Том 4 № 1 (2018)

ISSN 2413-9203

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

рецензируемый научный журнал

TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

peer-review journal

VOL. 4 ISSUE 1 (2018)

transsyst.ru

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ISSN 2413-9203

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Том 4, № 1 2018

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

«ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

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

ИНДЕКСАЦИЯ

РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)
Google Scholar
WorldCat
Ulrich's Periodical Directory

КОНТАКТЫ

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

Научный редактор Ю. Ф. Антонов, доктор технических наук, профессор
Перевод на английский язык А. Ю. Гнатенко
Выпускающий редактор Т. С. Антонова
Редактор сайта А. В. Дитрихс
Литературный редактор С. А. Зинченко
Верстка Л. А. Каратановой

СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации средства массовой информации

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

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://trassyst.ru/
Рукопись и дополнительные материалы следует оформить в соответствии с правилами редакции, см. подробно по URL: https://journals.eco-vector.com/transsyst/about/submissions

ПОДПИСКА

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

© ФГБ ОУ «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 2018

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Зайцев Анатолий Александрович, доктор экономических наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА, НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Антонов Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Колесников Владимир Иванович, академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Ганиев Ривнер Фазылович, академик Российской академии наук, научный руководитель Института машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия

Глухих Василий Андреевич, академик Российской академии наук, Научный руководитель НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

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

Ли Вэйли, доктор технических наук, профессор, Пекинский транспортный университет, Пекин, КНР

Галкин Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, ректор Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Верескун Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, ректор Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

Панычев Александр Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент, ректор Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

Хан Хьёнг-Сук, кандидат технических наук начальник Департамента Маглев и линейных двигателей, Старший научный сотрудник Корейского института машиностроения и материаловедения (KIMM), Тэджон, Республика Корея

Фэй Ни, кандидат технических наук, доцент, сотрудник Национального транспортно-инженерного центра Маглев, Университет Тондзи, Шанхай, КНР

Ма Чжисюн, кандидат технических наук, сотрудник Национального транспортно-инженерного центра Маглев, доцент Университета Тондзи, Шанхай, КНР

Сирирангси Пувадол, доктор технических наук, декан, Институт менеджмента «Паньяпиват», Паккред, Таиланд

ELECTRONIC PEER-REVIEW RESEARCH JOURNAL ISSN 2413-9203

TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY

Vol. 4, Issue 1 2018

ELECTRONIC PEER-REVIEWED RESEARCH JOURNAL

FOUNDER AND PUBLISHER
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
St. Petersburg, Russia

"TRANSPORTATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY"
Electronic peer-review journal
Issued 4 times a year (quarterly)
Established in 2013

INDEXING
eLibrary (Russian Science Citation Index)
Google Scholar
WorldCat
Ulrich's Periodical Directory

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

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

JOURNAL CONTENT SELECTION

The journal selects 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://trassyst.ru/

The manuscript and additional materials should be prepared and arranged in accordance with the author guidelines (see in detail at: https://journals.eco-vector.com/transsyst/about/submissions

SUBSCRIPTION

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

© Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 2018

EDITOR-IN-CHIEF
Anatoly Zaitsev, Doctor of Economics, Professor

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF, THE SCIENCE EDITOR
Yuri Antonov, Dr. Sc., Professor, St. Petersburg, Russia

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Vladimir Kolesnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Science, Professor, St. Petersburg, Russia

Rivner Ganiev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Adviser at the Institute of Machine Science named after A. A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

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

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

Alexander Galkin, Dr. Sc., Professor, Rector of the Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russia

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

Alexander Panychev, Ph.D., Associate Professor, Rector of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia

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

Fei Ni, PhD, National Maglev Transportation Engineering Technology R&D Center (NMTC), Associate Professor at Tongji University, Shanghai, China

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

Sirirangsi Poovadol, Doctor of Engineering, Deputy Dean at Panyapiwat Institute of Management, Pakkred, Thailand

СОДЕРЖАНИЕ		TABLE OF CONTENTS
ОБЗОРЫ		**REVIEWS**
Соколова Я.В. АЛГОРИТМ СТРУКТУРИРОВАНИЯ КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА В ФОРМЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА	**5**	**Sokolova I.V.** THE ALGORITHM OF STRUCTURING A LARGE INFRASTRUCTURE PROJECT IN THE FORM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP
Скорченко М.Ю. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛЯРНОГО КОНТРЕЙЛЕРНОГО СООБЩЕНИЯ	**19**	**Skorchenko M.Yu.** INTERNATIONAL EXPERIENCE IN ORGANISING REGULAR PIGGYBACK SERVICE
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ		**ORIGINAL STUDIES**
Краснов А.С., Зименкова Т.С., Казначеев С.А., АКсенов Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО АККУМУЛЯТОРА С ТВЕРДЫМ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ КАК СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ ЧАСТИ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И ГРУЗОСОХРАНЕНИЯ ВАКУУМНОГО МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА	**43**	**Krasnov A.S., Zimenkova T.S., Kaznacheev S.A., Aksenov N.A.** APPLICATION OF THERMAL ACCUMULATOR WITH SOLID HEAT ACCUMULATING MATERIAL AS A METHOD OF COOLING OF LIFE SUPPORT AND FREIGHT PROTECTION SYSTEMS FOR VACUUM MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT
Беленцов Ю.А., Казанская Л.Ф. НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КАК ФАКТОР НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ	**58**	**Belentsov Yu.A., Kazanskaya L.F.** NON-DESTRUCTIVE METHODS OF CONCRETE QUALITY CONTROL AS FACTOR IN RELIABILITY OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN TRANSPORT FACILITIES
Капустин В.В., Мовчан А.К., Зайцева Е.В., Курячий М.И. АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ	**68**	**Kapustin V.V., Movchan A.K., Zaytseva E.V., Kuryachiy M.I.** ACTIVE PULSE TELEVISION MEASURING SYSTEMS FOR ENSURING NAVIGATION OF TRANSPORT MEANS IN HEAVY WEATHER CONDITIONS

Ляшенко А.Н. ВЫБОР СХЕМЫ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЯНОГО ТЕРМИНАЛА ПО МНОЖЕСТВУ КРИТЕРИЕВ	**84**	**Lyashenko A.N.** SELECTION OF THE OIL TERMINAL RESERVOIR FARM SCHEME BY A SET OF CRITERIA
Грошев Г.М., Кизляк О.П., Котенко А.Г., Сугоровский А.В., Сугоровский Ан.В. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДВОДА ТРАНЗИТНЫХ И РАЗБОРОЧНЫХ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ К ТЕХНИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ	**94**	**Groshev G.M., Kizlyak O.P., Kotenko A.G., Sugorovsky A.V., Sugorovsky An.V.** REGULATION OF TRANSIT AND REMARSHALLING FREIGHT TRAINS APPROACH TO TRAIN TECHNICAL STATIONS
Шкляев А.В., Пасынкова Ю.С., Сиверцева Е.С., Сакс Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСКОРЕННЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПОЕЗДОВ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПОРТА КАУЧУКА	**105**	**Shklyaev A.V., Pasynkova Yu.S., Sivertseva E.S., Saks N.V.** USE OF EXPRESS CONTAINER TRAINS FOR OPTIMISATION OF RUBBER EXPORT
Горбунова В.С., Пузина Е.Ю. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЯХ РОССИИ	**119**	**Gorbunova V.S., Puzina E.Yu.** EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN RUSSIAN INDUSTRIAL COMPANIES
Шматченко В.В., Плеханов П.А., Роенков Д.Н., Иванов В.Г. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ И РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ	**138**	**Shmatchenko V.V., Plekhanov P.A., Roenkov D.N., Ivanov V.G.** TRAINING OF SPECIALISTS AND DEVELOPMENT OF DESIGN REGULATORY FRAMEWORK FOR RUSSIAN MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT SYSTEMS

УДК [UDK] 338.28; 334.021
DOI: 10.17816/transsyst2018041005-018

© Я.В. Соколова
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

АЛГОРИТМ СТРУКТУРИРОВАНИЯ КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА В ФОРМЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

Аннотация. Научно-техническое развитие не только повышает комплексную безопасность и устойчивость транспортной системы, но и способно обеспечить решение социально-экономических и оборонных задач Российской Федерации. В статье рассматривается реализация крупного инфраструктурного проекта транзитных транспортных коридоров на основе магнитолевитационной технологии с применением механизмов государственно-частного партнерства (ГЧП). Данная форма взаимоотношений государства и бизнеса не имеет широкого применения в России, поэтому разработка научных подходов к структурированию такого проекта весьма актуальна. Для обоснования эффективности проекта в форме ГЧП автор с помощью законодательных и нормативных документов в области строительства, ГЧП, регулирования государственной политики разработал алгоритм структурирования. Примененные научные методы анализа и синтеза, классификации, экспертных оценок, математической статистики, графического изображения данных позволили обеспечить достоверность и обоснованность выводов.

Ключевые слова: алгоритм, структурирование, проект, государственно-частное партнерство, концессия, транспорт.

© Ya.V. Sokolova
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

THE ALGORITHM OF STRUCTURING A LARGE INFRASTRUCTURE PROJECT IN THE FORM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

***Abstract*:** The Public-Private Partnership (PPP) is one of the most crucial tools for modernisation development of the state management system, a new concept of cooperation between the state and business. Therefore, it is highly significant to develop the scientific approaches to structural arrangement of infrastructure projects in the form of PPP. The first step towards this is the construction of algorithm of this process, which has been made in this paper.

The state is actively participating in the realisation of large infrastructure projects. A new legislative base, which regulates the priority of the infrastructure, is being formed. With the realisation of the planned projects, only a range of transport accessibility problems is solved. Whereas, the issues of development of transit potential of the country, the increase of transport accessibility of various regions, bolstering the mobility of population, etc. remain open.

An ambitious task to create an alternative transport "arteriole" through the Russian Federation territory may be solved by means of the Russian elaborations of the innovative transport technology on the basis of magnetic levitation.

In order to justify the feasibility of such a large project in the form of PPP, the structuring algorithm has been developed, which enables assessing the project at all viewpoints, starting from the moment of the idea of its realisation to the point of its operation, to determine the time costs, and other constituents of the process influencing the project.

The elaboration is based on a dialectical approach to the study of the innovative development, the application of scientific methods of the analysis and synthesis, classification, expert's assessments, mathematical statistics, the geographical image of the data, which enable ensuring the reliability of the results and the validity of conclusions.

Creating instruments for structuring aims at exploring and expanding mechanisms of cooperation between the state and private business within PPP.

***Keywords*:** algorithm, project structuring, public-private partnership (PPP), concession, transport.

Начало государственно-частному партнерству (ГЧП) в России в 1980-х годах положила приватизация, в 1990-х годах объекты государственной собственности вводили в хозяйственный оборот через акционирование, позже – через аренду. В 2005 г. появился Федеральный закон «О концессионных соглашениях» [1].

Каждый проект ГЧП направлен на ликвидацию инфраструктурных разрывов, на решение задач в сфере публичных интересов – таких как транспорт, энергетика, коммунальная, социальная сферы и другие. Как правило, проект предусматривает создание или реконструкцию, техническое обслуживание и эксплуатацию объекта инфраструктуры частным инвестором, который в рамках проекта полностью или частично финансирует создание или реконструкцию объекта за счет собственных и/или привлеченных средств. Соотношение привлеченных и собственных средств не закреплено нормативными актами, и превалирует финансирование проектов за счет средств, привлеченных через финансирующие организации.

Проекты ГЧП предусматривают длительные отношения партнеров, распределение рисков и ответственности между ними.

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Публичный партнер (орган государственной власти) может частично финансировать создание/реконструкцию объекта, полностью финансировать его техническое обслуживание и эксплуатацию.

Учитывая сложность и затратность создания или реконструкции инфраструктурных объектов, механизмы ГЧП являются оптимальным инструментом, позволяющим инициировать и реализовывать проекты.

Постановка задачи

Рост инвестиций в транспортную, энергетическую, социальную и коммунальную инфраструктуры на уровне 6–10 % в год способен обеспечить рост экономики в России в течение ближайших 5–7 лет. Анализ бюджетных вложений в инфраструктурную отрасль за последние пять лет позволил выявить тенденцию их снижения примерно на 10 % ежегодно. При этом доля частных инвестиций, привлекаемых в развитие инфраструктуры, не достигает 3 % общего объема вкладываемых средств [2].

Потенциал взаимодействия государства и частного капитала огромен, однако, имея колоссальные резервы, используется незначительно. За последние 5–6 лет усилиями органов власти, финансирующих организаций, делового сообщества ситуация начала меняться, в первую очередь, благодаря активному развитию и применению механизмов ГЧП.

Необходимо популяризировать и продвигать инструментарий ГЧП. Одним из вариантов научного сопровождения этих процессов является алгоритм, позволяющий конкретизировать все фазы структурирования проекта.

Кроме модернизации и развития инфраструктуры применение механизмов ГЧП в России способно повысить эффективность управления государственным имуществом и финансовую отдачу принадлежащих государству экономических активов. При этом явным преимуществом ГЧП перед приватизационной политикой является возможность сохранения государством права собственности на такие объекты.

ГЧП – один из важнейших инструментов модернизации системы государственного управления, новой концепции отношений государства и бизнеса, поэтому чрезвычайно важно разработать научные подходы к структурированию инфраструктурных проектов в форме ГЧП. Первым шагом в этом направлении является построение алгоритма данного процесса, выполненного в предлагаемой статье.

Принятые допущения

Используя механизмы ГЧП, государство в условиях дефицита бюджетных средств получает возможность реализовать проект без увеличения долговой нагрузки, сократить расходы на предпроектную подготовку за счет частной инициативы, привлечь новые силы и

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

возможности для строительства или реконструкции, эксплуатации и технического обслуживания.

Частный партнер получает гарантии окупаемости инвестиций, что очень важно, особенно в изменяющихся макроэкономических условиях.

Возможные формы реализации инфраструктурного проекта представлены на рис. 1 [3].

В отличие от государственного заказа, когда все расходы на подготовительные мероприятия, создание или реконструкцию и эксплуатацию объекта в полном объеме ложатся на бюджет, в проектах ГЧП обязательства бюджета распределены во времени: расходы на подготовительные мероприятия разделены между сторонами, значительную часть расходов на создание или реконструкцию объекта несет частный партнер, увеличение нагрузки на бюджет происходит только на этапе эксплуатации. Как правило, бюджетная экономия на этапе создания или реконструкции объекта суммарно больше, чем переплата на этапе эксплуатации.

Государство активно участвует в реализации крупных инфраструктурных проектов. Для координации данного направления правительство РФ 15 октября 2016 г. выпустило постановление № 1050 «Об организации проектной деятельности в правительстве Российской Федерации» [4].

Распоряжением правительства Российской Федерации от 26 апреля 2017 г. № 793-р [5] утверждены изменения, которые вносятся в перечень крупных проектов с государственным участием, в том числе инфраструктурных проектов, финансируемых в рамках федеральных целевых программ и за счет средств Фонда национального благосостояния, подлежащих мониторингу (далее – Перечень), утвержденный распоряжением правительства РФ от 18 марта 2016 г. № 449-р [6]. Согласно изменениям, Перечень включает 71 проект, из них:

- 24 автодороги;
- 6 объектов железнодорожного транспорта;
- 7 объектов водного транспорта;
- 6 объектов авиационного транспорта;
- 2 моста;
- 5 объектов энергетики;
- 6 объектов медицины;
- 3 объекта науки;
- 7 стадионов;
- 5 прочих.

Сорок пять проектов из представленных в Перечне связаны с созданием объектов транспортной инфраструктуры.

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

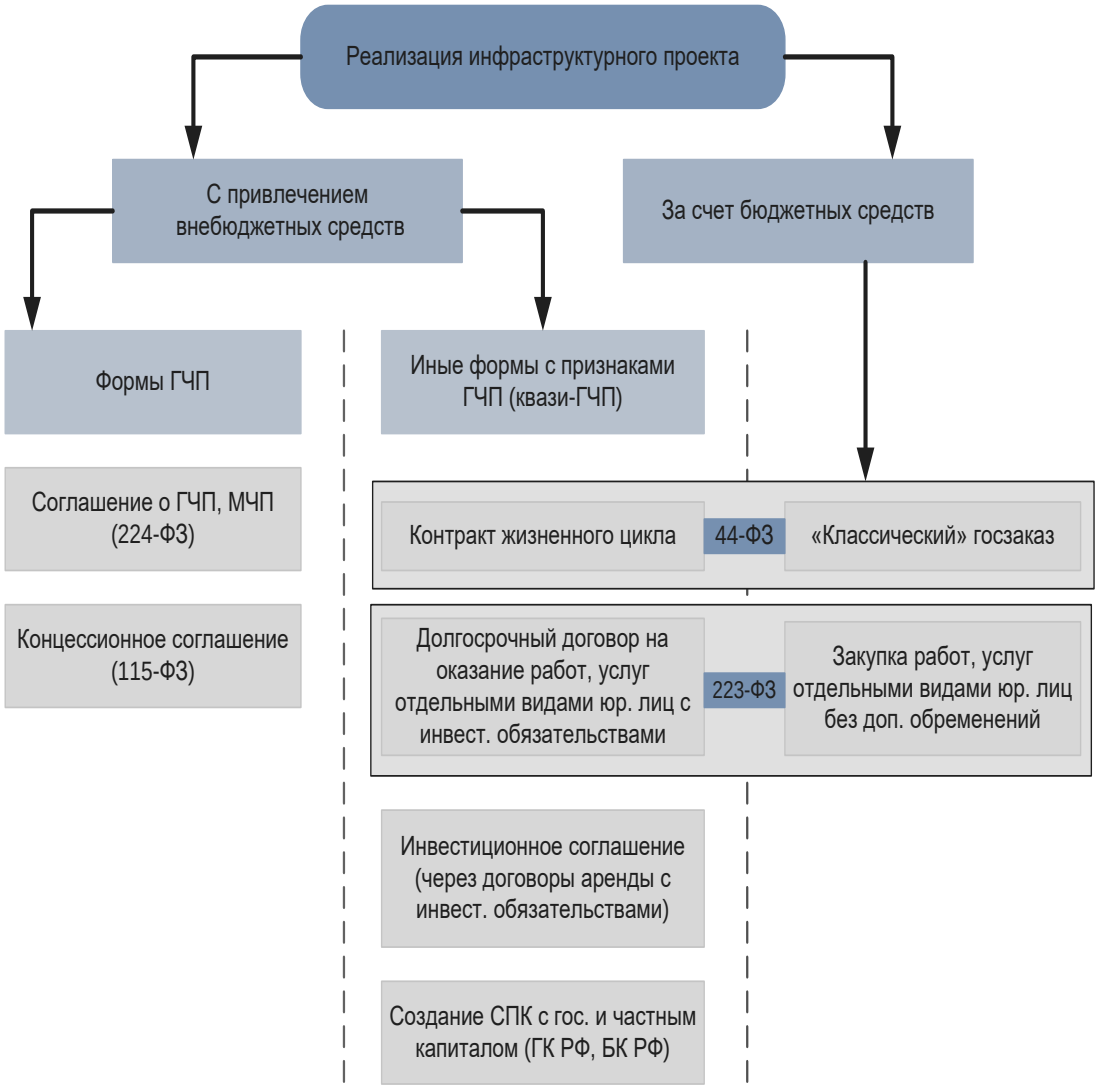


Рис. 1. Возможные формы реализации инфраструктурного проекта

Инфраструктурные операторы на своем уровне также предпринимают действенные шаги. Например, в 2017 г. объем инвестиционной программы ОАО «РЖД» составил почти 500 млрд руб. [7]. В приоритетном порядке реализуются такие крупные инфраструктурные проекты как модернизация и развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона, развитие Московского транспортного узла, реконструкция участка Междуреченск – Тайшет, развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна и др. [8].

Несмотря на значительные усилия транспортной отрасли в обновлении и усилении инфраструктуры, остается огромное количество узких мест, для расширения которых нужны инновационные технологии и обоснованные формы реализации проектов с участием государства, официальные представители которого готовы развивать и продвигать их в парадигме долгосрочного партнерства [9].

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Реализация проектов решает только ряд проблем транспортной доступности. Открытыми остаются вопросы развития транзитного потенциала страны, транспортной доступности отдельных регионов, стимулирования подвижности населения и другие.

Транспортные системы для межконтинентальных перевозок на основе магнитной левитации

В политических, инженерных, предпринимательских кругах утвердилось мнение о необходимости создания межстрановых и межконтинентальных транзитных транспортных коридоров (ТТК) в направлениях Восток – Запад и Север – Юг по территории России.

Это мнение основывается на результатах процессов глобализации мировой экономики, которые сопровождаются ускорением перемещения капиталов, материалов и людских ресурсов. Стремительно развиваются центры промышленного производства в Азии – в Китае, Индии, Индонезии, Малайзии, Таиланде. Благодаря этому резко повышается роль транспортных связей, которые должны бесперебойно и своевременно доставлять сырье и готовую продукцию в различные точки мира [10].

Российская Федерация является естественным мостом между Востоком и Западом, Севером и Югом (рис. 2). Страны Азиатско-Тихоокеанского региона ежегодно транспортируют около 50 млн т потребительских товаров в страны Европейского союза. Если часть этого грузопотока будет обслуживать транспортная система России, то для страны это может стать экспортным продуктом. Между северными странами Европы, Ближним Востоком и Северной Африкой складывается аналогичная ситуация. Существующая транспортная система не в состоянии освоить и малой доли этого экспортного продукта [11]. Перевозки по Транссибирской магистрали составляют около 1 % грузооборота между Азией и Европой [12]. Главное преимущество перевозок из Китая в Европу по железной дороге перед морским транспортом – скорость. Однако коммерческая скорость движения поездов по нашим магистралям составляет около 16 км/ч, что намного меньше, чем в США, Европе и Китае. Китайское правительство, учитывая это, одобрило «Новый Евроазиатский трансконтинентальный мост» доставки грузов в обход России. 15 января 2016 г. из Ильичевского морского порта (Одесса) отправился первый экспериментальный рейс по маршруту Украина – Грузия – Азербайджан – Казахстан – Китай [13].

