжения и токи в начале и в конце отрезка $\dot{U}, \dot{I}, \dot{U} + d\dot{U}, \dot{I} + d\dot{I}$.

Тогда телеграфные уравнения примут вид:

$$-\frac{d\dot{U}}{dx} = R_0 \cdot \dot{I} + j\omega L_0 \cdot \dot{I} = \dot{I}(R_0 + j\omega L_0), \quad (8)$$

Здесь $\underline{Z}_0 = (R_0 + j\omega L_0)$ – продольное комплексное сопротивление. Тогда получим первое телеграфное уравнение при установившемся режиме гармонического переменного тока:

$$-\frac{d\dot{U}}{dx} = \dot{I} \cdot \underline{Z}_0. \quad (9)$$

Для тока

$$-\frac{d\dot{I}}{dt} = G_0 \cdot \dot{U} + j\omega C_0 \cdot \dot{U} = \dot{U}(G_0 + j\omega C_0), \quad (10)$$

В формуле (10) величина $\underline{Y}_0 = (G_0 + j\omega C_0)$ – поперечная комплексная проводимость.

Отсюда второе телеграфное уравнение в комплексном виде:

$$-\frac{d\dot{I}}{dt} = \dot{U} \cdot \underline{Y}_0. \quad (11)$$

Распространение волны напряжения вдоль линии характеризуется двумя вторичными параметрами коэффициент распространения $\underline{\gamma}$ и волновое сопротивление $\underline{Z}_B$:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0} = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} = \alpha + j\beta, \quad (12)$$

где α – коэффициент затухания,

β – коэффициент фазы.

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}. \quad (13)$$

При этом фаза

$$\varphi_B = \frac{1}{2} \left[\arctg \left(\frac{\omega L_0}{R_0} \right) - \arctg \left(\frac{\omega C_0}{G_0} \right) \right] \quad (14)$$

Отсюда можно определить предельные значения этих параметров частных случаев (на постоянном токе и при бесконечно большой частоте):

- при $\omega = \infty$ и при $\omega = 0$ фаза будет равна нулю: $\varphi_B = 0$;
- при $\omega = 0$ волновое сопротивление равно ρ_H :

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{R_0}{G_0}} = \rho_H; \quad (15)$$

- при $\omega = \infty$ волновое сопротивление:

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = \rho. \quad (16)$$

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MULTISIM

Компьютерное моделирование осуществлялось в программной среде Multisim 11 [13]. Программа позволяет подключать к разработанной в ее среде схеме виртуальные инструменты, которые представляют собой программные модели контрольно-измерительных приборов, соответствующих реальным. Использование виртуальных приборов в Multisim - это простой и понятный метод взаимодействия со схемой, почти не отличающийся от традиционного при тестировании или создании радиоэлектронного устройства. Multisim предоставляет большое количество виртуальных инструментов, которые можно использовать для измерений и исследования поведения разрабатываемых электрических схем.

Схема (Рис. 2) содержит встроенную модель длинной линии с потерями (LOSSY_TRANSMISSION_LINE, группа Misc). Первичные параметры линии имеют следующие значения: $R_0=0,1$ Ом/км; $L_0=1$ мкГн/м; $G_0=0$ См/м; $C_0=1$ пФ/м.

Гармонический сигнал генератора амплитудой 1 В подается в начало (вход) линии длиной 1 м. На конце линии (выходе) включена активная нагрузка R_H . Высокочастотный вольтметр V1 измеряет действующее значение входного сигнала, а мгновенное значение отображается по каналу «А» осциллографа.

Выходной сигнал можно снимать через каждые 62,5 мм, т.е. линия разбита на 16 одинаковых участков, пронумерованных от конца. Подключение к исследуемой точке реализуется с помощью трех 6-позиционных переключателей А, В, С, соединенных последовательно. В крайне левом положении ключа А происходит его соединение с ключом В,

а затем в крайне левом положении ключа В происходит его соединение с ключом С. Таким образом, высокочастотный вольтметр V2 измеряет действующее значение напряжения в точке линии, соответствующей положению ключей, а мгновенное значение отображается по каналу «В» осциллографа.

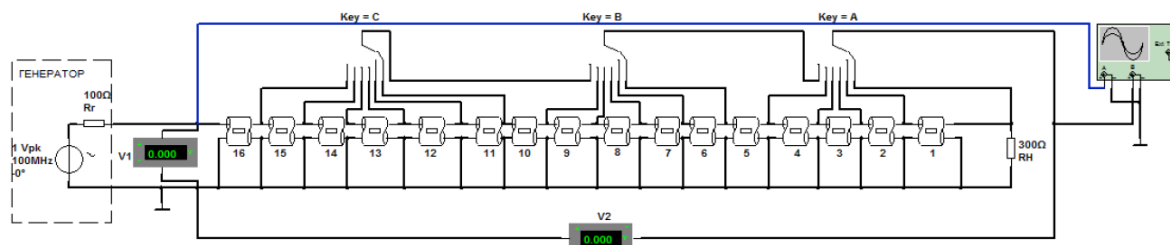


Рис. 2. Компьютерная модель длинной линии в 1 м

Вначале определим частоту генератора, при которой длина линии будет равна половине длине волны. Для этого, наблюдая сигнал на осциллографе (Рис. 3), изменяли частоту генератора: входное и выходное напряжения должны оказаться в противофазе. Данный способ достаточно точный, однако требует наличие высокочастотного осциллографа и при большой длине линии возникают затруднения, т.к. требуется одновременное подключение к началу и концу линии. Эта частота составляет 500 МГц.

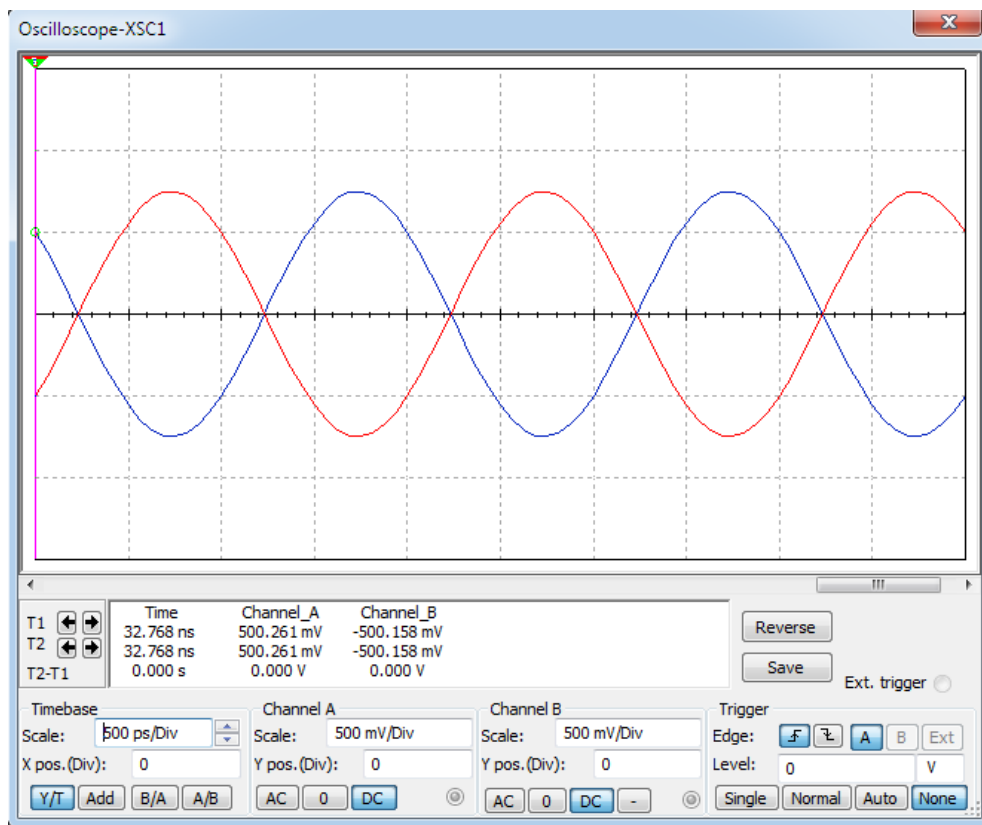


Рис. 3. Осциллограмма входного и выходного напряжений при $l = \lambda/2$

Альтернативным способом определения частоты генератора, при которой длина линии будет равна половине длине волны, является следующий способ: при холостом ходе на конце линии подбирают такую частоту генератора, при которой показания V_1 будут близкими к нулю. Данная частота будет соответствовать четвертьволновой линии. Следовательно, полученное значение частоты надо увеличить в два раза. Этот способ не так точен, но проще в реализации на практике, т.к. не требует доступа к концу линии [14].

Для исследования линии в согласованном режиме, используя исходные данные ($L_0=1$ мкГн/м; $C_0=1$ пФ/м) и пренебрегая потерями, рассчитаем волновое сопротивление линии:

$$Z_B = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = 1000 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}. \quad (17)$$

Задаем полученное значение резистору R_H , с помощью переключателей меняем подключение вольтметра V_2 , проводим измерения напряжения во всех точках линии, начиная с конца.

Далее повторяем измерения при следующих режимах:

- значение R_H в 2 раза меньше Z_B ;
- значение R_H в 2 раза больше Z_B ;
- значение $R_H=1$ ГОм (холостой ход).

Результаты измерений представлены в Табл.

Таблица. Результаты эксперимента

Расстояние от конца у, см	Точка линии	V ₂ , В при R _н равном:			
		Z _B , Ом	Z _B /k, Ом	Z _B ·k, Ом	XX
100	вход (V ₁)	0,642	0,585	0,682	0,707
93,75	15	0,642	0,621	0,663	0,693
87,5	14	0,641	0,706	0,635	0,652
81,25	13	0,642	0,816	0,59	0,587
75	12	0,642	0,93	0,532	0,499
68,75	11	0,641	1,03	0,467	0,392
62,5	10	0,64	1,107	0,403	0,27
56,25	9	0,642	1,157	0,355	0,138
50	8	0,641	1,173	0,336	0,00068
43,75	7	0,641	1,157	0,355	0,138
37,5	6	0,64	1,107	0,403	0,27
31,25	5	0,641	1,03	0,467	0,392
25	4	0,642	0,929	0,532	0,499
18,75	3	0,642	0,816	0,59	0,586
12,5	2	0,642	0,706	0,634	0,652
6,25	1	0,642	0,621	0,663	0,692
0	нагрузка	0,642	0,589	0,673	0,706

Зависимости распределения действующих значений напряжений вдоль линии для всех исследованных режимов представлены на Рис. 4.

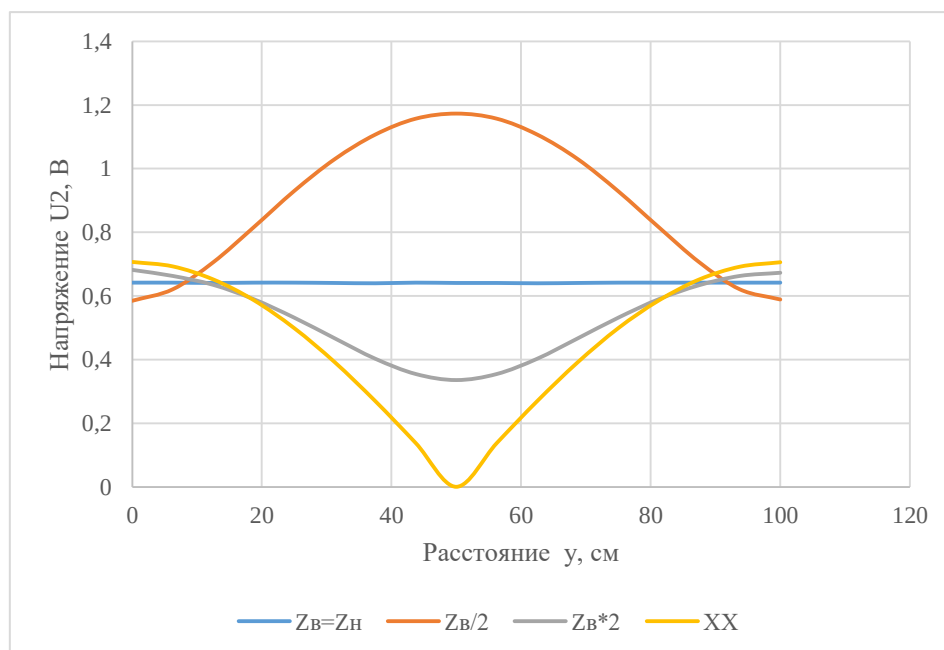


Рис. 4. Зависимость напряжения U_2 от расстояния до конца линии

Проанализируем полученные результаты:

1. График действующего значения напряжения U_2 в режиме холостого хода наглядно иллюстрирует режим стоячих волн в линии без потерь. Как видно из рис. 3 узлы и пучности напряжения неподвижны.

Известно, что для линии без потерь вторичные параметры определяются следующим образом:

$$\gamma = j\beta = j\omega\sqrt{LC}, \alpha = 0; \quad (18)$$

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (19)$$

Коэффициент распространения в этом случае оказывается чисто мнимой величиной. Учитывая, что $\gamma = j\beta$ и $e^{\gamma l} = e^{j\beta l}$, то выражения для сумм напряжений и токов падающей и отраженных волн примут вид

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_l e^{j\beta l} \frac{1+\eta e^{-j2\beta l}}{1+\eta}; \quad (20)$$

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_l}{\underline{Z}_B} e^{j\beta l} \frac{1-\eta e^{-j2\beta l}}{1+\eta}. \quad (21)$$

Характерным для линий без потерь является чисто активное их волновое сопротивление, а фазовая скорость $v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{LC}$ не зависит от частоты тока.

Как известно, в режиме холостого хода на конце нет приемника. Поскольку в самой линии потерь нет, энергия падающей волны при отсутствии приемника на конце израсходована быть не может и полностью возвращается в виде отраженной волны.

В установившемся режиме в линии с разомкнутыми или замкнутыми концами одновременно существуют два равных по значению потока энергии, движущихся во встречных направлениях. Энергия, воспринятая линией от генератора, через время $t = 2l/v$ возвращается обратно в генератор. Распределение напряжения и тока вдоль линии при этом определяется соотношениями (с учетом $\eta = 1$):

$$\dot{U}_x = \dot{U}_l \frac{e^{j\beta(l-x)} + e^{-j\beta(l-x)}}{2} = \dot{U}_l \cos\beta(l-x); \quad (22)$$

$$i_x = j \frac{\dot{U}_l}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin\beta(l-x). \quad (23)$$

Из этих выражений следует, что каждой точке линии соответствуют свои значения $\dot{U}_x$ и i_x . При этом, при одних x они достигают максимума $\dot{U}_l$ и i_l , а при других – нуля. Эти выражения определяют режим стоячих волн в линии. В практике такой режим характерен для радиоантенн.

Со стороны входа линия ведет себя как реактивное сопротивление и значение его определяется как $\dot{U}_0/i_0 = jX_{\text{вх}}$. При холостом ходе

$$\dot{U}_0/i_0 = j \sqrt{L/C} \cdot \operatorname{ctg}\beta l. \quad (24)$$

При $\beta l = \frac{2\pi}{\lambda l} = \pi/2$, что соответствует $l = \lambda/4$ (четвертьволновый отрезок линии), при этом входное сопротивление разомкнутого отрезка линии $l = \lambda/4$ равно нулю: $Z_{\text{вх}} = 0$.

2. В режиме согласованной нагрузки (режим бегущей волны) в линии существует только прямая волна. На Рис. 3 видим, что действующее значение напряжения U_2 практически не меняется [15].

В этом режиме $Z_H = Z_B$, коэффициент отражения $\eta = 0$. В линии нет отраженных волн, поэтому в соотношениях, определяющих связи между напряжениями и токами, пропадают слагаемые, соответствующие этим волнам.

Тогда выражения (20) и (21) примут вид:

$$\begin{aligned} \dot{U}_0 &= \dot{U}_l e^{\gamma l}; \\ i_0 &= i_l e^{\gamma l}. \end{aligned}$$

Входное сопротивление

$$\underline{Z}_{\text{вх}} = \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} = \underline{Z}_B. \quad (25)$$

3. При произвольной нагрузке ($\underline{Z}_B/k$, $\underline{Z}_B \cdot k$) действующее значение напряжения меняется $U_{\min} < U < U_{\max}$.

В этом случае, при $l = \lambda/4$, $\beta l = \frac{2\pi}{2e^{-j2\beta l}} = e^{-j\pi} = -1$.

Тогда выражения (20) и (21) примут вид:

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_l e^{j\frac{\pi}{2} \frac{1-\eta}{1+\eta}}; \quad (26)$$

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_l}{\underline{Z}_B} e^{j\frac{\pi}{2}}. \quad (27)$$

Отсюда входное сопротивление

$$\underline{Z}_{\text{вх}} = \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} = \frac{\underline{Z}_B^2}{R_H}. \quad (28)$$

Таким образом, четвертьволновая линия без потерь может быть использована как трансформатор для согласования сопротивлений.

ВЫВОДЫ

Исследование различных режимов работы линий с распределенными параметрами является одной из важнейших задач развития современных энергетических систем. Подобные исследования могут проводиться в полевых условиях, с применением физического эксперимента или с помощью компьютерного моделирования. В рамках учебного процесса студентов энергетических специальностей транспортных ВУЗов необходимо учитывать применимость того или иного метода. Предлагаемый метод исследования длинной линии с помощью программного продукта Multisim в отличие от первого варианта, который достаточно сложен в реализации и во многих случаях – не выполним, позволяет исследовать длинную линию в разных режимах. В данной статье проведены исследования режимов согласованной и различной активной нагрузки, а также холостой ход; проведен анализ и корреляция с теоретическими выкладками полученных экспериментальных зависимостей действующего напряжения от расстояния до конца линии. Не ограничиваясь данными исследованиями, разработанная модель позволяет выполнить исследования и в других режимах, например, таких как короткое замыкание, реактивная нагрузка и т.д., а также предусмотреть различные влияющие факторы и исследовать переходные процессы. Результаты, изложенные в данной статье, могут быть использованы в учебном процессе студентов для создания на их основе виртуальных лабораторных работ по компьютерному моделированию различных режимов работы однородной длинной линии.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Волощенко П.Ю., Волошенко Ю.П., Мальков С.Б. Моделирование композиции сигналов в одномерной электронной цепи // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – №11 (172). – С. 10–18. [Voloshchenko PYu, Voloshenko YuP, Malkov SB. Modeling of Signal Composition in a One-Dimensional Electronic Circuit. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2015;11(172):10-18. (In Russ.)]. Ссылка активна на 16.06.2022. Доступна по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25607279>
2. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. Моделирование режимов электрических сетей на основе уравнений установившегося режима и теплового баланса // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2020. – №1. – С.66–80. [Balametov AB, Khalilov ED. Modeling of Electric Grid Modes Based on Steady-state Equations and Thermal Balance. *Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*. 2020;1:66-80. (In Russ.)]. doi: 10.21122/1029-7448-2020-63-1-66-80
3. Рахимов О.С., Мирзоев Д.Н. Определение потерь электроэнергии моделированием низковольтных сельских электрических сетей // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – №4. – С. 440–449. [Rakhimov OS, Mirzoev DN. Determination of Electricity Loss by Modeling Low Voltage Rural Electric Networks. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskkiye nauki*. 2020;4:440-449. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42926618>
4. Варганова А.В., Ирихов А.С. Оценка надежности внешнего электроснабжения сетей 6-10 кВ с источниками распределенной генерации // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – №3 (52) . – С.22–27. [Varganova AV, Irikhov AS. Assessment of Reliability of External Power Supply of 6-10 kV Networks with Distributed Generation Sources. *Electrotechnical systems and complexes*. 2021;3(52):22-27. (In Russ.)]. doi: 10.18503/2311-8318-2021-3(52)-22-28
5. Илюшин П.В. Комплексное моделирование электрических режимов в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения предприятий с собственной генерацией // Вестник ИрГТУ. – 2018. – №4 (135) . – С.122–135. [Ilyushin PV. Complex Modeling of Electrical Modes in External and Internal Power Supply Networks of Enterprises with Their Own Generation. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2018;4(135):122-135. (In Russ.)]. doi: 10.21285/1814-3520-2018-4-122-135
6. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебное пособие для вузов. Изд. 10-е, стер. – СПб.; Лань, 2021. – 592 с. [Atabekov GI. Teoreticheskiye osnovy elektrotekhniki. Lineynyye elektricheskkiye tsepi: uchebnoye posobiye dlay vuzov. 10th ed., erase. St. Petersburg: Lan, 2021. 592 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://e.lanbook.com/book/155669>
7. Атабеков Г.И. Основы теории цепей: учебник. Изд. 6-е, стер. – СПб: Лань, 2021. – 424 с. [Atabekov GI. Osnovy teorii tsepey: uchebnik. Ed. 6rd, erase.

- St. Petersburg: Lan, 2021; 424 p. (In Russ.)). Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://e.lanbook.com/book/155668>
8. Ласый П.Г., Мелешко И.Н. Приближенное решение смешанной задачи для телеграфного уравнения с однородными краевыми условиями первого рода с помощью специальных функций // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2021. – №2. – С.152–163. [Lasy PG, Meleshko IN. Approximate Solution of a Mixed Problem for a telegraphic equation with homogeneous boundary conditions of the first kind using Special Functions. *Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*. 2021;2:152-163. (In Russ.)]. doi: 10.21122/1029-7448-2021-64-2-152-163
 9. Шебес М.Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей: учеб. пособ. для электротехн., радиотехн. специальностей вузов. 4-е изд., переб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 544 с. [Shebes MR, Kablukova MV. *Zadachnik po teorii lineynykh elektricheskikh tsepey: ucheb. posob. dlya elektrotekhn.. radiotekhn. spetsialnostey vuzov*. 4th ed., Pereb. and additional. Moscow: Vysh. shk., 1990. 544 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <http://library.tuit.uz/knigiPDF/tex/1-743.pdf>
 10. Белецкий А.Ф. Теория линейных электрических цепей: учебник. – 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 544 с. [Beleczkij A.F.. *Teoriya lineynykh elektricheskikh tsepey: uchebnik*. 3th ed., St. Petersburg: Lan, 2022. 544 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://e.lanbook.com/book/209825>
 11. Козлова Е.А. Задача граничного управления для телеграфного уравнения // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер: Физ.-мат. науки. – 2012. – №2 (27) . – С.174–177. [Kozlova EA. Boudary Control Problem for the Telegraph Equation. *Journal of Samara State Technical University, Ser. Physical and Mathematical Sciences*. 2012;2(27):174-177. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17829832>
 12. Кожанов А.И. Сафиуллова Р.Р. Определение параметров в телеграфном уравнении // Уфимский математический журнал. – 2017. – №1. – С.63–74. [Kozhanov AI, Safiullova RR. *Determination of Parameters in Telegraph Equation. Ufa Mathematical Journal*. 2017;1:63-74. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29009896>
 13. Профессиональная и образовательная среда схемотехнического проектирования [Professionalnaya i obrazovatel'naya sreda skhemotekhnicheskogo proyektirovaniya [Internet] (In Russ.)]. Ссылка активна на: 30.01.2022. Доступно по: <http://russia.ni.com/multisim>
 14. Криворотова В.В. Теория линейных электрических цепей: учеб. пособ. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – 180 с. [Krivorotova VV. *Teoriya lineynykh elektricheskikh tsepey: ucheb.posob*. Irkutsk: IrGUPS, 2017. 180 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://e.lanbook.com/book/134693>
 15. Воронина Е.В., Хлебникова М.В., Хлебникова Н.В. Особенности расчета потерь электроэнергии в кабельных электрических сетях // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 4 (13). – С. 40–45. [Voronina EV, Khlebnikova MV, Khlebnikova NV. Features of calculating electricity losses in cable electric networks. *Young Don Researcher*. 2018;4(13):40-45. (In Russ.)]. Ссылка активна на 19.06.2022. Доступна по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35412234>

Сведения об авторе:

Криворотова Виктория Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент;
eLibrary SPIN: 6566-5620; ORCID: 0000-0003-0801-9112;
E-mail: vvk_xapga@mail.ru

Information about the author:

Victoria V. Krivorotova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 6566-5620; ORCID: 0000-0003-0801-9112;
e-mail: vvk_xapga@mail.ru

Цитировать:

Криворотова В.В. Компьютерное моделирование длинной линии с потерями в установившемся гармоническом режиме при активной нагрузке // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 55–69. doi: 10.17816/transsyst20228255-69

To cite this article:

Krivorotova VV. Computer Simulation of Long Line with Loss in Steady Harmonic Mode at Active Load. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):55-69. doi: 10.17816/transsyst20228255-69

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

УДК [UDK] 656.078.13

DOI 10.17816/transsyst20228270-91

© А.В. Селиванов¹, И.И. Вашлаев², А.Г. Михайлов²

¹Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева

²Институт химии и химической технологии – Обособленное подразделение
ФГБУН Федерального исследовательского центра «Красноярский научный
центр» СО РАН
(Красноярск, Россия)

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В СТРУКТУРЕ КОНСАЛТИНГОВОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Обоснование: Предложена система количественных оценок параметров планирования и регулирования транспортной работы компании по доставке товаров заявленных конечными покупателями. В качестве параметров для оценок общих затрат на выполнение заказов предложены удельные средневзвешенные затраты на доставку товаров до конечных потребителей. Разработана методика текущего выбора маршрутных карт на основе сопоставления альтернативных вариантов доставки грузов смешанными видами транспорта, что способствует получению существенного дополнительного дохода компании и позволяет повысить качество и эффективность принимаемых управленческих решений в области логистического менеджмента процесса доставки товаров предприятия по заказчикам. Приведены методические основы управления технологиями планирования и регулирования параметров транспортной логистики коммерческого предприятия (компании). Даны рекомендации и определены функции по созданию и функционированию консалтингового логистического центра (КЛЦ), который определяет и координирует обязанности всех участников транспортного процесса смешанной доставки грузов с учетом состава транспортных затрат, качества и сроков поставок.