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 2. ТТК по территории Российской Федерации на основе магнитолевитационной транспортной технологии

Стратегия развития транспорта РФ до 2030 г. не дает ответа на этот вызов времени. В сложившейся ситуации могут быть сформулированы следующие стратегические цели опережающей модели развития транспорта:

- создать ТТК Восток – Запад, Север – Юг, провозная способность которых кратно превышает этот показатель существующих магистралей за счет применения инновационной транспортной технологии;
- сделать частный капитал основой финансирования проектов опережающей модели развития.

Для наложения действующих норм законодательства на инфраструктурные проекты в рамках исследования рассмотрен проект создания ТТК Восток – Запад с использованием магнитолевитационной технологии (далее – Проект). Для обоснования эффективности его реализации в форме ГЧП разработан алгоритм его структурирования (рис. 3). При разработке алгоритма использованы законодательные и нормативные документы в области строительства, ГЧП, регулирования государственной политики.

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

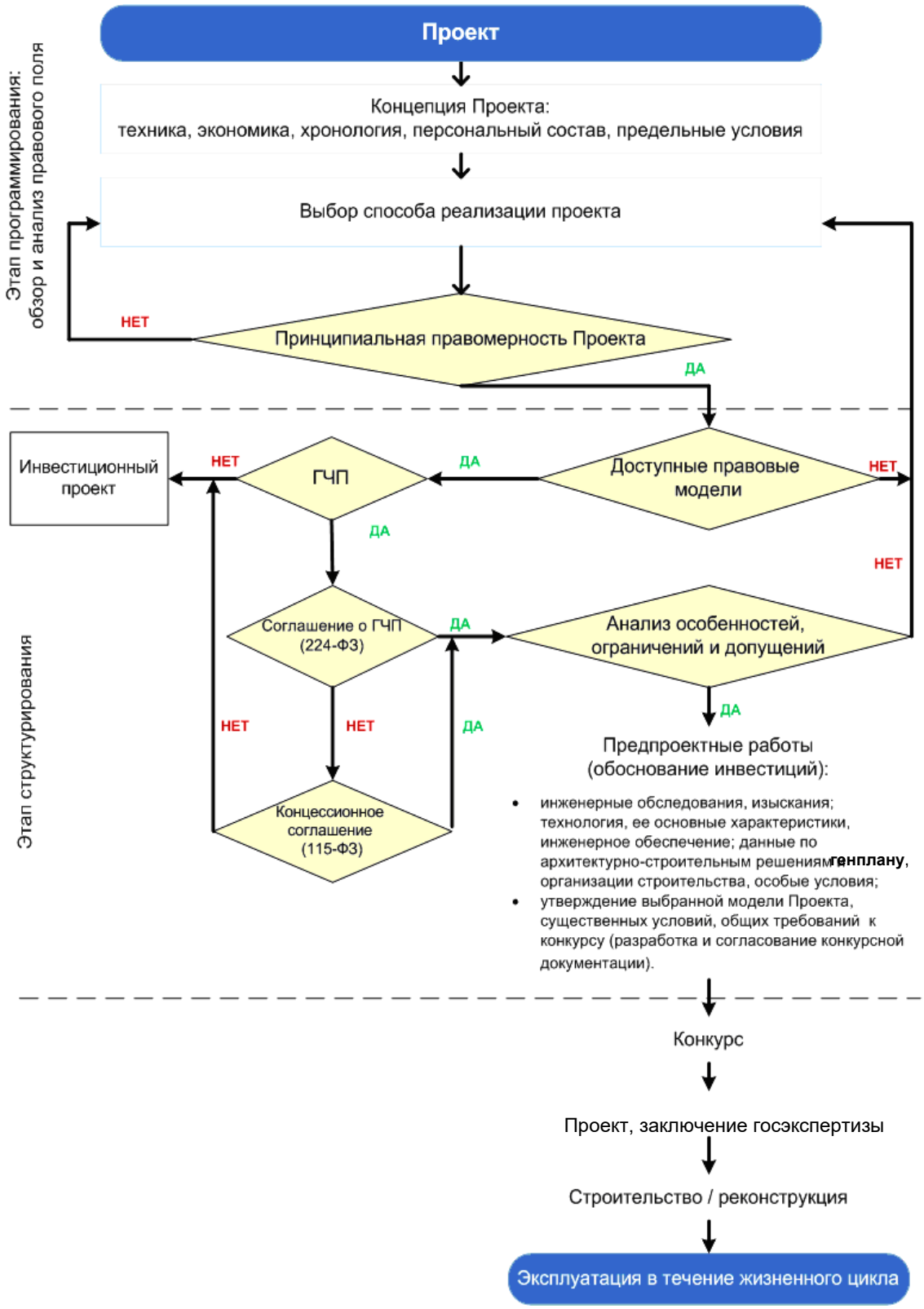


Рис. 3. Алгоритм структурирования крупного инфраструктурного проекта в форме ГЧП

Разработка базируется на диалектическом подходе к изучению инновационного развития, на применении научных методов анализа и синтеза, классификации, экспертных оценок, математической статистики,

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

графического изображения данных, что позволяет обеспечить достоверность результатов и обоснованность выводов.

Разработанный укрупненный алгоритм позволяет всесторонне оценить Проект с момента появления идеи до стадии эксплуатации, определить временные затраты и влияющие на Проект составляющие процесса.

Апробация алгоритма на проекте создания ТТК Восток – Запад дала следующие результаты.

Создание концепции Проекта продлится 18 месяцев и может начаться при получении официального запроса на проработку транспортного Проекта национального масштаба с учетом заинтересованности государства. На основании концепции выбирается способ реализации Проекта. Данный этап продлится около трех месяцев с учетом масштабности Проекта.

Обзор и анализ правового поля позволяет определить принципиальную правомерность Проекта и перейти к выбору его правовой модели. Форма ГЧП имеет значительные преимущества перед инвестиционным проектом, поскольку земельные участки под линейный объект могут быть выделены без их выкупа частным партнером. Преимущественной формой ГЧП будет концессионное соглашение. На основании концессии государство в лице региональных администраций, на территории которых запланировано строительство ТТК, предоставляет концессионеру право пользования земельными участками с целью внедрения новых транспортных технологий. Частный партнер несет расходы на исполнение обязательств по концессионному соглашению – создание ТТК с применением инновационной технологии, разработанной российскими учеными и специалистами.

После проработки особенностей, ограничений и допущений проводится обоснование инвестиций. Данный этап целесообразно выполнять параллельно с отработкой правовой модели Проекта, сразу после выбора способа реализации. Ориентировочная длительность этапа – два года. Одновременно сертифицируются элементы системы и разрабатывается необходимая нормативная база.

Этап конкурса в проекте национального масштаба может быть пропущен, поскольку Проект нацелен на реализацию приоритетных направлений стратегического развития Российской Федерации.

В течение трех следующих лет ведется проектирование и параллельно разрабатывается исходно-разрешительная документация, затем проходят государственная экспертиза (шесть месяцев) и строительство (семь с половиной лет).

Построенные участки вводятся в эксплуатацию поэтапно, что позволяет до полного открытия ТТК начать развитие прилегающих территорий, сопутствующей инфраструктуры.

Укрупненный план-график реализации Проекта приведен на рис. 4.

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

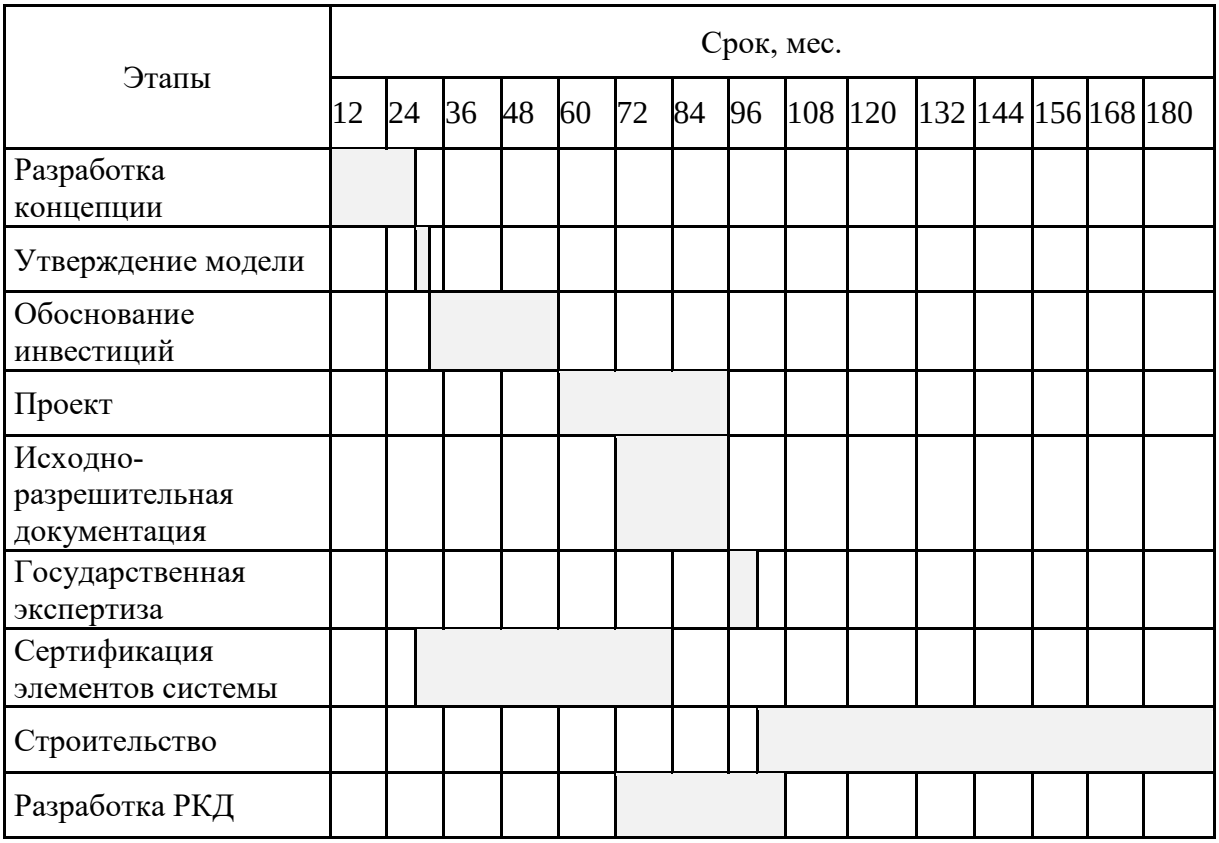


Рис. 4. План-график реализации Проекта создания ТТК Восток – Запад

Актуальность данного подхода обусловлена необходимостью наложения принятой последовательности действий при проектировании и строительстве объектов на законодательные нормы с учетом сложившейся практики применения механизмов ГЧП.

Необходимо развивать подходы к структурированию и оценке проектов ГЧП с учетом международного опыта.

Оценка должна проводиться как на этапе планирования (программирования) с целью определения приоритетных проектов (мероприятий программ) и возможностей использования для их реализации механизмов ГЧП, так и на этапе структурирования конкретного проекта с целью определения и обоснования лучших условий его реализации.

Особенно важна оценка для крупных и средних проектов, а также для проектов, предусматривающих прямое бюджетное участие, полное или частичное возмещение затрат инвестора за счет средств бюджета (проектов с «платой за доступность», «минимальным гарантированным доходом»).

На каждом этапе (программирования и структурирования) должны использоваться одинаковые критерии оценки инфраструктурных проектов:

- социально-экономическая эффективность (на этапе программирования – качественная оценка и укрупненный количественный

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

расчет, на этапе структурирования – более детальный количественный расчет) для оценки целесообразности реализации инфраструктурного проекта;

- качественные (экспертные) критерии сравнительного преимущества в целях выбора формы реализации инфраструктурного проекта, оценки возможности использования механизмов ГЧП;
- количественные (расчетные) критерии сравнительного преимущества для определения обоснованности (целесообразности) применения механизма ГЧП.

Результаты оценки – составная часть пакета документов для согласования и утверждения проекта решения о заключении соглашения (реализации проекта) в форме ГЧП [14].

Заключение

Крупным инфраструктурным проектам, особенно транспортного назначения, необходимо особое отношение со стороны власти, поскольку состояние транспортного комплекса напрямую влияет на экологическую, научно-техническую, экономическую и военную составляющие национальной безопасности государства. Технологический прорыв в развитии транспортной системы Российской Федерации способен реализовать социально-экономические и оборонные приоритеты, качественно повысить уровень транспортной безопасности государства.

Разработка магнитолевитационной транспортной технологии – важнейший этап в развитии транспорта – способствует кардинальному улучшению технических и экономических характеристик транспортной системы страны [15]. Апробированные российские разработки инновационной транспортной технологии на принципах магнитной левитации способны решить амбициозную задачу создания альтернативной транспортной артерии по территории Российской Федерации.

Создание инструментов структурирования призвано помочь в освоении и расширении использования механизмов взаимодействия государства и частного капитала в рамках ГЧП.

Библиографический список

1. Федеральный закон «О концессионных соглашениях» от 21.07.2005 г. № 115-ФЗ. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54572 (дата обращения 15.01.2018).

2. Исследование «Государственно-частное партнерство в России 2016–2017:

References

1. Federal Law of Russian Federation N 115-FZ of 21 July 2005 “On Concession Agreements”. Available from: http://www.consul-tant.ru/document/cons_doc_LAW_54572 (cited 2018 Jan 15). (In Russ.)

2. Study “Public-Private Partnership in Russia 2016-2017: Current Status and Trends,

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

текущее состояние и тренды, рейтинг регионов» / Ассоциация «Центр развития ГЧП». – М.: Ассоциация «Центр развития ГЧП», 2016. – 32 с.

Ranking of Regions". Moscow; 2016. 32 p. (In Russ.)

3. Ткаченко М.В. Государственно-частное партнерство или госзаказ: особенности обоснования эффективности проектов. Режим доступа: http://skfoforum.ru/doc/presentations/13.00–15.00_tkachenko_maksim_viktorovich.pdf (дата обращения 20.01.2018).

3. Tkachenko MV. The Site of II North Caucasus Forum "Energy of the Caucasus" Public-private partnership or government contracts: cost-effectiveness of projects. Available from: http://skfoforum.ru/doc/presentations/13.00–15.00_tkachenko_maksim_viktorovich.pdf (cited 2018 Jan 20). (In Russ.)

4. Постановление правительства РФ от 15.10.2016 г. № 1050 «Об организации проектной деятельности в правительстве Российской Федерации». Режим доступа: http://government.ru/docs/24918 (дата обращения 01.02.2018).

4. Decree of the Government of the Russian Federation N 1050 of 15 Oct. 2016 "Of the Organisation of Project Activities in the Government of the Russian Federation". Available from: http://government.ru/docs/24918 (cited 2018 Feb 01). (In Russ.)

5. Распоряжение правительства РФ от 26.04.2017 г. № 793-р. Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/AdeqwoTAUtknvUPp2HC6eKDEUvAcFqv1.pdf (дата обращения 28.01.2018).

5. The Order of the Government of the Russian Federation N 793-R of 26 Apr. 2017. Available from: http://static.government.ru/media/files/AdeqwoTAUtknvUPp2HC6EkdeuvAcFqv1.pdf (cited 2018 Jan 28). (In Russ.)

6. Распоряжение правительства РФ от 18.03.2016 г. № 449-р. Режим доступа: http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm (дата обращения 28.01.2018).

6. The Order N 449-R of 18 March 2016 of the Government of the Russian Federation. Available from: http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm (cited 2018 Jan 28). (In Russ.)

7. Инвестиционная деятельность ОАО «РЖД». Режим доступа: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=35 (дата обращения 31.01.2018).

7. Investment activities of JSC "RZD". Available from: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=35 (cited 2018 Jan 31). (In Russ.)

8. Инвестиционные проекты года // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 1. – С. 17–18.

8. Investment projects of the year. *Zheleznodorozhnyi transport*. 2018;1:17–18. (In Russ.)

9. Соколов М.Ю. Квалифицированные инвесторы должны научиться жить в парадигме долгосрочного партнерства // Государственно-частное партнерство. – Режим доступа: http://pppjournal.ru/article15 (дата обращения 20.01.2018).

9. Sokolov MYu. The Website of the National centre for public-private partnership. Qualified investors should learn how to live in the long-term partnership paradigm. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo*. Available from: http://pppjournal.ru/article15 (cited 2018 Jan 20). (In Russ.)

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

10. Лапидус Б.М. Концентрация усилий научного комплекса // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 2. – С. 35–37.

10. Lapidus BM. *Zheleznodorozhnyj transport*. 2016;2:35–37. (In Russ.)

11. Зайцев А.А., Морозова Е.И. Российская магнитолевитационная транспортная технология: современное состояние и перспективы развития // Вакуумно-левитационные транспортные системы: научная основа, технологии и перспективы для железнодорожного транспорта: коллективная моногр. / под ред. Б.М. Лапидуса, С.Б. Нестерова. – М.: РАС, 2017. – 192 с.

11. Zaitsev AA, Morozova YeI. Russian Magnetic Levitation Transport Technology: Current State and Prospects of Development. Moscow, 2017. 192 p. (In Russ.)

12. Зайцев А.А. Скорость без ограничений // Пульт управления. – Режим доступа: http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1354995 (дата обращения 29.01.2018).

12. Zaitsev AA. Speed without limits. *Pult upravleniya*. Available from: http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1354995 (cited 2018 Jan 29). (In Russ.)

13. Зайцев А.А., Юдкин В.Ф. Транспортная система для межстрановых и межконтинентальных перевозок на основе магнитной левитации // Русский инженер. – 2016. – № 4 (51). – С. 36–40.

13. Zaitsev AA, Yudkin VF. *Russkii inzhener*. 2016;4(51):36–40. (In Russ.)

14. Оценка эффективности проектов ГЧП по сравнению с иными формами реализации инфраструктурных проектов в странах – участницах ЕАЭС: исследование в рамках исполнения Плана совместных мероприятий на 2017 г. в рамках Меморандума о сотрудничестве по вопросам развития государственно-частного партнерства в государствах-членах Евразийского экономического союза. – Режим доступа: http://pppcenter.ru/assets/files/issledovanie_100118.pdf (дата обращения 23.01.2018).

14. Assessing the efficiency of PPP projects in comparison with other forms of implementation of infrastructure projects in the EAEU member states: research within the implementation of the Joint Action Plan for 2017 under the Memorandum of Cooperation on the development of public-private partnership in the member states of the Eurasian Economic Union. Available from: http://pppcenter.ru/assets/files/issledovanie_100118.pdf (cited 2018 Jan 23). (In Russ.)

15. Соколова Я.В. Влияние внешних факторов на реализацию инновационного проекта создания транспортно-логистической системы на основе магнитолевитационной технологии // Материалы докл. VIII междунар. науч.-практ. конф. «21 век: фундаментальная наука и технологии», 25–26 янв. 2016 г., North Charleston, USA. Т. 1. – М.: НИЦ

15. Sokolova IV. The Influence of External Factors on the Implementation of Innovative Project of Creation of Transport Logistical System on the Basis of Magnetic Levitation Technology. (Conf. proc.) Materialy dokladov VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Conferentsii “21 vek: fundamentalnaya nauka i tekhnologii”; 2016 Jan 25–26; North Charleston, USA; 2016, p. 180–182. (In Russ.)

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

«Академический», 2016. – С. 180–182.

Сведения об авторе:
Соколова Яна Викторовна, кандидат экономических наук,
eLibrary SPIN: 2817-4647; ORCID 0000-0002-1230-1893;
E-mail: nozpgups@gmail.com

Information about author:
Yana V. Sokolova, Candidate of Economic Science (PhD),
eLibrary SPIN: 2817-4647; ORCID 0000-0002-1230-1893;
E-mail: nozpgups@gmail.com

Цитировать:
Соколова Я.В. Алгоритм структурирования крупного инфраструктурного проекта в форме государственно-частного партнерства // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 5-18. DOI: 10.17816/transsyst2018041005-018.

To cite this article:
Sokolova YaV. The Algorithm of Structuring a Large Infrastructure Project in the Form of Public-Private Partnership. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):5-18. DOI: 10.17816/transsyst2018041005-018.

Received: 20.02.2018. Accepted: 01.04.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 656.225 + 06
DOI 10.17816/transsyst2018041019-042

© **М.Ю. Скорченко**
Ростовский государственный университет путей сообщения

Ростов-на-Дону, Россия

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛЯРНОГО КОНТРЕЙЛЕРНОГО СООБЩЕНИЯ

Кризис российской экономики, вписанный в глобализационные процессы, выдвигает на первый план экономическую эффективность технических процессов, сопряженную с экологической безопасностью и с возможностью внедрения в мировую систему. Один из примеров эффективного использования инновационных технологий при взаимодействии транспортных систем в мире – контрейлерные перевозки.

Цель: Проанализировать зарубежный опыт организации контрейлерного сообщения, выявить технологические решения, пригодные для эффективного использования на российском рынке интермодальных перевозок.