Цель: Уменьшить логистические затраты компании в процессах транспортного обеспечения перевозок грузов с привлечением смешанных видов транспортных средств.

Методы: Достижение цели исследования основано на использовании количественных и качественных методов анализа и синтеза.

Результаты: Разработана методика текущего выбора маршрутных карт на основе сопоставления альтернативных вариантов доставки грузов смешанными видами транспорта. Приведены методические основы управления технологиями планирования и регулирования параметров транспортной логистики коммерческого предприятия. Даны рекомендации и определены функции по созданию и функционированию консалтингового логистического центра (КЛЦ).

Ключевые слова: коммерческое предприятие, компания, складское хозяйство, логистические услуги, затраты, маршрутизация, консалтинговый логистический центр.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport

© A.V. Selivanov¹, I.I. Vashlaev², A.G. Mikhaylov²

¹Sibirian State University of Science and Technology
named after Academician M.F. Reshetnev

²Institute of Chemistry and Chemical Technology Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences separate division of the Federal Research Center
of the National Research Center SB RAS (ICCT SB RAS)
(Krasnoyarsk, Russia)

MANAGEMENT OF TRANSPORT LOGISTICS PARAMETERS IN THE STRUCTURE OF THE LOGISTICS CONSULTING CENTER

Background: A system of quantitative assessments of the parameters for planning and regulating the transport work of the company for the delivery of goods declared by the final buyers is proposed. Specific weighted average costs for delivery of goods to end users have been proposed as parameters for estimating the total costs of fulfilling orders. A methodology for the current selection of roadmaps has been developed based on comparing alternative options for delivery of goods by mixed modes of transport. This helps to generate significant additional income of the company and makes it possible to improve the quality and efficiency of management decisions made in the field of logistics management of the process of delivery of goods of the enterprise to customers. The guidelines for the management of technologies for planning and regulating the parameters of transport logistics of a commercial enterprise (company) are presented. Recommendations are given and functions for creation and operation of the consulting logistics center (CLC) are defined, which determines and coordinates the duties of all participants of the transport process of mixed delivery of goods, taking into account the composition of transport costs, quality and delivery terms.

Aim: To save (reduce, reduce) logistics costs of the company in the processes of transport support of cargo transportation with the involvement of mixed types of vehicles.

Methods: Achieving the goal of the study is based on the use of quantitative and qualitative methods of analysis and synthesis.

Results: A methodology has been developed for the current selection of roadmaps based on the comparison of alternative options for the delivery of goods by mixed modes of transport. The guidelines for the management of technologies for planning and regulating the parameters of transport logistics of a commercial enterprise are given. Recommendations were given and the functions for the creation and operation of a consulting logistics center (CLC) were defined.

Key words: *commercial enterprise, company, warehouse, logistics services, costs, routing, consulting logistics center (CLC)*

ВВЕДЕНИЕ

Статистика мировой коммерческой практики фиксирует долю транспортной логистики в деятельности компаний бизнеса на уровне 69 %, а доля управленческой и комплексной логистики составляет 31 %. В России величина вклада транспортной логистики в деятельность компаний составляет 98 % и только в 2 % оцениваются возможности управленческой логистики по оптимизации логистических процессов и организации комплексной логистики. Это объясняется не только большими расстояниями перевозок грузов, но и отсутствием ситуационного анализа складывающейся оперативной маршрутной сети с возможными экономическими преимуществами альтернативных вариантов перевозок.

Обоснование целей и формирование управленческих решений в области транспортной логистики разнообразны и включают в частности решение задачи распределения общих затрат компании (предприятия) по пунктам развоза до всех конечных потребителей товаров, участвующих в получении заказанных со склада материальных ресурсов. Однако в применяемых решениях не рассматривается задача выбора финального варианта доставки грузов из набора альтернативных. Выше названная задача является существенным резервом повышения экономической эффективности перевозок. Комплексное решение задач логистики видится на базе создания консалтингового логистического центра и максимально использовать интеграционные возможности.

Схематично логистические процессы коммерческого предприятия в цепи поставок товаров, заказанных конечными потребителями, представлены на Рис. 1 с перечнем решаемых задач.

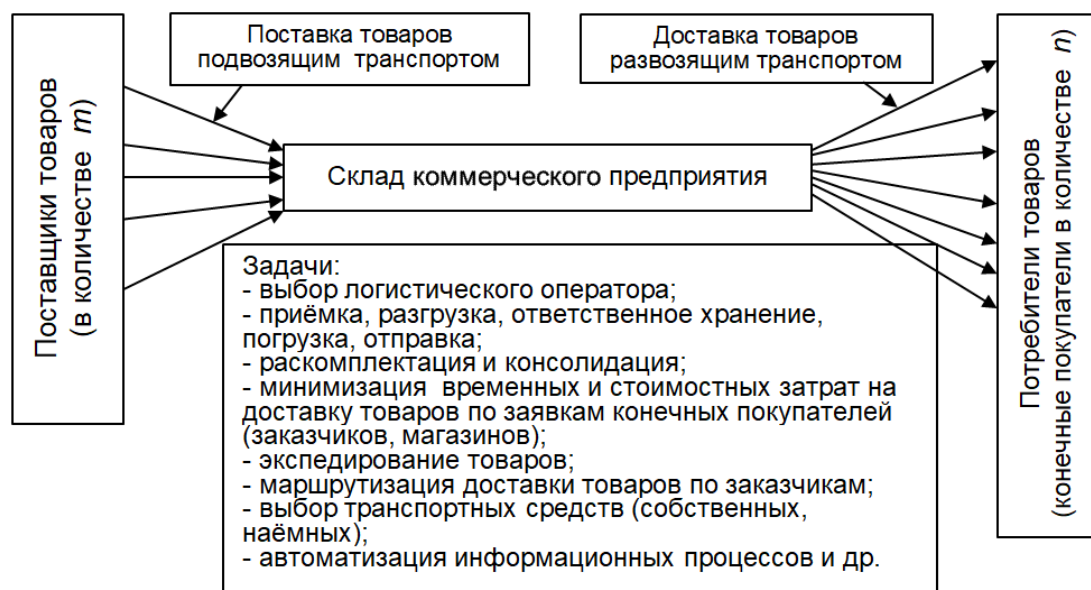


Рис. 1. Схема логистических процессов компании в цепи поставок товаров конечным потребителям

Процесс поставок товаров сопровождается потребностью распределения общих затрат за доставку товаров развозящим транспортом компании до n конечных потребителей (заказчиков, магазинов, см. Рис. 1). Дифференциация общих затрат может производиться с учетом накопленной статистики работы компании и определением некоторого набора удельных затрат.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ ЗАТРАТ НА ОСНОВЕ ДОЛЕВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В расчетах общих затрат за доставку товаров, со склада предприятия до n конечных покупателей (заказчиков, магазинов), можно применять следующее многокомпонентное выражение (1):

$$C_{\text{общ}} = \bar{c}_{\text{т-км}} \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot L_i = \bar{c}_{\text{м}^3\text{-км}} \cdot \sum_{i=1}^n V_i \cdot L_i = \bar{c}_{\text{т}} \cdot \sum_{i=1}^n M_i = \bar{c}_{\text{км}} \cdot \sum_{i=1}^n L_i = \bar{c}_{\text{м}^3} \cdot \sum_{i=1}^n V_i = \bar{c}_{\text{ч}} \cdot \sum_{i=1}^n T_i = \bar{c}_{\text{р}} \cdot \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

где $C_{\text{общ}}$ – общая сумма затрат на выполнение заказов от n конечных покупателей (заказчиков, магазинов) по доставке товаров со склада предприятия за определенный плановый период, р./мес.; $\bar{c}_{\text{т-км}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров до n конечных покупателей, р/т·км; M_i – общая масса товара доставляемого i -му конечному покупателю, т/мес.; L_i – расстояние транспортировки до i -го конечного покупателя, км.; n – общее количество покупателей (заказчиков) за определенный плановый период, единиц/мес.; $\bar{c}_{\text{м}^3\text{-км}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров на м³·км (кубокилометр) до n конечных покупателей, р/м³·км; V_i – объем перевозимого груза за месяц до i -го конечного покупателя, м³/мес.; $\bar{c}_{\text{т}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров массой до n конечных покупателей, р/т; $\bar{c}_{\text{км}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров, (при выполнении заказов для n конечных покупателей), р/км; $\bar{c}_{\text{м}^3}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров (при выполнении заказов для n конечных покупателей), р/м³; $\bar{c}_{\text{ч}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров всех работ, выполненных для n конечных покупателей, р/ч; T_i – общая трудоемкость работ за месяц, выполненных для i -го конечного покупателя в процессе доставки товаров в плановый период, ч/мес.; $\bar{c}_{\text{р}}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров, вывозимых со склада предприятия, при выполнении заказов для n конечных покупателей, р/р; S_i – суммарная стоимость товаров, поступивших на склад компании и доставленных (после комплектации) за месяц i -му конечному покупателю за плановый период, р/мес.

Расчет перечисленных в (1) удельных средневзвешенных затрат ($\bar{c}_{m \cdot км}$, $\bar{c}_{м^3 км}$, $\bar{c}_m$, $\bar{c}_{км}$, $\bar{c}_{м^3}$, $\bar{c}_q$, $\bar{c}_p$) осуществляется по совокупности выражений (2)...(8):

$$\bar{c}_{m \cdot км} = \sum_{i=1}^n c_{m \cdot км i} \cdot M_i \cdot L_i / \sum_{i=1}^n M_i \cdot L_i, \quad (2)$$

$$\bar{c}_{м^3 км} = \sum_{i=1}^n c_{м^3 \cdot км i} \cdot V_i \cdot L_i / \sum_{i=1}^n V_i \cdot L_i, \quad (3)$$

$$\bar{c}_m = \sum_{i=1}^n c_{m i} \cdot M_i / \sum_{i=1}^n M_i, \quad (4)$$

$$\bar{c}_{км} = \sum_{i=1}^n c_{км i} \cdot L_i / \sum_{i=1}^n L_i, \quad (5)$$

$$\bar{c}_{м^3} = \sum_{i=1}^n c_{м^3 i} \cdot V_i / \sum_{i=1}^n V_i, \quad (6)$$

$$\bar{c}_q = \sum_{i=1}^n c_{qi} \cdot T_i / \sum_{i=1}^n T_i, \quad (7)$$

$$\bar{c}_p = \sum_{i=1}^n c_{pi} \cdot S_i / \sum_{i=1}^n S_i, \quad (8)$$

где удельные средневзвешенные затраты ($\bar{c}_{m \cdot км}$, $\bar{c}_{м^3 км}$, $\bar{c}_m$, $\bar{c}_{км}$, $\bar{c}_{м^3}$, $\bar{c}_q$, $\bar{c}_p$) определяются с учетом накопившейся статистики работы компании; $c_{m \cdot км i}$ – удельные средневзвешенные затраты на доставку товаров за месяц до i -го конечного покупателя (заказчика), р/т·км; $c_{м^3 км i}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров до i -го конечного покупателя (заказчика), р/м³·км; $c_{m i}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров до i -го конечного покупателя, р/т; $c_{км i}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров при выполнении заказов до i -го конечного покупателя, р/км; $c_{м^3 i}$ – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров при выполнении заказов до i -го конечного покупателя, р/м³; c_{qi} – удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров до i -го конечного покупателя, р/ч; c_{pi} – средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров, из расчета стоимости товаров, вывозимых (после комплектации) со склада компании до i -го конечного покупателя, р/р.

Причем все удельные средневзвешенные затраты за месяц на доставку товаров до i -го конечного покупателя из перечня ($c_{m \cdot км i}$; $c_{м^3 км i}$; $c_{m i}$; $c_{км i}$; $c_{м^3 i}$; c_{qi} ; c_{pi}) связаны с общей суммой затрат на выполнение заказов по доставке товаров n конечным покупателям за определенный плановый период ($C_{общ}$) по следующим равенствам (9):

$$C_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n c_{\text{ткм}i} \cdot M_i \cdot L_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i} \cdot V_i \cdot L_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{т}i} \cdot M_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{км}i} \cdot L_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{м}^3i} \cdot V_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{ч}i} \cdot T_i = \sum_{i=1}^n c_{\text{р}i} \cdot S_i, \quad (9)$$

Варьируя значениями $C_{\text{общ}}$, а также удельными средневзвешенными затратами ($\bar{c}_{\text{ткм}}$; $\bar{c}_{\text{м}^3 \cdot \text{км}}$; $\bar{c}_{\text{т}}$; $\bar{c}_{\text{км}}$; $\bar{c}_{\text{м}^3}$; $\bar{c}_{\text{ч}}$; $\bar{c}_{\text{р}}$) и совокупностью долей по показателям i -го конечного покупателя (заказчика), в соответствии с выражениями (10)... (16):

$$D_{\text{ткм}i} = M_i \cdot L_i / \sum_{i=1}^n M_i \cdot L_i, \quad (10)$$

$$D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i} = V_i \cdot L_i / \sum_{i=1}^n V_i \cdot L_i, \quad (11)$$

$$D_{\text{т}i} = M_i / \sum_{i=1}^n M_i, \quad (12)$$

$$D_{\text{км}i} = L_i / \sum_{i=1}^n L_i, \quad (13)$$

$$D_{\text{м}^3i} = V_i / \sum_{i=1}^n V_i, \quad (14)$$

$$D_{\text{ч}i} = T_i / \sum_{i=1}^n T_i, \quad (15)$$

$$D_{\text{р}i} = S_i / \sum_{i=1}^n S_i, \quad (16)$$

где доли ($D_{\text{ткм}i}$, $D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i}$, $D_{\text{т}i}$, $D_{\text{км}i}$, $D_{\text{м}^3i}$, $D_{\text{ч}i}$, $D_{\text{р}i}$) соответственно определяются с учетом накопившейся статистики работы компании по i -му конечному покупателю на основе формирования и расчета следующих показателей: тонно-километров (т·км), кубо-километров (м³·км), перевезенных тонн грузов (т), расстоянию перевозки (км), объема перевозимого груза (м³), часов трудоемкости (ч), стоимости перевозимого со складатовара (р). Более рациональным считаем расчеты, произведенные по показателю тонно-километров ($D_{\text{ткм}i}$), а в отдельных случаях кубо-километров ($D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i}$) для i -го конечного покупателя.

Далее можно определить и частные затраты на доставку товаров до i -го конечного покупателя ($Z_{\text{кп}i}$) по следующей совокупности требований (17)...(19):

$$D_i := (D_{\text{ткм}i}; D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i}; D_{\text{т}i}; D_{\text{км}i}; D_{\text{м}^3i}; D_{\text{ч}i}; D_{\text{р}i}), \quad i=1...n, \quad (17)$$

$$Z_{\text{кп}i} = C_{\text{общ}} \cdot D_i, \quad i=1...n, \quad (18)$$

$$D_{\text{ткм}i} = D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i} = D_{\text{т}i} = D_{\text{км}i} = D_{\text{м}^3i} = D_{\text{ч}i} = D_{\text{р}i}, \quad i=1...n, \quad (19)$$

Наличие в расчетах разновидностей долей для i -го конечного покупателя ($D_{\text{ткм}i}$, $D_{\text{м}^3 \cdot \text{км}i}$, $D_{\text{т}i}$, $D_{\text{км}i}$, $D_{\text{м}^3i}$, $D_{\text{ч}i}$, $D_{\text{р}i}$) обусловлено на основе

организованного полного учета коммерческой деятельности компании и чтобы была возможность воспользоваться выражением (18) по которому достаточно выбрать одну из перечисленных долей ($D_{т-км i}, D_{м^3-км i}, D_{т i}, D_{км i}, D_{м^3 i}, D_{ч i}, D_{р i}$) и определить (при выполнении равенств (19)) $Z_{кп i}$

Тогда стоимость доставки товаров со склада предприятия до i -го конечного покупателя (заказчика, магазина), с учетом принятого процента рентабельности (R_i), составит [1]:

$$C_{кп i} = (1 + R_i/100) Z_{кп i}, \quad (20)$$

где $C_{кп i}$ – стоимость доставки товаров со склада предприятия до i -го конечного покупателя за плановый период (неделя, мес.), р/период; R_i – принятый процент рентабельности, %; $Z_{кп i}$ – частные затраты на доставку товаров (от склада) до i -го конечного покупателя (определенные по выражению (18)).

Равенства (19) могут и не выполняться и поэтому получаем и разные значения $Z_{кп i}$ частных затрат (определенных по разным значениям D_i из перечня (17)), что в итоге приводит к неравенству (21), которое можно записать на примере долей $D_{т-км i}$ и $D_{м^3-км i}$:

$$Z_{кп i}(D_{т-км i}) \neq Z_{кп i}(D_{м^3-км i}), \quad (21)$$

где $Z_{кп i}(D_{т-км i})$ или $Z_{кп i}(D_{м^3-км i})$ – затраты на доставку со склада товаров i -му конечному покупателю, определенные по долевым значениям $D_{т-км i}$ или $D_{м^3-км i}$ соответственно (по выражению (18)).

Возникает потребность в расчете усредненного значения затрат на доставку товаров от склада предприятия i -му конечному потребителю, которое предлагается рассчитывать по выражению (22):

$$Z_{кп ср i} = C_{общ} \cdot (D_{т-км i} + D_{м^3-км i} + D_{т i} + D_{км i} + D_{м^3 i} + D_{ч i} + D_{р i}) / 7, \quad (22)$$

где $Z_{кп ср i}$ – усредненное значение затрат на доставку товаров от склада предприятия i -му конечному потребителю. Отметим, что сумма $Z_{кп ср i}$ частных затрат по всем n конечным покупателям совпадает с общими затратами ($C_{общ}$).

МАРШРУТИЗАЦИЯ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СМЕШАННЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Кроме распределения затрат компании рассмотрим задачу маршрутизации, приведенную ранее в перечне (Рис. 1).

В теории логистического менеджмента рекомендуется использовать эффективные методы маршрутизации перевозок грузов [2, 3]. Привлечение методов маршрутизации поможет скоординировать деятельность участников цепи поставок, оптимизировать транспортные потоки с учетом объемов, загруженности магистралей и инфраструктуры, повысить эффективность использования транспортных единиц, а также и эффективность доставки в целом.

Методы маршрутизации перевозок делятся на маршрутизацию мелких партий грузов и консолидированных в отдельные грузовые единицы – контейнеры либо машины [4]. Следует добавить, что применение способов маршрутизации перевозок не обходится без сопровождения современными информационными технологиями, что в итоге позволяет выбирать из большого числа возможных маршрутов наиболее рациональный (финальный) вариант.

Рациональный выбор маршрута, повышающий эффективность работы транспортных единиц и сокращающий стоимость и сроки доставки в условиях конкретной территории, сопряжен с обоснованным подбором транспорта. Различное комбинирование транспортных средств позволяет компенсировать недостатки одного вида транспорта достоинствами другого.

Применение различных видов транспорта в вопросах маршрутизации зависит от ряда факторов:

- географическое расположение производства продукции и конечных потребителей, что определяет объемы и направления транспортных потоков;
- габариты грузовых единиц, определяют тип транспортного средства и частоту рейсов;
- цикличность производства и размер запасов, что определяет сроки доставки по обозначенным маршрутам.
- географическое расположение путей сообщения и объектов инфраструктуры;
- условия работы, сезонность отгрузок и периодичность рейсов;
- пропускная способность путей сообщения и объектов инфраструктуры на маршруте;
- техническое оснащение;
- развитость сервиса по экспедированию грузов [5].

По разным источникам чаще исследователями выделяются шесть основных факторов, влияющих на выбор вида транспортных средств:

- срок доставки;
- частота отправок груза;
- надежность соблюдения графика доставки;
- способность перевозить разные грузы;

- способность доставить груз в любую точку территории;
- стоимость перевозки [6, 7].

Так, например, автомобильный транспорт исследователи чаще рекомендуют использовать на короткие расстояния доставки товара до 150 км, а железнодорожный на длинные – более 150 км.

По статистике, в РФ транспортные расходы составляют до 50 % стоимости перевозимого товара, а на международных перевозках расходы превышают на 9...12 % стоимость перевозимого товара [8, 9]. При выработке стратегий транспортного обслуживания необходимо опираться на анализ грузопотоков в конкретном направлении, способы транспортировки, возможности погрузочно-разгрузочных устройств и транспортных средств.

На практике транспортные услуги, поддерживаются логистическими операторами (провайдерами), разделенными на 5-ть уровней:

1PL – операторы представляют услуги – перевозки, хранения и таможенное оформление;

2PL – экспедиторские и транспортно-экспедиторские компании;

3PL – операторы обеспечивают комплексное решение логистических проблем клиентов (транспортировка, складирование, перегрузка, распределение товаров) и самостоятельно выстраивают для закупки цепочки поставок;

4PL – операторы не только организуют и управляют всей цепочкой движения клиентов, но и предоставляют консультационные услуги по ее оптимизации с учетом долгосрочных стратегических целей обслуживаемой компании;

5PL – операторы (или электронная логистика) используют Интернет как единую виртуальную платформу для решения задач клиентов [10, 11].

Следует отметить, что логистика является важнейшей составляющей в основе производственно-хозяйственной деятельности компаний, так как, в конечном счете, именно от действий службы логистики зависит выполнение услуги по доставки заказчиком, заказанных товаров в необходимых объемах, качестве и с планируемой частотой.

Можно выделить следующие основные параметры транспортных и материальных потоков при выполнении заказов грузополучателей:

- номенклатура, ассортимент и объемы партий;
- габариты (объем, длина, ширина, высота);
- общий вес, в том числе вес упаковки и вес груза;
- свойства (физические и химические) груза;
- свойства и характеристика тары;
- условия транспортировки разных грузов, их хранения и страхования [12].

Необходимая информационная поддержка основных и вспомогательных параметров, сопутствующих транспортным и материальным потокам, основывается на предварительном анализе транспортного рынка, транспортной сети, терминально-складского хозяйства, исследованиях конкретных преимуществ перевозчиков, экспедиторов и посредников. Внедрению информационных технологий в управление транспортными потоками, может способствовать расчет параметров рациональных схем доставки грузов. В основе процесса управления транспортными потоками лежит обработка информации в различных системах.

Информационные потоки формируются с целью полного отражения изменений параметров движения и простоя транспортных средств и являются неотъемлемой частью системы информационной поддержки товародвижения. Применение современных информационных технологий в области маршрутизации и сопровождения транспортных потоков приводит к повышению качества поступившей информации и эффективности функционирования логистической системы компании в целом.

Все потоки в логистической системе взаимосвязаны и в равной степени влияют на эффективность транспортной работы на маршруте. Это обуславливает необходимость комплексного подхода к маршрутизации. Управление транспортными потоками в совокупности с информационными потоками позволяет принимать качественные решения по рациональному выбору маршрута перевозки.

Заметим, что деятельность логистов в работе любой компании сопряжена с процессами управления, экономики, организации, технологии и самой логистики. Поэтому выгодно налаживать постоянное взаимодействие логистического персонала с другими специалистами компании (например, коммерческим директором, плановиками, экономистами, работниками технологической службы, снабженцами, маркетологами, складскими работниками, бухгалтерами, специалистами информационно-аналитического центра и другими). Это помогает преодолеть неопределенность, которая порождается случайными заказами или сбоями у поставщиков.

Для ведения хозяйственной деятельности и достижения своих целей люди вынуждены объединять усилия [13]. Такое объединение усилий специалистов разных подразделений при условии определенной организации производственно-хозяйственной деятельности предприятия в большинстве случаев более продуктивно и требует меньших расходов материальных, энергетических, временных, информационных, финансовых и других ресурсов.

Известно, что создание надежной команды управленцев является первостепенной задачей управления производственно-хозяйственной

деятельностью, включая вопросы логистического менеджмента. Известный менеджер Ли Якокка утверждает, что именно люди прежде всего обеспечивают выполнение всех хозяйственных операций [14]. Для мотивации участников логистической системы предлагается производить расчеты индивидуальных рейтингов персонала предприятия.

ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ

Часто компании преимущественно привлекают автомобильный транспорт и реже рассматривают альтернативные варианты доставки грузов другими видами транспорта и их комбинациями при совместной транспортной работе. На примере предприятия терминально-складского комплекса Красноярской железной дороги (ТСК КЖД), рассмотрим маршруты доставки активированного угля (используется для очистки промышленных и коммунальных стоков) в Норильский промышленный район, представленные на Рис. 2.