Методы: Для оценки эффективности различных технологических систем авторами используются методы сравнительного анализа, индукции, системного подхода. Также обобщен мировой опыт организации контрейлерного сообщения.

Результаты: По результатам анализа выявлено, что современная экономическая ситуация в России позволяет оценивать инновационные транспортные системы, в первую очередь, с точки зрения быстрой экономической окупаемости, обращая внимание на наиболее экономичные технологии. На данном этапе представляется наиболее рациональным использование контрейлерных систем «бегущее шоссе» и Lift-on – Lift-off (Lo-Lo).

Заключение: С 1990-х годов в России на определенных маршрутах пытаются организовать регулярное контрейлерное сообщение, однако в связи с отсутствием спроса на данный вид услуг на российском рынке инвестиции в контрейлерные технологии сопряжены с высокими рисками. Опыт других стран показывает, что независимо от выбранной технологии стимулирование спроса на инновационные «зеленые технологии» невозможно без участия органов государственной власти. Необходимый методологический фундамент организации контрейлерных перевозок на территории России можно создать, изучая мировую практику эксплуатации контрейлерных технологий.

Ключевые слова: транспортная система, логистическое решение, комбинированные (интермодальные) перевозки, контрейлерная перевозка, контрейлерная технология.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© M.Yu. Skorchenko
Rostov State Transport University

Rostov-on-Don, Russia

FOREIGN EXPERIENCE IN ORGANIZING REGULAR PIGGYBACK SERVICE

The economic crisis being overcome by the Russian economy, on the one hand, combined with the inevitable globalisation processes, on the other hand, brings to the forefront the economic efficiency of technical processes associated with environmental safety and the possibility of introduction into the world system. One example of effective use of innovative technologies in the interaction of transport systems in the world is the piggyback transportation.

Aim: The author has conducted the analysis of international experience of the organisation of the piggyback transportation in order to identify technological solutions suitable for efficient use in the Russian market of intermodal transportation.

Methods: To assess the efficiency of different technological systems, the author uses comparative analysis methods, inductive reasoning, system approach method. The author has also synthesised the world experience in the organisation of the piggyback transportation.

Result: The results of the analysis have revealed that the current economic situation in Russia allows the evaluation of innovative transport systems in the first place in terms of the possibility of rapid return, which draws attention to the most economical technologies. In this regard, the use of the rolling highway and Lift-on – Lift-off (Lo-Lo) piggyback systems seems to be the most rational at this stage.

Conclusion: Since 1990s Russia has made a number of attempts to organise regular piggyback service on certain routes. However, due to the lack of demand for this type of services in the Russian market at the moment, investing in the development of piggyback technology involves high risks. The experience of other countries shows that regardless of the chosen technology, stimulating the demand for innovative "green technologies" is not possible without the participation of governmental bodies. At the same time, the creation of the necessary methodological framework for the organisation of piggyback transportation in Russia is possible by virtue studying the multifaceted world practice of piggyback technology operation in the world.

Keywords: transport system, logistic solutions, combined (intermodal) transportation, piggyback, piggyback technology.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Кризис российской экономики и неминуемые глобализационные процессы выдвигают на первый план экономическую эффективность технических процессов, сопряженную с экологической безопасностью и возможностью внедрения в мировую систему.

Наибольшую экономическую эффективность и экологическую безопасность имеет доставка грузов водным транспортом. Однако возможности его применения весьма ограниченны. В любом случае на определенном этапе в процесс перевозки внедряется автотранспорт, так как только он может доставлять груз «от двери до двери». Железнодорожный транспорт является оптимальным по эффективности и экономичности при перевозках грузов на большие расстояния, в сложных погодных или географических условиях. Однако и по рельсам перевозить грузы можно только от станции к станции. Таким образом, логичен вывод, что сокращение логистических издержек следует искать во взаимодействии и в передаче грузов между автомобильным и смежным видом транспорта.

Еще в XX в. за рубежом получили широкое развитие инновационные комбинированные системы железнодорожного и автомобильного транспорта с доставкой прицепами, полуприцепами и трейлерами на специальных платформах. Этот способ доставки получил название контрейлерной перевозки.

Опыт организации контрейлерного сообщения в США

Родоначальником контрейлерного сообщения можно считать США, где прицепы и трейлеры начали путешествовать по железным дорогам еще в конце XIX в. Долгое время к услугам контрейлерных перевозок относились недоверчиво, и только в 1926 г. компания североамериканских железных дорог North Shore Line представила клиентам новый сервис – перевозку трейлеров железнодорожным транспортом. Технология погрузки на тот момент была примитивна: платформу ставили в тупик, расположенный на том же уровне по высоте, и пропускали каждый трейлер по всей длине состава до места закрепления. При этом тягач перевозился вместе с прицепом, что с коммерческой точки зрения менее выгодно, чем транспортировка одного трейлера.

В 1950-х годах по инициативе правительства США была разработана единая концепция развития котрейлерных перевозок, в основе которой лежала идея организации скоростной доставки грузов дальнего назначения в контейнерах и полуприцепах маршрутными поездами между контрейлерно-контейнерными пунктами по всей сети железных дорог страны.

Для введения системы контрейлерных перевозок железнодорожным компаниям США предоставлялись льготы и привилегии экономического и правового характера, стимулирующие развитие этих перевозок и передачу объемов перевозок с автомобильного транспорта на железнодорожный.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Унифицированный парк железнодорожных платформ в США создавался при участии специализированной корпорации Trailer Train (сегодня – TTX), поставляющей платформы инвесторам. Это позволяло избежать порожнего пробега в обратном направлении, в отличие от варианта с собственными платформами клиента [1].

В 1960-е годы для погрузки трейлеров на платформу стали использовать краны, также появилась модель первой поворотной платформы для боковой загрузки с механическим поворотом центральной части.

К 1970 г. по железным дорогам США было перевезено более миллиона трейлеров [1].

Модернизация платформ для контрейлерных перевозок продолжалась. В 1970–1980-х годах разработан подвижной состав длиной 22 900 мм, на котором размещались сразу два полуприцепа длиной 10 700 мм каждый. Длина вагонов-платформ не превышала длины пассажирского вагона, поэтому вопрос вхождения в радиусы железнодорожных кривых не вызывал проблем.

В 1980-х годах по мере увеличения габаритов автотранспортных средств разработаны платформы длиной 27 100 мм, позволяющие вмещать два полуприцепа длиной 13 700 мм.

Дальнейшее увеличение длины автофургона исчерпало возможности эффективной загрузки 27-метровых платформ, поэтому перевозчики стали использовать разные схемы погрузки, позволяющие размещать один из прицепов над сцепкой вагонов. Также в этот период разработано уникальное решение по демонтажу средней части пола платформы в целях облегчения массы ее тары и снижения нагрузки на ось.

Сегодня, как и в XX в. на терминалах в Америке используется, как правило, одно и то же оборудование для перегрузки трейлеров и крупнотоннажных контейнеров – козловые краны, ричстакеры [2]. Это технология погрузки-выгрузки транспортных средств – вертикальный способ загрузки (рис. 1).

Использование универсальных грузоподъемных механизмов позволяет унифицировать смешанную структуру грузового потока, так как автотранспортные средства и контейнеры перевозятся вместе. Данная технология экономит средства на строительство терминала и ускоряет время накопления вагонов на маршрутную отправку.

Кроме того, отсутствие электрификации на железных дорогах США снимает вопрос о габарите погрузки. Вследствие этого большинство перевозок в стране происходит на стандартных железнодорожных платформах. Также разрабатываются уникальные технологии перевозки контейнеров и контрейлеров в несколько ярусов на специализированных платформах (рис. 2).

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 1. Погрузка трейлера на платформу ричстакером

В 1950 г. в США разработана альтернативная технология контрейлерных перевозок – «RoadRailer» (роудрейлер). При этом трейлеры перевозятся без использования платформ путем прикрепления специальных железнодорожных колес, которые поднимаются во время езды по автодороге и опускаются при постановке на рельсы (рис. 3). Данная система эксплуатировалась компаниями C&O, Union Pacific и Contrail [3]. Помимо дороговизны прицепа основной минус такой технологии состоит в том, что оснащение железнодорожными колесами придает ему дополнительный вес. Это снижает производительность перевозки и ограничивает возможность движения по определенным категориям автодорог.

Терминал такой технологии оборудуется рельсами, примыкающими к стоянке, и тягачом, чтобы установить грузовики. Начиная с конца состава, один за другим трейлеры прикрепляются к тележке, и грузовики поднимаются на собственной электрической тяге. После того как все роудрейлеры будут сцеплены между собой, впереди устанавливается тележка, которая соединяет систему с локомотивом. Так как при роудрейлерных перевозках отсутствует платформа, состав получается гораздо легче стандартного. В пункте назначения вся система просто разбирается, и трейлеры перемещаются на стоянку, откуда их забирают тягачи.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 2. Двухъярусное размещение контейнеров на платформе
с пониженным уровнем пола по железным дорогам США

Рис. 3. Вагонная тележка системы «RoadRailer»

Сегодня роудрейлерную технологию на рынке железнодорожных перевозок США активно использует компания Triple Crown. Производством роудрейлеров занимается несколько компаний: Deluxe, Bowser, Santa Fe,

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Amtrak. Иногда группы роудрейлеров присоединяют к пассажирским и грузовым поездам [3].

Роудрейлеры вмещают на 12 % больше груза, чем обычные контрейлеры.

В настоящее время контрейлерные перевозки в США переживают второй подъем, связанный с заботой населения об экологии и с ужесточением норм экологического и шумового контроля. На сегодня железнодорожный транспорт Америки располагает более чем 300 тыс. специализированных платформ для перевозки контрейлеров. В стране построены более 100 комплексных терминалов общенационального значения, где стыкуются основные виды транспорта и пересекаются железнодорожные ветки, более 500 опорных терминалов на всех видах транспорта и несколько тысяч консолидационных пунктов [4].

Практически все крупные операторы железных дорог США (BNFS, Union Pacific, CSX, Amtrak) предлагают услуги контрейлерных перевозок.

Таким образом, в США все грузы на расстояние до 800 км перевозятся, как правило, в прямом автомобильном сообщении, а свыше 800 км – в смешанном железнодорожно-автомобильном [4].

Подвижной состав для контрейлерных перевозок в США находится в собственности как государства, так и грузоотправителей. Однако самым удачным опытом считается экспедирование контрейлерной перевозки автотранспортным предприятием, организующим весь цикл перевозки по автомобильной и железной дороге и самостоятельно ведущим расчеты с железнодорожным перевозчиком и клиентом.

Организация контрейлерных перевозок в Европе

Гораздо позже контрейлерные перевозки появились в Европе. Организация контрейлерных перевозок здесь началась в 1960-е годы. В основном развитие контрейлерных перевозок было связано со сложностью преодоления автотранспортом естественного географического препятствия – Альпийского хребта.

Сегодня доля контрейлерных перевозок стран Евросоюза в общем объеме всех грузовых железнодорожных перевозок составляет около 30 %. [5]. Этому способствовали вынуждающие условия, так как с точки зрения экономической эффективности контрейлерные перевозки не являются привлекательным способом транспортировки грузов. Предпосылками широкого распространения данного вида интермодальных перевозок в Европе стали следующие факторы:

- тяжелые географические и природные условия (основной объем контрейлерных перевозок в европейских странах сосредоточен в транс-

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

портных коридорах, на пути которых встречаются трансальпийские маршруты);

• наличие единой европейской сети контрейлерных терминалов, представленной более чем 300 терминалами на территории 29 стран (первоначально терминалы строились при государственной поддержке) [4];

• наличие специализированного железнодорожного тарифа на перевозку контрейлеров;

• законодательные ограничения на движение грузового автотранспорта. Так, в Германии, Австрии, Франции, Италии, Швейцарии, Словакии, Словении и Чехии запрещен проезд грузового транспорта массой более 7,5 т в дневное время в выходные и праздничные дни, в Швейцарии и Австрии – в ночное время на постоянной основе [4].

Исключение возможно только для участников комбинированных перевозок с невысокой долей участия автомобильного транспорта.

Например, после прибытия на конечную станцию автоприцеп, перемещаемый поездом, может проследовать в пункт назначения самостоятельно при условии его нахождения в радиусе 65 км от станции прибытия, при этом на него не будут распространяться перечисленные ограничения [5].

Изучая зарубежный опыт организации контрейлерных перевозок, можно привести несколько успешных. В основном в зарубежных технологиях контрейлерных перевозок используется специализированный подвижной состав оригинальной конструкции и соответствующее терминальное оборудование.

Поиск нетиповых решений и разработка инновационных технологий для стран Европы – вынужденная мера, обусловленная, в отличие от США, строгим габаритом приближения строений по высоте до 4300 мм (железные дороги Европы электрифицированы, вследствие чего должно быть соблюдено безопасное расстояние до контактного провода). Это ограничение приводит к необходимости использования платформ с пониженным полом либо с колесами малого диаметра.

Система перевозки автопоездов и трейлеров «Бегущее (катящееся) шоссе»

«Бегущее (катящееся) шоссе» («Rolling motorway»), первоначально появившееся в Австрии, – это способ перевозки транспортных средств с горизонтальным методом погрузки на железнодорожные платформы с пониженным полом.

При использовании данной технологии автопоезд заезжает на платформу своим ходом вместе с тягачом. При этом используются специальные высокие погрузочные рампы. Съезд и заезд происходят только с торцевой стороны специализированной платформы с перемещением автомобилей с полуприцепами вдоль всего состава.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Автопоезд из 30 вагонов загружается в течение часа, выгружается за 30 мин.

Затраты на терминальную инфраструктуру при таком способе организации перевозки минимальны. Терминал состоит из ровного участка железнодорожного погрузочно-разгрузочного пути длиной, равной длине состава, и наклонной рампы для заезда техники на платформу. Зазоры между вагонами при погрузке перекрывают откидными щитами для беспрепятственного прохождения автопоездов по всему составу. Наличие таких щитов также позволяет погрузить на сочлененную из двух платформ конструкцию автопоезд, суммарной длиной превышающий длину вагона (стандартная длина железнодорожной платформы по полу 13 300 мм).

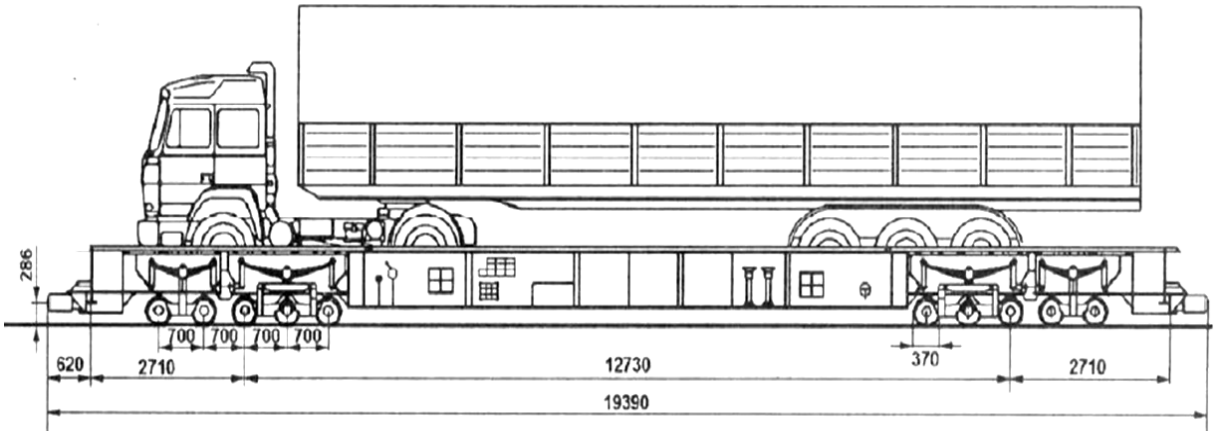
Технология «бегущее шоссе» относится к сопровождаемым перевозкам. При перевозке (в Европе она происходит в основном в ночное время) водители автотранспортных средств следуют с ними тем же поездом в пассажирском вагоне, чтобы затем продолжить доставку груза «до двери».

В 1970-х годах в Европе разработаны специализированные вагоны для перевозки автопоездов по системе «бегущее шоссе». Одна из австрийских компаний сделала платформу с предельно низким уровнем погрузочной площадки 410 мм, что создало минимальные требования к высоте транспортного средства.

В 1980 г. в Германии фирма Talbot усовершенствовала конструкцию вагона с двумя четырехосными тележками. Длина вагона по буферам составляла 19 900 мм, максимальная грузоподъемность 40 т, диаметр колес 380 мм.

В настоящий момент широко используются двухосные платформы, предельная осевая нагрузка которых повышена до 22,5 т [6].

При перевозках по технологии «бегущее шоссе» малый диаметр колес специализированных платформ для перевозки автопоездов (автомобиля с полуприцепом) (рис. 4) накладывает ограничения на скорость движения поезда и прохождение им стрелочных улиц, а также обусловливает повышенный износ колесных пар.



Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 4. Схема платформы с малым диаметром колес

Главные преимущества технологии «бегущее шоссе»:

- нет необходимости использовать специальное крановое оборудование;
- максимальная простота организации погрузо-разгрузочных работ;
- минимальный объем инвестиций на приобретение погрузо-разгрузочного оборудования терминала;
- более высокий уровень безопасности погрузо-разгрузочных работ не требует оснащения специальным оборудованием (кроме весового), так как теминал представляет собой площадку для размещения подкатного устройства для заезда / съезда, а также внешнюю парковку для автомобильных транспортных средств, ожидающих погрузки.

Главные недостатки технологии «бегущее шоссе»:

- использование колес диаметром 370 мм, как следствие – ограничения по нагрузке на ось (не более 7 т), повышенный износ колес из-за высокой частоты вращения (до 1500 об./мин);
- перевозка только полных автопоездов;
- ограничение скорости движения до 100 км/ч;
- габаритные ограничения требуют приобретения высокотехнологичных дорогостоящих вагонов;
- постоянные расходы на перевозку и оплату труда водителей, нерациональное использование тягачей;
- соотношение между весом брутто перевозимого автопоезда и весом нетто самого груза.

Контрейлерная технология «Modalohr»

Наиболее современная технология «Modalohr» отличается от классического «бегущего шоссе» возможностью использования колес стандартного размера, что снимает ограничения на скорость движения и позволяет сократить эксплуатационные расходы. Однако вагоны, используемые при этой технологии, конструктивно сложны и имеют высокую цену.

Инновационная контрейлерная технология «Modalohr» разработана французской группой компаний «LOHR» – известным европейским производителем транспортных средств. Контрольный пакет акций компании (51 %) принадлежит французским Национальным железным дорогам (SNCF), 49 % – компании «Lohr Industries», которая занимается разработкой и производством технических решений для перевозки пассажиров и грузов. Система запущена в эксплуатацию в ноябре 2003 г. между французским городом Альден и итальянским Турином.

Вагон «Modalohr» для перевозки грузовых автомобилей и полуприцепов сконструирован в соответствии с жесткими техническими условиями, предусматривающими:

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

• низкий уровень грузовой площадки для вписывания автотранспортных средств высотой до 4 м в существующий габарит подвижного состава;

• применение стандартных тележек и колесных пар для удержания расходов на техническое обслуживание и ремонт на обычном уровне;

• горизонтальную погрузку и выгрузку с боковым въездом и выездом для одновременной и быстрой обработки нескольких автотранспортных средств;

• простую и надежную механическую систему сочленения вагонов и блокирования автотранспортных средств для гарантии безопасности и низких эксплуатационных расходов.

Вагон системы «Modalohr» имеет подвижную грузовую платформу, которая по прибытии в терминал разворачивается под углом 30° и фиксируется на одном уровне с поверхностью земли (рис. 5). Далее автопоезд въезжает на платформу самоходом, прицеп закрепляется на платформе, тягач отцепляется, гидроподъемник поднимает и поворачивает площадку. Платформа возвращается в исходное положение.

Специальное оборудование вагона состоит из стабилизирующих пневматических опор, закрепленных на тележках и опирающихся на землю при операциях загрузки и выгрузки, а также из стойки с пневматическим приводом, на которую опускается полуприцеп [7].

Терминал системы «Modalohr» представляет собой ровную площадку и не требует высоких затрат на обустройство (рис. 6). Рельсы заглублены в асфальт. Рампы обеспечивают въезд и выезд автотранспортных средств с обеих сторон пути. Перед операцией загрузки или выгрузки гидравлическое устройство системы открывания приводит в действие ролики и домкраты, которые поднимают подвижную грузовую площадку до уровня пола вагона и обеспечивают ее поворот.

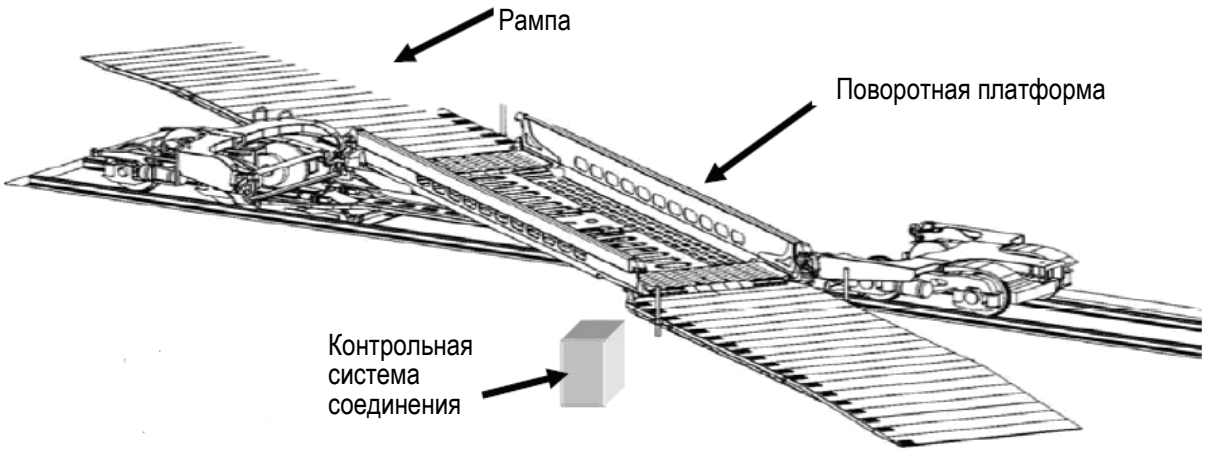


Рис. 5. Контрейлерная платформа «Modalohr»

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 6. Терминал системы «Modalohr»

Единственной сложностью погрузочно-разгрузочных работ является необходимость точного позиционирования поезда в терминале в пределах 30 см.

Тягач и полуприцеп автопоезда перевозят в расцепленном состоянии из-за ограничения по вписыванию в кривые; их размещение между тележками в сцепленном состоянии невозможно также из-за ограничения по длине платформы. Следовательно, концептуальный принцип системы «Modalohr» заключается в том, что на каждом вагоне можно перевозить либо один автомобиль, либо полуприцеп, либо два тягача.

Промежуточные вагоны поезда опираются на одну тележку, концевые – на две. Таким образом, поезд из n вагонов имеет $n + 1$ тележку.

Особое значение имеет устройство, фиксирующее грузовую площадку. Безопасность в движении обеспечивают четыре запорных устройства на платформе. Их можно разблокировать только на стоянке при загрузке или выгрузке.

Погрузка состава длиной 750 м происходит за 45 мин, при этом водитель не участвует в процессе – этим занимается персонал терминала. Терминалы, куда водитель может привезти и оставить на стоянке полуприцеп, открыты круглосуточно.

В настоящее время контрейлерные поезда «Modalohr» курсируют на двух линиях:

- альпийской «Автожелезная дорога» между терминалами Айтон (Шамбери, Франция) и Орбасано (Турин, Италия), проходит через тоннель Фрижус на 175 км;
- Север – Юг между терминалами Беттембург (Люксенбург) и Булу (Периньян, Франция) – более 1000 км [8].

Поезда «Modalohr» курсируют независимо от наполненности по жестким ниткам графика по аналогии с пассажирскими поездами. На альпийской линии ежедневно курсируют четыре поезда в каждом направлении. Объем загрузки поездов варьируется в зависимости от времени суток: утром поезд, как правило, полон наполовину, днем – на 30 %, во второй половине дня – около 70 %, вечером поезда заполнены полностью [5]. Ин-

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

терес к услуге также сильно зависит от времени года и дорожной ситуации.

В настоящее время основная масса перевозимых по данной технологии грузов – прицепы без тягачей (примерно 80 %) [8]. Автоперевозчики предоставляют собственные тягачи, чтобы загрузить и выгрузить трейлеры с поезда. Для перевозки оставшихся трейлеров с тягачами в состав поезда включен пассажирский вагон, предназначенный для водителей.

Стоимость строительства специализированного терминала составляет 3 млн €, стоимость специализированной платформы – 355 000 € [5].

Достоинства технологии «Modalohr»:

- возможность использования подвижного состава для доставки крупнотоннажных контейнеров (40, 45 фут.);
- возможность использования как при сопровождаемых, так и при несопровождаемых перевозках;
- возможность одновременной погрузки и выгрузки;
- отсутствие необходимости кранового оборудования;
- возможно использование сдвоенных и строенных вагонов (рис. 7).

Эффективность данной меры заключается в выигрыше в весе за счет использования меньшего количества тележек и в расширенной зоне погрузки (см. таблицу).

Таким образом, полный поезд перевозит 26 тягачей с прицепами. Дополнительная возможность увеличения мощности состоит в перевозке только трейлеров.

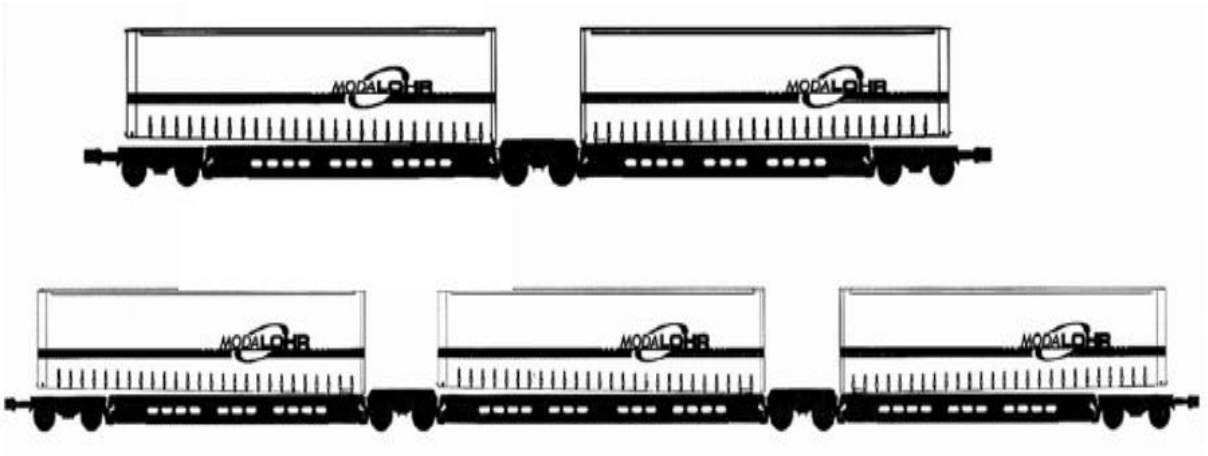


Рис. 7. Варианты компоновки сдвоенных и строенных вагонов системы «Modalohr»

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Технические данные сдвоенных и тройных вагонов

Технические данные	Двойной вагон	Тройной вагон
Общая длина	32,48 м	48,68 м
Масса вагона	35,7 т	52,3 т
Максимальная скорость с полной загрузкой	120 км/ч	120 км/ч
Максимальная длина тягача с трейлером	16,5 м	16,5 м
Максимальная длина трейлера без блока охлаждения	13,7 м	13,7 м
Максимальная длина трейлера с блоком охлаждения	14,0 м	14,0 м
Максимальная масса тягача с трейлером	40,0 т	40,0 т
Максимальная длина поезда (в Европе)	750 м	750 м

Недостатки технологии «Modalohr»:

- необходимость точного позиционирования поезда в терминале;
- высокотехнологичная обработка на площадке;
- высокие инвестиции в подвижной состав и терминалы;
- требуемая большая площадь терминалов.

Сегодня технология «Modalohr» успешно функционирует во Франции, где существует пул специализированных терминалов и создан парк поворотных платформ.

Контрейлерная технология «Flexiwaggon»

Шведский «Flexiwaggon» – контрейлерная система несопровождаемых перевозок. Владелец и создатель системы – компания Flexiwaggon AB. Сфера деятельности компании включает исследования и разработки в области проектирования, строительства и ремонта подвижного состава, а также логистические услуги. Flexiwaggon AB позиционирует экологичность контрейлерных перевозок как основное преимущество перед автомобильным транспортом.

Данная технология не предполагает строительства терминалов для погрузки-выгрузки транспортных средств, а полностью ориентирована на использование специализированной платформы, которая позволяет производить погрузку-выгрузку состава практически в любом месте.

Вагон-платформа сконструирован таким образом, что при помощи системы гидравлических домкратов и специального поворотного механизма позволяет поворачивать корпус вагона, создавая тем самым своеобразный трап, обеспечивающий условия для беспрепятственного заезда автопоездов. Погрузка и разгрузка возможны с любой стороны платформы, поэтому нет необходимости неудобного движения автопоезда задним ходом при погрузке или выгрузке (рис. 8) [9].

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 8. Поворотная платформа системы «Flexiwaggon»

Процедура погрузки-выгрузки поезда занимает не более 10 мин. Кроме того, легкость эксплуатации системы позволяет водителям транспортных средств выполнять погрузку-выгрузку самостоятельно, без участия дополнительного персонала, что приносит дополнительную экономию. Система позволяет перевозить как отдельно прицеп, так и автопоезд полностью.

Дополнительно специализированный вагон оборудован устройством для подключения прицепа или двигателя автомобиля к электропитанию. Данный сервис особенно востребован в холодное время года, а также для рефрижераторных прицепов. Конструкционная грузоподъемность вагона составляет 50 т, максимальная скорость эксплуатации – до 120 км/ч.

Руководство стран Европы уделяет особое внимание проблемам экологии и изменения климата, поэтому правительство Швеции и Шведское энергетическое агентство активно поддерживают проект «Flexiwaggon». По оценке специалистов Шведского энергетического агентства, активное использование контрейлерных перевозок может существенно повлиять на экологическую проблему и сократить выбросы CO_2 в грузовых перевозках на 75 %, а также сократить объем трафика на дорогах, что благоприятно скажется на ситуации с автомобильными заторами и на состоянии автомобильных дорог

Стоимость вагона-платформы системы Flexiwaggon составляет 175 000 € [5].

Контрейлерная технология «Megaswing»

Новая технология «Megaswing» является конкурентом «Flexiwaggon» на шведском рынке.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Технология «Megaswing» разработана одним из ведущих в Северной Европе производителем грузовых вагонов, а также экспедитором компанией «Kockums Industrie».

Суть системы также заключается в специализированном вагоне-платформе, предназначенном для перевозки прицепов и позволяющем производить погрузочно-разгрузочные работы вне контрейлерного терминала (рис. 9).

Платформа «Megaswing» оборудована сдвижным механизмом, который позволяет поворачивать ее для накатки и выкатки автоприцепов и полуприцепов (рис. 10) [10].

Специальные гидравлические опоры поворачивают и опускают секцию с карманами для колес трейлера под углом к оси железнодорожного терминала для обеспечения погрузки или выгрузки транспортного средства самоходом (рис. 11).

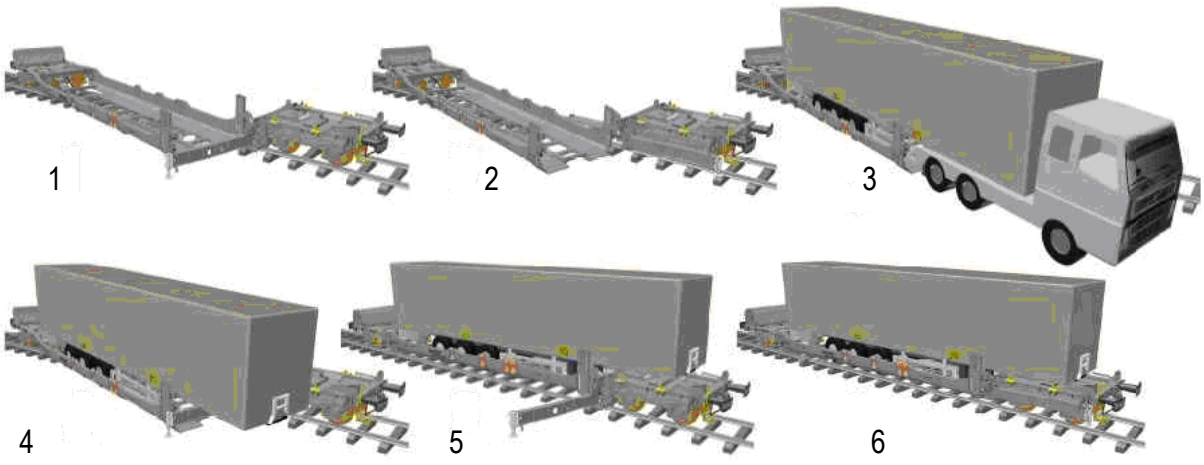
Благодаря пониженному уровню пола «Megaswing» может транспортировать полуприцепы любой высоты, в отличие от технологии «бегущее шоссе».

Время погрузки прицепа занимает около 5 мин. С учетом параллельной двухсторонней погрузки-выгрузки время простоя состава на терминале не превышает 30 мин.

Стоимость платформы данной системы оценивается в 270 000 €.

Главные преимущества технологий «Megaswing» и «Flexiwaggon»:

- возможность перевозки автопоездов, полуприцепов и контейнеров на одних и тех же платформах;
- скорость движения до 120 км/ч;
- использование стандартных колес диаметром 920 мм;
- нет необходимости строить специальный терминал, возможность погрузки и выгрузки на собственном прирельсовом складе, а не в контейнерном терминале;



Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 9. Принцип работы технологии «Megaswing»

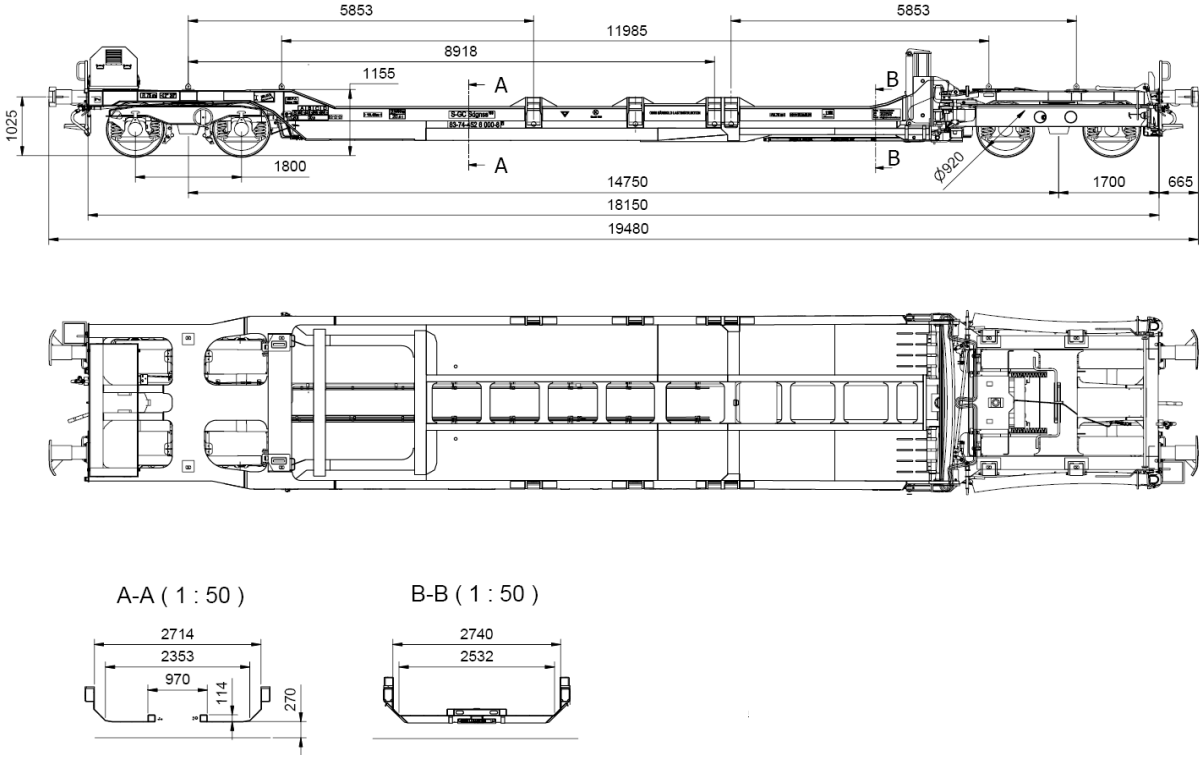


Рис. 10. Схема платформы типа «Megaswing»

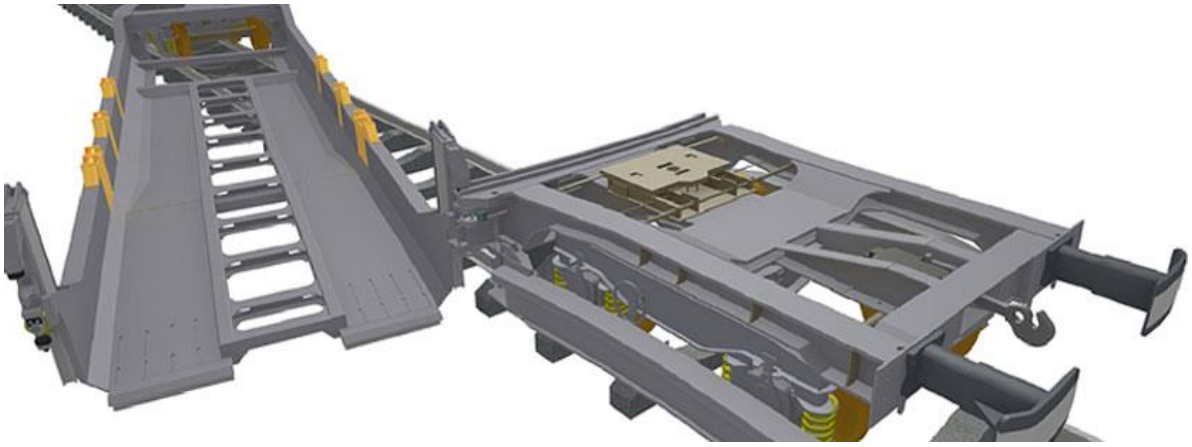


Рис. 11. Схема технического устройства платформы технологии «Megaswing»

- простота эксплуатации;
- отсутствие необходимости позиционирования вагонов по фронту погрузки/выгрузки;
- возможность быстрой погрузки и выгрузки всего состава;
- высокая производительность.

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Главным и единственным недостатком технологий «Megaswing» и «Flexiwaggon» является высокая стоимость специальных поворотных платформ.

Контрейлерная технология «CargoSpeed»

Система «CargoSpeed» принципиально отличается от ранее перечисленных технологий.

Британская контрейлерная система «CargoSpeed» была разработана еще в начале 1990-х годов при поддержке Европейской комиссии по научным исследованиям и инновациям.

Реализация данного проекта обошлась в 1,8 млн €.

Работы начаты в январе 2001 г., однако первая перевозка состоялась только в июне 2004 г. Демонстрация опытного образца на железнодорожном полигоне Barrow Hill при центре исследований железнодорожного университета Ньюкасла в английском Честерфилде закончилась неудачно. Неудача первого запуска и заминка в развитии технологии дали некоторые преимущества в продвижении развивающейся на тот момент похожей системы французской компании «Modalohr».

Три основных элемента системы: специальный вагон-платформа, съемная площадка вагона и гидравлический подъемник (рис. 12).

Суть технологии заключается в том, что в находящемся между нитками железнодорожного пути углублении располагается Т-образный гидравлический механизм, оснащенный своеобразным упором, который, поднимаясь, упирается в специальную съемную площадку вагона. Механизм поднимает площадку с платформы до уровня земли и поворачивает ее таким образом, чтобы прицеп мог заехать на нее. Таким образом происходит погрузка или выгрузка прицепов.

а б в

Рис. 12. Элементы контрейлерной системы «CargoSpeed»:
а) специальный вагон; б) Т-образный гидравлический механизм;
в) съемная площадка

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Технология позволяет совершать до 750 тысяч погрузо-разгрузочных операций в год. Время непосредственной погрузки или выгрузки всего состава на специализированном терминале занимает от 8 до 30 мин. В качестве дополнительного преимущества стоит отметить, что система способна работать разнонаправлено, т. е. принимать составы независимо от направления их движения, что повышает ее эксплуатационную гибкость.

Стоимость сооружения специализированного терминала – 2,3 млн €, цена платформы «CargoSpeed» 120 000 €.

Достоинства технологии «CargoSpeed»:

- сравнительно низкая стоимость затрат на оборудование терминала и покупку специализированных платформ;
- отсутствие необходимости в крановом оборудовании;
- высокая скорость погрузки.

Недостатки технологии «CargoSpeed»:

- необходимость строительства специализированного терминала;
- система не позволяет транспортировать тягач и не предусматривает перемещения водителя;
- сложность в эксплуатации из-за наличия гидравлического оборудования и электронных систем.

Контрейлерная технология «CargoBeamer»

Немецкая технология «CargoBeamer» имеет принципиальное отличие в схеме погрузки относительно других контрейлерных систем.

Данная технология разработана в Германии компанией CargoBeamer AG, которая ведет работу по трем основным направлениям: интермодальные перевозки; разработка и обслуживание подвижного состава, эксплуатация и строительство терминальных комплексов.

Суть технологии работы системы «CargoBeamer» заключается в том, что прицеп устанавливается на поддон, который втягивается на платформу электрической тягой по специальным направляющим. Одновременно поддон с прибывшим прицепом сгружается в противоположную сторону [11].

Система «CargoBeamer» состоит из перегрузочного терминала, где происходят снятие полуприцепа с фуры и его установка на вагонную палету, которая путем поперечного сдвига перемещает груз на специализированную железнодорожную платформу (рис. 13).

При погрузке тягач протаскивает прицеп на специальную подвижную железнодорожную палету, установленную параллельно подвижному составу, и паркует его. Прицеп надежно фиксируется на палете, а тягач отцепляется и покидает площадку. Далее палета с помощью специального устройства устанавливается на платформу и закрепляется (рис. 14).