Анализ маршрутов компании ТСК КЖД позволил рекомендовать мероприятия в области транспортной логистики этой организации, которые представлены в Табл. 1. Следует учесть, что с марта 2021 года организована добыча угля Сырадасайского месторождения (расположенного в 105 км от нового угольного терминала морского порта Диксон). Этот уголь можно порекомендовать в качестве сырья для производства активированного угля в городе Норильске (взамен поставок из г. Красноярска), для нужд Норильской промышленной зоны, что заметно упростит доставку активированного угля в Норильск и прилегающие объекты этой зоны, сэкономит транспортные затраты на доставку сырья.

Другой пример, основан на результатах выполнения заявок на товары, которые поставляются от склада предприятия ООО «Хозкомплект» (г. Красноярск) по секторам, представленных на Рис. 3 [15]. Анализируя затраты по различным вариантам и возможные комбинации использования видов транспорта, можно установить какой вариант транспортировки сборного груза в объеме 115,38 т/мес., третий сектор (Рис. 3) является наиболее выгодным как для ООО «Хозкомплект», так и для заказчиков. Первый вариант предполагает, что доставка будет выполнена в том случае, когда груз прибудет в порт назначения. Дальнейшая транспортировка товарной партии возлагается на заказчика или выполняется транспортом порта.

Подсчет затрат на доставку товарной партии по 3-му сектору с учетом транспортных тарифов перевозчиков представлен в Табл. 2. По совокупности данных Табл. 2, можно сделать вывод, что наименее затратным видом транспорта при перевозке 115,38 т груза в 3-й сектор составляет речной транспорт – 113,2 тыс. рублей.

Немного дороже обойдется доставка того же объема груза железнодорожным транспортом – 116,8 тыс. рублей. Хотя данные варианты и являются менее затратными, но они предполагают доставку лишь до порта Лесосибирска. Если учитывать смешанную перевозку «до дверей» грузополучателя, то затраты увеличиваются до 185,5 тыс. рублей, но все эти варианты доставки товаров покупателям 3-го сектора оказываются заметно дешевле, по сравнению с только автомобильными перевозками (см. Табл. 2, первые две строки).

Частота перевозок составляет один раз в месяц. Экономия на транспортных расходах на примере ООО «Хозкомплект» составляет 313,2 (498,7 - 185,5) тыс. рублей в месяц (если принимаем смешанный вариант доставки, смотри Табл. 2, строка собственного автотранспорта ООО «Хозкомплект») [15].

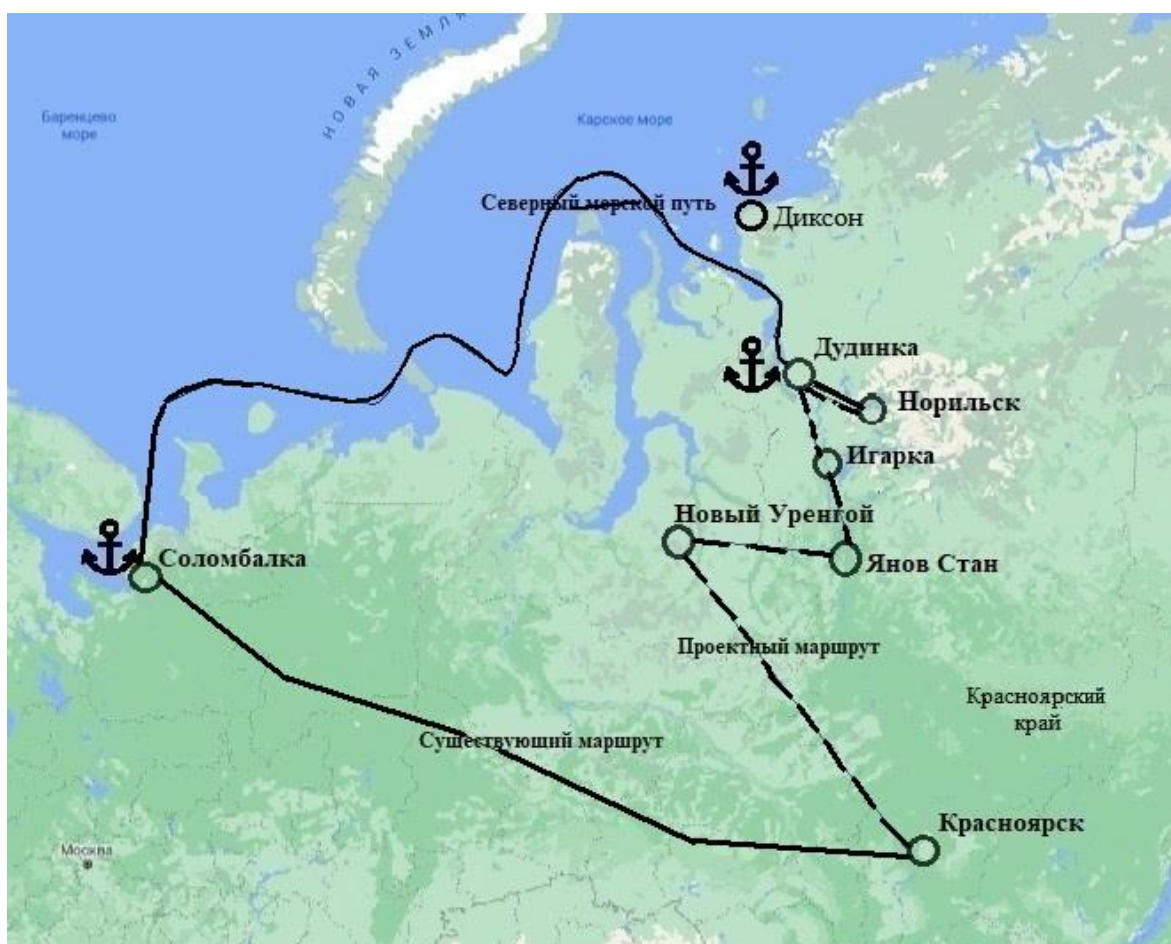


Рис. 2. Карта маршрутов доставки активированного угля
в Норильский промышленный район

Существующие:

станция (ст.) Красноярск – ст. Соломбалка – СМП – порт (п.) Дудинка – Норильск;

Речной:

п. Красноярск – п. Дудинка – Норильск;

Проектный:

ст. Красноярск – ст. Новый Уренгой – Янов Стан – Игарка – Дудинка – Норильск

Таблица 1. Сопоставление логистических мероприятий ТСК КЖД, улучшающих ее экономическое положение

Фактически используемые маршруты и мероприятия	Предлагаемые маршруты и мероприятия	Ожидаемый результат
ст. Красноярск – ст. Соломбалка – П (м) – СМП – п. Дудинка – П (ж/д) – ст. Норильск – П (а/м) – грузополучатель (ж/д; морской; а/м)	ст. Бородино – ст. Красноярск – ст. Новый Уренгой – Янов Стан – Ермаково – Карасино – Игарка – Плахино – Усть-Хантайка – Потапово – Никольск – ст. Дудинка – ст. Норильск – П (а/м) грузополучатель (ж/д; а/м)	В два раза сокращается срок доставки активированного угля заказчику
п. Красноярск – п. Дудинка – П (а/м; ж/д) – Норильск (речной; ж/д; а/м)	Параллельная перевозка по ж/д маршрутам	Стабилизация объемов поставок, создание страхового запаса активированного угля
Отсутствие взаимодействия между участниками перевозочного процесса	Формирование логистического центра	Дополнительный доход ТСК КЖД, снижение транспортных расходов грузополучателей

Принятые сокращения: ст.- станция; П (м) - перегрузка в морской транспорт; северный морской путь (СМП); П (а/м; ж/д) - перегрузка в автомобильный или железнодорожный транспорт, соответственно; п.- порт.



Рис. 3. Основные шесть секторов поставки товарной продукции предприятия ООО «Хозкомплект»

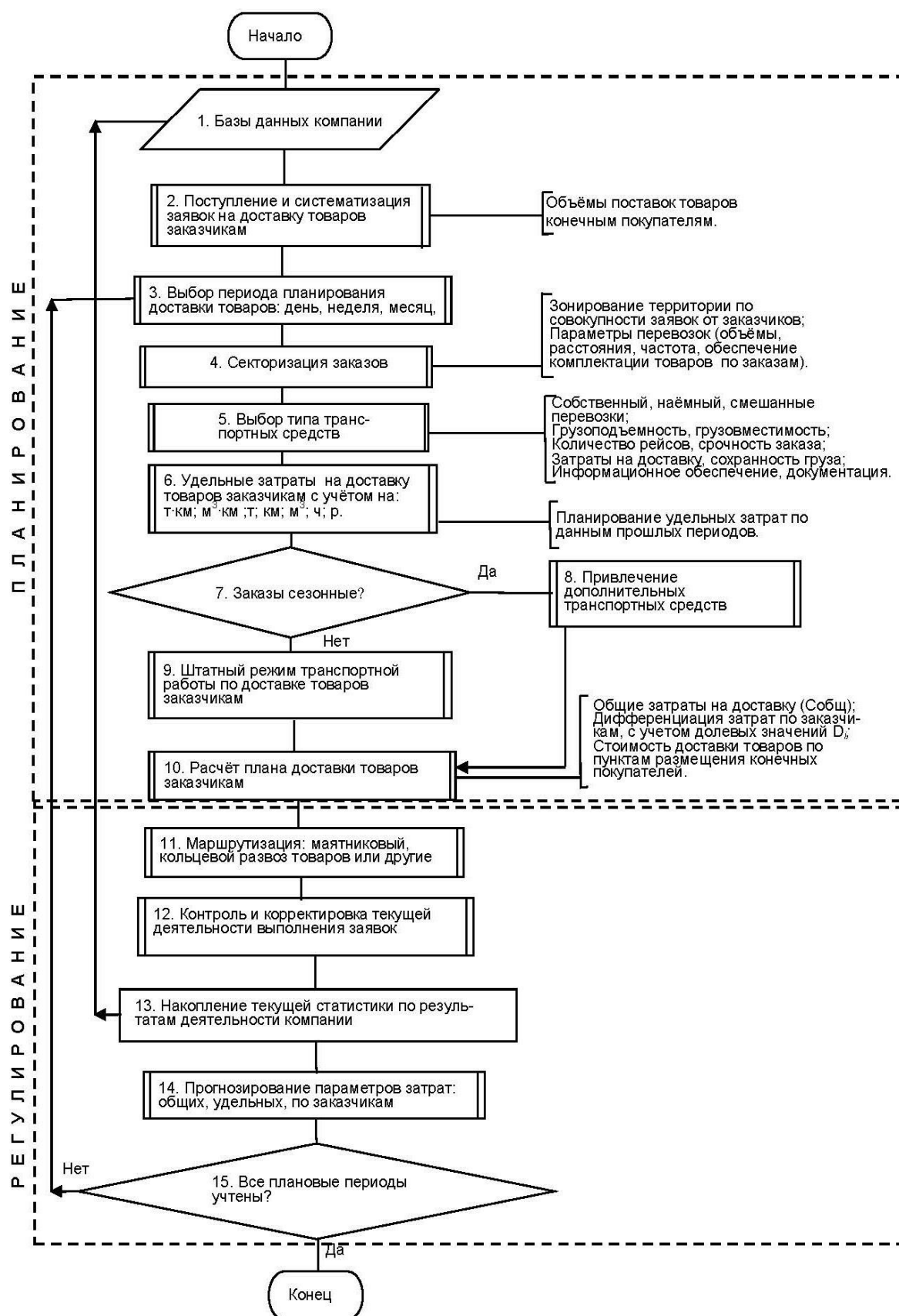


Рис. 4. Структурно-логическая блок-схема планирования и регулирования транспортной работы компании по доставке товаров заявленных конечными

Таблица 2. Транспортные затраты по всем вариантам доставки товаров в 3-й сектор

Вид транспортного средства		Суммарные затраты, тыс. р.	Расстояние, км	Среднее время рейса, ч.	Удельные затраты		
					р/км	р/ч	р/т
Автомобильный	наемный	1595,8	1621	11,7	984,45	136393	13831
	собственный	498,7	1621	11,7	307,65	42623,9	4322,2
Железнодорожный		116,8	450	25,33	259,56	4611,1	1012,3
Речной		113,2	383,4	28,16	295,25	4019,9	981,1
Смешанный	железнодорожный с автомобильным	185,5	731	27,93	253,76	6641,6	1607,7
	речной с автомобильным	185,5	654,4	29,6	283,5	6266,9	1607,7

Планирование и регулирование маршрутов, а также расчет индивидуальных затрат доставки товаров по заказчикам компании предлагается выполнять поэтапно, что закреплено структурно-логической блок-схемой и в формализованном виде представлено на Рис. 4.

На первом этапе структурно – логической схемы (Рис. 4) предусматривается организация сбора данных, необходимых и достаточных сведений о параметрах товарного потока от склада предприятия до конечных покупателей.

На втором этапе – производится упорядочение, систематизация накопленных данных по заявкам на доставку товаров до заказчиков (конечных покупателей).

На третьем этапе – годичный период планирования объемов доставки товаров разбивается на менее короткие периоды: день, неделя, месяц со сводом данных в нарастающем итоге до года (Рис. 4).

На четвертом этапе определяются границы зон (секторов) компактного размещения заказчиков на территории, что осуществляется по данным поступивших заявок с учетом параметров перевозок (объемов, расстояний, частот, объемов распределения (комплектации) товаров по заказам).

На пятом этапе производится выбор типа транспортных средств на основе экономичности выполнения заказов собственным или наемным автотранспортом, привлекаемых к перевозкам товаров при выполнении требований по грузоподъемности и грузовместимости, количеству рейсов, срочности заказов, сохранности груза, а также дается оценка возможности использования смешанных перевозок с налаживанием информационного обеспечения перевозок.

На шестом этапе рассчитываются определенный набор удельных затрат на доставку товаров заказчикам по следующему перечню: т·км; м³·км; т; км; м³; ч; р. Планирование удельных затрат производится по

данным прошлых периодов, где средневзвешенные затраты определяются с учетом накопившейся статистики работы компании. Расчет перечисленных средневзвешенных затрат осуществляется по совокупности выражений (2) – (8), которые периодически пересчитываются по мере обновления периода планирования.

На седьмом этапе устанавливается относиться ли текущий плановый период к сезонному периоду и надо ли увеличивать количество рейсов, что связано с возможным привлечением дополнительных транспортных средств (этап 8, Рис. 4) Или количество рейсов увеличивать не требуется и реализуется штатный режим транспортной работы (этап 9, Рис. 4) по доставке товаров заказчиком.

На десятом этапе производится расчет плана доставки товаров заказчиком. На этом шаге определяем грузооборот, количество привлекаемых транспортных средств, общие и индивидуальные затраты (по заказчиком, с учетом долевых значений D_i (по выражениям (10) – (16), а также условиям их применения по выражениям (19) или (21)) на доставку, стоимости доставки товаров по пунктам размещения конечных покупателей с накоплением в нарастающем итоге.

На одиннадцатом этапе выполняются процедуры по маршрутизации транспортной работы с учетом решений по секторизации заказов (этап 4, Рис. 4) и выбора маятникового или кольцевого варианта развоза товаров, смешанной перевозки или других схем доставки товаров до заказчиков с учетом времени доставки и полноты использования транспортных мощностей задействованных транспортных средств [2, 16].

На двенадцатом этапе предусматривается ведение диспетчеризации процессов транспортных работ с контролем и корректировкой текущей деятельности выполнения заявок заказчиков по мере необходимости.

На тринадцатом этапе накапливается текущая статистика по результатам (первых двенадцати этапов) деятельности компании, а также осуществляется передача и пополнение базы данных компании (этап 1, Рис. 4) для обработки обновленных информационных массивов в последующих плановых периодах.

На четырнадцатом этапе, по данным предыдущих тринадцати этапов, осуществляется прогнозирование параметров затрат: общих, удельных, по заказчиком с целью обеспечения опережающего планирования общих и индивидуальных затрат компании по доставке товаров потенциальным заказчиком. Что необходимо для регулирования (по мере накопления текущих данных (этап 13, Рис. 4)) удельных затрат на доставку товаров заказчиком, полученных на шестом этапе.

На заключительном пятнадцатом этапе производится проверка, все ли плановые периоды учтены? Устанавливается, сколько плановых периодов года уже учтены (в нарастающем итоге от первого), если не все, то цикл расчета повторяется для нового планового периода и завершается,

когда выполнен перебор всех периодов текущего планового года. Запуск поэтапной работы схемы (Рис. 4) повторяется уже для нового планового года. Совокупность этапов с 1-го по 10-й объединяются в функцию «планирования», а этапы с 11-го по 15-й – «регулирования».

Следует отметить, что точность расчетов удельных затрат за доставку товаров заказчикам (этап 6, Рис. 4) зависит от налаженной системы учета данных перевозочной работы компании, подключением возможностей системы ArcGIS и спутниковой системы ГЛОНАСС для контроля работы транспорта [17]. Благодаря интеграции ArcGIS и ГЛОНАСС будет возможность следить за перемещением автотранспорта и решать задачи транспортной логистики в автоматизированном режиме.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСАЛТИНГОВОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

По результатам исследования – рекомендуется создание консалтингового логистического центра (КЛЦ), который мог бы определять и координировать обязанности всех участников транспортного процесса смешанной доставки грузов с учетом состава транспортных затрат, качества и сроков поставок. Это связано с тем, что персоналом компании комплексную задачу планирования и выбора варианта смешанной доставки грузов в полном объеме не решить. Успешный зарубежный и отечественный опыт показывает, что для минимизации транспортных затрат и повышения конкурентоспособности компании выгоднее использовать смешанные перевозки. В связи с этим, для управления потоковыми процессами компании, целесообразно привлекать *специализированное структурное подразделение*. Таким внешним подразделением может стать КЛЦ, который мог бы определять и координировать обязанности всех участников транспортного процесса смешанной доставки грузов с учетом состава транспортных затрат, качества и сроков поставок. КЛЦ должен являться инструментом управления транспортной логистикой компании, который способствует определению рациональных путей своевременной доставки груза к месту назначения (конечному пользователю) при обязательном сокращении расходов связанных с транспортными работами или временем доставки. КЛЦ реализует роль информационно-аналитического центра как подразделения, непосредственно включенного в логистический процесс управления цепями поставок товаров.

Партнерами КЛЦ могут являться транспортные организации, грузовые терминалы, страховые компании, подразделения министерства транспорта (соответствующей территории), исследовательские организации (например, университеты) и иные поставщики сопутствующих, транспортной логистики компании, услуг.

Основные функции КЛЦ, рекомендуется объединять в три составляющих блока:

- организационный;
- моделирования альтернативных вариантов поставок;
- учета и контроля.

В первый блок функций КЛЦ должно входить обеспечение и организация участников и посредников логистической цепочки, для которых организуются процедуры заключения договорных отношений с клиентами на доставку груза и осуществление сопутствующих операций, которые связаны с грузоперевозкой, обеспечением информационного взаимодействия между всеми участниками логистической цепочки поставок грузов конечному потребителю (грузополучателю).

Второй блок функций включает формирование и анализ альтернативных вариантов поставок, учитывающих смоделированные цепочки поставок с подключением к перевозкам грузов смешанных видов транспорта, с выбором потенциальных поставщиков и учетом возникающих условий выполнения заказов. Исследуемые транспортные схемы поставок должна отвечать требованиям грузополучателей и соответствовать реально существующему маршруту.

Третий блок функций включает в себя в первую очередь, организацию непосредственного учета и контроля логистических цепей, транспортных и иных операций возникающих в процессе следования груза. Также оперативный анализ нарушений согласованного графика перевозки грузов и выработку – совместно с поставщиками услуг предложений по ликвидации или минимизации последствий сбоя деятельности в логистической цепочки поставок.

Одной из важнейших целей КЛЦ является получение выгоды от коммерческой деятельности за счет организации и разработки наиболее оптимальных транспортных схем грузовых перевозок всеми видами транспорта на территории региона. КЛЦ, основываясь на организации единого технологического и информационного процесса, обеспечивает интеграцию процессов на всех видах транспортных средств, привлекаемых к перевозкам грузов и оказания сопутствующих услуг [18].

ВЫВОДЫ

В представленной статье разработана система количественных оценок параметров планирования и регулирования транспортной работы компании по доставке товаров заявленных конечными покупателями, которая базируется на удельных средневзвешенных затратах. Разработана методика текущего выбора маршрутных карт на основе сопоставления альтернативных вариантов доставки грузов смешанными видами транспорта, что способствует получению существенного дополнительного

дохода компании и позволяет повысить качество и эффективность принимаемых управленческих решений в области логистического менеджмента процесса доставки товаров предприятия по заказчикам. Приведены методические основы управления технологиями планирования и регулирования параметров транспортной логистики коммерческого предприятия (компании). Даны рекомендации и определены функции по созданию и функционированию консалтингового логистического центра (КЛЦ), который определяет и координирует обязанности всех участников транспортного процесса смешанной доставки грузов с учетом состава транспортных затрат, качества и сроков поставок, а также обосновывает преимущества финального варианта доставки грузов из набора альтернативных. Предлагаемые решения способствуют получению дополнительного дохода предприятия и позволяют повысить качество и эффективность принимаемых управленческих решений в области логистического менеджмента процесса доставки товаров компании.

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. Экономика предприятия: учеб. для вузов/под ред. В. Я. Горфинкеля. 5-ое изд. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2008. – 767 с. [*Ekonomika predpriyatiya: ucheb. dlya vuzov/pod red. Gorfinkelya VYa. 5th izd. Moscow: YUNITI-DANA, 2008. 767 p. (In Russ.)*]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://institutiones.com/download/books/1313-ekonomika-predpriyatiya.html>
2. *Linux Routing* (1st Edition) by Dee Ann Leblanc, Joe "Zonker" Brockmeier, Ronald W. Mccarty Paperback, 328 Pages, Published 2001 by Macmillan Technical Pub ISBN-13: 978-1-57870-267-1, ISBN: 1-57870-267-4. [cited 2022 Jun 14]. Available from: https://www.goodreads.com/book/show/109342.Linux_Routing
3. *Cisco Router Configuration* (2nd Edition) by Allan Leinwand, Bruce Pinsky Hardcover Published in 2000 ISBN-10: 1-57870-241-0/1578702410 ISBN-13: 978-1-57870-241-1/9781578702411. pp. 360. [cited 2022 Jun 14]. Available from: <https://www.amazon.com/Cisco-Router-Configuration-Allan-Leinwand/dp/1578702410>
4. Дроздов П.А. Распределительные центры в цепях поставок // Логистические системы и процессы в современных экономических условиях: материалы Международной заочной научно-практической конференции (1–15 ноября 2013 г.): сборник статей. Министерство образования Республики Беларусь. – Минск: Национальная библиотека Беларуси, 2013. – С. 55–67. [Drozdov PA. Raspredelitel'nye centry v cepyah postavok. *Logisticheskie sistemy i processy v sovremennyh ekonomicheskikh usloviyah*: materialy Mezhdunarodnoj zaочноj nauchno-prakticheskoy konferencii (1–15 noyabrya 2013 g.): sbornik statej. Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus'. Minsk: Nacional'naya biblioteka Belarusi; 2013. pp. 55-67. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/102376?mode=full>

5. Прокофьева Т.А., Лопаткин О.М. Экономические предпосылки создания интегрированных транспортно-распределительных систем // Бюллетень транспортной информации. – 2003. – № 2. – С. 55–57. [Prokof'eva TA, Lopatkin OM. Ekonomicheskie predposylki sozdaniya integrirovannyh transportno-raspre-delitel'nyh sistem. *Byulleten' transportnoj informacii*. 2003;(2):55-57. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <http://natrans.ru/art-list.asp?issuenum=23>
6. Геронимус Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте: учебник. 2-е изд., перераб. и допол. – М.: Транспорт, 2007. – 172 с. [Geronimus BL. *Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii na avtomobil'nom transporte*: uchebnik. 2nd izd., pererab. i dopol Moscow: Transport; 2007. 172 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: https://www.studmed.ru/geronimus-bl-emm-v-planirovanii-na-avtomobilnom-transporte_1b5089d4785.html
7. Тяпухин А.П. Логистика: учеб. для бакалавров. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 568 с. [Tyapuhin AP. *Logistika*: ucheb. dlya bakalavrov. 2nd izd. pererab. i dop. Moscow: Izd-vo YUrait; 2013. 568 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: https://mx3.urait.ru/uploads/pdf_review/E368AB40-E7A4-4B3D-B692-ACB1F9D72181.pdf
8. Внедрение сбалансированной системы показателей / Horvath & Partners; Пер. с нем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 478 с. [Vnedrenie sbalansirovannoj sistemy pokazatelej. Horvath & Partners. Moscow: Al'pina Biznes Buks; 2004. 478 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <http://ml.mii-ief.ru/Методическая%20литература%20кафедры%20Экономика%20труда%20и%20управление%20человеческими%20ресурсами/Horvath%20%20Partners%20-%20ВНЕДРЕНИЕ%20СБАЛАНСИРОВАННОЙ%20СИСТЕМЫ%20ПОКАЗАТЕЛЕЙ.pdf>
9. Шах А.Д., Погостин С.З., Альман П.А. Организация, планирование и управление предприятием химической промышленности: учебник / Под ред. Н.П. Федоренко. 3-е издан. – М.: Высш. школа, 1981. – 432 с. [Shah AD, Pogostin SZ, Al'man PA. *Organizaciya, planirovanie i upravlenie predpriyatiem himicheskoy promyshlennosti*: uchebnik. Edd. Fedorenko NP. 3rd izdan. Moscow: Izd-vo Vyssh; Shkola. 1981. 432 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001063711>
10. Дыбская В.В., Сергеев В.И. Логистика: учебник. – М.: Эксмо, 2011. 944 с. [Dybskaya VV, Zajceva EN, Sergeev VI i dr. *Logistika*: uchebnik. Moscow: Izd-vo Eksmo; 2011. 944 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://static.my-shop.ru/product/pdf/236/2358353.pdf>
11. Кизим А.А. Основы предпринимательской логистики: учеб. пособ. – Краснодар: КубГУ, 2014. – 134 с. [Kizim AA. *Osnovy predprinimatel'skoj logistiki*: ucheb. posob. Krasnodar: Izd-vo KubGU, 2014. 134 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002394203>
12. Афанасенко И.Д., Борисова В.В. О законах и категориях экономической логистики // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIII Междунар. науч. практ. конф. – СПб: ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2014. – С. 386. [Afanasenko ID, Borisova VV. O zakonah i kategoriyah ekonomicheskoy logistiki. *Logistika: sovremennyye tendencii razvitiya*: materialy XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. St. Petersburg: Izd-vo GUMRF imeni admirala Makarova SO; 2014. 386 p. (In Russ.)].
13. Афанасьев А.Г. Человек: общество, управление, информация. Опыт системного подхода. – М.: Книжный дом «Либроком», 2013. – 208 с. [Afanas'ev AG. *Chelovek*:

- obshchestvo, upravlenie, informaciya. Opyt sistemnogo podhoda*. Moscow: Izd-vo Knizhnyj dom "Librokom", 2013. 208 p. (In Russ.)). Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://bookmix.ru/book.phtml?id=2186963>
14. Iacocca LA, Novak W. *Iacocca: An Autobiography*. Mass Market Paperback, 365 p. [cited 2022 Jun 14]. Available from: <https://www.amazon.com/Iacocca-Autobiography-Lee/dp/0553251473>
 15. Селиванов А.В., Коваленко И.А. Построение подсистемы управления транспортной логистикой распределительного склада // Перспективные тренды развития науки: менеджмент: глава в коллективной монографии. – Одесса: Изд-во КУПРИЕНКО СВ, 2016. – С. 114–136. [Selivanov AV, Kovalenko IA. Postroenie podsistemy upravleniya transportnoj logistikoj raspredelitel'nogo sklada. *Perspektivnye trendy razvitiya nauki: menedzhment: glava v kollektivnoj monografii*. Odessa: Izd-vo KUPRIENKO SV; 2016. pp. 114-136. ISBN 978-966-2769-90-6. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27216468>
 16. Синица Л.М. Организация производства: учебник для вузов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С. 347–348. [Sinica LM. *Organizaciya proizvodstva: uchebnik dlya vuzov*. Minsk: Izd-vo IVC Minfina; 2008. pp. 347-348. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://booksee.org/book/595517>
 17. Что такое ArcGIS? [Электронный ресурс]: ArcGIS Resources. [Что такое ArcGIS? [Internet]: ArcGIS Resources. (In Russ.)]. Ссылка активна на 14.06.2022. Доступно по: <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
 18. Yang L, Li H, James F. Improving Order Fulfillment Performance through Integrated Inventory Management in a Multi-Item Finished Goods System. *Journal of Business Logistics*, 2020;41(1):54-66. doi: 10.1111/jbl.12227

Сведения об авторах:

Селиванов Анатолий Васильевич, кандидат технических наук, доцент;
eLibrary AuthorID: 68090; ORCID: 0000-0003-2103-3621; Scopus ID: 56653556000
E-mail: imanselivan@gmail.com

Вашлаев Иван Иванович, кандидат технических наук, с.н.с.;
eLibrary SPIN: 5046-3886; ORCID: 0000-0001-7174-040X; Scopus ID: 6508270604
E-mail: vash49@gmail.com

Михайлов Александр Геннадьевич, доктор технических наук, с.н.с.;
eLibrary AuthorID: 66903; ORCID: 0000-0001-5537-7479; Scopus ID: 8838711200
E-mail: alemikhal@gmail.com

Information about the authors:

Anatoliy V. Selivanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
eLibrary AuthorID: 68090; ORCID: 0000-0003-2103-3621; Scopus ID: 56653556000
E-mail: imanselivan@gmail.com

Ivan I. Vashlaev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
eLibrary SPIN: 5046-3886; ORCID: 0000-0001-7174-040X; Scopus ID: 6508270604
E-mail: vash49@gmail.com

Aleksandr G. Mikhaylov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher;
eLibrary AuthorID: 66903; ORCID: 0000-0001-5537-7479; Scopus ID: 8838711200
E-mail: alemikhal@gmail.com

Цитировать:

Селиванов А.В., Вашлаев И.И., Михайлов А.Г. Управление параметрами транспортной логистики в структуре консалтингового логистического центра // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 70–91. doi: 10.17816/transsyst202282070-91

To cite this article:

Selivanov AV, Vashlaev II, Mikhaylov AG. Management of transport logistics parameters in the structure of the logistics consulting center. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):70-91. doi: 10.17816/transsyst20228270-91

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 316.46; 656

DOI 10.17816/transsyst20228292-111

© Н.А. Журавлева

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

ТРАНСФОРМАЦИОННОЕ ЛИДЕРСТВО И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Обоснование: Тема устойчивого развития (ESG), заявленная ООН в 2015 году и утвержденная Постановлением Правительства РФ в 2020 году переживает непростые времена: те драйверы и стимулы, которые двигали национальные экономики к росту, претерпевают существенные изменения. В ситуации, когда многие инфраструктурные организации ушли или временно отказались от сотрудничества с российскими компаниями, возникает вопрос, как восполнить этот пробел, чтобы компании, решившие продолжать свое движение в повестке ESG, могли иметь соответствующую инфраструктуру и поддержку.

Цель: обоснование научной гипотезы влияния трансформационного лидерства на активность процессов устойчивого развития (ESG) и разработка инструментария оценки данного влияния на эффективность операционных и бизнес-моделей транспортных организаций.

Методы: методология работы основана на развитии теории трансформационного лидерства как нового вида эффективной управленческой деятельности, концепции эволюции цифровых платформ и экосистем.

Результаты: подтверждены положения научной гипотезы о влиянии инструментов трансформационного лидерства на эффективность операционных и бизнес-моделей транспортных организаций, реализующих проекты устойчивого развития и становление нового вида управленческой деятельности. Доказано, что действующие метрики транзакционного лидерства (KPI и управление по отклонениям) перестают работать в нынешних условиях. Разработана модель количественной оценки соответствия влияния трансформационного лидерства на цели устойчивого развития транспортных компаний.

Заключение: Обосновано, что трансформационное лидерство, обеспечивающее принцип единства, межсекторальности и ресурсосбережения становится новым видом управленческой деятельности, обеспечивающей рост долгосрочной доходности от социальных и «зеленых инвестиций». Систематизированы проекты устойчивого развития российских транспортных компаний, обоснован вывод о преимущественной эффективности инвестирования в долгосрочные проекты развития над проектами, обеспечивающими краткосрочное получение прибыли.

Ключевые слова: трансформационное лидерство, устойчивое развитие, «зеленый» рост, бизнес-модель.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© N.A. Zhuravleva

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

TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RUSSIAN TRANSPORT SYSTEMS

Background: The Sustainable Development (ESG) issue, declared by the UN in 2015 and approved by the Russian Government in 2020, is going through challenging times: the drivers and incentives that have been driving national economies to growth are undergoing significant change. In a situation where many infrastructure organisations have left or temporarily withdrawn from cooperation with Russian companies, the question arises as to how to fill this gap so that companies choosing to continue their movement in the ESG agenda can have the appropriate infrastructure and support.

Aim: The scientific hypothesis of the influence of transformational leadership on the activity of sustainable development processes (ESG) and the development of tools to assess this influence on the effectiveness of transport organisations' operational and business models.

Methods: The methodology of the work is based on the development of the theory of transformational leadership as a new type of effective management activity, the concept of evolution of digital platforms and ecosystems.

Results: The positions of the scientific hypothesis on the impact of transformational leadership tools on the efficiency of operational and business models of transport organisations implementing sustainable development projects and the establishment of a new type of management activity have been confirmed. It has been proved that the existing transactional leadership metrics (KPIs and deviation management) cease to work in the current environment. A model has been developed to quantify the appropriateness of the impact of transformational leadership on sustainable development goals of transport companies.

Conclusion: It has been substantiated that transformational leadership that ensures the principle of unity, intersectorality and resource conservation becomes a new type of management activity that ensures growth of long-term returns from social and 'green investments'. Sustainable development projects of Russian transport companies have been systematised and the conclusion about the superiority of investing in long-term development projects over projects that ensure short-term profit generation has been substantiated.

Key words: transformational leadership, sustainable development, green growth, business model.

ВВЕДЕНИЕ

Беспрецедентные санкции, введенные с целью сдерживания российской экономики, формируют фундаментальные изменения экономических, социальных и управленческих процессов. Это новый вызов и новая глава в развитии российского общества, открывшая возможность быстрого слияния физического, цифрового и биологического

миров и технологий способами, которые создают как перспективы, так и опасности. Скорость, широта и глубина этих изменений заставляют переосмысливать не только тактические, но и стратегические планы развития страны. Государственные компании, частный бизнес должны в кратчайшее время сформировать новые модели создания ценности. Это, прежде всего задача для транспортно-логистического бизнеса, оказавшегося в разрушенных цепочках поставок. Следует понимать, что неустойчивость современной финансово-экономической системы ставит и перед мировым сообществом с особой остротой задачу поиска альтернативной модели достижения экономического роста, понимая, что на первый план выходят проблемы экономической, социальной и экологической безопасности.

Сейчас нужно избегать двух крайностей. С одной стороны, не нужно перечеркивать все, что уже сделано. С другой — не стоит делать вид, что ничего не происходит и декларировать, что все будет продолжаться так же, как и раньше. Это задача всего профессионального сообщества. Современный этап развития экономической науки требует переосмысления основных понятий всех, происходящих в мире трансформаций, через призму как научно-технических изменений, так и изменений, связанных с поведением людей, новых типов конкуренции, данных, инновациях и ценностях.

Особо важную тенденцию приобретает развитие трансформационного лидерства, используемого в качестве инструмента развития бизнеса и общества, распространилось во многих сферах деятельности ведущих мировых стран, включая неправительственные организации.

При этом, трансформационное лидерство в современном деловом мире позиционирует себя как новый вид управленческой деятельности, сместивший управленческую парадигму с отличного выполнения задания к лидерству, или правильному выбору того, что нужно делать.

Мы видим, что существенно меняется структура современных товарных рынков, гравитация межотраслевых балансов стран и территорий. Большинство технологий, управленческих решений, которые были востребованы еще недавно, сегодня никому не интересны. Меняются области знаний и компетенций персонала. Возникает трансформационное лидерство, как ответ на стремительные изменения общества, экономики и политики. Оно предлагает инструментарий продвижения изменений, ведущих к социально-ориентированному, справедливому «зеленому» обществу, благодаря чему способствует созданию новых технологий, инноваций и, своего рода, социального прогресса. Именно поэтому каждая отрасль в наше время требует в первую очередь грамотного лидерства, а уж потом управления.

Общество находится в состоянии дискретного перехода к конструированию современной экономической системы, в которой присутствует целостность и непротиворечивость всех составляющих ее процессов. Последнее обеспечивается равновесным состоянием социальных, экономических и экологических элементов системы, имеющих непосредственное отношение к инновационному формату глобального развития человечества, а именно создания новых условий существования в сохраненной техносфере, нравственном потреблении и распределении ресурсов. Эта парадигма много раз озвучена политиками, государственными деятелями и учеными. При этом позиция бизнеса, поведение на финансовых рынках и рынках капитала многих стран, не достаточно однозначна.

Под воздействием всех приведенных обстоятельств, происходят существенные изменения мировых транспортных систем. Во-первых, активизация строительства и запуска высокоскоростных дорог на принципиально новых «зеленых» технологиях, материалах и энергии. Во-вторых, включение транспортных систем в проекты устойчивого развития, как существенной части, обеспечивающей развитие новых товарных рынков и роста мобильности общества. В-третьих, проектируемые транспортные системы в мире стремятся к соответствию новой модели потребления.

Транспортная система переходит в формат экологичной (безопасной), социальной (высокомобильной) и экономической системы ESG. При этом, E-фактор учитывает сокращение компанией выбросов CO₂, объем потребления водных ресурсов и земель, а также внедрение переработки отходов. Фактор социальных критериев (S-фактор), отражает уровень соблюдения прав человека, обеспечения безопасности на рабочем месте и защиты информации клиентов, наличие программ обучения. Парадигма корпоративного управления (G-фактор) основана на независимости и эффективности управления, прозрачности и качестве финансовой отчетности, а также раскрытии нефинансовой информации компании.

Целью данного исследования является разработка и апробация научной гипотезы, определяющей роль трансформационного лидерства в активизации процессов устойчивого развития, прежде всего, устойчивого развития. Научная гипотеза подлежит количественной оценке данного влияния на эффективность операционных и бизнес-моделей российских транспортных организаций.

Объектом исследования являются крупнейшие транспортные компании в четырех сегментах перевозок: железнодорожных, городских рельсовых пассажирских перевозок, автомобильных и морских.

Предметом исследования является методология развития трансформационного лидерства в новом экономическом укладе, методы и модели оценки его влияния на эффективность проектов устойчивого развития транспортных организаций.

НАУЧНАЯ ГИПОТЕЗА

Существует некоторая (но ограниченная) поддержка влияния трансформационного лидерства на устойчивое развитие (ESG). Так, множество современных теорий менеджмента, с точки зрения стиля и методов управления, основываются на понимании «лидерства» [1]. Наиболее часто рассматриваются следующие виды лидеров: авторитарный, демократический, попустительский, транзакционный и трансформационный. Системная теория лидерства, исследуя множество вариантов поведения лидеров, является базовой в понимании эволюции данного понятия [2]. В нашем исследовании мы опираемся на понятие трансформационного лидерства, как наиболее соответствующего новому экономическому укладу [3–5]. При этом, мы понимаем, что предшествующая ему модель транзакционного лидерства, когда цели и задачи бизнеса predetermined, а лидер использует вознаграждение и наказание для мотивации всего персонала компании, в ряде случаев становится неэффективной. Мы исследовали, влияние KPI на эффективность бизнес-моделей крупнейших российских транспортно-логистических компаний и пришли к выводу о том, что должны быть другие метрики командной и личной эффективности.

В этой связи, на основе положений ситуационной теории лидерства (Situational Leadership), а именно, исследования зависимости стиля лидерства от ситуации в коллективе и четкой ориентации лидера на решение задачи, мы установили положительное влияние ситуационного лидерства (от разработки монофункциональных продуктов или сервисов, удовлетворяющих определенную потребность) на рост ценности самого товара или услуги [6–8].

Третий шаг нашего исследования опирался на современную интерпретацию системной теории лидерства [2]. В рамках данной теории лидерство и лидер рассматриваются с точки зрения групповой динамики. Группа рассматривается как система, лидерство – организация отношений в группе, лидер – субъект управления этим процессом. Мы применили эти положения к концепции эволюции цифровых платформ и экосистем, которая сегодня максимально отражает уровень развития объекта нашего исследования – транспортно-логистических систем [9]. Внедрение цифровых технологий в цепочки поставок товаров и услуг реализует требование общества и экономики в росте мобильности, или скорости,

гибкости, возможности сжатия пространства. При этом, порог между реальностью и виртуальностью теряет ясные очертания. Сегодня большинство сервисов может существовать в формате цифровых продуктов, а их набор образует целую экосистему.

Цифровизация воплощает модель развития сознания. В ее процессах отражаются наше мышление и способ взаимодействия с миром. Разработчики цифровых систем повторяют путь развития человеческого разума — от адаптивности к креативности. Это, по своей сути и является трансформационным лидерством – это тип лидерства, который становится причиной трансформации (изменения) в подчиненных, что ведет к пониманию изменений в бизнесе. Наши выводы подтверждает следующая логика развития теории трансформационного лидерства.

Как известно, впервые термин «трансформационное лидерство» был введен Дж. В. Доунтоном (1973). Однако свою разработку данное понятие получило уже у Джеймса МакГрегора Бернса, в его книге «Лидерство» 1978 года [5, 10]. Он расширил данное понятие, отойдя от простой трактовки трансформационного лидерства как набора определенных личностных качеств к процессу, в котором лидер и последователь, взаимодействуя определенным образом, поднимают друг друга на более высокий уровень мотивации и личностного, нравственного развития. В нашем исследовании это важное понимание, того как лидерство может способствовать реализации целей устойчивого развития, зеленого роста, обосновывает положение о том, что деятельность транспортно-логистических организаций в рамках концепции ESG (Environmental, Social, Governance), и соответствия принципам ответственного инвестирования (PRI – Principles for Responsible Investment) способствует росту проектов развития транспортной инфраструктуры и улучшению бизнес-моделей транспортных организаций [11].

Задачи трансформационного лидерства в обеспечении устойчивого развития и зеленого роста чрезвычайно важны, поскольку они повышают осведомленность персонала компании о важности и ценности намеченных результатов и способах их достижения и, в свою очередь, мотивируют их выходить за пределы своих непосредственных эгоистических интересов ради миссии и видения организации, ее включенности в устойчивое развитие общества. Харизматические и вдохновляющие качества наблюдаются на всех уровнях управления организациями [12].

Трансформационное лидерство реализует индивидуальный подход к выстраиванию командной работы, что чрезвычайно важно в условиях пандемии Covid-19, когда бизнес перешел на работу «гибридных команд», т.е. частично в режиме on-line, частично в off-line [13, 14]. Индивидуализация работы с персоналом мы рассматриваем как метод своевременной передачи информации подчиненным. Он обеспечивает

постоянное наблюдение и обратную связь и, что, возможно, более важно, связывает текущие потребности человека с миссией организации и повышает эти потребности, когда это уместно.

Важнейшим компонентом трансформационного лидерства является интеллектуальное стимулирование (Intellectual stimulation) [15, 16]. Интеллектуально стимулирующий лидер пробуждает в подчиненных осознание проблем, осознание собственных мыслей, а также признание их убеждений и ценностей. Именно через интеллектуальное стимулирование подчиненных исследуются новые методы исполнения миссии организации. Следуя этому утверждению, мы разработали методологию оценки влияния трансформационного лидерства на трансформацию транспортно-логистических систем в экономике зеленого роста в условиях глобальной дестабилизации экономики.

Каждый частный вопрос бизнеса и общества как выжить и устойчиво реализоваться в нестабильном мире имеет обобщенный абстрактный или демаркационный ответ. Этот ответ требует оценки процессов дестабилизации в контексте ассиметричной конкуренции бизнес-моделей организаций, следующих тенденции устойчивого развития [17, 18]. Для достоверности исследования мы опираемся на положения теории дестабилизации, которая отличает обычную конкуренцию от дестабилизации, процесс оценки потенциально дестабилизирующих угроз, а также методологию, позволяющую сформировать методы противостояния дестабилизации с учетом устойчивого развития организаций на базе «зеленых» технологий.

Мы опирались на два подхода методологического исследования: конкретно-научный и технологический. Именно эти два уровня методологии нашего исследования представляют особый интерес для описания влияния трансформационного лидерства на цифровые технологические изменения, которые являются по сути комплексом теоретических и экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных для успешной реализации зеленых бизнес-моделей транспортных организаций.

Концепция устойчивого развития, влияя на сознание производителя и потребителя, прежде всего, существенно изменяет взгляды на ценность для потребителя (Environmental, Social, Governance), предлагает новые методы создания добавочной стоимости. Более того, чтобы методологически достоверно описать влияние трансформационного лидерства на устойчивое развитие бизнес-моделей организаций, нужно оценивать бизнес через призму нового качества ценности услуги или продукта, а также, почему цифровые технологии, нематериальные активы (данные) и клиентские сети так важны в данном контексте.

Конкретно-научная методология позволила обобщить признаки влияния трансформационного лидерства на поведение экономических агентов, которое используется в выработке социальной, экономической и экологической политике [19]. По сути «экономика спроса» и «экономика предложения» трансформируются в новую цифровую сущность, меняющую как поведение потребителя и производителя, так и научный аппарат, описывающий данные процессы. Прежде всего, цифровая трансформация затрагивает фундаментальные ограничения в каждой из сфер, в которых действует бизнес-стратегия, предлагая новые методы соединения с потребителями и новые методы создания добавочной стоимости и конкуренции, где возрастает роль трансформационного лидера.

Анализируя информацию о следовании транспортно-логистических систем требованиям устойчивого развития, мы применяли логико-концептуальный подход к выявлению взаимосвязи между трансформационным лидерством и устойчивым ростом организаций. Математические вычисления позволили оценить принципиальные изменения в цепочках поставок товаров и услуг, связанных с ростом значимости категории времени, или появление понятия «мобильности цепей поставок [20].

Теория ресурсов, процедур и ценностей объясняет, почему утвердившиеся на рынке перевозок транспортные компании с таким трудом осваивают «подрывные» зеленые технологии [21, 22].

Именно ресурсы (то, что сегодня находится в распоряжении транспортных компаний, прежде всего энергия, обеспечивающая движение), процедуры (сложившиеся схемы работы компании), и ценности (то, к чему компания стремится) в общем определяют преимущества, недостатки, а также «слепые зоны» ее стратегического развития. Компания может успешно воспользоваться прорывными технологиями «зелеными» только тогда, когда у нее имеются необходимые ресурсы (например, источники и генерация магнитолевитационной энергии), когда процедуры способствуют, а не препятствуют необходимым действиям; и когда корпоративные ценности позволяют сделать перспективный проект приоритетным.

Используя теорию рационального поведения можно утверждать, что в нынешней ситуации модель поведения человека смещается к максимизации полезности (в том числе неизвестных ранее ценностях) в условиях ограниченности ресурсов. Это значит, что выбор товара или услуги, обусловлен исключительно его ценностью, (полезностью) и становится чисто «экономическим выбором». Так, пассажиры, стремятся обеспечить монетизацию своей мобильности, транспортные компании оптимизировать расходы и удержаться в своем рыночном сегменте,

государство преследует разнообразные, часто противоречивые цели, связанные с обеспечением стабильности, эффективностью экономики, социально-экономического равенства членов общества и др. Как очевидно, рациональность поведения приведет к изменению ценности транспортной услуги: очевидны примеры нарушения рациональности поведения в период изоляции и неопределенности выхода из нее, что направило внимание на поиск оценки новых психологических факторов, изменяющих поведение потребителей транспортных услуг и транспортных организаций [23, 24].

ДАННЫЕ

Исследованы базовые документы, определяющие цели устойчивого развития (ЦУР), в частности, концепция устойчивого развития, принятая ООН в 2015 году, Резолюция ООН, данные Международного энергетического агентства (International Energy Agency). Проанализированы документы, подтверждающие национальную адаптацию ЦУР в России, на базе чего сформирована таблица, показывающая соотношение ЦУР и национальных целей, проектов и государственных программ «зеленого» развития транспортной отрасли. Данные сгруппированы в Табл. 1 [25–27].

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что «зеленые» инфраструктурные (транспортные) проекты запускаются в ответ на многочисленные экологические проблемы. При этом они могут решать и другие – социальные и экономические задачи. Это задача всего профессионального сообщества. Одним из главных вызовов для «ESG» стратегий – восполнение инфраструктуры устойчивого развития, причем в такой форме, чтобы это не было чем-то абсолютно доморощенным, что потом нужно будет долго переводить на международные языки. Но при этом было бы национальным и могло вести достаточно автономное существование.

Проанализированы текущие и планируемые расходы России на экологию в разрезе госпрограммы «Охрана окружающей среды», в 2015–2024 гг., показатели национальных проектов: «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры», «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и «Цифровая экономика Российской Федерации» [30–34]. Мы подтверждаем тенденцию существенного роста объемов бюджетных средств по данным программам.

Использованы данные о мировом рынке зеленого финансирования, и выяснили, что в его структуре наибольшую долю составляют зеленые облигации (green bonds). В обосновании нашей гипотезы мы опирались на данные группы Всемирного банка о зеленых облигациях, поскольку

российские транспортные компании (в частности, ОАО «Российские железные дороги») используют именно этот инструмент в развитии проектов железнодорожной инфраструктуры. Зеленые бонды выпущены под новые и существующие транспортные проекты, которые соответствуют Принципам зеленых облигаций (GBP) Международной ассоциации рынков капитала (ICMA – International Capital Market Association).