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

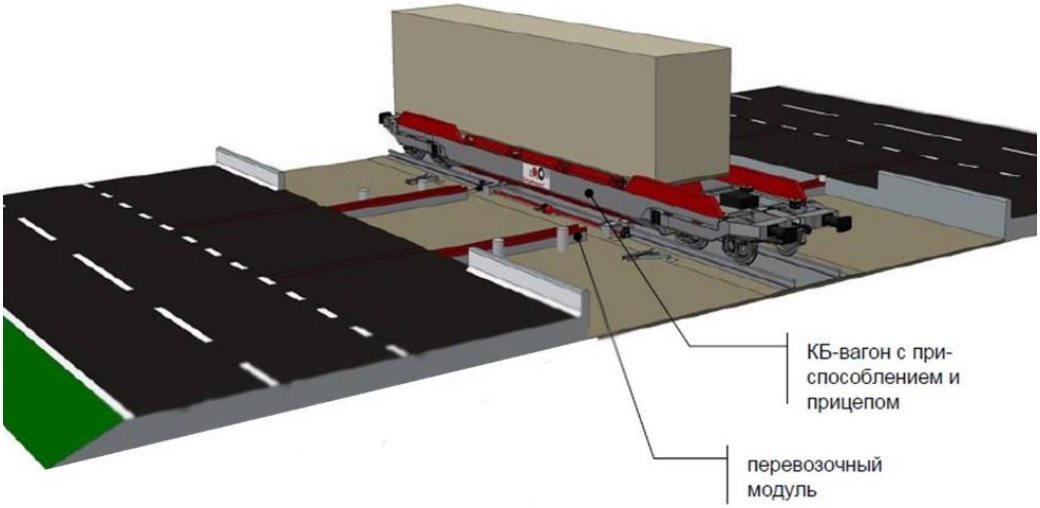


Рис. 13. Погрузочная паллета системы «CargoBeamer»

Рис. 14. Процесс погрузки прицепа на платформу по технологии «CargoBeamer»

Терминал такой системы оборудуется электронными системами для подключения платформ (рис. 15).

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

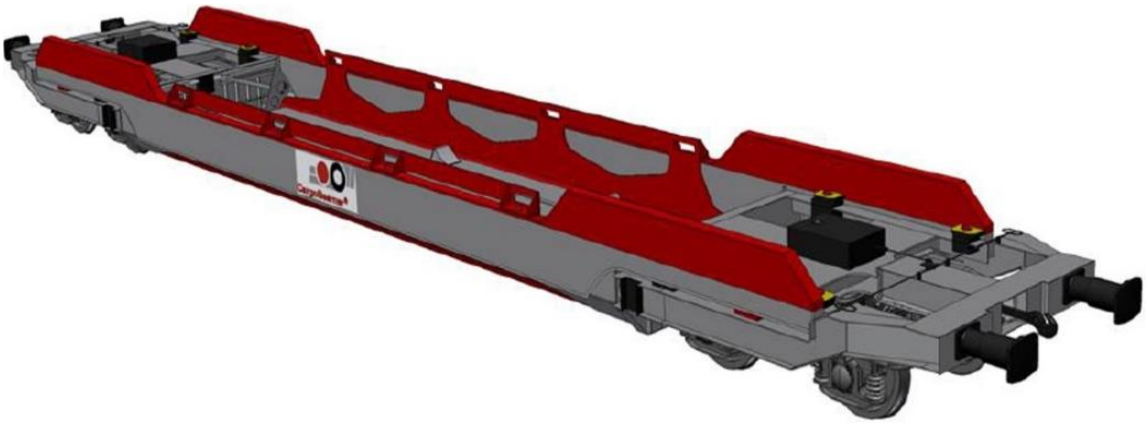


Рис. 15. Платформа типа «CargoBeamer»

Состав из 36 вагонов грузится на терминале в течение 15 мин.

Кроме того, большим преимуществом такой системы является возможность переноса грузов с европейской колеи на колею 1520 и обратно, в том числе на электрифицированных участках.

Преимущества технологии «CargoBeamer»:

- использование стандартных колес диаметром 920 мм;
- скорость движения до 120 км/ч;
- возможность быстрой погрузки и выгрузки всего состава;
- высокая производительность;
- возможность перевозки автопоездов, полуприцепов и контейнеров.

Недостатки технологии «CargoBeamer»:

- высокая стоимость терминального оборудования и платформ;
- сложность в эксплуатации из-за наличия гидравлического оборудования, тяговых механизмов для платформ и электронных систем;
- необходимость позиционирования вагонов по фронту погрузки / выгрузки.

Система получила широкую поддержку Европейского союза. В частности, проект финансируется в рамках программы «Марко Поло – II», пунктом которой является «эффективное использование полуприцепов в проекте Rail Baltica (проект железной дороги Европейской колеи, которая должна соединить Восточную Польшу, Прибалтику и Западную Европу)».

В настоящее время по данной технологии успешно проведено несколько опытных перевозок из г. Лейпцига (Германия) в г. Кале (Франция), в порту Кале ведется строительство второго терминала системы [11].

Общий объем инвестиций во французский проект составляет 22,5 млн евро. Планируемая перерабатывающая способность терминала –

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

800 прицепов в сутки. Терминал будет обслуживать два интенсивных маршрута: Восток – Запад из Центральной Европы в Восточную через Германию, и Север – Юг, проходящий через Италию, Швейцарию, Германию и Францию. Помимо французского портового Кале CargoBeamer AG планирует строительство 70 терминалов, среди которых польский Легниц, немецкий Хагене, а также в литовская Моцкава.

Выводы

На основании анализа контрейлерных систем можно сделать вывод, что мировой опыт комбинирования автомобильного и железнодорожного транспорта очень разнообразен. Все перечисленные контрейлерные технологии имеют свои сильные и слабые стороны. Каждая из них развивалась в своей стране в собственных экономических, географических и технологических условиях и для удовлетворения конкретных потребностей.

Самыми примитивными и наименее дорогостоящими технологиями обработки трейлеров и автопоездов являются «бегущее шоссе» и система вертикальной погрузки крановым оборудованием.

При организации «пилотных» контрейлерных перевозок в России использовались исключительно эти технологии.

В современной Европе благодаря стабильно высокому спросу на перевозку транспортных средств по железной дороге данные технологии не являются сколько-нибудь конкурентоспособными. На первый план выходят высокотехнологичные системы, эксплуатирующие сложное специализированное оборудование, позволяющее сделать процедуру погрузки-выгрузки наиболее быстрой и безопасной.

Однако российские реалии призывают оценивать инновационные транспортные системы в первую очередь с точки зрения возможности быстрой экономической окупаемости, что обращает внимание на наиболее экономичные технологии. В этом свете использование систем «бегущее шоссе» и представляется на данном этапе наиболее рациональным.

Кроме того, данные технологии можно с успехом применить на существующей инфраструктуре ОАО «РЖД» с минимальными расходами по сравнению со специализированными системами.

С 1990-х годов в России предпринимались попытки организовать регулярное контрейлерное сообщение на определенных маршрутах. В основном инициатором таких проектов выступала компания ОАО «РЖД». Однако в связи с отсутствием спроса на данный вид услуг на российском рынке в настоящий момент инвестиции в развитие контрейлерной технологии сопряжены с высокими рисками.

Опыт других стран показывает, что независимо от выбранной технологии стимулирование спроса на инновационные «зеленые технологии» невозможно без участия органов государственной власти. Очевидно также,

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

что развитие технологических систем контрейлерных перевозок и строительство терминалов в России не должно происходить хаотично. Географические и климатические особенности нашей страны требуют единой технологии на всей территории, чтобы обеспечить единообразие подвижного состава и терминального оборудования. Участие Министерства транспорта, Федерального агентства железнодорожного транспорта, а также смежных органов законодательной и исполнительной власти в процедуре разработки нормативной базы и стимулирования спроса на контрейлерные перевозки становится беспрецедентным.

При этом создать необходимый методологический фундамент организации контрейлерных перевозок на территории России можно, изучая мировую практику эксплуатации контрейлерных технологий.

Библиографический список

1. Александрова К. Америка: пионер контрейлерных перевозок // РЖД Партнер. – Спецвыпуск «Контрейлерные перевозки». – 2012. – С. 50–52.

2. Дугин Г.С. Контрейлерные перевозки // Вестник транспорта. – 2017. – № 7. – С. 33–34.

3. Куренков П.В., Кряжев А.Н., Астафьев А.В., Кизимиров М. В. Анализ опыта реализации контрейлерных перевозок в странах Евросоюза и США // Вестн. транспорта. – 2016. – № 7. – С. 22–32.

4. Чубуков А.В. Организация контрейлерных перевозок в России и в мире // Изв. ПГУПС. – 2010. – Вып. 2. – С. 44–54.

5. Кузьмин Д.В. Организация региональной сети контрейлерных терминалов: дис. … канд. техн. наук: 05.22.01. – М., 2015. – 166 с.

6. Кириллова А.Г. Современные технологии перевозок – контрейлерные поезда // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 2. – С. 69–71.

7. Терминалы системы LOHR. – Режим доступа: http://www.lohr.fr/ru/lohr-railway-system/терминалы-системы-lohr (дата обращения 11.02.2018).

8. Самсонова А. Быстро и надежно // РЖД Партнер. – Спецвыпуск «Контрейлерные пере-

References

1. Aleksandrova K. *RZhD Partnjor, Spetsvypusk “Kontreylernye perevozki”*, 2012, pp. 50–52. (In Russ.)

2. Dugin GS. *Vestnik transporta*. 2017;7:33–34. (In Russ.)

3. Kurenkov PV, Krjazhev AN, Astaf'ev AV, Kizimirov MV. *Vestnik transporta*. 2016;7:22–32. (In Russ.)

4. Chubukov AV. *Izvestiya PGUPS*. 2010;2:44–54. (In Russ.)

5. Kuz'min DV. Organizatsiya regional'noy seti kontreylernykh terminalov: 05.22.01. Moscow; 2015. 166 p. (In Russ.)

6. Kirillova AG. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2011;2:69–71. (In Russ.)

7. Terminaly sistemy LOHR. Available from: http://www.lohr.fr/ru/lohr-railway-system/терминалы-системы-lohr (cited 2018 Feb 11). (In Russ.)

8. Samsonova A. *RZhD Partnjor, Specvypusk “Kontrejlernye perevozki”*,

Received: 01.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

возки». – 2012. – С. 42–43.

2012, pp. 42–43.

9. MODELS RW©, SW© AND MW©. – Режим доступа: http://www.flexiwaggon.se /models (дата обращения 20.02.2018).

9. MODELS RW©, SW© AND MW©. Available from: http://www.flexiwaggon.se/ models (cited 2018 Feb 20). (In Russ.)

10. Megaswing DUO. – Режим доступа: http://www.kockumsindustrier.se/en-us/our- products/productdetail/?categoryid=3&productid=11 (дата обращения 20.02.2018).

10. Megaswing DUO. Available from: http://www.kockumsindustrier.se/en-us/our-products/productdetail/?categoryid =3&productid=11 (cited 2018 Feb 20).

11. CargoBeamer takes Combined Freight across Europe. – Режим доступа: http://www. cargobeamer.eu/CargoBeamer-takes-Combined-Freight-across-Europe795324 (дата обращения 10.02.2018).

11. CargoBeamer takes Combined Freight across Europe. Available from: http://www.cargobeamer.eu/CargoBeamer-takes-Combined-Freight-across-Europe795324 (cited 2018 Feb 10).

Сведения об авторах:
Скорченко Михаил Юрьевич, аспирант,
ORCID 0000-0002-4253-1550;
E-mail: muskorchenko@mail.ru

Information about the authors:
Mikhail Yu. Skorchenko, Postgraduate Student,
ORCID 0000-0002-4253-1550;
E-mail: muskorchenko@mail.ru

Цитировать:
Скорченко М.Ю. Зарубежный опыт организации регулярного контрейлерного сообщения // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 19-42. DOI: 10.17816/transsyst2018041019-042.

To cite this article:
Skorchenko MyU. International Experience in Organising Regular Piggyback Service. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):19-42. DOI: 10.17816/transsyst2018041019-042.

 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 662.994
DOI 10.17816/transsyst2018041043-057

© А.С. Краснов[1], Т.С. Зименкова[1], С.А. Казначеев[1], Н.А. Аксенов[2]
[1]Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
[2]Научно-производственный центр «Транспортные инновационные технологии»

Санкт-Петербург, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО АККУМУЛЯТОРА С ТВЕРДЫМ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ КАК СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ ЧАСТИ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И ГРУЗОСОХРАНЕНИЯ ВАКУУМНОГО МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

Цель: Развитие вакуумного магнитолевитационного транспорта подразумевает решение такого важного вопроса, как утилизация тепловой энергии в пространстве с разреженной воздушной средой. Применение теплового аккумулятора с твердым теплоаккумулирующим материалом или плавящимся теплоаккумулирующим материалом как способа охлаждения части системы жизнеобеспечения и грузосохранения (СЖОиГС) вакуумного магнитолевитационного транспорта обусловлено невозможностью передачи тепловой энергии внутри вакуумного трубопровода путем конвекции. Кроме того, при разрядке аккумулятора на пункте прибытия накопленная тепловая энергия может быть использована в качестве вторичного источника тепловой энергии, тем самым повышается энергетическая эффективность системы в целом.

Методы: В данной работе авторы используют методику теплотехнического расчета с применением теории подобия.

Результаты: Применение тепловых аккумуляторов в системах СЖОиГС вакуумного магнитолевитационного транспорта позволит решить задачу отвода избытков тепловой энергии в условиях отсутствия конвективного теплообмена, а также повысить энергетическую эффективность системы в целом.

***Ключевые слова*:** вакуумный магнитолевитационный транспорт, система жизнеобеспечения и грузосохранения, твердый аккумулирующий материал, плавящийся теплоаккумулирующий материал, теплоотвод, утилизация тепловой энергии, энергетическая эффективность.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта офи_м_РЖД № 17-20-04121.

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© A.S. Krasnov[1], T.S. Zimenkova[1], S.A. Kaznacheev[1], N.A. Aksenov[2]

[1]Emperor Alexander I Petersburg State Transport University
[2]Scientific and Production Center "Transport Innovative Technologies"

St. Petersburg, Russia

APPLICATION OF THERMAL ACCUMULATOR WITH SOLID HEAT ACCUMULATING MATERIAL AS A METHOD OF COOLING OF LIFE SUPPORT AND FREIGHT PROTECTION SYSTEMS FOR VACUUM MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT

Aim: The development of vacuum maglev transport implies solution of an important issue, namely, disposing thermal energy in an air free space. The application of the thermal accumulator (TA) with solid heat accumulating material (SHAM) or melting heat accumulating material (MHAM) as a cooling method for the life support and freight preservation systems (LSaFPS) of vacuum maglev transport is justified by impossibility of thermal energy to be transferred inside the vacuum tube by virtue of convection. Besides, when the accumulators are discharged at the destination points, the saved thermal energy may be used as an additional energy source, thus increasing energy efficiency of the transportation system as a whole.

Methods: In the work given, the authors have used the heat engineering calculation with the application of the similarity theory.

Results: Application of the life support and freight preservation systems (LSaFPS) of vacuum maglev transport will help in solving a problem of removal of excess of thermal energy in the conditions of lack of heat convection and also in increasing energy efficiency of the entire system.

***Keywords*:** vacuum maglev transport, life support and freight preservation system (LSaFPS), solid or melting heat accumulating material, heat removal, disposal of thermal energy, energy efficiency.

Система жизнеобеспечения и грузосохранения (СЖОиГС), в частности система вентиляции и кондиционирования пассажирских транспортных единиц вакуумного магнитолевитационного транспорта [1], учитывая его специфику, является одним из важнейших элементов, обеспечивающих комфорт и безопасность пассажиров.

Система вентиляции пассажирской транспортной единицы, а также методика расчета теплового баланса подробно изложены в [2, 3].

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

В общем случае бортовая система кондиционирования в герметической кабине при любых атмосферных условиях и для всех режимов транспортировки должна поддерживать заданные давление, температуру, влажность, физико-химический состав воздуха, а также допустимый уровень шума [4, 5].

Невозможность применения систем вентиляции и кондиционирования воздуха, аналогичных системам, используемым на железнодорожном транспорте, обусловлена невозможностью удаления избытков тепловой энергии во внешнюю среду [6]. В такой ситуации целесообразно рассмотреть автономные системы утилизации и накопления избытков тепловой энергии.

Постановка задачи

В качестве основной задачи рассматривается составление методики, позволяющей выбрать как аккумулирующее вещество для удаления избытков тепловой энергии, так и режимы работы и зарядки-разрядки тепловых аккумуляторов автономных бортовых СЖОиГС [7, 8] вакуумного магнитолевитационного транспорта.

Следующей задачей является построение методики теплового расчета с целью определения перепада температур воздуха и панели системы вентиляции и кондиционирования воздуха при выполнении технических требований.

Для поверочного теплового расчета салона с панельным теплообменом необходимы следующие исходные данные:

- крейсерская скорость движения V;
- объем салона $V_к$;
- обогреваемая поверхность вагона S;
- длина салона $l_к$;
- высота салона $h_к$;
- высота одной панели h;
- длина одной панели $l_п$;
- количество панелей $n_п$;
- средняя температура воздуха в салоне $t_к$;
- средняя температура внутренних стенок салона $t_в$;
- допустимые перепады температур воздуха по высоте и длине салона $\Delta t_{кh}$ и $\Delta t_{кl}$;
- допустимый перепад температур поверхности внутренней стенки $\Delta t_в$ по ее высоте;
- допустимая скорость воздуха в салоне vk;
- количество пассажиров в салоне;

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

• теплоизоляционные, массовые и механические характеристики тепло-, звукоизоляционных материалов;

• изменение давления в салоне.

Система панельного теплообмена для режима крейсерской скорости при минимально возможной температуре внешнего воздуха рассчитывается методом последовательных приближений. Тепловой и гидравлический расчет проводится для одной панели в предположении, что теплообмен и сопротивление всех панелей одинаковы. Основной задачей теплового расчета является определение перепада температур воздуха и панели при выполнении указанных технических требований.

При расчете системы, работающей по смешанной схеме, последовательно определяют массовый расход воздуха через одну панель; систему панельного теплообмена для режима стабильной скорости движения состава с рабочими показателями внешней среды в вакуумном трубопроводе; тепловой и гидравлический расчет для одной панели в предположении, что теплообмен и сопротивление всех панелей одинаковы.

Упрощенная схема салона с потоками кондиционируемого воздуха представлена на рис. 1.

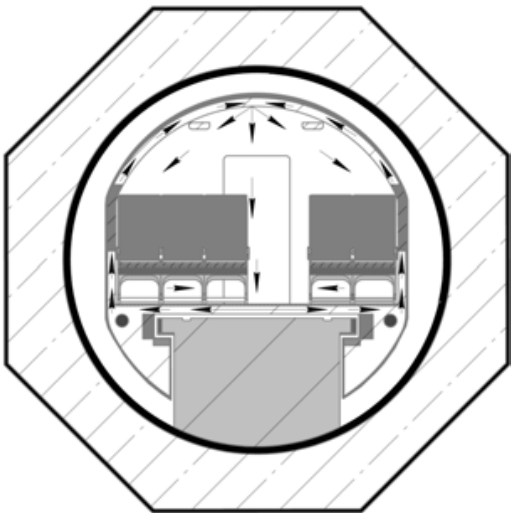


Рис. 1. Упрощенная схема салона с потоками кондиционируемого воздуха

Принятые допущения

Для оценки тепловыделений части СЖОиГС принимаются следующие исходные данные:

$P_к$, Па – давление в салоне;

$V_к$, м^3 – внутренний объем салона;

$t_к$, °С – температура воздуха на входе в панель.

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Массовый расход воздуха через одну панель

$$G_n = \frac{G_{ch}}{nn},$$

где G_{ch} – часовое количество воздуха, необходимое одной панели, определяемое из условий вентиляции кабины

$$G_{ch} = n \cdot \rho \cdot VK.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки панели к воздуху в салоне

$$ak = \frac{Nu_{\text{к}} \cdot \lambda_{\text{к}}}{h}.$$

Количество тепла, передаваемого от панели в салон,

$$Q_{n1} = k_{n1} \cdot F_{n1} \cdot (t_{n\text{ср}} - t_{\text{к}}).$$

Средняя скорость движения воздуха в панели, м/с,

$$v_n = \frac{G_n}{F_n \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot 3600}.$$

Число Нуссельта [9]

$$Nu_n = 1{,}02 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}38};$$
$$Nu_n = 1{,}128 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}7}.$$

Тепловой баланс в салоне

$$Q_1 + Q_1' + Q_{\text{осв}} + Q_{n1} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{пт}} = G_{ch} \cdot c_p \cdot \Delta t_{\text{к}},$$

где $\Delta t_{\text{к}}$ – изменение температуры воздуха в кабине;
Q_1 – количество теплоты, выделяемое пассажирами;
Q_1' – количество теплоты от одной панели;

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$Q_{осв}$ – количество теплоты от электроприборов (освещения, генераторов, аккумуляторов);

$Q_{п1}$ – количество теплоты, передаваемой от панели в салон;

$Q_{пт}$ – количество теплоты, отдаваемого через потолок и боковые стены кабины;

$Q_{пл}$ – количество теплоты, отдаваемого через пол кабины.

Поскольку в рассматриваемом виде транспорта практически отсутствует конвективный теплообмен, передача тепловой энергии от СЖОиГС во внешнюю среду невозможна. В связи с этим в качестве среды для утилизации избытков тепловой энергии целесообразно рассматривать тепловые аккумуляторы, установленные внутри капсулы.

Общая классификация тепловых аккумуляторов [10] показана на рис. 2.

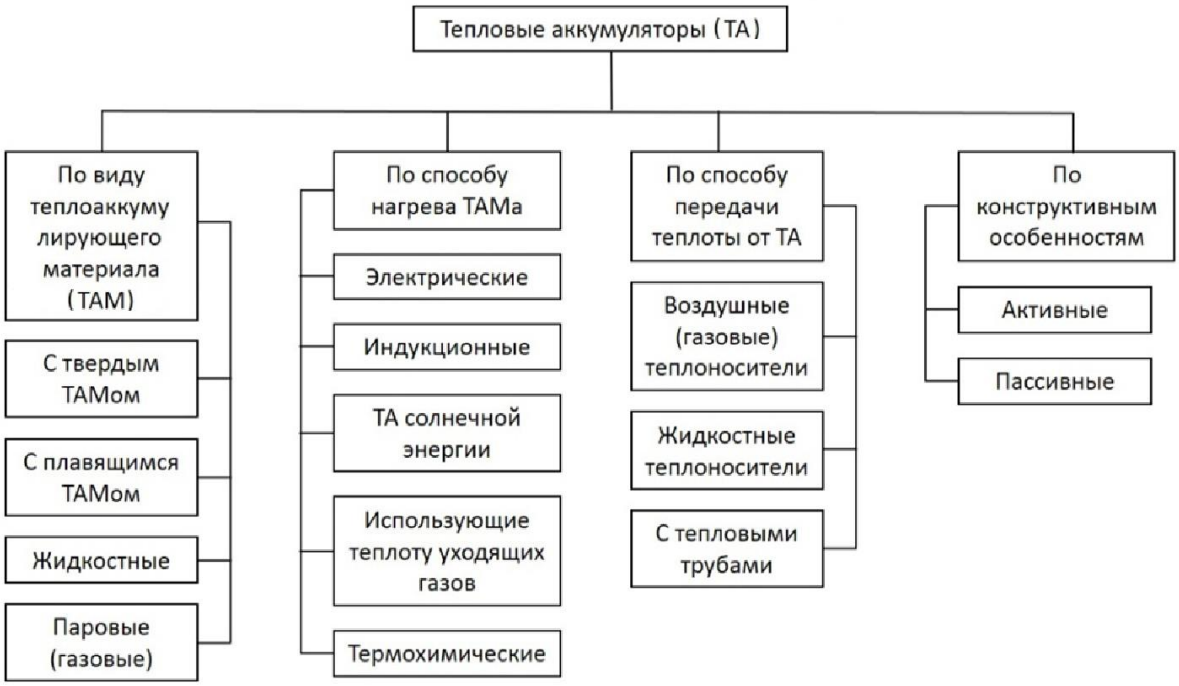


Рис. 2. Классификация аккумуляторов теплоты

Для упрощения конструкции в рассматриваемом виде транспорта подходят твердотельные тепловые аккумуляторы (ТА) или аккумулирование тепловой энергии посредством использования теплоты фазового перехода [11]. Применение жидкостных аккумуляторов тепловой энергии требует дополнительного оборудования, обеспечивающего циркуляцию теплоносителя.

При аккумулировании тепла твердыми телами путем увеличения их внутренней энергии аккумулирующей средой служит твердое тело, которое нагревается и охлаждается без фазовых превращений. Тепловая

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

емкость аккумулирования при этом определяется внутренней энергией как составляющей энтальпии (теплосодержания).

Под аккумулированием на основе теплоты фазового перехода понимается аккумулирование теплоты плавления, происходящего обычно с небольшими изменениями объема. Иногда фазовый переход «твердое тело – жидкость» совмещается с фазовым переходом «твердое тело – твердое тело» при температуре несколько ниже точки плавления. Часто в дополнение к теплоте фазового перехода предлагается использовать теплоту нагрева (внутреннюю энергию) жидкости и/или твердой фазы.

Применительно к вакуумному магнитолевитационному транспорту целесообразно рассматривать ТА с твердым теплоаккумулирующим материалом (ТАМ) [12], что упростит конструкцию и облегчит эксплуатацию СЖОиГС транспортной единицы.

Материалы и методы исследования

В данной статье применена методика теплотехнического расчета ТА с твердым ТАМ [13, 14].

При расчете теплового баланса необходимо знать удельную величину теплоемкости, энтальпии, теплоты фазовых или химических превращений [15].

Передача тепла теплопроводностью описывается законом Фурье, согласно которому количество теплоты dQ_τ, проходящее за время $d\tau$ через поверхность dF, нормальную к направлению теплоперехода, равно

$$dQ_\tau = -\lambda \frac{dt}{dl} dF d\tau,$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);

$\frac{dt}{dl}$ – градиент температуры, т. е. изменение температуры на единицу длины в направлении теплопередачи.

При передаче теплоты теплопроводностью через стенку количество передаваемого тепла за 1 час можно подсчитать по уравнению Фурье как количество тепла, проходящего через плоскость бесконечно малой толщины dx внутри стенки:

$$\frac{dQ_\tau}{d\tau} = Q = -\lambda \frac{dt}{dx} F.$$

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Проинтегрировав изменение температуры по всей толщине стенки, получим

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{\text{ст}1} - t_{\text{ст}2}).$$

Конвекционная теплопередача – это перенос тепла объемами среды путем их взаимного перемещения в направлении теплопередачи. Переход тепла от среды к стенке или от стенки к среде называется теплоотдачей. Количество передаваемого тепла определяется законом Ньютона:

$$Q = \alpha F(t_1 - t_{\text{ст}}).,$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·°С).

В подавляющем большинстве случаев температуры сред в процессе теплопередачи будут изменяться в результате происходящего теплообмена, а следовательно, будет изменяться и разность температур (t_1 – t_2) вдоль поверхности теплообмена. Поэтому рассчитывают среднюю разность температур по длине аппарата $\Delta t_{\text{ср}}$, но так как это изменение нелинейно, рассчитывается логарифмическая разность температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{(t_{1\text{н}} - t_{2\text{н}}) - (t_{1\text{к}} - t_{2\text{к}})}{\ln \dfrac{t_{1\text{н}} - t_{2\text{н}}}{t_{1\text{к}} - t_{2\text{к}}}} = \frac{\Delta t_{\text{н}} - \Delta t_{\text{к}}}{\ln \dfrac{\Delta t_{\text{н}}}{\Delta t_{\text{к}}}}.$$

Для определения того количества теплоты, которое было передано теплоаккумулирующему материалу воздухом СЖОиГС, необходимо вначале определить массу ТАМ:

$$V_{\text{там}} = V_{\text{там полн}} - V_{\text{труб}}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{там полн}}$ – полный объем теплового аккумулятора, м^3;
$V_{\text{труб}}$ – объем труб теплоносителя и теплоприемника, м^3.

Масса ТАМ:

$$m = \rho_{\text{там}} \cdot V_{\text{там}}, \text{ кг},$$

где $\rho_{\text{там}}$ – плотность ТАМ.

Количество теплоты, переданное ТАМ,

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t, \text{ Дж}.$$

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Для упрощения расчета ТА условно разделим расчет на две части: заряд ТА и разряд ТА.

Определим массовый секундный расход теплоносителя при работе теплового аккумулятора на заряд на основе уравнения теплового баланса:

$$Q = G_{в} \cdot \Delta i_{в},$$

где $\Delta i_{в}$ – изменение энтальпии теплоносителя (воздуха), Дж/кг;
$G_{в}$ – массовый расход теплоносителя (воздуха), кг/с;
Q – количество теплоты, переданное ТАМ, Дж;

$$\Delta i_{в} = C_{в}\,(t''_{в} - t'_{в});\;\; G_{в} = \frac{Q}{\Delta i_{в}}.$$

Определим температурные условия работы теплового аккумулятора:

$$t_{ср.там} = \frac{(t''_{там} - t'_{там})}{2};\quad t_{ср.в} = (t_{ср.там} - \Delta t_{ср});$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{(t'_{в} - t''_{там}) - (t''_{в} - t'_{там})}{\mathrm{In}\,\dfrac{t'_{в} - t''_{там}}{t''_{в} - t'_{там}}}.$$

По полученным значениям $t_{ср.там}$ и $t_{ср.d}$ определяются необходимые теплофизические характеристики теплоносителей.

Значение действительной скорости теплоносителя (воздуха)

$$w_{г} = G/F \cdot r,$$

где G – объемный расход теплоносителя (воздуха), м^3/с;
F – площадь проходного сечения трубы, м^2;
r – внутренний диаметр трубы, м.

Критерий Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = w_{г} \cdot d \cdot \rho_{г} / \mathrm{M}_{г},$$

где ρ – плотность теплоносителя (воздуха), кг/м^3;
$w_{г}$ – скорость потока, м/с;
d – характерная длина элемента потока, м;
$\mathrm{M}_{г}$ – коэффициент вязкости теплоносителя (воздуха), кг/(м·с).

Значение коэффициента теплоотдачи определяется из уравнения

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$$Nu = \alpha \cdot d / \lambda,$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·°С),
d – характерная длина элемента потока, м;
λ – коэффициент теплопроводности среды, Вт/(м·°С).

Учитывая также критериальное уравнение (применимое к воздуху и воде)

$$Nu = 0{,}021 \cdot Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}43} \cdot \lambda_г,$$

имеем

$$\alpha_г = 0{,}021 \cdot \lambda_г / d_{вн} \cdot Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}43} \cdot \Psi_г,$$

где $\Psi_г$ = 1,05 – коэффициент, учитывающий влияние температурного фактора для охлаждаемого воздуха.

Массовый секундный расход теплоносителя при работе ТА на заряд определяется аналогичным образом.

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$K = 1 / (d_{ср} \cdot (1/a_г \cdot d_{вн} + 1/2 \cdot \lambda_{ст} \cdot \ln \cdot d_{нар} / d_{вн} + 1 / a_г \cdot d_{нар}) + R_{заг}).$$

При вычислении K необходимо соблюдать следующие правила:
если $\alpha_г > \alpha_в$, то $d_{ср} = d_{нар}$;
если $\alpha_г = \alpha_в$, то $d_{ср} = (d_{вн} + d_{нар}) / 2$;
если $\alpha_г < \alpha_в$, то $d_{ср} = d_{вн}$.

При малой относительной толщине стенки трубки $d_{нар} / d_{вн} < 1{,}5$ можно воспользоваться соотношением

$$K = 1/(1/a_г + \delta_{ст}/\lambda_{ст} + 1/a_в + R_{заг}).$$

Определим длительность полной зарядки:

$$d = E_{ак} / N_{раз},$$

где $E_{ак}$ – емкость аккумулятора, кВт·ч;
$N_{раз}$ – мощность разрядки, кВт.

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Результаты

Применительно к вакуумному магнитолевитационному транспорту целесообразно рассматривать ТА с твердым ТАМ, что упростит конструкцию и облегчит эксплуатацию СЖОиГС транспортной единицы.

На рис. 3 приведена укрупненная схема процесса эксплуатации аккумулятора тепловой энергии, позволяющая обеспечить не только утилизацию тепловыделений внутри транспортной единицы, но и использование этой тепловой энергии.

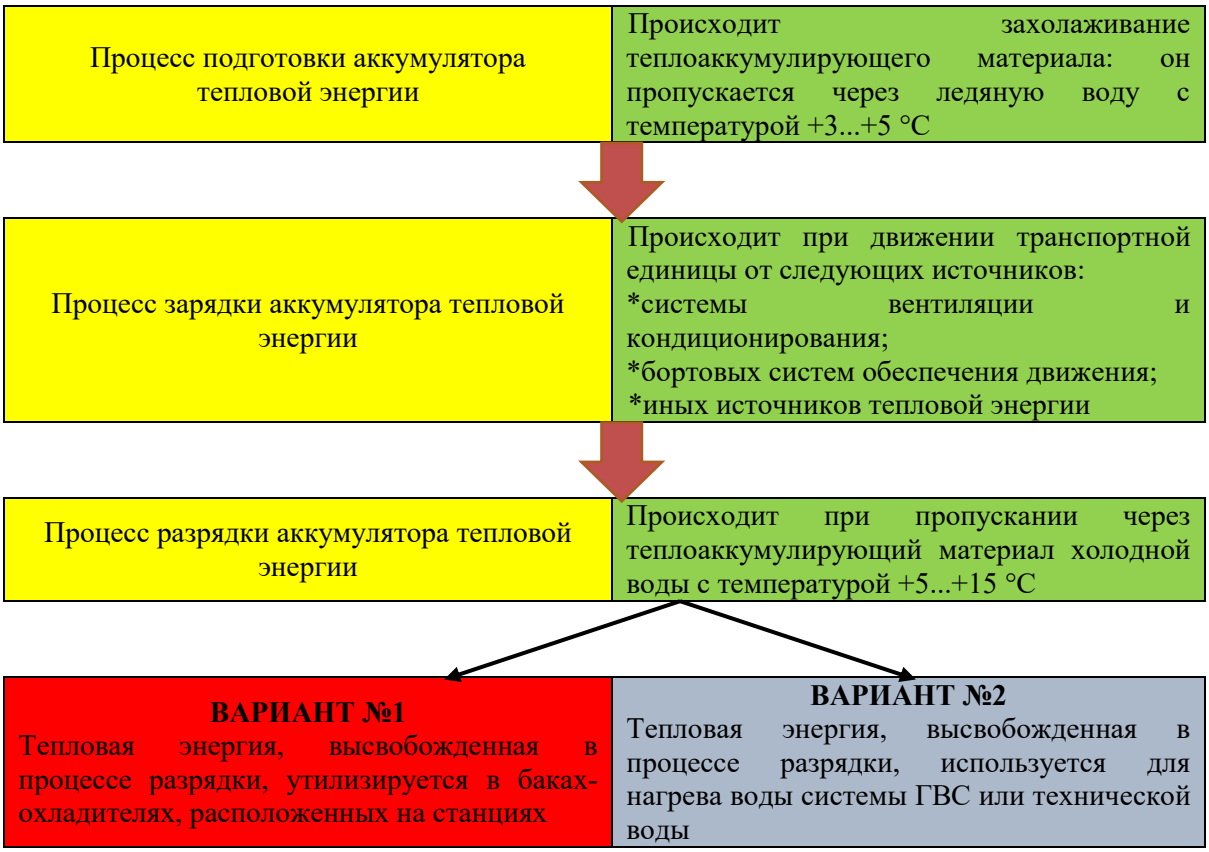


Рис. 3. Укрупненная схема процесса эксплуатации аккумулятора тепловой энергии

На рис. 4 приведена принципиальная схемы варианта № 2 полезного использования тепловой энергии, высвобожденной в процессе разрядки ТА. Вариант утилизации тепловой энергии (вариант № 1) отличается от предложенного включением в контур «холодной воды» бака охладителя.

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

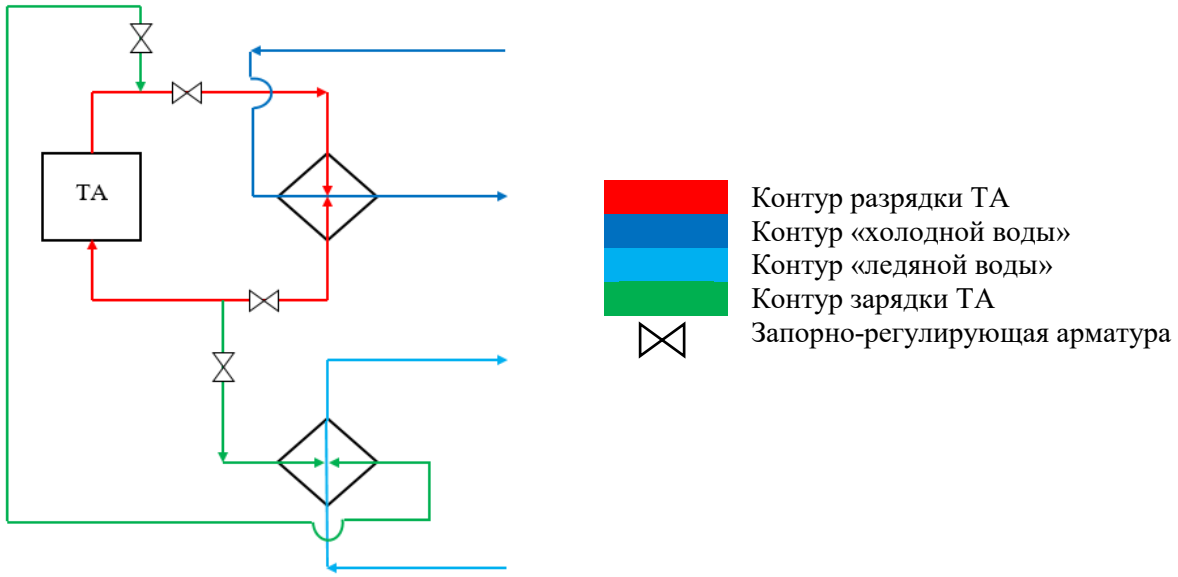


Рис. 4. Принципиальная схема полезного использования тепловой энергии, высвобождаемой в процессе разрядки ТА

Одним из способов решения задачи теплоотвода непосредственно вакуумного трубопровода и предотвращения тепловых деформаций его конструкций может служить использование плавящихся теплоаккумулирующих материалов, помещенных в оболочку вакуумного трубопровода. Данный способ может быть использован как альтернатива теплоизолирующим материалам.

Обсуждение результатов

Рассмотренные в статье вопросы, а также приведенные методики позволяют полностью решить поставленные задачи. Применение тепловых аккумуляторов в качестве узлов автономных систем вентиляции и кондиционирования воздуха не только повышает уровень комфорта пассажиров, но и существенно снижает потребление энергии данными системами. Кроме того, решается вопрос обеспечения экологической безопасности данного вида устройств, так как эти системы не требуют применения фреонов, необходимых в классических системах кондиционирования воздуха.

Заключение

Предлагаемая система позволяет в должной мере обеспечить требуемые параметры микроклимата в объеме пассажирской или грузовой транспортной единицы. В статье приведена методика, позволяющая с высокой степенью точности выбрать как материал теплового

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018
This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

аккумулятора, так и режимы его работы в зависимости от условий эксплуатации транспортных единиц вакуумного магнитолевитационного транспорта.

Предлагаемая система обладает рядом существенных преимуществ:

- не требует дополнительных затрат энергии;
- решается проблема отвода тепловой энергии в среде с разреженным воздухом;
- в совокупности со станционными системами разрядки тепловых акуумуляторов позволяет увеличить энергетическую эффективность всей транспортной системы в целом.

Библиографический список

1. Воробьёв И.А., Кондратенко Р.О., Нестеров С.Б., Белоконев А.Н. О возможностях, специфике, научных задачах по созданию вакуумной среды для транспортных систем // Бюл. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2016. – № 1–2. – С. 28–38.

2. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. А.В. Гапановича. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 476 с.

3. Козин В.Е. Теплоснабжение. – М.: Высш. шк., 1980. – 408 с.

4. Аэромеханический шум в технике / под ред. Р. Хиклинга. – М.: Мир, 1980. – 336 с.

5. Шум на транспорте / под ред. П.Н. Нельсона. – М.: Транспорт, 1985. – 368 с.

6. Михеев М.А., Михеев И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.

7. Богословский В.Н., Пирумов А.И., Посохин В.Н., Березина Н.И., Двиняников В.В., Егиазаров А.Г., и др. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1992. – 735 с.

References

1. Vorob'yov IA, Kondratenko RO, Nesterov SB, Belokonev AN. *Byulleten' Ob"edinennogo uchenogo soveta OAO “RZHD”*. 2016;1-2:28–38. (In Russ.)

2. Antonov YuF, Zajcev AA. Magnetolevitational Transport Technology. Moscow: FIZMATLIT; 2014. 476 p. (In Russ.)

3. Kozin VE. Heat supply. Moscow: Vysshaya shkola; 1980. 480 p. (In Russ.)

4. Khikling R. ed. Aeromechanical Noise in Engineering. Moscow: Mir; 1980. 336 p. (In Russ.)

5. Nelson PN. ed. Noise on transport. Moscow: Transport; 1985. 368 p. (In Russ.)

6. Miheev MA, Miheev IM. Fundamentals of Heat Transfer. Moscow: Energiya; 1977. 344 p. (In Russ.)

7. Bogoslovskij VN, Perumov AI, Posohin VN, Berezina NI, Dvinyanikov VV, Egiazarov AG, Krupnov BA, Leskov EA, Fialkovskaya TA, Shapritsky VN, Shilkrot EO, Aleksandrov AI, Kushelman GS, Moore LF, Moshkin VI, Nevsky VV, Orlov VA, Petrov BS, Pylaev EN. Ventilation and

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Air Conditioning. Moscow: Sroyizdat; 1992. 735 p. (In Russ.)

8. Миханько М.Г., Сидоров Ю.П., Хенач А.Х., Шмидт М. Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах и локомотивах. – М.: Транспорт, 1981. – 254 с.

8. Mihan'ko MG, Sidorov YuP, Henache AKh, Schmidt M. Air conditioning in passenger cars and locomotives. Moscow: Transport; 1981. 254 p. (In Russ.)

9. Зуев К.И. Основы теории подобия: конспект лекций. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2011. – 51 с.

9. Zuev KI. Fundamentals of the theory of similarity: a summary of lectures. Vladimir; 2011. 51 p. (In Russ.)

10. Киселев И.Г., Кудрин М.Ю. Тепловые аккумуляторы: метод. указания. – СПб.: Изд-во ПГУПС, 2015. – 15 с.

10. Kiselev IG, Kudrin MYu. Thermal accumulators: methodical instructions. St. Petersburg; 2015. 15 p. (In Russ.)

11. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии / под ред. В.И. Бродянского. – М.: Мир, 1987. – 272 с.