Таблица 1. Параметры соответствия стратегии развития транспортных организаций РФ целям устойчивого роста

Цели устойчивого развития	Национальные цели	Национальные проекты	Государственные программы
Стойкая инфраструктура, всеохватная и устойчивая индустриализация и инновации	- Ускорение технологического развития. - Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий - Вхождение страны в топ-5 крупнейших экономик мира	- «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры» - «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и - «Международная кооперация и экспорт»	- «Развитие транспортной системы» - «Научно-технологическое развитие»
Переход к рациональным моделям потребления и производства	- Ускорение технологического развития. - Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий. - Вхождение страны в топ-5 крупнейших экономик мира	- «Охрана окружающей среды» - «Экономическое развитие и инновационная экономика» - «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» - «Воспроизводство и использование природных ресурсов»	- Экология
Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизации работы механизмов глобального партнерства	Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий	- «Цифровая экономика» - «Международная кооперация и экспорт»	- Экономическое развитие и инновационная экономика» - «Развитие внешнеэкономической деятельности» - «Научно-технологическое развитие РФ»

Источник: составлено автором по данным [28, 29].

Исследуя прогнозные данные Global Infrastructure Hub [35] на ближайшее десятилетие, мы оценили рост мировых потребностей в финансировании инфраструктуры для поддержания устойчивого развития к 2030 году в размере около 0,3 % мирового ВВП. Данные агентства PwC указывают на то, что объем капитала ответственного инвестирования прирастал на треть каждые два года с 2014 по 2018 год, а на начало 2021

года около половины от всех управляемых активов в Европе относят к активам ответственного инвестирования [36].

По данным исследования Группы Всемирного банка 2018 года в отношении перехода России на наилучшие доступные технологии в рамках «экологизации» и «декарбонизации» экономики потребуется финансирование в размере около 4–8 трлн руб. из которых 13 % на городской и магистральный транспорт.

Для нашего исследования важным является вывод аналитиков Всемирного банка о том, что переход к зеленой экономике в России возможен через развитие «зеленых» государственных закупок, особенно с учетом того, что государство как заказчик – значимый сегмент потребления в стране с рынком, составляющим порядка трети ВВП. Это подтверждает нашу гипотезу о том, что в России трансформационное лидерство органов государственной власти будет определяющим в зеленом росте.

Для эмпирической оценки полученных научных результатов, мы исследовали открытую информацию 4 российских транспортных компаний в отношении обнаружения признаков трансформационного лидерства и определения их весового значения в принятии решений устойчивого развития. Выборка определена значимостью данных организаций на рынке транспортных услуг:

ОАО «Российские железные дороги (ОАО «РЖД») – компании, владеющей всей железнодорожной инфраструктурой общего пользования, железнодорожным подвижным составом, являющейся крупнейшим оператором пассажирских и грузовых перевозок.

Транспортной концессионной компании – лидера «зеленых» проектов в сегменте городских рельсовых пассажирских перевозок, соответствующих ISMA;

Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (Автодор), имеющей в доверительном управлении 3771 км протяженности автодорог;

Морского порта Усть-Луга, крупнейшего универсального порта на Балтике, второго по величине в России и пятого в Европе.

В анализе отсутствуют данные по компаниям авиационных перевозок.

МЕТОДЫ

Используя метод группировки данных, полученных в результате анализа публичных выступлений менеджеров высшего уровня (самооценка и оценка со стороны коллег, руководства, подчиненных) 4-х транспортных компаний, на основании чего сформировали шкалу основных признаков

транзакционного и трансформационного лидерства. Мы использовали методику анкетирования многофакторного лидерства (Multifactor Leadership Questionnaire MLQ) [37]. При этом, актуализировали вопросы, в частности:

- использует менеджмент компании индивидуальный подход, или лидерство путем развития людей в направлении концепции устойчивого роста? (Превращать последователей в лидеров преобразований. Генерация принципиально новых идей и решений)

- очевидна ли политика компании по интеллектуальной стимуляции, или лидерство путем стимулирования мышления людей: экология, социальная ответственность, ответственное управление. (достижение консенсуса с работниками относительно ценностей организации)?

- осуществляется реальная мотивация, или лидерство путем воодушевления людей на разработку и реализацию проектов устойчивого развития? (Апелляция к таким ценностям, как социальная ответственность, экологическая безопасность и финансовая ответственность).

- насколько харизматичен лидер (высшее руководство) компании? Лидер жертвует своими эгоистическими интересами, старается быть образцом для подражания: социальная ответственность, экологическое поведение.

Каждому ответу присваивалось значение веса показателя, соответствующего оценочной шкале. Итоговая оценка использовалась в корреляционном анализе обоснования гипотезы: а) зависимости наличия и увеличения проектов «зеленого» роста от очевидных признаков трансформационного лидерства в компании; б) зависимости роста эффективности бизнес-моделей организаций от «зеленых» транспортных проектов.

Применялись методы математического описания ценности транспортной услуги (скорость перевозки, развитие транспортных сетей и наличие набора необходимых цифровых сервисов), формируемой под воздействием интеллектуального стимулирования трансформационного лидерства, что позволило сформировать набор показателей устойчивого развития и «зеленого» роста, применительно ко всем видам транспорта: эффект роста доходности «зеленых» проектов (Е-фактор), обусловленного «зелеными инвестициями», увеличением плотности сети (S-фактор) и скоростью перемещения или сжатием пространства, определяемого (G-фактор).

На их основе возможна генерация комплексного показателя – единица ценности влияния трансформационного лидерства на проекты «зеленого роста».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Приведенные ниже результаты исследования подтверждают основные положения нашей научной гипотезы:

– Эффективность применения инструментов транзакционного лидерства, прежде всего, на базе показателей КРІ и управления по отклонениям достигла своего предела. Действующие метрики не отвечают требованиям устойчивого развития и «зеленого» роста.

– Инструменты трансформационного лидерства влияют на эффективность операционных и бизнес-моделей транспортных организаций, реализующих проекты «зеленого» роста.

Ниже приведена последовательность доказательных действий в подтверждении данных положений научной гипотезы.

1. На основе проведенного опроса разработана аналитическая шкала соответствия показателей трансформационного лидерства ведущих компаний основных секторов транспортного рынка России (Табл. 2).

Таблица 2. Аналитическая шкала соответствия показателей трансформационного лидерства ведущих компаний основных секторов транспортного рынка России.

Компания	Оценка показателей транзакционного лидерства КРІ/управление по отклонениям	Оценка показателей трансформационного лидерства				Совокупный вес оценки IS+IC+IM+I I
		IS	IC	IM	II	
ОАО «РЖД»	5	5	3	4	2	14
Транспортная концессионная Компания	4	5	4	5	5	19
«Российские автомобильные дороги» (Автодор)	5	3	2	2	2	9
Морской порт Усть-Луга	5	3	2	2	3	10

Условные обозначения:

IS –Интеллектуальное стимулирование (intellectual stimulation);

IC – Индивидуальное рассмотрение (individualized consideration);

IM - Вдохновляющая мотивация (inspirational motivation);

II – Идеализированное влияние (idealized influence).

Весовые оценки:

2 - Нисколько

3 - Иногда

4 - Довольно часто

5 - Часто, если не всегда

В настоящее время, организации максимально используют показатели транзакционного лидерства (KPI и управление по отклонениям), при этом, отмечается низкая полезность данных показателей. Более того, в крупнейших транспортных компаниях затраты на периодические расчеты и формирования данных показателей в сложных иерархических структурах с пересекающимися бизнес-процессами, превышают эффект от их применения.

Анализ совокупных весов оценки показателей трансформационного лидерства в российских транспортных компаниях, позволяет сделать вывод о наличии и развитии его процессов в следующей последовательности:

1-й шаг (от 0 до 10): осознание потребности организации в изменениях, связанных с ростом конкуренции на рынках перевозок, снижением эффективности существующих бизнес-моделей и достижения предельного уровня производительности труда при сохранении действующих технологий в цепочках поставок.

2-й шаг (от 10 до 15): создание нового видения устойчивого развития и, прежде всего, «зеленого» роста. Видение не является плодом усилий одного лидера, а формируется в результате командного обсуждения и принятия решений во время срока разработки и реализации проекта.

3-й шаг (свыше 15): институционализация изменений. Предполагает изменения организации бизнес-процессов, проектных команд, операционных и финансовых моделей бизнеса организации.

Как видно из таблицы, трансформационное лидерство, ориентированное на устойчивое развитие, в российских транспортных организациях только начинает свое развитие. Поэтому чрезвычайно важно показать зависимость эффективности проектов устойчивого развития от понимания и становления трансформационного лидерства.

2. Выполнена оценка соответствия влияния трансформационного лидерства на трансформацию транспортных компаний в направлении «зеленого роста» и целей устойчивого развития (Табл. 3).

В таблице использованы следующие обозначения:

а) проекты компании (Транспортная концессионная компания) направлены на доступность публичного транспорта населения агломерации, увеличивают удобства пользователей городским транспортом, способствуют сокращению выбросов CO₂ при использовании личным транспортом.

б) проекты компании ОАО «РЖД» предполагают строительство новых железнодорожных линий, реализуют программы снижения воздействия на окружающую среду; электрификацию участков пути для снижения выбросов парниковых газов; строительство очистных сооружений для снижения выбросов загрязняющих веществ.

с) планы компании «Автодор» направлены на использование альтернативных низкоуглеродных видов транспорта; насколько экологична строящаяся автодорожная инфраструктура.

d) проекты внедрения отдельных технологий цифровой мобильности, увеличивающие объемы пассажирских перевозок и цепочки поставок грузов, чтобы сократить наиболее длинные и влекущие загрязнение воздуха поездки.

e) Планируемые инвестиции развития морского порта Усть-Луга смещаются с укрупнения инфраструктуры в «возобновляемую» инфраструктуру, а успешные терминалы порта будут распознаваться в первую очередь по высокой степени использования «зеленых» технологий («подключенных» устройств, оптимизации маршрутов, энергоэффективности, обнаружение и исправление неисправностей).

f) проекты, увеличивающие пространственную и техническую возможности обустройства удаленных рабочих мест для работы большего числа «гибридных» команд, работающих в on-line, чтобы снизить необходимость в поездках на работу.

Таблица 3. Оценка влияния трансформационного лидерства на трансформацию транспортных компаний в направлении «зеленого роста» и целей устойчивого развития.

Компании	Реализуемые проекты «зеленого» роста	Планируемые проекты (инвестиции) устойчивого развития	Влияние трансформационного лидерства проекты «зеленого» роста ¹ (средняя корреляция r)	Влияние «зеленых» транспортных проектов на эффективность бизнес-моделей (IRR проекта) ²
ОАО «РЖД»	b) d) f)		=.77	2.2 – 7.25%%
Транспортная концессионная компания	a) d) f)		=.83	10-12%%
Российские автомобильные дороги (Автодор)		c) d) f)	=.24	Реализованных проектов нет
Морской порт Усть-Луга		e) f)	=.15	Реализованных проектов нет

Источник: составлено автором по данным [29, 38, 39].

¹ Рассчитана с учетом значений весов шкалы соответствия показателей трансформационного лидерства в компании, наличия действующих «зеленых» проектов (финансируемых за счет Green Bond), соответствия зеленых выпусков стандартам ICMA.

² Рассчитана по информации о внутренней доходности проекта (Internal Rate of Return – IRR) и величине купона Green Bond

Результаты показывают, что показатели трансформационного лидерства высоко коррелируют между проектами «зеленого» роста и ростом проектной эффективности компаний, которые стратегически нацелены и реализуют экологические программы развития своего бизнеса. Эти стратегии обеспечивают компаниям, перестраивающим свои бизнес-модели под требования устойчивого развития, рост конкурентоспособности и эффективности. В отношении морских портов оценить экономический эффект от инвестиций в "зеленые" технологии в конкретных цифрах крайне сложно и чаще всего можно видеть только опосредованные результаты. Например, система автоматизированного управления портами и терминалами Solvo.TOS позволяет снизить эксплуатационные расходы грузового терминала на 5-35 %. Разброс достаточно велик для прогноза отдачи от вложений. Однако при этом система как минимум позволяет повысить уровень сервиса, предоставляемый клиентам терминала, что является одним из показателей его устойчивого развития. Таким же образом, сложно оценить фрагменты проектов Автодора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная гипотеза, приведенная в данном исследовании, подтверждает прямое влияние трансформационного лидерства на активизацию процессов устойчивого развития, прежде всего, «зеленого» роста. Приведенные нами доказательства свидетельствуют о влиянии данных процессов на рост эффективности операционных и бизнес-моделей российских транспортных компаний.

Интеллектуальное стимулирование, как важнейший признак трансформационного лидерства, формирует новой «цифровой» подход к проектам развития транспортной инфраструктуры, цепочек поставок и мобильности населения, что отражается на «зеленом» росте национальной экономики.

Также, анализ показал, что вдохновляющая мотивация трансформационного лидера способна активизировать сложнейшие процессы «зеленого» роста в таких сложных системах, как железнодорожные перевозки. Концепция устойчивого роста и экологические цели ОАО «РЖД» в рамках Долгосрочной программы развития до 2025 г. подтверждает данный вывод.

Публичные выступления руководителей и специалистов крупнейших российских транспортных компаний свидетельствуют о том, что идеализированное влияние и индивидуализация принятия решений, присущие трансформационному лидерству поддерживаются выбором людей и отражают взгляды общества, которое готово платить 15–30 %

премии за продукты и сервисы, произведенные с учетом ESG, а 80 % миллениалов предпочитают работать в компаниях с сильными практиками в области устойчивого развития.

В ситуации, в которой оказались российские предприятия, для некоторых из них значимость материальной повестки сжалась. Они не могут сейчас идти на экспорт, они приостановили программы с новыми продуктами, есть определенные послабления в экологических требованиях. В этом смысле, правительство должно оставить материальные стимулы, побуждающие компании к устойчивому развитию, в частности, «зеленые инвестиции» на инфраструктурные проекты: на это есть серьезный, глубокий, не формальный спрос.

СЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ

Расширяя данное исследование, можно рассчитывать индексы влияния трансформационного лидерства на эффективность мобильности цепочек поставок. Математически они отражают средневзвешенную сумму трех субиндексов: влияние «зеленых» транспортных проектов на общество (мобильность), экологию и способность бизнеса к инновационному росту (эффективность).

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Northouse PG. *Leadership: Theory and Practice*. Eighth Edition. Western Michigan University. Thousand Oaks: SAGE Publications; 2018. p. 729. ISBN: 9781506362311
2. Ahmed T. All about leadership theories [Internet]. 2021. [cited 22 Nov 2021] Available from: <https://blog.vantagecircle.com/leadershiptheories>
3. Bass BM, Avolio BJ, Atwater L. The transformational and transactional leadership of men and women. *Applied Psychology: An International Review*. 1996;45:5-34. doi: 10.1111/j.1464-0597.1996.tb00847.x
4. Bass BM, Riggio RE. *Transformational Leadership*. 2nd ed. Mahwah, New Jersey; UK: Lawrence Erlbaum Associates Publishers; 2006. p. 263. ISBN: 0-8058-4761-8
5. Burns JM. *Leadership*. New York: Harper and Row Publishers Inc. Hardcover; HarpersCollins; 1978. ISBN: 978-0060105884
6. Fiedler FE, Garcia JE. *New Approaches to Leadership, Cognitive Resources and Organizational Performance*. New York; USA: John Wiley and Sons Inc; 1987. 240 p. ISBN: 0471874566
7. Blanchard KH, Zigarmi P, Zigarmi D. *Leadership and the One Minute Manager: Increasing Effectiveness through Situational Leadership*. New York (US): William Morrow & Co; 1985. 111 p. ISBN: 0688039693
8. Blanchard KH, Johnson SMD. *The New One Minute Manager*. India: HarperCollins; 2016. 85 p. ISBN: 8172234996

9. Indeed Editorial Team. Data Leadership: A Definitive Guide [Internet]. November 25, 2021. [cited 2021 Des 01]. Available from: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/data-leadership?from=careeradvice-US>
10. Goethals GR, Sorenson GJ, Burns JMG. *Encyclopedia of Leadership*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications; 2004. p. 1558. ISBN: 9781452265308. [cited 2022 May 11]. Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002458411>
11. *A Legal Framework for the Integration of Environmental, Social and Governance Issues into Institutional Investment*. Produced for the Asset Management Working Group of the UNEP Finance Initiative. UK: Freshfields Bruckhaus Deringer; 2005. 154. p. [cited 2022 May 11]. Available from: https://www.unh.edu/sites/www.unh.edu/files/departments/discovery_program/PDF/freshfields_legal_resp_20051123_full_report.pdf
12. Odumeru JA, Ogbonna IG. Transformational vs. transactional leadership theories: Evidence in literature. *International Review of Management and Business Research*. 2013;2:355-361. [cited 2022 May 11]. Available from: <https://www.irmbrjournal.com/papers/1371451049.pdf>
13. Ishkov D. Hybrid theory: how combining the real with the digital changes the format of work. [Internet]. [cited 12 Feb 2021] Available from: <https://incruussia.ru/specials/hybridtheory/>
14. Stamford C. Gartner survey finds 1-in-5 workers consider themselves digital technology experts since COVID-19. Reliance on digital collaboration tools and IT self-service requirements changed workers' relationships to technology. [Internet]. April 26, 2021. [cited 22 Nov 2021] Available from: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-04-26-gartner-survey-finds-1-in-5-workers-consider-themselves-digitaltechnology-experts-since-covid-19>
15. Dilts RB, DeLozier J, Dilts DB. NLP II: The Next Generation. California (US): Meta Publications; 2010. p. 432. ISBN 10: 0916990497; Reprinted by Dilts Strategy Group, Scotts Valley, CA, 2018.
16. Dilts RB, Gilligan S. Generative Coaching Vol. 1: The Journey of Creative and Sustainable Change. Santa Cruz, CA: International Association for Generative Change; 2021. p. 236. ISBN: 0578896966
17. Schumpeter JA. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. London (UK): Harvard Economic Studies; 1934. p. 255. ISBN: 9780674879904
18. Christensen CM. The innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. London (UK): Harvard Business Review Press; 2016. p. 288. ISBN: 978-1633691780
19. Hicks J. Value and Capital: An Inquiry into some Fundamental Principles of Economic Theory. 2nd ed. Oxford (UK): Clarendon Press; 1946. p. 340. ISBN: 9780198282693
20. Журавлева Н.А., Паньчев А.Ю. Проблемы экономической оценки скорости в транспортно-логистических системах в новом технологическом укладе // Транспортные системы и технологии. 2017;3(4):150-178 [Zhuravleva NA, Panychev AY. Problems of economic speed assessment in transport and logistics systems in the new technological order. Transport Systems and Technologies. 2017;3(4):150-178 (In Russ.)]. doi: 10.17816/transsyst201734150-178
21. Christensen CM, Overdorf M. Meeting the challenge of disruptive change. Harvard Business Review. [Internet]. March-April 2000. [Cited 12 Feb 2021] Available from: <https://hbr.org/2000/03/meetingthe-challenge-of-disruptive-change>
22. Christensen CM, Anthony SD, Roth EA. *Seeing what's Next: Using the Theories of*

- Innovation to Predict Industry Change*. 1st ed. Boston, Massachusetts: Harvard business school press; 2004. 352 p. ISBN 10: 1591391857. [Cited 12 Feb 2021] Available from: <https://public.summaries.com/files/1-page-summary/seeing-whats-next.pdf>
23. Kahneman FD, Diener Ed, Schwarz N. Well-being: The foundations of hedonic psychology. New York: The Russell Sage Foundation; 1999, pp. xii 593. *Utilitas*. 2006;18(2):192-196. doi: 10.1017/S0953820806231972
 24. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. 1st ed. New York (US): Farrar, Straus and Giroux; 2013. p. 499. [cited 12 Feb 2021] Available from: https://archive.org/stream/DanielKahnemanThinkingFastAndSlow/Daniel%20Kahneman-Thinking%2C%20Fast%20and%20Slow%20%20_djvu.txt
 25. United Nations. Resolution adopted by the general assembly on 6 July 2017. In: Work of the Statistical Commission Pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development (a/RES/71/313). 2017. [Internet]. [cited 01 Jun 2022]. Available from: https://ggim.un.org/documents/a_res_71_313.pdf
 26. Об утверждении Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года: распоряжение Правительства РФ от 20.09.2018 № 2101-р [Электронный ресурс] Правительство РФ. 2020. [On Approval of the Comprehensive Plan for the Modernisation and Expansion of Trunk Infrastructure for the Period up to 2024: Russian Government Decree No. 2101-p of 20.09.2018. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3UfF9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf>
 27. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента от 21.07.2020 [Электронный ресурс]. Президент РФ. 2020. [About the National Development Goals of the Russian Federation for the period until 2030: Presidential Decree of 21.07.2020. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728>
 28. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. [Analytical Center for the Government of the Russian Federation data. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://ac.gov.ru/en>
 29. Investment in Infrastructure. Ecology. 2020. InfraOne Research. [Analytical review]. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: https://infraone.ru/sites/default/files/analitika/2020/investitsii_v_infrastrukturu_2020_infraone_research.pdf
 30. Федеральное казначейство официальный сайт Казначейства России. [Internet]. (In Russ.)]. [The Federal Treasury official website. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://roskazna.gov.ru/>
 31. Федеральный бюджет до 2022 года. [Federal'nyi budget do 2022 goda. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: https://minfin.gov.ru/ru/performance/budget/federal_budget/budgeti/2022/
 32. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры. Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации 30 сентября 2018 года №2101-р. [A comprehensive plan for the modernisation and expansion of backbone infrastructure for the period up to 2024. Approved by Russian Government Decree No. 2101-p of 30.09.2018. (In Russ.)].
 33. Национальный проект «Безопасные качественные дороги». [The Russian national project "Safe High Quality Roads" [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://bkdrf.ru/>

34. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждена 24 декабря 2018 года на заседании президиума Совета при Президенте России по стратегическому развитию и национальным проектам. [Pasport nacional'noj programmy "Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii", utverzhdena 24 dekabrya 2018 goda na zasedanii prezidiuma Soveta pri Prezidente Rossii po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nym proektam (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii.pdf>
35. Global Infrastructure Hub. 2020. [Internet]. [cited 12 Feb 2021]. Available from: <https://www.gihub.org/>
36. Green Bond Database Methodology. 2020. [Internet]. [cited 12 Feb 2021]. Available from: <https://www.climatebonds.net/certification/certified-bonds>
37. Bass B, Avolio B. *Multifactor Leadership Questionnaire Manual*. Third ed. Menlo Park, CA: Mind Garden, Inc; 2004. <https://www.statisticssolutions.com/wp-content/uploads/wp-post-to-pdf-enhanced-cache/1/multifactor-leadership-questionnaire-mlq.pdf>
38. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2030 года (от 21.05.2014, в ред. от 22.06.2016). [Russian Railways' Environmental Strategy to 2020 and Beyond 2030 (21.05.2014, as edited by 22.06.2016). [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=958>
39. Системный формат международных деловых событий на пространстве 1520 (22-23 октября 2020). PRO//Движение. Доступно по: <https://railwayforum.ru/> [A systematic format for international business events in the 1520 area (22-23 октября 2020). PRO// Motion. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 02.12.2021. Доступно по: <https://railwayforum.ru/>

Сведения об авторах:

Журавлева Наталья Александровна, доктор экономических наук, профессор;
eLibrary SPIN: 8599-5636; ORCID: 0000-0003-3566-9225; Scopus ID: 56583893700;
E-mail: zhuravleva_na@mail.ru

Information about the authors:

Natalia A. Zhuravleva, Doctor of Economics, Professor;
eLibrary SPIN: 8599-5636; ORCID: 0000-0003-3566-9225; Scopus ID: 56583893700;
E-mail: zhuravleva_na@mail.ru

Цитировать:

Журавлева Н.А. Трансформационное лидерство и устойчивое развитие российских транспортных систем // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 92–111. doi: 10.17816/transsyst20228292-111

To cite this article:

Zhuravleva NA. Transformational leadership and sustainable development of Russian transport systems. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):92-111. doi: 10.17816/transsyst20228292-111

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 005.41

DOI 10.17816/transsyst202282112-123

© С.В. Григорьева

Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет
(Москва, Россия)

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Обоснование: Формирование системы управления стратегической устойчивостью транспортных организаций с учетом концепции ее жизненного цикла должно быть направлено на повышение эффективности управления.

Цель: На основе сущности категории «стратегическая устойчивость», а также методологии управления развить систему управления стратегической устойчивостью с учетом концепции ее жизненного цикла.

Методы: Методология исследования предполагала использование системного подхода к формированию системы управления. Применены методы сбора, сравнения и анализа данных.

Результаты: Указана необходимость развития системы управления стратегической устойчивостью в различные периоды ее жизненного цикла. В работе приводится методология управления с указанием назначения ее структурных элементов. На основе разработанного методологического подхода авторами приводится описание что и как делает система на каждом из этапов «системный анализ – системный дизайн – развитие – реализация – сопровождение» ее жизненного цикла; какие поставлены цели и желаемые выходы. Для выделенных процессов управления, таких как управление подготовкой стратегических данных, эффективным использованием стратегических ресурсов, результатами стратегической устойчивости с учетом рисков, инновациям и управления стратегическими знаниями; выделены пять групп процессов и перечислены виды деятельности каждой из групп, которые необходимо выполнять для достижения стратегической устойчивости развития транспортных организаций.

Заключение: Показана необходимость в выработке требований к формированию системы управления стратегической устойчивостью и процессов ее жизненного цикла на основе сущности категории «стратегическая устойчивость» и разработанной методологии управления. Получение информации на разных этапах жизненного цикла позволит получить эффективную интеграцию процессов, что улучшит качество управления стратегической устойчивостью транспортных организаций.

Ключевые слова: стратегическая устойчивость, транспортные организации, система управления, жизненный цикл, методология управления

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© S. V. Grigoreva

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
(Moscow, Russia)

DEVELOPMENT OF THE STRATEGIC SUSTAINABILITY MANAGEMENT SYSTEM IN DIFFERENT PERIODS OF ITS LIFE CYCLE

Background: The formation of a strategic sustainability management system for transport organizations, taking into account the concept of its life cycle, should be aimed at improving management efficiency.

Aim: Based on the essence of the category "strategic sustainability", as well as management methodology, to develop a strategic sustainability management system taking into account the concept of its life cycle.

Methods: The research methodology assumed the use of a systematic approach to the formation of a management system. Methods of data collection, comparison and analysis are applied.

Results: The necessity of developing a strategic sustainability management system in different periods of its life cycle is indicated. The paper presents a management methodology with an indication of the purpose of its structural elements. Based on the developed methodological approach, the authors describe what and how the system does at each of the stages of "system analysis – system design – development – implementation – maintenance" of its life cycle; what goals are set and desired outputs. For the selected management processes, such as management of strategic data preparation, effective use of strategic resources, results of strategic sustainability with risk, innovation and strategic knowledge management; five groups of processes are identified and the types of activities of each group that need to be carried out to achieve strategic sustainability of transport organizations are listed.

Conclusion: The necessity of developing requirements for the formation of a strategic sustainability management system and its life cycle processes based on the essence of the category "strategic sustainability" and the developed management methodology is shown. Obtaining information at different stages of the life cycle will allow for effective integration of processes, which will improve the quality of strategic sustainability management of transport organizations.

Key words: strategic sustainability, transport organizations, management system, life cycle, management methodology

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время можно наблюдать усложнение и трансформацию внешней среды. В связи с этим не теряют своей актуальности проблемы устойчивости и функционирования социально-экономических систем.

Устойчивость – один из самых значимых критериев деятельности в области экономики в рыночных условиях. Экономическая устойчивость в своей сущности гарантирует привлечение инвестиций, получение кредитов, правильный выбор поставщиков и подбор компетентного персонала. Чем выше этот показатель у предприятий, которые осуществляют экономическую деятельность и идут по пути инновационного, рискованного развития, тем выше их степень независимости от изменений рыночной среды. Таким образом, для предприятия риск обанкротиться становится минимальным.

Устойчивость представляет растущую зону ответственности для организаций, в том числе и автотранспортных.

Транспортный сектор оказывает сильное экологическое, социальное и экономическое воздействие на человеческое общество.

Автомобильный транспорт жизненно важен для общего роста и благополучия нашего общества. Транспортная мобильность улучшает экономическое положение людей, обеспечивая доступ к занятости, товарам и услугам. Это, в свою очередь, повышает благосостояние общества.

Главная цель автотранспортных организаций – получение прибыли. Сущность их хозяйственной деятельности состоит в том, что транспортная продукция должна обязательно и всецело покрывать все затраты, в том числе материальные, трудовые и денежные ресурсы, при этом еще необходимо извлечь из этого максимальную прибыль. Стратегическая устойчивость автотранспортных организаций – состояние, описывающееся восходящей тенденцией развития организации с учетом транспортной освоенности территорий. Чем выше показатели стратегической устойчивости предприятия, тем выше ее независимость от постоянно изменяющихся условий рыночной среды. Для эффективного подхода к обеспечению стратегической устойчивости автотранспортных организаций необходимо создание, введение в действие и применение системы управления. Такая система должна, прежде всего, создать условия для эффективного принятия управленческих решений, которые нацелены на выполнение различных задач управления стратегической устойчивостью, а также должна сочетать аспекты устойчивости: экологический, социальный и экономический.

Комплексный подход к обеспечению стратегической устойчивости транспортных организаций позволит руководителям лучше оценить сложные и многогранные проблемы в развитии организации в долгосрочной перспективе. В этом и состоит актуальность исследования.

Управление представляет собой сложный процесс, выполнение которого возлагается на плечи руководителя организации.

Современная организация – это сложная система, эффективность, устойчивое развитие и конкурентоспособность которой зависит от механизма управления.

В последние годы большое внимание в экономической литературе уделяется проблеме устойчивости.

Широко признано, что устойчивость состоит из трех аспектов: экологической, социальной и экономической устойчивости

Часть ученых сосредоточены на экологических проблемах, некоторые охватывают социальное и экономическое благополучие.

Анализ исследований показал, что существуют различные подходы к определению стратегической устойчивости. М.Н. Дудин [1] использовал системный подход, маржинальный подход исследуется в работах Н.С. Рычихиной и А.Н. Ильченко [2], Т.В. Терентьева [3] – процессный подход. Самым часто используемым является рыночный подход. Его можно встретить в трудах таких ученых, как В.А. Козлов и Л.А. Данченко [4], А.В. Канунников [5] и др.

Значимый вклад в теорию управления устойчивостью предприятия внесли ряд ученых зарубежья, например, Т. Диллик и К. Хокертс [6], Р. Штойер [7] и др.

Управление стратегической устойчивостью предприятия несет в себе взаимозависимость и взаимовлияние всех уровней и подуровней. Каждый из этих уровней осуществляет координацию работы, причем обособленно. [8]. Более низкий уровень зависит от состояния высшего фактора, частью которого он является [9]. В научном исследовании [8] речь идет о том, что реализация управления стратегией устойчивости должна проводиться на всех уровнях предприятия – от самого низкого к самому высокому.

Однако проблема управления стратегической устойчивостью транспортных организаций недостаточно изучена и мало представлена в научной литературе.

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

Формирование системы управления устойчивостью невозможна без методологической основы. Методология представляет собой концепцию или учение о структуре, рациональной организации, методах и приемах деятельности.

Целью методологии управления является упорядочение процесса создания системы, а также управление этим процессом для обеспечения исполнения всех необходимых требований и к системе в целом, и к процессам в частности.

Применение методологических основ управления стратегической устойчивостью на практике должно привести к упрощению процесса формирования системы за счет четкого описания этого процесса, а также использования в формировании современных методов и технологий на протяжении всего жизненного цикла системы.

Предлагаемая методологическая структура разделена на несколько иерархических шагов (Рис.).

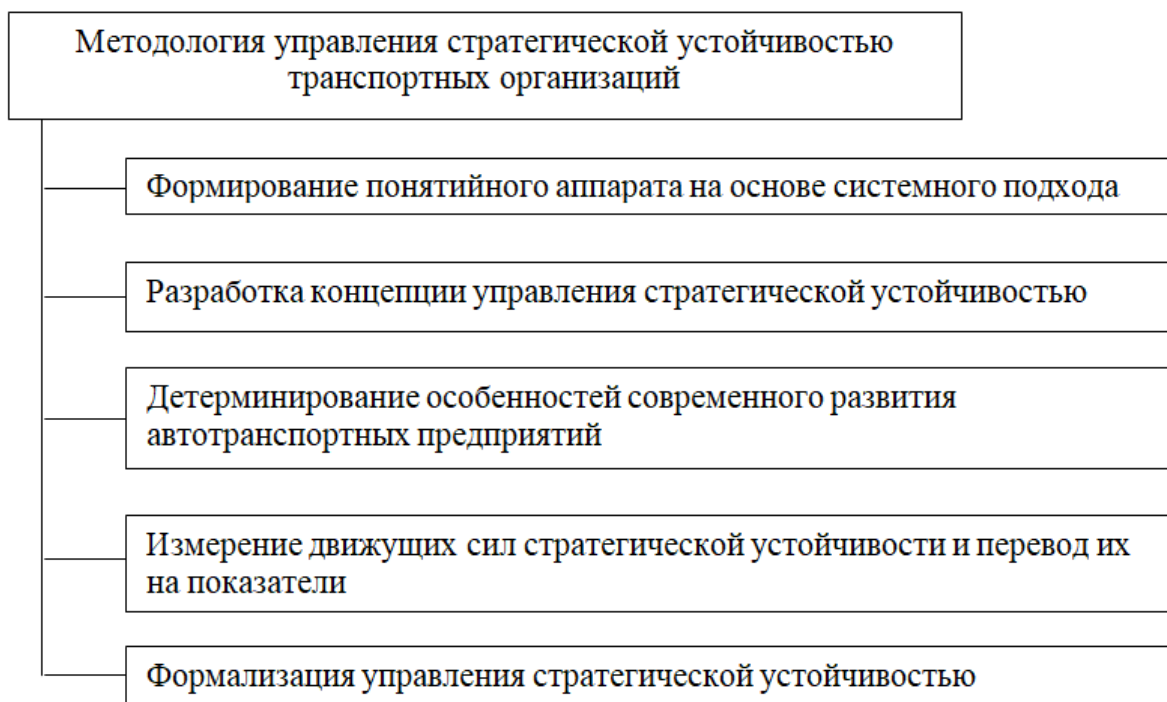


Рис. Методологическая основа управления стратегической устойчивостью

Первым шагом идет формирование понятийного аппарата, затем разработка концепции управления, а потом определение соответствующих индикаторов, которые охватывают экологический, социальный и экономический аспект устойчивости. Назначение каждого иерархического шага методологической структуры представлено в Табл. 1.

Таблица 1. Назначение структурных элементов методологии управления стратегической устойчивостью

Структурный элемент	Назначение
Формирование понятийного аппарата на основе системного подхода	Развитие сущностных и структурно-содержательных характеристик категории «стратегическая устойчивость»
Разработка концепции управления стратегической устойчивостью	Представляет собой деятельность по созданию управленческой конструкции с выделением принципов, которые предопределяют цель создания эффективной системы управления для обеспечения роста

Структурный элемент	Назначение
	стратегической устойчивости, механизмов взаимодействия субъекта и объекта управления для достижения системой поставленной цели, законов и функций управления, составляющих системы и их функциональных задач, а также критерия эффективности управления стратегической устойчивости предприятия.
Детерминирование особенностей современного развития автотранспортных организаций	Представляет собой действия, направленные на оценку экономического статуса транспортных организаций, выявление проблем их развития, систематизация стратегических детерминант, влияющих на стратегическую устойчивость.
Измерение движущих сил стратегической устойчивости и перевод их на показатели	Формирование системы показателей временной и пространственной устойчивости и на их основе комплексного показателя стратегической устойчивости в разрезе экономической, социальной и экологической составляющих.
Формализация управления стратегической устойчивостью	Формальное описание системы управления с выделением структурных элементов, содержательной характеристикой форм управления, разработка положений теории майн-администрирования как технологической основы управления, а также формирование модели выбора программы развития организации

Источник: составлено автором

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

Методологические основы управления позволяют представить формирование системы управления в виде процесса построения и последовательного преобразования ряда непротиворечивых моделей в различные периоды жизненного цикла системы управления. Проблемы жизненного цикла были проанализированы в трудах таких исследователей, как Д.Б. Берга [10], В.Н. Буркова [11], К.И. Бегининой [12], А.И. Кочетковой [13], В.Г. Смирновой [14], Г.В. Широковой [15] и других. Ученые в процессе исследования обращались к таким аспектам рассматриваемой области, как специфика жизненного цикла в управлении предприятием, совершенствование стратегии управления, организационной структуры, организационной культуры на разных стадиях жизненного цикла.

Рассмотрим развитие системы управления стратегической устойчивостью на разных этапах ее жизненного цикла.

Представим жизненный цикл системы следующим образом:

- системный анализ и требования;

- системный дизайн;
- развитие;
- реализация;
- сопровождение.

Описание этапов представлено в Табл. 2.

Таблица 2. Назначение структурных элементов методологии управления стратегической устойчивостью

Название этапа	Описание этапа
Системный анализ и требования	Выявление процессов, которые должна осуществлять система, а именно: создание миссии организации, выявление стратегических целей, определение методов для реализации управления, анализ требований для достижения результата
Системный дизайн	Выявление того, каким образом, система будет осуществлять то, что необходимо, а именно: описание целевых положений, специфики и особенностей подуровней системы, описание элементов, которые будут взаимодействовать между собой
Развитие	Разработка действующих элементов и подуровней системы обособленно друг от друга, а также при единстве действий
Реализация	Проверка на соответствие всех показателей системы, которые должны функционировать и были выявлены в процессе системного анализа, включая контроль и оценку критериев стратегической устойчивости
Сопровождение	Анализ отклонений и принятие решений по выбору возможной программы развития

Источник: составлено автором

Любой этап, который должен быть реализован в процессе создания системы, включает в себя определенный алгоритм выполнения. Этот алгоритм состоит из процессов жизненного цикла. В данном случае процессом является единство взаимозависимых действий, которые изменяют входные данные на выходные. Любой из этих процессов состоит из перечня действий, а любое действие – из ряда задач. Все процессы и задачи начинаются с выполнения других процессов. При этом последовательность выполнения и алгоритм заранее не predetermined. Далее при осуществлении анализа процессов образуется полное и подробное описание всех видов деятельности.

Так, все виды деятельности, выполняющиеся в течении жизненного цикла системы управления можно объединить в несколько процессов (Табл. 3).

Таблица 3. Виды деятельности процессов жизненного цикла

Процессы	Виды деятельности
Процессы управления подготовкой стратегических данных	SWOT- анализа организации; доведение данных анализа до структурных подразделений организации; постановка целей и задач управления стратегической устойчивостью; планирование стратегического управления
Процессы управления стратегическими ресурсами	создание программы управления стратегической устойчивостью; создание показателей и их параметров временной и пространственной устойчивости; анализ трендов показателей стратегической устойчивости; разработка процессов оценки стратегической устойчивости; прогноз конкурентной среды организации; разработка плана и прогноза результатов управления; прогноз по опережающим показателям; создание дорожной карты
Процессы управления результатами стратегической устойчивости с учетом рисков	разработка методов для оценки рисков, а также плана по их ликвидации
Процессы управления стратегическими инновациями	создание стратегической карты; управление по целям; ABC анализ клиентов; разработка концепции бюджетирования; реинжиниринг бизнес-процессов; создание программы по внедрению инноваций; представление методов повышения результативности управления
Процессы управления стратегическими знаниями	сбор необходимых данных и доведение их до структурных подразделений; разработка экспертной системы, помогающей сделать выбор дальнейших действий; применение алгоритмов машинного обучения, помогающих улучшить обслуживания клиентов

Источник: составлено автором

Полную картину о функциях системы управления стратегической устойчивостью можно получить, рассмотрев назначение каждой группы процессов. Каждый из процессов жизненного цикла в этих группах описывается с точки зрения цели и желаемых результатов, списков действий и задач, которые необходимо выполнить для достижения этих результатов.

Процессы управления подготовкой стратегических данных определяют действия, направленные на анализ первичной информации, выдачу результатов, необходимых для принятия управленческих решений.

Процессы управления эффективным использованием стратегических ресурсов – это такие процессы, при которых предприятие эффективно управляет различными ресурсами, находящимися в рамках его влияния. Такие ресурсы включают в себя нематериальными и материальными объекты.

Процессы управления результатами стратегической устойчивости с учетом рисков – это принятие решений и осуществление действий, направленных на снижение количества неблагоприятных исходов.

Процессы управления инновациями это целенаправленная цепь действий по разработке и исследованию новых предметных областей, чтобы производить новые идеи.

Процессы управления стратегическими знаниями – это такие процессы, которые дают возможность формировать целенаправленную деятельность, обеспечивающую организации возможность создавать, распределять и внедрять знания с целью повышения эффективности стратегии устойчивости предприятия.

К процессам управления стратегическими знаниями относят те процессы, которые позволяют собирать, анализировать, распространять, сохранять и эффективно использовать знания с целью повышения стратегической устойчивости.

Таким образом, реализация описанных процессов в рамках системы управления стратегической устойчивостью транспортных организаций, должна позволить охватить весь жизненный цикл системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в рыночных условиях предприятия находятся под влиянием многих факторов, усложняющих процессы принятия управленческих решений, напрямую касающиеся повышения эффективности стратегии устойчивости.

Чтобы сохранить результаты и повысить стратегическую устойчивость, транспортные организации должны осуществлять свою деятельности при помощи рациональных и четких действий по управлению, адаптируясь при этом к стремительно изменяющимся условия внешней и внутренней среды. При этом должно быть соблюдено главное условие – развивать систему управления стратегической устойчивостью так, чтобы акцент был на концепции ее жизненного цикла. Все это даст возможность признать, что и каким образом реализует система на каждой стадии жизненного цикла; как можно достичь

поставленных целей; какие задачи должны быть выполнены для обеспечения стратегической устойчивости развития.

Применение на практике концепции жизненного цикла в процессе управления стратегической устойчивостью даст возможность управленцам найти и устранить все проблемы, которые имеются на каждом этапе, и в последствии ликвидировать их. Каждый управленец должен делать акцент на таких проблемах, которые появляются в рамках перехода от одного этапа управления к другому. Это объясняет повышенный интерес ученых и исследователей к проблеме управления жизненным циклом системы.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Дудин М.Н. Обеспечение стратегической устойчивости предпринимательских структур в условиях инновационного развития: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М.: 2013. – 49 с. [Dudin MN. Ensuring strategic sustainability of entrepreneurial structures in the conditions of innovative development [dissertation]. Moscow; 2013. 49 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/67650/zavyalovoy_t._i.pdf?sequence=1
2. Ильченко А.Н. Управление реструктуризацией отраслей на основе системного анализа «жизненного цикла» // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 10 (39). – С. 167–171. [Ilchenko AN. Management of restructuring of industries on the basis of a system analysis of the "life cycle". *Economics and entrepreneurship*. 2013;10(39):167-171. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <http://www.intereconom.com>
3. Терентьева Т.В. Методологические основы обеспечения устойчивости развития рыбохозяйственных предпринимательских структур: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Владивосток; 2011. – 40 с. [Terentyeva TV. Methodological foundations for ensuring the sustainability of the development of fisheries business structures [dissertation]. Vladivostok; 2011. 40 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004849180>
4. Козлов В.А., Данченко Л.А. Проблемы управления устойчивостью развития и функционирования предпринимательских организаций (монография). М: МЭСИ, 2012. [Kozlov VA, Danchenok LA. *Problems of sustainability management of development and functioning of entrepreneurial organizations* (monograph). Moscow: MESI; 2012. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006567575>
5. Канунников А. В. Стратегическое управление: условие устойчивого развития промышленных предприятий // Вестник ОрелГИЭТ. – 2012. – № 1 (19). – С. 121–127. [Kanunnikov AV. Strategic management: a condition for sustainable development of industrial enterprises. *Vestnik OrelGIET*. 2012;1(19):121-127. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: http://orelgiet.ru/public/Vestnik_OrelGIET
6. Dyllick T, Hockerts K. Beyond the Business Case for Corporate Sustainability *Business Strategy and the Environment*. 2002;11:130-141. doi: 10.1002/bse.323
7. Steurer R, Langer ME, Konrad A, et al. Corporations, Stakeholders and Sustainable

- Development I: A Theoretical Exploration of Business Society Relations. *Journal of Business Ethics*. 2005;61/3:263-281. doi: 10.1007/s10551-005-7054-0
8. Суворов С.Б., Кузнецова И.Д., Ильченко А.Н. Управление стратегией устойчивости предприятия агропромышленного комплекса // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2007. – № 1. – С. 55–59. [Suvorov SB, Kuznetsova ID, Ilchenko AN. Management of the sustainability strategy of the agro-industrial complex enterprise. *Modern high-tech technologies. Regional application*. 2007;1:55-59. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <http://journals.isuct.ru/snt>
 9. Переверзев П.П., Угрюмова Н.В., Лаврентьева И.В. Формирование механизма устойчивого развития экономики предприятий в сфере услуг и производства на основе реализации реинжиниринга с процессным подходом к управлению. // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2012. – № 9 (268). – С. 15–20. [Pereverzev PP, Ugryumova NV, Lavrentieva IV. Formation of a mechanism for the sustainable development of the economy of enterprises in the service sector and production based on the implementation of reengineering with a process approach to management. *Bulletin of SUSU. Series: Economics and Management*. 2012;9(268):15-20. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://vestnik.susu.ru/em>
 10. Берг Д.Б. Математические модели жизненного цикла конкуренции в физических и экономических системах : автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Челябинск; 2002. – 42 с. [Berg DB. Mathematical models of the life cycle of competition in physical and economic systems [dissertation]. Chelyabinsk; 2002. 42 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/matematicheskie-modeli-zhiznennogo-tsikla-konkurentsii-v-fizicheskikh-i-ekonomicheskikh-sist>
 11. Бурков В.Н., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами / под ред. В.В. Кульба. – М.: Наука, 1994. – 74 с. [Burkov VN, Irikov VA. *Models and methods of management of organizational systems*. Kulba VV, editor. Moscow: Science; 1994. 74 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001680391>
 12. Бегина К.И. Особенности реструктуризации предприятий на различных этапах жизненного цикла // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2011. – № 28. – С. 193–199. [Beginina KI. Features of enterprise restructuring at various stages of the life cycle. *Management of economic systems: electronic scientific journal*. 2011;28:193-199. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-restrukturizatsii-predpriyatiy-na-razlichnyh-etapah-zhiznennogo-tsikla>
 13. Кочеткова А.И. Введение в организационное поведение и организационное моделирование: учеб. пособие. – М.: Дело, 2003. [Kochetkova AI. *Introduction to organizational behavior and organizational modeling: textbook. manual*. Moscow: Delo, 2003. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://pdf.11klasov.net/16914-vvedenie-v-organizacionnoe-povedenie-i-organizacionnoe-modelirovanie-kochetkova-ai.html>
 14. Сулимова Е.А., Смирнова М.А. Особенности развития компаний по стадиям жизненного цикла // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 6. – С. 42–45. [Sulimova EA, Smirnova MA. Features of the development of companies by stages of the life cycle. *Innovation and investment*. 2020;(6):42-45. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-kompaniy-po-stadiyam-zhiznennogo-tsikla>

15. Широкова Г.В., Серова О.Ю. Модели жизненных циклов организаций: теоретический анализ и эмпирические исследования // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. – 2006. – № 1. – С. 3–27. [Shirokova GV, Serova OY. Models of life cycles of organizations: theoretical analysis and empirical research. *Bulletin of St. Petersburg University. Management*. 2006;1:3-27 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 09.02.2022. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-zhiznennyh-tsiklov-organizatsiy-teoreticheskiy-analiz-i-empiricheskie-issledovaniya-1>

Сведения об авторах:

Григорьева Светлана Владиславовна, кандидат физико-математических наук, доцент;
eLibrary SPIN: 4659-1842; ORCID: 0000-0003-1600-480X;
E-mail: grigorevasv2017@yandex.ru

Information about the authors:

Svetlana V. Grigoreva, PhD Physical and Mathematical Sciences, associate Professor;
eLibrary SPIN: 4659-1842; ORCID: 0000-0003-1600-480X;
E-mail: grigorevasv2017@yandex.ru

Цитировать:

Григорьева С.В. Развитие системы управления стратегической устойчивостью в различные периоды ее жизненного цикла // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 112–123. doi: 10.17816/transsyst202282112-123

To cite this article:

Grigoreva SV. Development of the strategic sustainability management system in different periods of its life cycle. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(2):112-123. doi: 10.17816/transsyst202282112-123

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 656.025.4

DOI 10.17816/transsyst202282124-134

© С.А. Смирнов, О.Ю. Смирнова

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

«РОССИЙСКИЙ МАГЛЕВ» В ЕДИНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ СТРАНЫ

Обоснование: В текущей мировой экономической и геополитической обстановке перед Россией самым острым образом встали вопросы укрепления транспортных связей между ее регионами при безусловном обеспечении транспортной безопасности в условиях ограниченных ресурсов. Обязательным условием для достижения национальной устойчивости и безопасности является развитие единой транспортной системы страны на основе глубокой кооперации всех видов транспорта, позволяющей эффективно удовлетворять спрос на перевозки как в технологическом, так и в экономическом отношении. При этом научно-технический прогресс не должен приводить к слою имеющихся связей в транспортной системе, а иметь поступательный характер, означать партнерское взаимодействие действующих видов транспорта – железнодорожного, водного, автомобильного, авиационного, и перспективных, в частности, магнитолевитационного.

Цель: рассмотреть возможности включения магнитолевитационного транспорта, выполненного по российской технологии, в единую транспортную систему России в качестве приоритетного вида транспорта, определить принципы единой транспортной системы и осуществить ранжирование видов транспорта по степени их соответствия национальным интересам.