11. Bekman G, Gilli P. Thermal Energy Storage; Brodyznskiy VI ed. Moscow: Mir; 1987. 272 p. (In Russ.)

12. Лукьянов А.В., Остапенко В.В., Александров В.Д. Аккумуляторы тепловой энергии на основе фазового перехода // Вестн. – 2010. – № 6 (86). – С. 64–68.

12. Luk'yanov AV, Ostapenko VV, Aleksandrov VD *Vestnik*. 2010;6(86):64–68. (In Russ.)

13. Лусия М. де, Бежан А. Термодинамика процесса аккумулирования энергии при плавлении в режиме теплопроводности или естественной конвекции // Соврем. машиностроение. Сер. А. – 1990. – № 11. – С. 111–117.

13. Lusiya M de, Bezhan A. *Sovremennoe mashinostroenie*. *Seriya A*. 1990;11:111–117. (In Russ.)

14. Куколев М.И. Основы проектирования тепловых накопителей энергии. – Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2001. – 220 с.

14. Kukolev MI. Basics of designing thermal energy storage devices. Petrozavodsk; 2001. 220 p. (In Russ.)

15. Алексеев Г.Н. Общая теплотехника: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1980. – 552 с.

15. Alekseev GN. General Heat Engineering. Moscow: Vysshaya shkola; 1980. 552 p. (In Russ.)

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Сведения об авторах:
Краснов Антон Сергеевич, старший преподаватель,
ORCID 0000-0001-8896-5509;
E-mail: anton.s.krasnov@gmail.com;

Зименкова Татьяна Сергеевна, аспирант,
ORCID 0000-0001-7323-4535;
E-mail: tatyana.zimenkova@gmail.com;

Казначеев Сергей Александрович, инженер,
ORCID 0000-0002-8361-546X;
E-mail: kaznacheeff.serezha@yandex.ru

Аксенов Никита Андреевич, инженер
ORCID 0000-0002-4599-4753;
E-mail: aksenov1993@mail.ru

Information about authors:
Anton S. Krasnov, Senior Lecturer,
ORCID 0000-0001-8896-5509;
E-mail: anton.s.krasnov@gmail.com;

Tatiana S. Zimenkova, Postgraduate Student,
ORCID 0000-0001-7323-4535;
E-mail: tatyana.zimenkova@gmail.com;

Sergey A. Kaznacheev, Engineer,
ORCID 0000-0002-8361-546X;
E-mail: kaznacheeff.serezha@yandex.ru;

Nikita A. Aksenov, Engineer,
ORCID 0000-0002-4599-4753;
E-mail: aksenov1993@mail.ru

Цитировать:
Краснов А.С., Зименкова Т.С., Казначеев С.А., Аксенов Н.А. Применение теплового аккумулятора с твердым теплоаккумулирующим материалом как способ охлаждения части системы жизнеобеспечения и грузосохранения вакуумного магнитолевитационного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 43-57. DOI: 10.17816/transsyst2018041043-057.

To cite this article:
Krasnov AS, Zimenkova TS, Kaznacheev SA, Aksenov NA. Application of Thermal Accumulator with Solid Heat Accumulating Material as a Method of Cooling of Life Support and Freight Protection Systems for Vacuum Magnetic Levitation Transport. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):43-57. DOI: 10.17816/transsyst2018041043-057.

Received: 29.01.2018. Accepted: 20.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 539.4
DOI 10.17816/transsyst2018041058-067

© **Ю.А. Беленцов, Л.Ф. Казанская**
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КАК ФАКТОР НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Цель: Развитие теории и практики строительной науки позволяет совершенствовать основы проектирования, строительства и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций. Однако есть опасность разрушения конструкций на разных этапах жизненного цикла. Необходимо повышать качество и надежность возводимых зданий и сооружений.

Методы: В данной работе использованы методы вероятностного прогнозирования.

Результаты: Развитие методов контроля качества строительных материалов, в частности бетона и железобетона, постепенно переходит к неразрушающим методам контроля. Для оценки изменения доверительной вероятности и надежности проектируемых конструкций обоснован переход на вероятностное нормирование прочностных свойств бетонных и железобетонных конструкций с использованием классов и предложен переход на неразрушающие методы контроля. Однако неразрушающие методы контроля имеют ряд недостатков, основной из которых – снижение доверительной вероятности при построении градуировочной кривой, что кардинально влияет на результаты контроля качества. Решить эту проблему можно за счет создания комплекса контрольных испытаний, включающих как разрушающие, так и неразрущающие методы контроля качества. Это позволит организовать сбор испытательной информации повышенной точности.

Ключевые слова: доверительный интервал, методы контроля качества, бетон, железобетон, коэффициент запаса, надежность.

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© Yu.A. Belentsov, L.F. Kazanskaya
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

NON-DESTRUCTIVE METHODS OF CONCRETE QUALITY CONTROL AS FACTOR IN RELIABILITY OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN TRANSPORT FACILITIES

Aim: The development of theory and practice of construction science leads to a need to enhance the basics of design, construction and operation of concrete and reinforced concrete structures. Despite significant progress, there is risk of collapse of different structures at various stages of their lifecycle. Current state of construction industry leads to a need to increase the quality and reliability of buildings and structures under construction.

Methods: The authors have used methods of probabilistic forecasting in this work

Results: The development of methods of construction materials control, particularly concrete and reinforced concrete, leads to a gradual implementation of non-destructive control methods. To assess the change of confidence and reliability coefficients of designed structures, the authors have substantiated the transition to probabilistic rationing of strength properties of concrete and reinforced concrete structures using classes. Also, the authors suggest implementation of non-destructive control methods. However, non-destructive control methods have a number of drawbacks, the key among these being the decrease of confidence coefficient while preparing a calibration curve, which drastically affects the results of quality control. It is possible to solve the problem by creating a set of control tests including both destructive and non-destructive quality control methods. This will provide systems for collecting testing information of high accuracy.

***Keywords*:** confidence interval, quality control methods, concrete, reinforced concrete, safety factor, reliability.

Развитие теории и практики строительной науки позволяет совершенствовать основы проектирования, строительства и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций. Однако есть опасность разрушения конструкций на разных этапах жизненного цикла. Анализ литературных источников показывает, что бетонные и железобетонные конструкции разрушаются в процессе эксплуатации (рис. 1) [1].

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

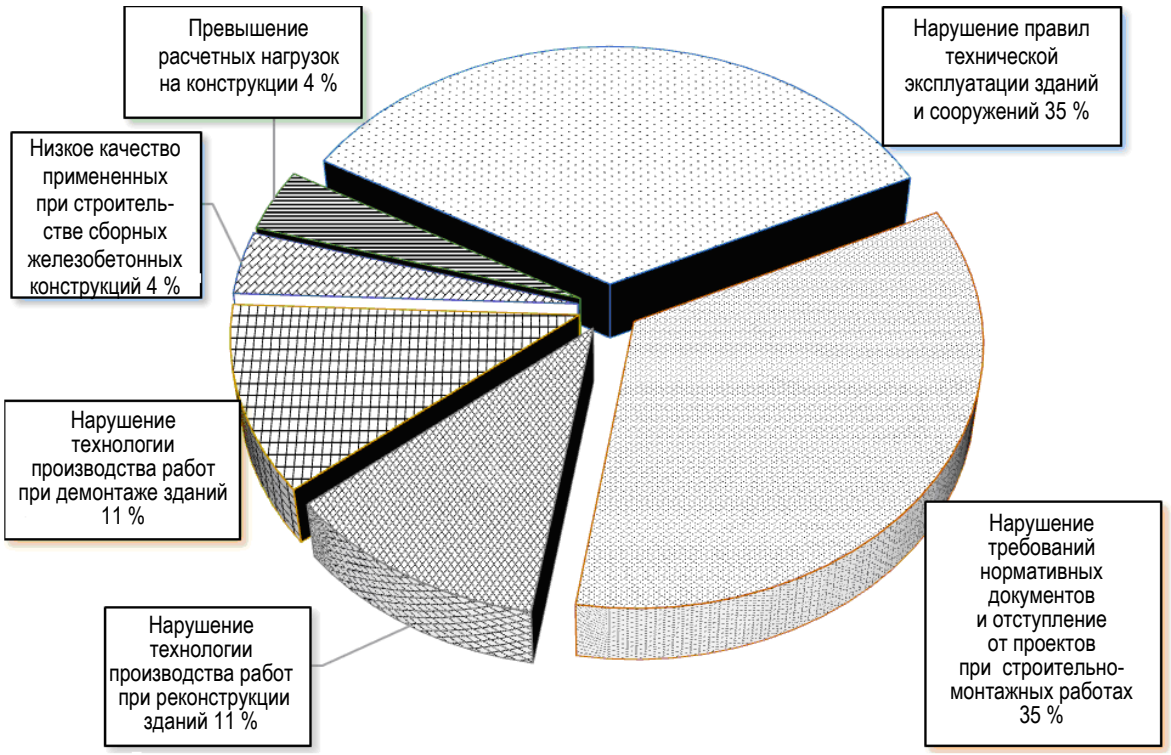


Рис. 1. Причины разрушения основных видов конструкций

Основные причины разрушения – ошибки строительства, отступление от нормативных документов и низкое качество сборных железобетонных элементов, что связано с несовершенством контроля качества, поскольку при правильной организации контроля качества ошибки должны своевременно устраняться. Принципиальная схема формирования триады качества возводимых конструкций представлена на рис. 2 [2].

Рис. 2. Принципиальная схема триады надежности возводимых бетонных и железобетонных конструкций

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Постановка задачи

Для решения этой задачи необходимо учитывать совместное действие процессов деформирования и трещинообразования строительных материалов, которые приводят к разрушению (рис. 3), а также реальную структуру материалов, физико-механические показатели и их вариативность [3].

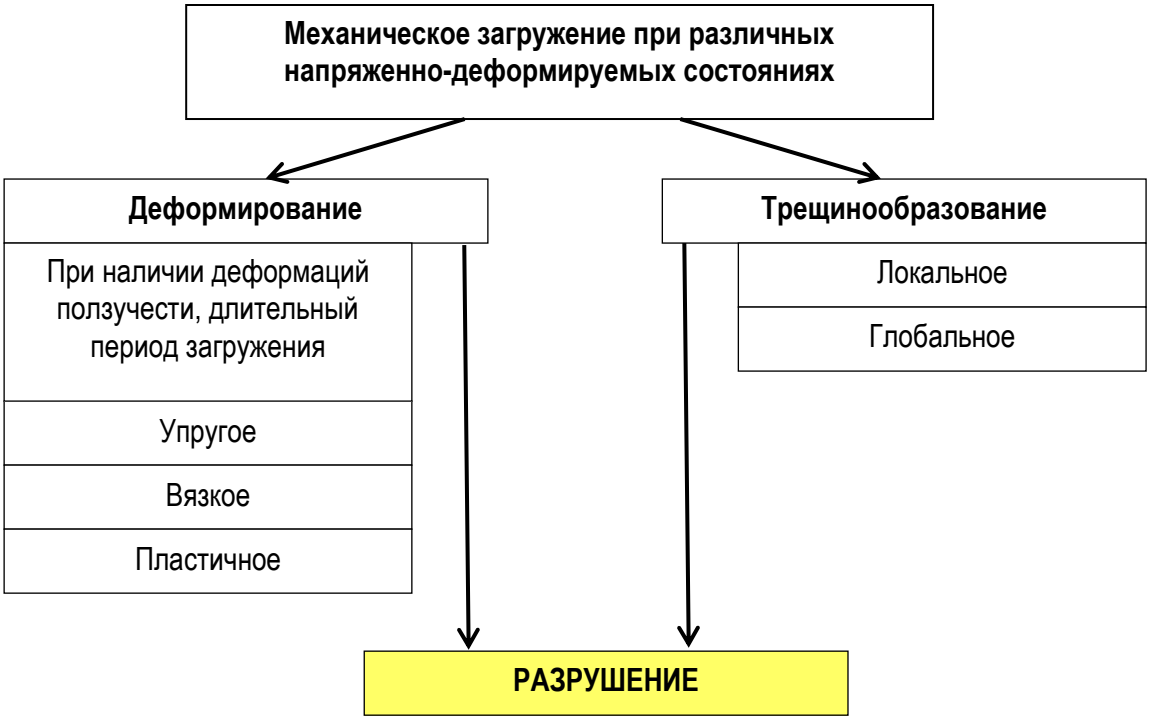


Рис. 3. Схема связи характера деформирования и трещинообразования в композиционных материалах

Принятые допущения

Материалы разрушаются вследствие внешних воздействий, связанных с подводом избытка энергии: механических нагрузок, циклического замораживания-оттаивания, химических реакций, физических процессов и т. п. После приложения критического количества энергии разрушаются внутренние связи структурных элементов материала.

Надежность включает в себя показатели безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости. Одним из определяющих факторов повышения надежности является принцип контроля механических величин.

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Материалы и методы исследования

Повысить надежность конструкций можно двумя путями:

• изучением структуры и свойств материалов для улучшения стабильности свойств с использованием вероятностных методов и применением их в проектных работах и методах приемочных испытаний материалов;

• повышением качества осмотров и ремонтов на основании характера и скорости продвижения трещин в материале при фактическом уровне нагрузки [4].

Для этого необходимо совершенствовать методы контроля качества как важной части обеспечения надежности конструкций возводимых зданий и сооружений, прежде всего, с точки зрения оценки механических свойств [5–7]. При развитии строительных методов испытания и контроля целесообразно заменять традиционные выборочные разрушающие методы контроля прочностных и деформативных свойств бетона сплошным неразрушающим контролем. Переход на неразрушающие методы дает существенный эффект с точки зрения качества и трудоемкости контроля:

• позволяет использовать сплошной контроль, выявляя бракованные конструкции и элементы, которые нельзя определить выборочным контролем разрушающими методами (например, из-за нарушений технологии, неправильной транспортировки бетонной смеси, гравитационного расслоения);

• сокращает время испытаний и затраты на контроль, но при этом сплошной неразрушающий контроль должен влиять на достоверность получаемой измерительной информации.

Рассмотрим влияние перехода на сплошной неразрушающий контроль при возведении бетонных и железобетонных конструкций на достоверность получаемой измерительной информации и на надежность зданий и сооружений.

Результаты

Авторы изучили влияние изменения достоверности получаемой измерительной информации на надежность на примере оценки класса бетона, который формирует значительную долю коэффициента запаса возводимых конструкций из бетона и железобетона. При этом считалось, что количество испытаний значительное и подчиняется нормальному закону распределения. Причиной этому является большая вариативность механических свойств бетона, прежде всего, прочности. Показатель прочности нормируется при определении класса бетона:

$$D = \bar{R}(1 - vt).$$

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Для стандартных и разрушающих методов картина распределения результатов испытаний представлена на рис. 4 (достоверность P = 0,95, так как допустимый коэффициент вариаций бетона 13,5 % при одностороннем диапазоне коэффициент Стьюдента t = 1,64) [8, 9].

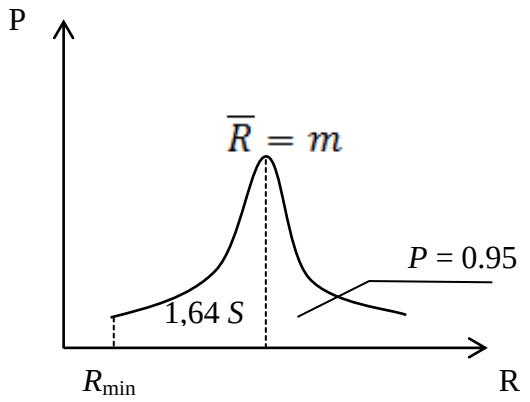


Рис. 4. Связь основных показателей при оценке прочностных свойств бетона

Покажем пример использования бетона класса B30 ($\overline{R} = \dfrac{30}{1-1,64\cdot 0,135} = 36,8$ МПа). Для серии из значимого количества образцов для бетона класса B30 минимальный допустимый показатель прочности с учетом максимально допустимого коэффициента вариации 13,5 % должен быть не менее:

$$R_{\min} = \overline{R} - 1,64S = \overline{R} - 1,64\overline{R}v = 36,8(1–1,64 \cdot 0,135) = 30 \text{ МПа}.$$

Размах составит 6,8 Мпа, при этом отклонение в минимальную сторону опасно для конструкции, поскольку снижает уровень надежности. При снижении прочности в допустимых пределах уменьшается коэффициент запаса бетонных конструкций. Фактически на примере бетона B30 расчетный предел прочности по первой группе предельных состояний составит 17 МПа [8–11].

В нормальных условиях расчетный коэффициент запаса $К_{зап}$ = 36,8 / 17 = 2,13. Значит, в среднем конструкции при проектировании закладываются с запасом, обеспечивающим требуемый уровень надежности и безотказности. При этом надежность характеризуется индексом надежности и вероятностью безотказной работы [12]:

$$\beta = \frac{\overline{R} - \overline{Q}}{\sqrt{S_R^2 + S_Q^2}},$$

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

где $\overline{R}, \overline{Q}$ – значение прочности и нагрузочного эффекта, соответственно;

S_R, S_Q – среднеквадратическое отклонение прочностных свойств материала и нагрузок, соответственно.

Вероятность отказа определяется по формуле [9, 10]

$$P_f = \frac{1}{2} - \Phi(\beta) = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta} \exp(-\frac{x^2}{2}) dx.$$

Асимптотическая формула вероятности отказа [9]

$$P_f = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\beta^2 - 1}{\beta^3} \exp(\frac{-\beta^2}{2}),$$

где $\beta = \frac{K_{\text{зап}} - 1}{\sqrt{(\nu_R^2 K_{\text{зап}} + \nu_Q^2)}}$;

v_R, v_Q – коэффициенты вариации прочностных свойств материала и нагрузок, соответственно.

Обсуждение результатов

Переход на неразрушающие методы контроля должен изменить ситуацию в лучшую сторону за счет увеличения контрольных точек и перехода на сплошной контроль. В соответствии с нормативными документами при построении градуировочной кривой допускают среднее квадратическое отклонение (СКО) $S_{\text{нм}}$ = 12 %, кроме метода отрыва [13]. Для метода отрыва со скалыванием допускается увеличение СКО S = 4 % для анкера длиной 48 мм и $S_{\text{нм}}$ = 7 % – для анкера длиной 20 мм [14]. Авторы рассмотрели, как дополнительная погрешность неразрушающего метода влияет на результирующую достоверность контроля, а значит, на надежность возводимых конструкций с данным уровнем контроля.

Увеличение СКО приводит к снижению достоверности получаемой информации, что в свою очередь увеличивает разброс получаемых результатов испытаний механических свойств.

Чтобы обеспечить соответствующий доверительный интервал, необходимо изменить коэффициент Стьюдента, а значит, снизить достоверность испытаний. Для сохранения средней прочности бетона, соответствующей классу бетона В30, надо снизить коэффициент Стьюдента, это приведет к снижению доверительной вероятности:

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$$tS = t'(S + S_{нм}),$$

где t и t' – коэффициент Стьюдента при данной доверительной вероятности (при стандартном испытании $P = 0{,}95$);

S, $S_{нм}$ – среднеквадратическое отклонение СКО стандартного испытания при построении градуировочной кривой неразрушающим методом.

Тогда результаты расчетов показывают, что соответствующий коэффициент с учетом изменения СКО составит $t' = 1{,}46$. Для сохранения показателей прочности с доверительным интервалом, соответствующим классу бетона, достоверность испытаний составляет $P = 0{,}92$, что противоречит требованиям нормативных документов [15].

Заключение

Исследования показывают, что переход только на неразрушающие методы должен изменить подход к определению допустимых величин механических характеристик с учетом их гарантированной прочности. Существующий подход закладывает снижение достоверности, получаемой в результате испытаний с показателя достоверности $P = 0{,}92$ до 0,95, что в свою очередь снижает коэффициенты запаса, а значит, и показатели надежности возводимых конструкций. Отсюда следует, что необходимо более требовательно подходить к выбору выходного контроля строительного процесса. Решить эту проблему можно за счет создания комплекса контрольных испытаний, включающих как разрушающие, так и неразрушающие методы. Такой подход позволит создать систему сбора испытательной информации повышенной точности.

Библиографический список

1. Аварии зданий и сооружений на территории Российской Федерации в 2003 году. – М.: Центр качества строительства, 2004. – 67с.

2. Ефремов И.В., Рахимова Н.Н. Надежность технических систем и техногенный риск. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 163 с.

3. Беленцов Ю.А., Ильинская Г.Г., Лесовик В.С. Повышение надежности конструкций управлением параметрами композиционного материала // Строит. материалы. – 2011. – № 3. – С. 90–92.

4. Плювинаж Г. Механика упругопластического разрушения. – М.: Мир, 1993. – 448 с.

References

1. Accidents of buildings and constructions in the territory of the Russian Federation in 2003. Moscow; 2004. 67 p. (In Russ.)

2. Efremov IV, Rahimova N. Reliability of Technical Systems and Technogenic Risk. Orenburg; 2013. 163 p. (In Russ.)

3. Belencov YuA, Il'inskaya GG, Lesovik VS. *Stroitel'nye materialy*. 2011;3: 90–92. (In Russ.)

4. Plyuvinazh G. Mechanics of elastic-plastic fracture. Moscow: Mir; 1993. 448p. (In Russ.)

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

5. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 3. – С. 56–62.

5. Shtengel' VG. *V mire nerazrushayushchego kontrolya*. 2009;3:56–62. (In Russ.)

6. Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4 (22). – С. 10–15.

6. Ulybin AV. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2011;4(22):10–15. (In Russ.)

7. Улыбин А.В., Федотов С.Д., Тарасова Д.С. Определение прочности бетона при обследовании зданий и сооружений // Мир строительства и недвижимости. – 2012. – № 45. – С. 2–5.