Материалы и методы: методология исследования построена на анализе методов оценки эффективности видов транспорта, а также анализе технико-технологических особенностей видов транспорта. Информационная база исследования опирается на статистическую информацию органов государственной статистики России, отчеты компаний – участников транспортной отрасли, а также данные открытых источников.

Результаты: в результате исследования обосновано наиболее полное соответствие магнитолевитационной транспортной технологии «Российский Маглев» национальным интересам, интересам бизнеса и общества, выявлены перспективные ниши для использования технологии.

Заключение: исследование подтверждает, что основу единой транспортной системы России должна представлять технология «Российский Маглев», что обеспечит транспортную безопасность страны и высокую экономическую эффективность перевозок грузов.

Ключевые слова: Транспортная система, магнитолевитационный транспорт, отечественная магнитолевитационная транспортная технология «Российский Маглев», инновационное развитие, национальные интересы.

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© S.A. Smirnov, O.Yu. Smirnova

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

RUSSIAN MAGLEV IN INTEGRATED TRANSPORT SYSTEM

Background: Depending on the observed economic and geopolitical situation, before moving to a higher level, there were dependencies on excessive dependence between its regions in conditions of limited resources. A prerequisite for achieving national stability and security is the development of an integrated transport system of the country based on deep cooperation of all modes of transport, which makes it possible to effectively meet the demand for transportation both in technological and economic terms. At the same time, scientific and technological progress should not lead to the breakdown of connections in the transport system, it has a progressive nature, the possibility of interaction between the interaction of various modes of transport - rail, water, automobile, aviation, and prospective, in particular, maglev.

Aim: to consider the possibility of including maglev transport, made according to Russian technology, into the integrated transport system of Russia as a priority mode of transport, to determine the principles of an integrated transport system and to rank the types of transport according to the degree of their compliance with national interests.

Materials and Methods: the methodology of the study is based on the analysis of methods for evaluating the effectiveness of modes of transport, as well as the analysis of the technical and technological features of modes of transport. The information base of the study is based on the statistical information of the state statistics bodies of the Russian Federation, reports of companies participating in the transport industry, as well as data from open sources.

Results: as a result of the research, substantiated the most complete compliance of the Russian Maglev transport system with national interests, the interests of business and society, identified promising niches for the use of the technology.

Conclusion: the study confirms that the Russian Maglev technology should form the basis of the integrated transport system of Russia, which will ensure the country's transport security and high economic efficiency of cargo transportation.

Key words: Transport system, maglev transport, domestic maglev transport technology "Russian Maglev", innovative development, national interests.

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт для России имеет исторически значимую роль – способствует обеспечению устойчивого развития страны, гармоничного и взаимосвязанного функционирования регионов. Единая транспортная система обеспечивает согласованное развитие и функционирование всех видов транспорта с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах. Взаимодействие в транспортной отрасли должно как полностью обеспечивать потребности в грузовых и пассажирских перевозках, так и реализовывать потенциал взаимозаменяемости и взаимодополняемости в целях реализации национальных интересов России. Наличие нездоровой конкуренции между различными видами транспорта может наносить прямой вред безопасности и развитию страны.

В контексте событий последнего времени для России в транспортной сфере стали актуальными следующие аспекты:

- недоступность западных технологий;
- переориентация грузопотоков на Восток;
- недостаточная связанность территорий;
- ресурсный дефицит;
- высокий уровень транспортных издержек.

В связи с этим эффективность транспортной системы должна рассматриваться в первую очередь с точки зрения национальных интересов, после них – интересов бизнеса и общества (Рис. 1).

Национальные интересы	• Обеспечение безопасности страны • Развитие промышленности и предпринимательства • Развитие общества и общественных связей
Интересы бизнеса	• Обеспеченность эффективными транспортными коммуникациями • Минимизация транзакционных издержек в транспорте
Интересы общества	• Доступность транспортных услуг • Обеспечение свободы и простоты перемещения
Экономическая эффективность	• Стоимость 1 года жизненного цикла • Окупаемость

Рис. 1. Направления оценки эффективности транспортной системы

Необходимы новые подходы к планированию в сфере транспорта: учет возможностей действующих и перспективных видов транспорта, функционирующих и принятых к разработке маршрутов и линий [1, 2].

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Единая транспортная система состоит из совокупности всех эксплуатируемых видов транспорта, а также присущей им транспортной инфраструктуры. С точки зрения грузо- и пассажиропотоков ключевым элементом транспортной системы является совокупность транспортных маршрутов, предназначенных для перевозки грузов и пассажиров.

Развитие новых транспортных маршрутов должно опираться на базовый для них вид транспорта, определяемый с учетом его эффективности для конкретных условий. Транспортные коридоры, в свою очередь, должны формироваться посредством интеграционных процессов, учитывая сложившуюся логистику перевозок [3, 4]. В рамках стратегического видения выделены в отдельные блоки действующие линии транспорта, новые, перспективные линии, а также мультимодальные транспортные коридоры – как требующие отдельного подхода к развитию (Рис. 2).



Рис. 2. Линии и коридоры транспортной системы

Для обеспечения эволюции транспорта важно определение приоритетной транспортной технологии, на развитие которой должны быть направлены основные усилия. Современные требования к такой технологии включают в себя различные параметры (Рис. 3). Из них особо следует отметить требования, связанные с технологической и

транспортной безопасностью страны, с эффективностью экономических процессов, а также с влиянием на развитие высокотехнологичных отраслей экономики.



Рис. 3. Современные требования к приоритетной транспортной технологии

Соответствия транспортных технологий современным требованиям представлены в Табл. Эксплуатируемые в настоящее время виды транспорта сталкиваются со специфическими трудностями, не позволяющими им в полной мере отвечать вызовам современности.

Таблица. Соответствия транспортных технологий современным требованиям

Вид транспорта / Характеристика	Авто-мобильный	Водный	Воздушный	Железнодорожный	Магнито-левитационный
Материальная и технологическая независимость	+/-	?	+/-	?	+
Темпы строительства	+/-	+	+	-	?
Климатическая пригодность	?	-	+	?	+
Готовность	+/-	+	+	+/-	+
Провозная способность	-	+	-	?	+
Скорость	?	-	+	+/-	+
Инвестиции	+/-	+	+	+/-	+
Себестоимость	?	+	-	+/-	+
Технологичность	?	-	?	?	+

В частности, это зависимость от зарубежных технологий и комплектующих, высокая продолжительность строительства транспортной инфраструктуры, большое количество ограничений на прокладку линий транспорта. В то же время искомым недостатком лишен магнитолевитационный транспорт, еще не включенный в единую транспортную систему России. В результате значительная часть территории страны остается неохваченной транспортной сетью, а новые построенные линии зачастую уже не отвечают потребностям в перевозках.

Огромное влияние на формирование единой транспортной системы России оказывают природные условия. Значительная часть территории страны характеризуется сложными условиями строительства и эксплуатации (вечная мерзлота занимает 65 % территории, болота – 2 %, горные системы и горы – 30 %, леса – 45 %) и наличием особых земель (заповедники и национальные парки – 2 %, сельскохозяйственные угодья – 5 %) [5].

ЭВОЛЮЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Отечественная магнитолевитационная транспортная технология «Российский Маглев», разрабатываемая Научно-образовательным инженерным кластером «Российский Маглев», координатором которого является Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, в сравнении с железнодорожным транспортом позволяет значительно снизить влияние природных условий на транспорт и обеспечивает строительство и эксплуатацию линий в сложнейших условиях с высокой экономической эффективностью [6–8]. Показатели сравнения железнодорожного и магнитолевитационного видов транспорта представлены на Рис. 4.

Показатель	Руководящий уклон	Минимальный радиус кривой	Вес 1 метра пути	Нагрузка на путь	Коммерческая скорость
Железная дорога	до 4 %	160 м	22-29 тонн	5000-10000 кг/см ² (динамическая +30 %)	40-60 км/ч
Маглев	10 %	50 м	До 5 тонн	1 кг/см ² (динамическая +10 %)	250 км/ч и выше

Рис. 4. Особенности железнодорожного и магнитолевитационного транспорта

Технология «Российский Маглев» полностью отвечает требованиям заинтересованных сторон по всем аспектам [9, 10]. Важным является то,

что технология является полностью отечественной, позволяет в кратчайшие сроки возводить магистрали в сложнейших условиях среды, имеет длительный срок эксплуатации, является малообслуживаемой и высокоэффективной в экономическом плане (Рис. 5) [11].

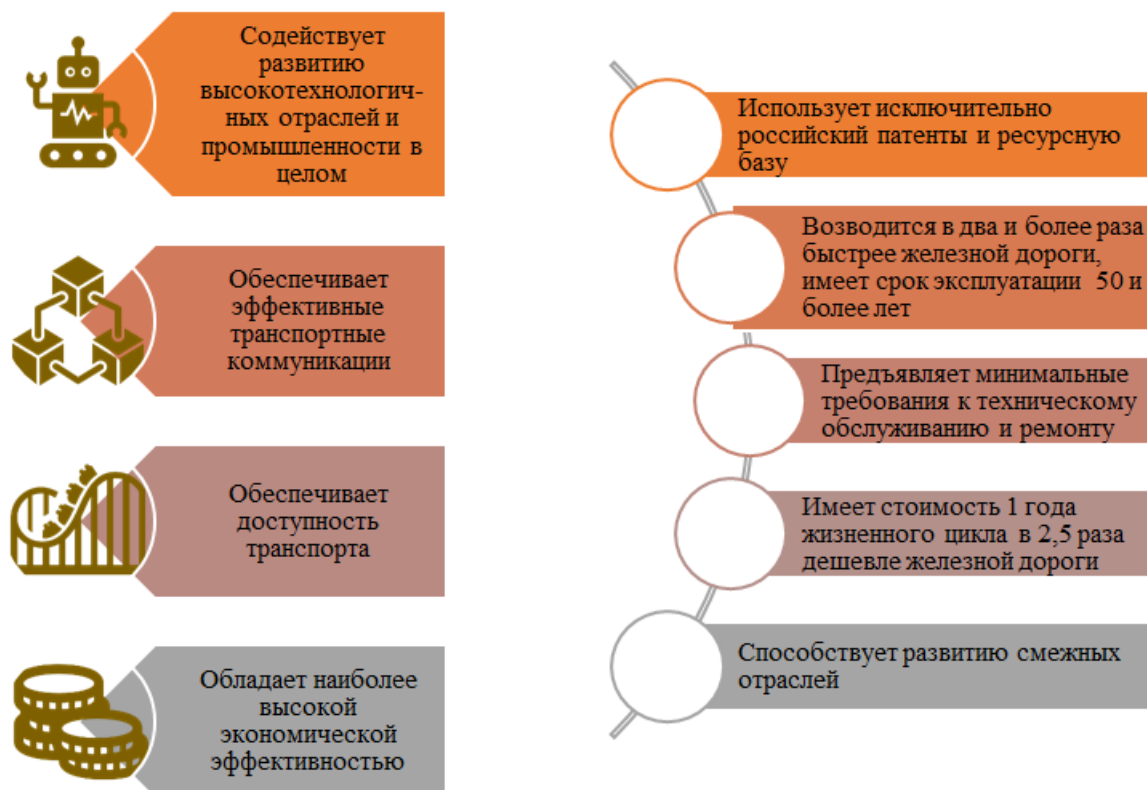


Рис. 5. Преимущества технологии «Российский Маглев»

По состоянию на сегодняшний день все критические подсистемы технологии «Российский Маглев» являются разработанными и запатентованными. Ведется разработка периферийных систем, адаптируются имеющиеся железнодорожные решения. В ближайшее время будет осуществлена полномасштабная сборка технологии и ее тестирование на полигоне. В результате будет выпущена отечественная магнитолевитационная транспортная технология, готовая к внедрению «под ключ», с подтвержденными технико-экономическими характеристиками и сопровождаемая всей необходимой нормативно-правовой и охранной документацией, собственной экосистемой.

Российская магнитолевитационная транспортная технология «Российский Маглев» способна предложить решение, в полной мере

удовлетворяющее потребностям рынка и государства. Основные направления применения магнитолевитационной технологии следующие:

- промышленные линии для местных перевозок в тактовом режиме;
- шахтные и карьерные перевозки с высоким уклоном;
- прокладка линий в сложных условиях с оптимизацией трассы;
- комплексные транспортные решения;
- линии для перевозки сверхтяжелых грузов;
- магистральные линии для перевозок с высокой скоростью, пунктуальностью и надежностью.

Возможность решения текущих проблем организации транспортного обслуживания целесообразно проиллюстрировать на примере Многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка» – нового глубоководного порта, специализирующегося на перевалке контейнеров, накатных и генеральных грузов. Порт расположен в Ломоносовском районе Ленинградской области и имеет ряд ограничений, не позволяющих в полной мере реализовать потенциал развития [12]. С одной стороны, это дефицит земельных участков для прокладки линий транспорта («зажатость» территории порта землями Минобороны, сельскохозяйственного назначения, объектами культурного наследия). С другой стороны, это низкий потенциал расширения имеющихся транспортных линий (невозможность развития действующей железной дороги в связи с интенсивным пассажирским движением; наличие одноуровневых переездов). В результате этого для вывоза грузов из порта Бронка используется преимущественно автомобильный транспорт, что не является инновационным решением, хотя важность и необходимость разработки и внедрения таких решений закреплена на государственном уровне [13, 14]. Магнитолевитационный транспорт способен решить имеющиеся актуальные проблемы рассматриваемого порта.

Рассмотренный частный пример наглядно иллюстрирует широко распространенную проблему нехватки пропускной способности в связи с накладываемыми внешними ограничениями. В масштабах страны это проявляется в систематическом недовывозе грузов и, соответственно, искусственными ограничениями на деятельность предприятий. Это позволяет констатировать, что магнитолевитационный транспорт, способствуя снятию инфраструктурных ограничений, окажет весомое влияние на интенсивное развитие экономики России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях быстро меняющихся подходов к организации жизни в мире, изменении логистических цепочек, способов и направлений ресурсного обмена, политических интересов следует особую роль предоставлять тем направлениям, которые могут стать импульсами для дальнейшего интенсивного развития России. Актуально построение экономики реальных ценностей и активов [15] с целью благополучного и устойчивого функционирования, стратегического лидерства. Новейшие технологии, в частности, на транспорте, целесообразно претворять в жизнь, что не противоречит сложившемуся рынку транспортных услуг ввиду огромной территории России и значительном количестве не освоенных ее объектов.

Основополагающими принципами реализации проектов, базирующихся на отечественной магнитолевитационной транспортной технологии «Российский Маглев», являются следующие:

- сознание ответственности за вклад в процветание государства и общества;
- нацеленность на инновационные ресурсноэффективные решения;
- готовность к широкой кооперации;
- стремление к выработке оптимальных партнерских решений.

В результате внедрения технологии «Российский Маглев» в транспортную систему России будет обеспечено быстрое строительство линий транспорта в любых природных условиях, снижение себестоимости перевозок, кардинальное ускорение грузовых перевозок и повышение провозной способности магистральных линий.

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. Скорлыгина Н. Товары сбились с пути // Газета «Коммерсантъ». – № 48 от 22.03.2022. – С. 10. [Skorlygina N. Tovary sbilis' s puti. Gazeta "Kommersant" 48 ot 22.03.2022. 10 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://www.kommersant.ru/doc/5270164>
2. Непредсказуемая логистика эпохи перемен. Обзор. [Nepredskazuemaya logistika epokhi peremen. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://www.interfax.ru/business/835549>

3. Родионов Д. Россия заявляет об амбициях Чингисхана. [Rodionov D. Rossiya zayavlyayet ob ambitsiyakh Chingizkhana. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://svpressa.ru/economy/article/337462/>
4. Фурсова И. Внешнеторговый трафик РФ развернулся на восток // Российская газета. – № 75 (8723). [Fursova I. Vneshnetorgovyj trafik RF razvernulsya na vostok. Rossijskaya gazeta. № 75 (8723) (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://rg.ru/2022/04/06/vneshnetorgovyj-trafik-rf-razvernulsia-na-vostok.html>
5. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <http://www.gks.ru/>
6. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология / Под ред. В.А. Гапановича. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 476 с. [Antonov YuF, Zaitsev AA. Magnitolevitacionnaya transportnaya tekhnologiya. Editor V.A. Gapanovich. Moscow: Fizmatlit; 2014. 476 p. (In Russ.)]. ISBN 978-5-9221-1540-7. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: https://fictionbook.ru/author/yu_f_antonov/magnitolevitacionnaya_transportnaya_tehnologiya/
7. Шумейко И. Магнитный путь между небом и землей. [Shumejko I. Magnitnyj put'mejdu nebot i zemlej tyanet v polet. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: https://www.ng.ru/science/2020-03-24/14_7825_trains.html
8. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. Оценка эффективности видов наземного транспорта для массовых грузовых перевозок // Транспортные системы и технологии. – 2017. – Т. 3. – №4. – С. 204-220. [Smirnov SA, Smirnova OY. Evaluation of effectiveness of different transport modes for regular mass freight transportation. Transportation Systems and Technology. 2017;3(4):204-220. (In Russ., In Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst201734204-220
9. Ульянов Н. Магнит тянет в полет. [Ul'yanov N. Magnit tyanet v polet. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://expert.ru/expert/2021/18/magnit-tyanet-v-polet/>
10. Александрова Н. Маглев готов к внедрению // Октябрьская магистраль. – № 9 (20). – 28.05.2021 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://gudok.ru/zdr/169/?ID=1566061>
11. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. Роль и место грузового магнитолевитационного транспорта в мировой экономике // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 106–117. [Smirnov SA, Smirnova OYu. Magnetic Levitation Cargo Ransport Role in World Economy. Transportation Systems and Technology. 2019;5(2):106-117. (In Russ., Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst201952106-117.
12. Официальный сайт Многофункционального морского перегрузочного комплекса «Бронка». [Ofitsial'nyy sayt Mnogofunktsional'nogo morskogo peregruzochnogo kompleksa "Bronka". [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 15.06.2022. Доступно по: <https://port-bronka.ru/>
13. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р [Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g.: utv. Rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27.11.2021 g. № 3363-r.

- [Internet]. (In Russ)]. Ссылка активна на: 18.06.2022. Доступно по: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008
14. Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях развития России до 2030 года»: от 21.07.2020 № 474 [Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii “O natsional’nykh tselyakh razvitiya Rossii do 2030 goda: utv. Rasporyazheniyem Pravitel’sstva Rossiyskoy Federatsii: ot 21.07.2020 g. № 474. [Internet]. (In Russ)]. Ссылка активна на: 18.06.2022. Доступно по: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf>
15. Путин: на смену экономике мнимых сущностей приходит экономика реальных активов. [Putin: na smenu ekonomike mnimyykh sushnostej prikhodit ekonomika real’nykh aktivov. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 18.06.2022. Доступно по: <https://tass.ru/ekonomika/14952857>

Сведения об авторах:

Смирнов Сергей Александрович, ведущий научный сотрудник;
eLibrary SPIN: 3042-2910; ORCID: 0000-0002-2096-6967;
E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Смирнова Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник;
eLibrary SPIN: 9083-2984; ORCID: 0000-0002-2239-4384;
E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Information about the authors:

Smirnov Sergei Aleksandroich, Leading Researcher;
eLibrary 3042-2910; ORCID: 0000-0002-2096-6967;
E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Smirnova Olga Yurievna, Senior Researcher;
eLibrary SPIN: 9083-2984; ORCID: 0000-0002-2239-4384;
E-mail: noc-pgups@yandex.ru

Цитировать:

Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. «Российский Маглев» в единой транспортной системе страны // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 124–134. doi: 10.17816/transsyst202282124-134

To cite this article:

Smirnov SA, Smirnova OYu. Russian Maglev in integrated transport system. *Modern Transportation Systems and Technology*. 2022;8(2):124-134. doi: 10.17816/transsyst202282124-134

Рубрика 4. ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

УДК [UDC] 338.47; 334.021; 656.2
DOI 10.17816/transsyst202282135-148

© И.В. Анохов, О.Н. Римская, А.В. Хомов

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта
(Россия, Москва)

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Обоснование: В статье рассмотрены существующие и проектируемые технологии железнодорожного транспорта, которые в специальной литературе позиционируются как цифровые.

Цель: Исследование процесса цифровизации железных дорог, рассматриваемого в качестве условия для цифровизации всей национальной экономики. Объектом исследования является грузовой железнодорожный транспорт России.

Методы: Для анализа процесса цифровизации железных дорог применено моделирование замкнутого производственно-потребляющего воспроизводственного контура.

Результаты: Важным условием цифровизации национальной экономики является наличие условно замкнутого экономического контура, обслуживаемого преимущественно железнодорожным транспортом и соединяющего потребителей и всю цепочку производителей. Такого рода контуры должны быть ориентированы на абсолютные потребности населения, которые являются максимально прогнозируемыми и стабильными с количественной точки зрения. Это в свою очередь способствует осуществлению производственной и транспортной деятельности рутинным образом без участия человека на основе цифровых технологий. Организационное выделение таких замкнутых экономических контуров, по мнению авторов, позволит перейти к цифровизации национальной экономики.

Заключение: Железнодорожный транспорт наиболее пригоден для оформления таких замкнутых экономических контуров и их последующей цифровизации, т.к. технологически максимально изолирован от внешней среды.

Ключевые слова: цифровизация, воспроизводственный контур, международные транспортные коридоры, грузоперевозки, цифровая железная дорога, big data, потребность

Rubric 4. TRANSPORT ECONOMICS

© I.V. Anokhov, O.N. Rimskaya, A.V. Khomov

JSC Russian Scientific Research Institute of Railroad Transport
(Moscow, Russia)

IMPACT OF RAILWAYS DIGITALISATION ON THE NATIONAL ECONOMY DEVELOPMENT

Background: The article examines the existing and designed technologies of railway transport, positioned as digital in the specialised literature

Aim: Study of the process of digitalization of railways, considered as a condition for the digitalization of the entire national economy. The object of the study is freight rail transport in Russia.

Methods: To analyze the digitalization process of railways, modeling of a closed production-consuming reproduction loop was applied.

Results: An important condition for the digitalization of the national economy is the presence of a conditionally closed economic circuit, served mainly by rail and connecting consumers and the entire chain of producers. Such contours should be focused on the absolute needs of the population, which are the most predictable and stable from a quantitative point of view. This, in turn, contributes to the implementation of production and transport activities in a routine manner without human intervention based on digital technologies. The organizational allocation of such closed economic circuits, according to the authors, will make it possible to move on to the digitalization of the national economy.

Conclusion: Railway transport is most suitable for the design of such closed economic circuits and their subsequent digitalization, because technologically isolated from the external environment as much as possible.

Keywords: digitalisation, reproduction circuit, international transport corridors, cargo transportation, digital railway, big data, requirements

ВВЕДЕНИЕ

Железные дороги уже на протяжении почти двух столетий являются важнейшим компонентом транспортной сети в глобальной цепочке поставок, охватывающим все ее этапы, начиная от перевозки сырья и заканчивая реализацией конечной продукции. Этот вид транспорта относится к наиболее экономичным, экологичным и ориентированным на объемный грузооборот, что делает его незаменимым почти в 140 наиболее развитых странах мира.

В настоящее время развитие железных дорог связывается с полномасштабной цифровизацией, которая, как ожидается многими специалистами, кардинально повысит эффективность и гибкость транспортной отрасли. Трансформированы будут также и транспортные коридоры, пропускная способность и стабильность функционирования которых особенно важны в период геополитических изменений.

Нормативно-правовые акты разных уровней предусматривают активное развитие цифровизации. Так, паспортом Стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли РФ [1] предусматриваются следующие проекты: «Беспилотники для пассажиров и грузов»; «Зеленый цифровой коридор пассажира»; «Бесшовная грузовая логистика»;

«Цифровое управление транспортной системой РФ»; «Цифровизация для транспортной безопасности»; «Цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры».

Стратегия научно-технологического развития ОАО «РЖД», предполагает реализацию целого ряда цифровых технологий: управление бизнес-процессами, промышленный интернет вещей, облачные вычисления, большие данные, информационное моделирование промышленных и гражданских объектов (Building Information Modeling) и другие. В результате ожидается «повышение эффективности бизнес-процессов во всех сферах производственной деятельности холдинга, расширение спектра и повышение качества предлагаемых рынку транспортно-логистических услуг, повышение уровня интеграции российской транспортной системы в международные транспортные коридоры, увеличение надежности работы технических средств и безопасности движения и ряд других эффектов» [2].

На наш взгляд, к цифровизации следует подходить прежде всего с точки зрения технологической схемы процесса перевозки грузов. В самом простом случае она включает следующие этапы: подготовка груза к перевозке → погрузка → транспортировка → разгрузка → складирование. Цифровизация отдельных этапов (например, транспортировки) может дать некоторый существенный рост эффективности. Однако от цифровизации ожидается *кардинальная* оптимизация процесса перевозки грузов и кратный рост эффективности. Именно это стимулирует масштабные и длительные инвестиции в этот процесс. Если даже один этап останется неоцифрованным, то вступает в действие закон относительных сопротивлений, согласно которому «структурная устойчивость целого определяется наименьшей его частичной устойчивостью. Эта схема относится не только к механическим системам, но решительно ко всяким: физическим, психическим, социальным» [3, с. 216].

Другими словами, цифровизация может мультиплицировать объем товароматериального потока, пропускаемого через транспортно-логистическую систему, однако один-единственный неоцифрованный этап транспортного процесса способен оказаться «узким перешейком», ограничивающим объем грузоперевозок. Именно этот этап будет задавать размерную рамку для всех типов грузов, а также устанавливать предел для эффекта от цифровизации для всех участников транспортного процесса [4]. По этой причине цифровизация должна:

- во-первых, охватывать сразу все этапы процесса перевозки, включая деятельность грузоотправителя, перевозчика, грузополучателя, государственных органов и т.п.;

- во-вторых, применяться сначала в тех сферах, которые минимально зависят от состояния внешней среды (природной, техносферной, социальной);
- в-третьих, обеспечивать функционирование без участия человека, который в цифровой среде отличается ограниченными вычислительными и когнитивными способностями.

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ

Одним из лидеров цифровизации является ОАО «РЖД», которое активно реализует проект «Цифровая железная дорога», включающий целый ряд решений:

1. Проект «Цифровой вагон», выполняемый АО «ВНИИЖТ». Проект позволяет выстраивать предиктивную аналитику на основании данных о состоянии колесных пар. В настоящее время контроль технического состояния вагонов осуществляется на основании натурного осмотра. Ему на смену должен прийти программно-аппаратный комплекс, состоящий из датчиков, устанавливаемых на вагон, цифровой платформы, предназначенной для обработки поступающих данных, и информационно-аналитического портала, включая веб-приложение [5]. Это позволит следить за состоянием парка грузовых вагонов, оптимизировать процессы управления за счет построения прогнозной модели состояния вагонов для проведения их технического обслуживания.

2. АСУ «Экспресс. Новое поколение». Проект разрабатывается в АО «ВНИИЖТ» и представляет собой автоматизированную систему управления резервированием мест и билетно-кассовыми операциями, предназначенная для бронирования мест в поездах дальнего следования. Системой «Экспресс» пользуются практически все страны СНГ и Прибалтики.

3. Цифровая прогнозная макромодель движения поездопотоков на сети железных дорог «Эльбрус М» [6, 7]. Проект разрабатывается в АО «ВНИИЖТ» и представляет собой автоматизированную систему построения прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов на основе имитационного моделирования.

4. Цифровая железнодорожная станция. Проект разрабатывается в АО «НИИАС» и предусматривает комплекс взаимосвязанных технических средств и устройств, обеспечивающих расчет и выполнение технологических операций обработки вагонов и поездов на станции и путях необщего пользования с минимальным участием человека.

5. Беспилотный поезд. В 2017 г. был запущен первый беспилотный локомотив на станции Лужская, в 2019 г. ОАО «РЖД» начало тестировать

на МЦК электропоезда, оснащенные системами технического зрения и дистанционного управления. Сегодня в АО «НИИАС» проектируется финальная версия электропоезда, которая будет полностью соответствовать требованиям по автоматизации четвертого уровня, когда машинист отсутствует в поезде.

6. Проект безбумажного оформления документов «Интертран». По данным ЦФТО, «почти 11 тыс. контейнеров перевезено по этой технологии и 8,7 тысяч контейнеров было перевезено по единому электронному перевозочному документу» [8].

7. Проект «Умный локомотив» – это система предиктивной аналитики, которая проводит мониторинг технического состояния оборудования и прогнозирует отказы с указанием конкретного узла локомотива, оборудованного датчиками. Это дает возможность оценивать и прогнозировать состояние узлов и агрегатов локомотива, отслеживать аномалии, в автоматическом режиме выводить информацию о технологическом состоянии оборудования и, как следствие, предсказывать неисправности локомотивов и оборудования между плановыми ремонтами.

8. Смарт-контракт – это электронный договор, заключенный с помощью криптографических протоколов и других механизмов цифровой безопасности. Сегодня он реализуется на платформах блокчейн (распределенных реестров). Технология помогает организовать обмен информацией в многосторонних бизнес-процессах, использовать общие для всех участников принципы подтверждения и хранения данных об операциях [9].

На наш взгляд, эти и многие другие разрабатываемые на железнодорожном транспорте цифровые технологии укладываются в следующую *последовательность объектов цифровизации*:

1. Цифровизация считывания сигналов технических систем, а также процесса их первичной обработки и интерпретации (например, системы сбора данных в режиме онлайн с мобильных и стационарных средств диагностики пути; система дистанционной диагностики тормозных устройств подвижного состава; системы контроля бодрствования и бдительности машиниста и т.п.).

2. Выстраивание из полученных сигналов цифровой модели (цифрового двойника); цифровизация внутриорганизационного обмена информацией между разными цифровыми моделями; цифровизация процесса обработки массивов данных, накопленных вследствие обмена информацией (например, АСУ «Экспресс»; навигационно-информационные технологии на основе ГЛОНАСС и т.п.).

3. Цифровизация шаблонного взаимодействия систем с внешней средой (например, беспилотный транспорт, системы автоматической

локомотивной сигнализации, системы автоматического интервального и прицельного торможения вагонов, макромодель движения поездопотоков на сети железных дорог «ЭЛЬБРУС-М» и т.п.).

4. Цифровые двойники, позволяющие предсказывать изменения нестабильной *внешней среды* (природной, техносферной, экономической и социальной), а также управлять поведением макроэкономических субъектов (грузоотправители, перевозчики, грузополучатели и др.) и материальных объектов (подвижной состав, складские комплексы, энергосистема и т.п.).

Перечисленные уровни цифровизации представлены на рисунке 1.

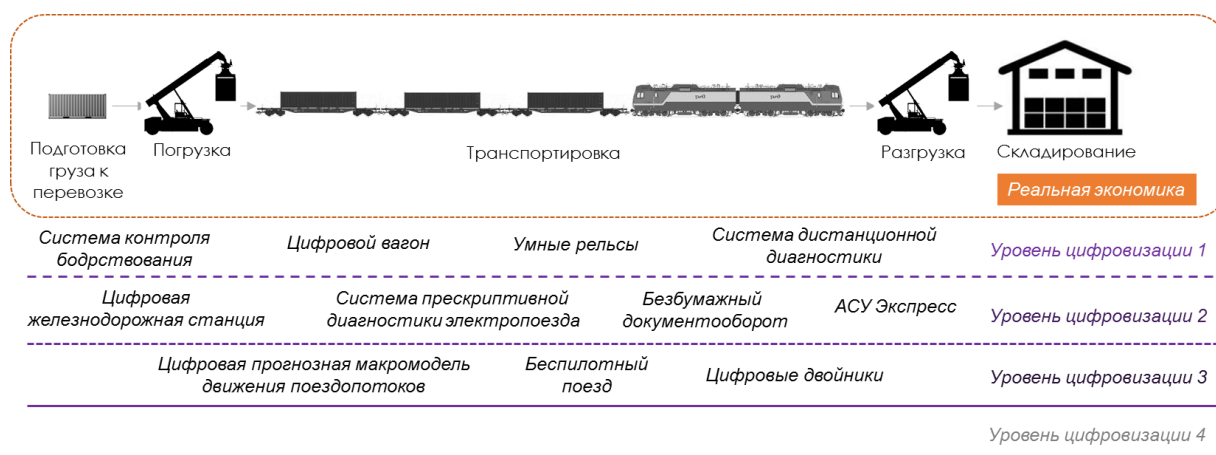


Рис. 1. Перевозочный процесс и последовательность уровней цифровизации

Источник: составлено авторами

На Рис. 1 показаны примеры цифровых решений, классифицированных по уровням цифровизации. При этом *работоспособных* цифровых решений, способных предсказывать изменения во внешней среде и организовывать в соответствии с ними управление поведением материальных железнодорожных объектов (уровень цифровизации 4 на Рис. 1) на данный момент не существует, хотя именно этот уровень должен принести самые масштабные и фундаментальные бонусы.

Из сказанного выше следует, что чем меньше объект взаимодействует с нестабильной внешней средой, тем более шаблонной и рутинной является его деятельность и тем проще его оцифровать. Соответственно, цифровизация неявно предполагает полное устранение непрогнозируемых факторов из той внешней среды, с которой взаимодействует железная дорога, а также переход к тотальной и неизменной плановости производства.

Рассмотрим далее перспективы такого перехода.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

На наш взгляд, цифровизация транспорта может быть реализована двумя способами:

1. Развитие вычислительных возможностей и усложнение системы работы с базами данных. Человек задает алгоритмы обработки информации технологиями big data и калибрует их для получения желаемого результата, однако перепроверить что-либо он уже не способен. Цифровые технологии стремительно превращаются в «черный ящик», содержание которого все менее ясно для человека. Если учесть известное правило о том, что управляющая система должна иметь более высокий уровень внутренней сложности, чем управляемая, то данное направление рискует оказаться тупиковым.

2. Разделение объекта на однородные части и цифровизация их по отдельности. Этот подход кардинально понижает требования и к цифровой системе, и к вычислительным возможностям, одновременно облегчая контроль со стороны человека.

Рассмотрим второе направление более подробно в отношении транспорта.

Транспортная система тесно связана с состоянием макроэкономики и очень чувствительна к изменению потребительского спроса, деловой активности, демографической ситуации, политике государства и т.п. Как следствие, изменения трудно прогнозируемой активности в реальном секторе экономики часто приводят к чередованию простоев и авралов на транспорте. Это, на наш взгляд, делает невозможным цифровизацию транспортного процесса, т.к. требует обязательного и непрерывного участия человека для разрешения нестандартных ситуаций. В этой связи цифровизацию предлагается реализовать через разделение грузопотоков на два типа:

1. Грузоперевозки в интересах удовлетворения *абсолютных* потребностей человека (например, потребности в еде, одежде, жилье, отдыхе и т.п.), объем которых меняется слабо или меняется прогнозируемо, что позволяет их планировать заблаговременно.

2. Грузоперевозки в интересах удовлетворения *конъюнктурных* потребностей человека, которые зависят от кратко- и среднесрочных интересов человека. Здесь имеются в виду покупки, совершаемые потребителями под влиянием моды, эмоций, эффекта присоединения к большинству и др. Такой спрос на грузоперевозки может удовлетворяться по остаточному принципу и с помощью относительно мобильных видов транспорта (автомобильного, авиационного, водного). Учитывая

непрогнозируемый характер спроса, стоимость перевозки таких грузов будет максимальна.

Схематично это можно представить следующим образом (Рис. 2).

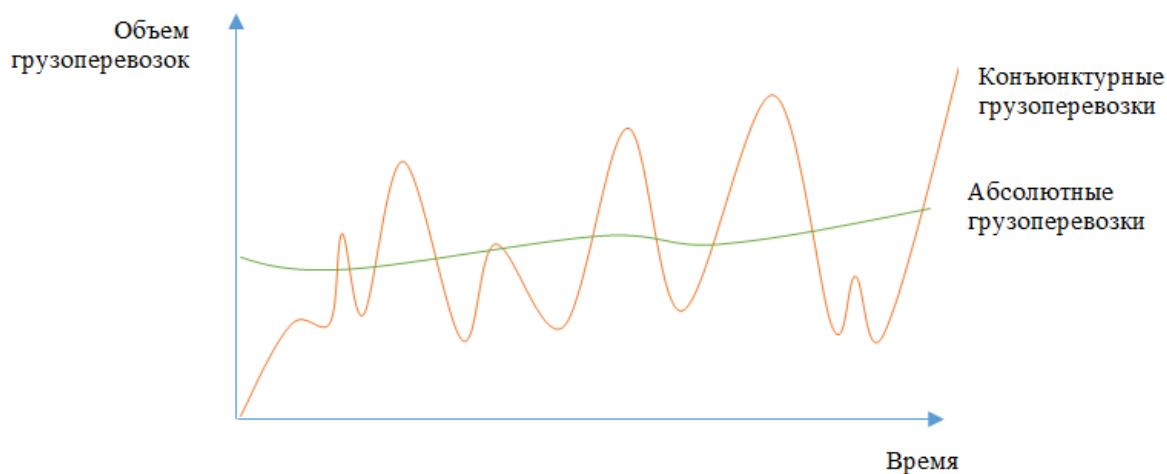


Рис. 2. Структура грузоперевозок с точки зрения потребностей человека

Источник: составлено авторами

На наш взгляд, выделение таких потоков статистически осуществимо, что позволяет для каждого из них спроектировать свою транспортную мультимодальную систему.

Транспортная мультимодальная система, обслуживающая абсолютные потребности, должна функционировать автономно, то есть обособленно от остальной части национальной транспортной системы, без участия человека и удовлетворять его потребности безусловным образом, независимо от состояния рыночной конъюнктуры, межгосударственных отношений, состояния гражданского общества и т.п.

Такая полностью замкнутая и беспилотная система максимально пригодна для цифровизации, что в свою очередь позволяет осуществлять перевозки планомерно, бессрочно и дешево. Это может иметь фундаментальные макроэкономические последствия, т.к. для реального сектора экономики появляется ненасыщаемый, гарантированный и стабильный по объему спрос, позволяющий извлекать максимальный положительный эффект масштаба и, как следствие, осуществлять производство с минимальными затратами.

С точки зрения изложенного выше сегодняшние усилия по цифровизации железных дорог также следует диверсифицировать.

Ряд потребностей человека поддается нормированию и прогнозированию, например, в части потребления пищевых продуктов [10]. Возьмем для примера такой стратегически важный продукт как зерно. Согласно существующим нормативам потребления в год на человека должно приходиться 230 килограмма зерна [11, с. 68]. Этот норматив

можно считать фиксированным, что позволяет прогнозировать объем перевозок с учетом демографических, природных и иных факторов.

В свою очередь прогнозируемость объема перевозок зерна потенциально позволяет реализовать следующие этапы цифровизации:

1 этап. Организация замкнутого производственно-потребляющего воспроизводственного контура по производству зерна и потреблению продуктов его переработки (Рис. 3).



Рис. 3. Замкнутый производственно-потребляющий воспроизводственный контур по производству зерна и потреблению продуктов его переработки

Источник: составлено авторами

На Рис. 3 показано, что в той или иной отрасли может быть выделен замкнутый производственно-потребляющий воспроизводственный контур. Его замкнутый характер облегчает цифровизацию, т.к. она требует одномоментного перехода на единую цифровую платформу всех участников контура. Более того, на наш взгляд, это основной стратегический путь для цифровизации всей национальной экономики, поэтому сегодняшнее «лоскутное» применение отдельных цифровых технологий вряд ли принесет ожидаемые фундаментальные изменения, т.к. не охватывает всю систему производства, транспортировки и реализации.

Разумеется, ни одно производство и ни одна отрасль не могут быть полностью изолированными, т.к. они требуют целый ряд входящих ресурсов (промышленных, топливных, трудовых и иных). Тем не менее, по мере цифровизации всей экономики, и эти воспроизводственные контуры будут переходить на преимущественное обслуживание абсолютных потребностей, становясь тем самым частями одной и той же системы. До этого момента относительный расход таких ресурсов на тонну зерна можно считать фиксированным (например, через показатели энергоемкости, трудоемкости и т.п.), а значит и прогнозируемым.

Благодаря этому транспортировку входящих ресурсов можно вписать в замкнутый зерновой контур таким образом, чтобы она не пересекалась с его собственной изолированной транспортной системой и не нарушала ритм их работы.

2 этап. Выделение и изоляция транспортной системы воспроизводственного контура.

Железнодорожный транспорт наиболее пригоден для выполнения функций изолированной транспортной системы, т.к. использует специально выделенные пути, отличается максимально возможной стабильностью производственной деятельности и при этом адаптирован к перевозке вариативных грузов (наливных, насыпных, контейнерных и т.п.). Это делает возможным сочетание предельного единообразия процесса транспортировки и ее рутинный характер с универсальностью подвижного состава.

3 этап. Оцифровка движения энергии, материи и информации.

Рутинизация производства и транспортировки открывает путь для цифровизации этих процессов с помощью интеллектуальных систем, методов машинного обучения, технологий обучения глубоких нейронных сетей.

Данный этап можно оценить с помощью коэффициента пригодности к цифровизации (Kd), который авторы предлагают определять по формуле:

$$Kd = f(I_1; I_2; I_3; I_4; I_5) \quad (1)$$

I_1 – показатель стабильности внешней среды, на которую ориентируется данный субъект (природной, техносферной, экономической, социальной);

I_2 – показатель единства информационных систем у всех участников процесса;

I_3 – способность осуществлять производство без участия человека;

I_4 – однородность груза;

I_5 – показатель принадлежности обслуживаемых потребностей человека к абсолютным.

В простейшем случае составляющие коэффициента Kd могут выражаться в бинарном (диджитальном) выражении: да-нет, имеется-отсутствует, 1-0. В такой трактовке Kd полностью цифрового транспорта должен выглядеть следующим образом:

$$Kd = f(I_1; I_2; I_3; I_4; I_5) = f(1; 1; 1; 1; 1) \quad (2)$$

Процесс цифровизации можно считать завершенным, если транспортные потоки носят мультимодальный и трансконтинентальный характер, т.е. границы и пространства пересекают однородные единицы груза, а составляющие Kd у всех n участников равны единице:

$$f_1(1; 1; 1; 1; 1) = f_2(1; 1; 1; 1; 1) = \dots = f_n(1; 1; 1; 1; 1) \quad (3)$$

В случае выполнения равенства (3) зерновое производство должно заканчиваться поставкой хлеба и круп в розничные магазины, например, с помощью контейнерных перевозок.

Данный процесс способен привести к коренной перестройке национальных экономик. В частности, мы можем ожидать последовательного расширения оцифрованной части экономики страны, ориентированной на абсолютные потребности человека, и сжатие конъюнктурной части.

Кроме того, вероятно станет необходимым особый международный статус для таких замкнутых производственно-потребляющих воспроизводственных контуров, которые безусловным образом будут удовлетворять все большую часть потребностей населения планеты. Это означает, что национальные законодательства разных стран рано или поздно перестанут распространяться на такие оцифрованные контуры, а их автаркия в сфере экономики станет невозможной.

Более того, на наш взгляд в оцифрованных контурах может потерять какой-либо смысл и денежная оценка товаров: значение сохранят только натуральные и условно натуральные единицы измерения. В итоге товарно-денежные отношения могут быть заменены какой-либо разновидностью системы административного распределения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На взгляд авторов реализация формулы цифровизации «железная дорога + цифровые технологии + замкнутый воспроизводственный контур» может иметь фундаментальные последствия как для национальной экономики России, так и для глобальной экономики. Принципиально изменятся не только хозяйственные и производственные отношения, но и социальная сфера, включая характер человеческих потребностей.

Появление цифровой транспортной системы приведет к исчезновению одних видов рисков и появлению новых. Например, рисков утраты человеком компетенций по управлению. В целом данный сценарий представляется возможным, если будет создано особое законодательное право, ориентированное на гармонизацию интересов всех участников перевозок, включая бизнес-структуры и государственные органы.

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. Паспорт стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации. Утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 года N 3744-р. [Pasport strategii cifrovoj transformacii transportnoj otrasli Rossijskoj Federacii. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated December 21, 2021 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11374?type=>
2. Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 г. N 769/р. [Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya holdinga "RZHD" na period do 2025 goda i na perspektivu do 2030 goda. Approved by the order of JSC "Russian Railways" of 17.04.2018 N 769/r (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://zszd.rzd.ru/api/media/resources/c/17/121/18071?action=download>
3. Богданов А.А. Тектология (Всеобщая организационная наука). – М.: Экономика, 1989. – Кн. 1. – 304 с. [Tektologiya (Vseobshchaya organizacionnaya nauka). Moscow: Ekonomika; 1989. Kn. 1. 304 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: https://pseudology.org/science/Bogdanov_Tektologia1a.pdf
4. Виноградов С.А., Попов К.М. Цифровые технологии повышения энергетической эффективности железнодорожных перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 7. – С. 42–45. [Vinogradov SA, Popov KM. Digital technologies for improving the energy efficiency of railway transportation. *Railway transport*. 2019;7:42-45 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39132966>
5. Цифровой двойник подвижного состава [Cifrovoy dvojnik podvizhnogo sostava (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://www.vniizht.ru/projects/tsifrovye-dvoyniki-podvizhnogo-sostava-i-infrastruktury2/>
6. Мугинштейн Л.А., Виноградов С.А., Кирякин В.Ю. и др. Полигонные технологии движения поездов по графикам на основе автоматизированной системы «ЭЛЬБРУС» // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 3. – С. 13–19. [Muginshtejn LA, Vinogradov SA, Kiryakin VYu, et al. Polygon technologies of train movement according to schedules based on the automated system "ELBRUS". *Railway transport*. 2015;3:13-19 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23046815>
7. Мугинштейн Л.А., Школьников Е.Н., Андреев А.В., и др. Программный комплекс для учёта, анализа и нормирования расходов энергоресурсов // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 9. – С. 32–36. [Muginshtejn LA, Shkol'nikov EN, Andreev AV, et al. Software package for accounting, analysis and rationing of energy costs. *Railway transport*. 2005;9:32-36. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23469231>
8. Рекорды едут в контейнерах // Гудок. 09.02.2021. – № 21 (27115). [Rekordy edut v kontejnerah. *Gudok*. № 21 (27115). 09.02.2021 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1552405&archive=2021.02.09>
9. Смарт-контракт ускоряет железнодорожные перевозки [Smart-kontrakt uskoryaet zheleznodorozhnye perevozki (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://rzddigital.ru/projects/smart-kontrakt-uskoryaet-zheleznodorozhnye-perevozki>.

10. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 "Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания" [Priказ Ministerstva zdavoohraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. № 614 "Ob utverzhdanii Rekomendacij po racional'nyim normam potrebleniya pishchevyh produktov, otvechayushchih sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya" (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://base.garant.ru/71485784/>
11. Панкова С.В., Цыпин А.П., Попов В.В. Методология статистического исследования обеспечения продовольственной безопасности России: монография. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 149 с. [Pankova SV, Cypin AP, Popov VV. *Metodologiya statisticheskogo issledovaniya obespecheniya prodovol'svennoj bezopasnosti Rossii*. Orenburg: OGU; 2018. 149 p. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/14688/1/%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf>
12. Суслов О.А., Федорова В.И. Перспективные подходы к прогнозному моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2021. – Т 80. – № 5. – С. 251–259. [Suslov OA, Fedorova VI. Prospective approaches to predictive modeling of degradation processes of track superstructure elements and its application in creating digital twins. *Russian railway science journal*. 2021;80(5):251-259. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://www.journal-vniizht.ru/jour/article/view/531>
13. Виноградов С.А., Мехедов М.И., Вакуленко С.П., Якубень А.Ю. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 4. – С. 10–15. [Vinogradov SA, Mekhedov MI, Vakulenko SP, Yakuben AYU. Prospects for the development of accelerated freight transport. *Railway transport*. 2021;4:10-15. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <http://www.zdt-magazine.ru/%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%E2%84%9602-2022/>
14. Виноградов С.А., Попов К.М. Цифровые технологии повышения энергетической эффективности железнодорожных перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 7. – С. 42–45. [Vinogradov SA, Popov KM. Digital technologies for improving the energy efficiency of rail transport. *Railway transport*. 2019;7:42-45. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 01.06.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39132966>

Сведения об авторах:

Анохов Игорь Васильевич, кандидат экономических наук, доцент;
eLibrary SPIN: 1444-3259; ORCID: 0000-0002-5983-2982; Researcher ID: AAF 9428 2020;
E-mail: i.v.anokhov@mail.ru

Римская Ольга Николаевна, кандидат экономических наук, доцент;
eLibrary SPIN: 4185-4532; ORCID: 0000-0002-1548-0815;
E-mail: olgarim@mail.ru

Хомов Андрей Владимирович, кандидат технических наук;
eLibrary SPIN: 3768-0633, AuthorID: 467399;
E-mail: khomov.andrey@vniizht.ru

Information about the authors:

Igor V. Anokhov, Ph.D. in Economics, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 1444-3259; ORCID: 0000-0002-5983-2982; Researcher ID: AAF 9428 2020;
E-mail: i.v.anokhov@mail.ru

Olga N. Rimsкая, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
eLibrary SPIN: 4185-4532; ORCID: 0000-0002-1548-0815;
E-mail: olgarim@mail.ru

Andrey V. Khomov, Candidate of Technical Sciences.
eLibrary SPIN: 3768-0633, AuthorID: 467399;
E-mail: khomov.andrey@vniizht.ru

Цитировать: Анохов И.В., Римская О.Н., Хомов А.В. Влияние цифровизации железных дорог на развитие национальной экономики // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 135–148. doi: 10.17816/transsyst202282135-148

To cite this article:

Anokhov IV, Rimsкая ON, Khomov AV. Impact of railways digitalisation on the national economy development. *Modern transportation systems and technologies*. 2022;8(2):135-148. doi: 10.17816/transsyst202282135-148

2022;8(2)

Электронный

оригинал-макет

подписан к публикации

30.06.2022

148 страницы Ф А4

сверстан в редакции ПГУПС

190131, Санкт-Петербург,

Московский пр., д. 9