7. Ulybin AV, Fedotov SD, Tarasova DS. *Mir stroitel'stva i nedvizhimosti*. 2012;45:2–5. (In Russ.)

8. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции: нормы проектирования (введ. 01.01.2013). – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 147 с.

8. SP 63.13330.2012. Concrete and Reinforced Concrete Construction Design Standards. Moscow; 2015. 147 p. (In Russ.)

9. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.

9. Rzhanicyn AR. The Theory of Calculation of Building Structures on the Reliability. Moscow: Sroyizdat; 1978. 239 p. (In Russ.)

10. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. – М.: АСВ, 2010. – 384 с.

10. Rajzer VD. The Theory of Reliability of Construction. Moscow: ACB; 2010. 384 p. (In Russ.)

11. Райзер В.Д. Оптимизация надежности конструкций и безопасности человека // Актуальные проблемы исследований по теории сооружений: сб. науч. ст. конф., Москва. Т. 1. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 2009. – С. 22–31.

11. Rajzer VD. Optimization of structural reliability and safety. (Conf.) “Actualnie problemmi issledovaniy po teorii soorugeniy”. Vol. 1. Moscow; 2009. P. 22–31. (In Russ.)

12. Казанская Л.Ф., Григорьев Д.С., Макаров Ю.В. Микромеханические свойства контактной зоны в бетонах на основе техногенного сырья // Естественные и технические науки. – 2014. – № 2 (70). – С. 292–295.

12. Kazanskaya LF, Grigor'ev DS, Makarov YuV. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2014;2(70):292–295. (In Russ.)

13. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля (введ. 04.01.2016). – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.

13. GOST 22690-88. Concretes. Determination of Strength by Mechanical Methods of Nondestructive Testing. Moscow; 2016. 20 p. (In Russ.)

14. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности (введ.

14. GOST 18105-2010. Concretes. Rules for Strength Monitoring. Moscow; 2013. 16 p.

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

09.01.2012). – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с. (In Russ.)

15. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (введ. 07.01.2015). – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.

15. GOST 27751-2014. Reliability of Building Structures and Foundations. Fundamentals. Moscow; 2015. 16 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:
Беленцов Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор,
eLibrary SPIN: 271986; ORCID 0000-0001-7492-2161;
E-mail: belents@mail.ru

Казанская Лилия Фаатовна, доктор технических наук, профессор,
eLibrary SPIN: 6073-9446; ORCID 0000-0002-8734-1064;
E-mail: yalifa@inbox.ru

Information about authors:
Yuri A. Belentsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
eLibrary SPIN: 271986; ORCID 0000-0001-7492-2161;
E-mail: belents@mail.ru

Liliya F. Kazanskaya, Doctor of Engineering Sciences, Professor
eLibrary SPIN: 6073-9446; ORCID 0000-0002-8734-1064;
E-mail: yalifa@inbox.ru

Цитировать:
Беленцов Ю.А., Казанская Л.Ф. Неразрушающие методы контроля качества как фактор надежности бетонных и железобетонных конструкций в транспортных сооружениях // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 58-67. DOI: 10.17816/transsyst2018041058-067.

To cite this article:
Belentsov YuA, Kazanskaya LF. Non-Destructive Methods of Concrete Quality Control as Factor in Reliability of Concrete and Reinforced Concrete Structures in Transport Facilities. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):58-67. DOI: 10.17816/transsyst2018041058-067.

Received: 29.01.2018. Accepted: 18.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 621.397:004.932.2
DOI 10.17816/transsyst2018041068-083

© В.В. Капустин, А.К. Мовчан, Е.В. Зайцева, М.И. Курячий
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Томск, Россия

АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

Аннотация. Представлены результаты исследования активной зоны ви́дения формируемой активно-импульсной телевизионной измерительной системой в условиях пониженной прозрачности среды распространения.

Цель: Повысить эффективность подавления помехи обратного рассеяния активно-импульсными телевизионными измерительными системами для обеспечения навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях.

Методы: Моделирование активной зоны ви́дения с учетом ослабления световой энергии пропорционально квадрату расстояния и затухания, вызванного средой распространения. Экспериментальные исследования макета активно-импульсной телевизионной измерительной системы в большой аэрозольной камере в условиях плотного тумана и дыма.

Результаты: Построенная модель активной зоны ви́дения позволила оценить изменения распределения световой энергии наблюдаемого слоя пространства в зависимости от дальности наблюдения и прозрачности среды распространения излучения. При равной длительности импульсов подсвета и стробирования фотоприемного устройства в условиях плотного тумана выявлена большая остаточная помеха обратного рассеяния, область максимальной интенсивности отраженного от объектов излучения сместилась от дистанции, соответствующей задержке стробирования. Сокращение длительности импульса подсвета привело к увеличению эффективности подавления помехи обратного рассеяния, к улучшению контраста изображения и к повышению точности определения расстояния до наблюдаемых объектов.

Выводы: Применение результатов исследования позволяет повысить эффективность подавления помехи обратного рассеяния активно-импульсными телевизионными измерительными системами в сложных метеоусловиях для обеспечения навигации транспортных средств.

***Ключевые слова*:** помеха обратного рассеяния, контраст, активная зона ви́дения, сложные метеоусловия, активно-импульсная телевизионная измерительная система.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту № 8.9562.2017/8.9 и РФФИ в рамках научного проекта № 16-47-700939.

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© V.V. Kapustin, A.K. Movchan, E.V. Zaytseva, M.I. Kuryachiy
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Tomsk, Russia

ACTIVE PULSE TELEVISION MEASURING SYSTEMS FOR ENSURING NAVIGATION OF TRANSPORT MEANS IN HEAVY WEATHER CONDITIONS

This paper presents research results of the Active Vision Area, formed by the Active Pulse Television Measuring System in conditions of decreased transparency of propagation medium.

Aim: To increase backscatter interference suppression efficiency by the Active Pulse Television Measuring System for ensuring navigation of transport means in heavy weather conditions.

Methods: Simulation of Active Vision Area considering light energy attenuation is proportionate to the square of distance and attenuation caused by propagation atmosphere. Performance of experimental researches with the Prototype of Active Pulse Television Measuring System using Big Aerosol Chamber, simulating dense fog and smoke conditions.

Results: The designed model of Active Vision Area allowed estimating the changes of light energy distribution in the observed space layer depending on range of observation and transparency of radiation propagation medium. With equal duration values of the illumination and strobing pulses of the photodetector in conditions of dense fog, significantly big residual backscatter interference was revealed, maximum intensity area of the radiation reflected from objects was displaced from a distance of strobing delay. Illumination pulse duration reduction led to increase of backscatter interference suppression efficiency, improvement of image contrast and increase of accuracy of determination of distance to the observed objects.

Conclusion: The increase of backscatter interference suppression efficiency by the Active Pulse Television Measuring System for ensuring navigation of transport means in heavy weather conditions is a relevant task

Keywords: backscatter interference, contrast, active vision area, heavy weather conditions, active pulse television measuring system.

В настоящие время в науке и технике все шире распространяются системы технического ви́дения, способные эффективно решать задачи поиска, обнаружения и распознавания объектов наблюдения в плохих метеорологических условиях видимости (при тумане, дымке, пыли, снегопаде).

Дальность действия и вероятность распознавания объектов традиционными телевизионными системами наблюдения значительно ограничивается в условиях пониженной прозрачности среды распространения. Основной причиной ограничения дальности обнаружения и идентификации объ-

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ектов наблюдения в сложных условиях видимости является воздействие помехи обратного рассеяния [1].

Помеха обратного рассеяния возникает из-за рассеяния фотонов света на аэрозолях атмосферы в направлении наблюдателя, что приводит к значительному снижению контраста изображения и как следствие – к невозможности обнаружения и распознавания объектов наблюдения [2].

Есть широкий спектр систем наблюдения для работы в сложных условиях видимости:

- пассивные и пассивно-активные низкоуровневые телевизионные системы;
- активно-импульсные телевизионные измерительные системы (АИ ТИС);
- тепловизионные системы.

АИ ТИС эффективно устраняют помеху обратного рассеяния и не чувствительны к низким температурным контрастам в отличие от тепловизионных систем. Принцип работы АИ ТИС основан на импульсном подсвете пространства и стробировании по времени фотоприемного устройства, оснащенного быстродействующим затвором.

Сущность метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. Когда временна́я задержка между моментом излучения импульса и моментом открывания затвора равна удвоенному времени, необходимому для прохождения светом расстояния до объекта и обратно, наблюдатель будет видеть только сам объект и участок пространства непосредственно вокруг него. Глубина этого пространства определяется как временем открытого состояния затвора, так и длительностью светового импульса [3].

В качестве фотоприемного устройства в АИ ТИС, как правило, применятся электронно-оптический преобразователь (ЭОП), работающий в импульсном режиме. ЭОП в АИ ТИС выполняет роль быстродействующего электронного затвора и усилителя яркости изображения. Для получения видеосигнала ЭОП согласуется с телевизионной камерой. Согласование возможно путем стыковки через волоконно-оптический прибор (фокон), прямой стыковкой ЭОП со светочувствительным элементом ТВ камеры или с использованием линзового согласующего объектива.

Применение линзового согласующего объектива обусловлено возникновением сильных потерь в энергетике переносимого оптического изображения. Согласование путем стыковки через фокон или прямой стыковкой ЭОП со светочувствительным элементом ТВ-камеры не позволяет быстро заменять компоненты устройства (так как это немодульная конструкция) и повышает его стоимость [4, 5].

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

В качестве устройства подсвета для АИ ТИС в основном применяются осветители на базе лазеров или светодиодов, работающих в импульсном режиме. Длительность импульсов подсвета может составлять десятки или единицы наносекунд, что позволяет добиться высокой импульсной мощности, а малое время экспозиции фотоприемника значительно снижает чувствительность системы к фоновому излучению [6].

В зависимости от назначения АИ ТИС могут использоваться в воздушных, наземных, подземных, надводных и подводных условиях их применения.

Повысить дальность видения АИ ТИС можно путем как повышения мощности подсвета, так и уменьшения углов излучения подсвета и приема отраженного излучения.

Наиболее целесообразным решением при значительных мощностях излучения подсвета является схема группового модуля устройства осветителя. Осветитель, выполненный по этой схеме, состоит из ряда стандартных модулей с взаимно параллельными оптическими осями.

Каждый модуль имеет объектив и излучатель, содержащий решетку лазерных диодов с интегратором или без него. Излучение всех модулей суммируется в едином угле подсвета, равном углу подсвета одного модуля. Такая схема осветителя обеспечивает его минимальные продольные габариты, простую схему объектива формирования излучения. Схема удобна также высокой ремонтопригодностью, так как при выходе из строя одного модуля его легко можно заменить на другой [7].

В зависимости от изменения условий окружающей среды применяются различные режимы работы АИ ТИС: непрерывный, активно-непрерывный или активно-импульсный с временной селекцией импульсов излучения, отраженных от объектов.

В активно-импульсном режиме управление дальностью наблюдения АИ ТИС происходит путем изменения задержки открытия затвора фотоприемника относительно импульса подсвета (задержки стробирования). Регулировка задержки стробирования ЭОП позволяет получить информацию о дальности до объекта наблюдения с погрешностью, которая будет зависеть от глубины и формы активной зоны видения системы.

Управление задержкой стробирования ЭОП в АИ ТИС может быть реализовано в ручном и полуавтоматическом режимах с использованием программируемой логики.

В ручном режиме управления задержка импульсов стробирования, предварительно установленная на выбранной величине, вручную плавно и непрерывно или дискретно и ступенчато увеличивается или уменьшается до величины, соответствующей максимальной или минимальной дальности действия АИ ТИС. При изменении задержки зона наблюдения непрерывно или дискретно смещается по дальности и совмещается оператором с выбранным объектом интереса. Данный режим работы системы предпола-

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

гает постоянное участие оператора и неэффективен при высокой скорости движения объекта.

В полуавтоматическом режиме управления периодически изменяется задержка импульсов стробирования, сканируется зона наблюдения от минимальной до максимальной дальности действия системы и обнаруживается объект по глубине дальности видимости. Данный режим не требует постоянного участия оператора и может быть использован при высокой скорости движения объекта.

Активная зона видения АИ ТИС

Форма активной зоны видения в общем случае будет представлять собой результат свертки импульса подсвета S_L с импульсом стробирования ЭОП S_g. Если импульсы имеют прямоугольную форму и одинаковую длительность, то активная зона видения будет иметь форму треугольника (рис. 1).

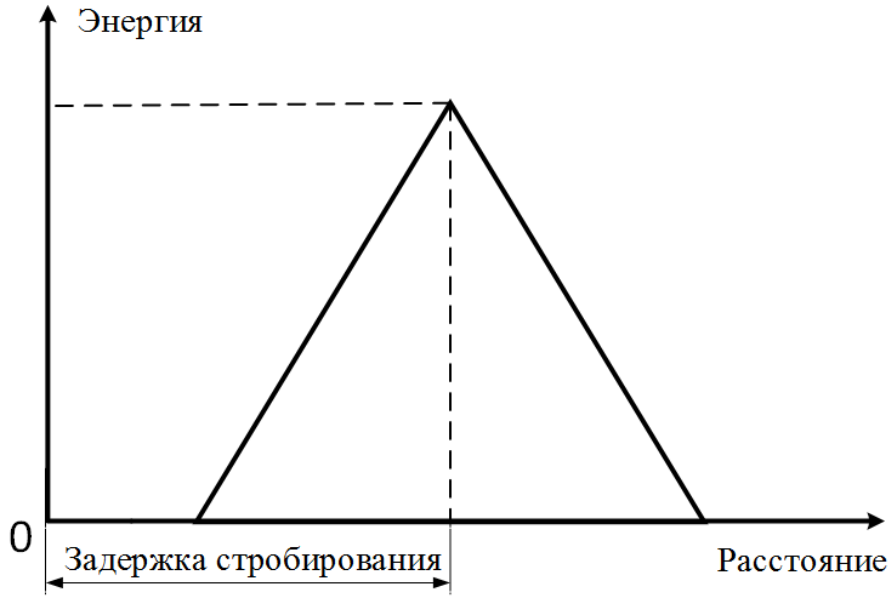


Рис. 1. Активная зона видения для прямоугольных импульсов подсвета и стробирования при $\tau_L = \tau_g$ без учета ослабления световой энергии

Поскольку импульс излучения подсвета, отраженный от объекта, расположенного на расстоянии, соответствующем задержке стробирования ЭОП, будет приниматься в течение всего времени открытого состояния ЭОП, когда длительности импульсов равны, центр активной зоны видения будет обладать максимальной энергией в одной точке и соответствовать задержке стробирования ЭОП [8].

Глубина активной зоны видения d_Z будет зависеть от суммарной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$$d_z = \frac{(\tau_L + \tau_g) \cdot c}{2}, \quad (1)$$

где τ_L – длительность импульса подсвета;

τ_g – длительность импульса стробирования ЭОП;

c – скорость света.

Если длительность импульса подсвета меньше длительности импульса стробирования ЭОП, активная зона видения приобретает форму трапеции. Область максимальной энергии будет обладать некоторой протяженностью, а точка, соответствующая задержке стробирования ЭОП, будет расположена в начале области максимальной энергии (рис. 2) [9].

Рис. 2. Активная зона видения для прямоугольных импульсов подсвета и стробирования при $\tau_L < \tau_g$

Начальная точка активной зоны видения $d_{Z\text{start}}$ при любых соотношениях длительностей зависит от длительности импульса подсвета и определяется выражением

$$d_{zstart} = \frac{(t_D - \tau_L) \cdot c}{2}, \quad (2)$$

где t_D – задержка стробирования ЭОП;

τ_L – длительность импульса подсвета;

c – скорость света.

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

На рис. 3 приведены выражения, при помощи которых можно вычислить основные точки активной зоны видения при $\tau_L < \tau_g$ для сигналов прямоугольной формы.

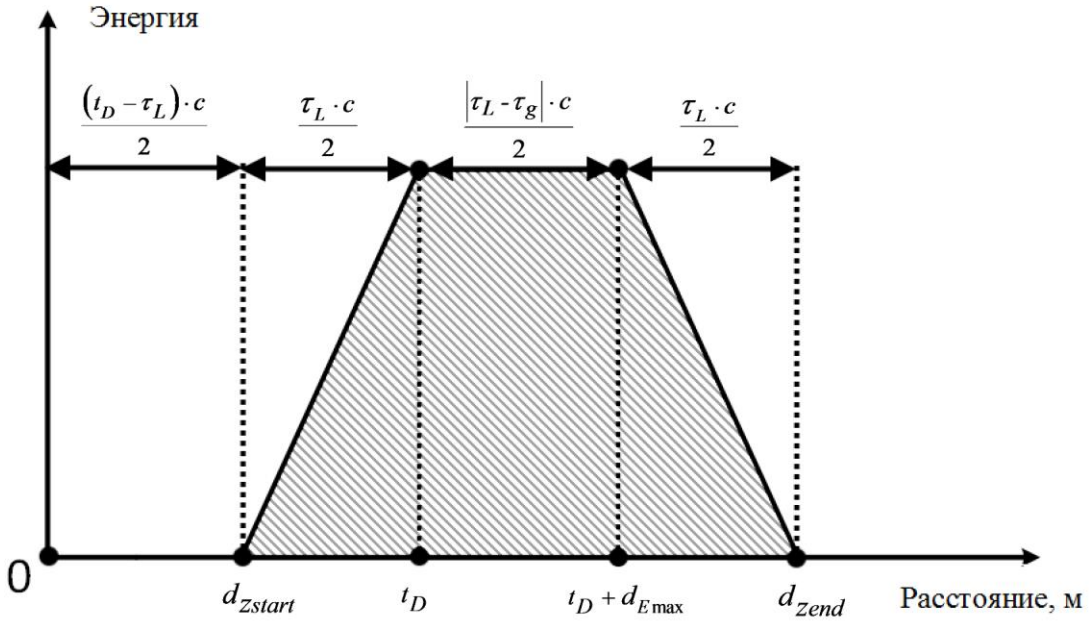


Рис. 3. Расчет основных точек зоны для $\tau_L < \tau_g$

На практике при распространении излучения в атмосфере ослабление его интенсивности определяется двумя сомножителями, один из которых обратно пропорционален квадрату расстояния до объекта, а второй содержит экспоненту с отрицательным показателем. Поэтому с уменьшением прозрачности атмосферы искажение формы активной зоны видения будет усиливаться [10].

Кроме того, прямоугольные импульсы малой длительности с высокой амплитудой технически трудно реализовать, поэтому при расчете активной зоны видения необходимо учитывать длительность фронтов импульсов, которые будут влиять на форму активной зоны видения.

Для расчета формы активной зоны видения с учетом ослабления световой энергии подсвета пропорционально квадрату расстояния и затухания в замутненной среде распространения используем выражение

$$S_Z(L) = \frac{1}{L^2 \cdot \sigma^2(L)} \cdot \int_0^{\tau} S_g\left(t + \frac{2L}{10^{-9}c}\right) \cdot S_L(t)dt, \qquad (3)$$

где τ – время интегрирования;
L – расстояние;
$S_L(t)$ – сигнал подсвета;

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$S_g(t)$ – сигнал стробирования ЭОП;

$\sigma(L)$ – коэффициент оптического ослабления среды распространения.

На рис. 4 приведен результат расчета активных зон видения для расстояний 15 м (зона 1) и 30 м (зона 2) при равной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП (60 нс) с учетом ослабления излучения пропорционально квадрату расстояния и с учетом оптического ослабления в среде распространения (в легком тумане), равного 20 дБ/км.

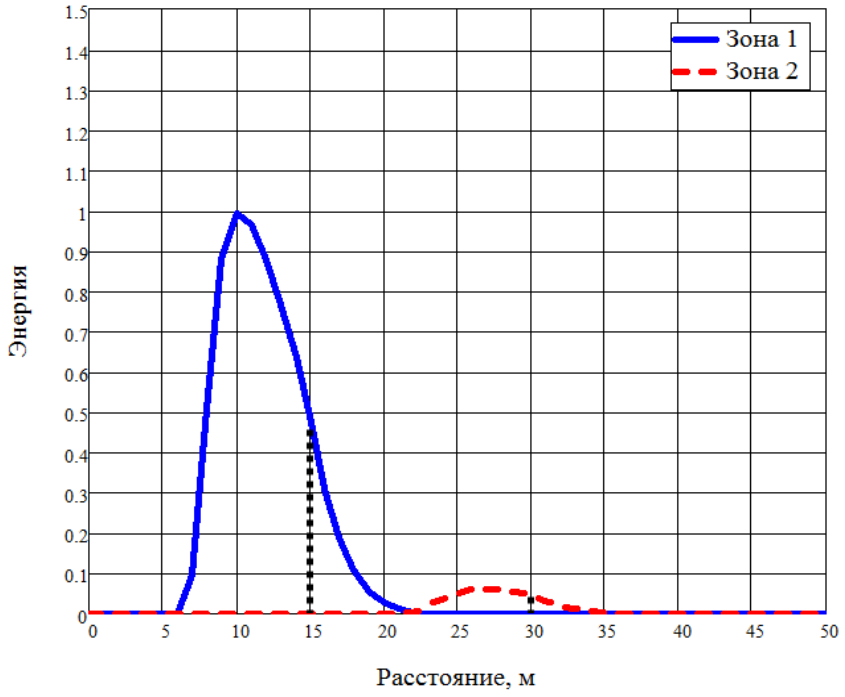


Рис. 4. Модель формы активной зоны видения для дистанций 15 м и 30 м (точками отмечено расстояние, соответствующее задержке стробирования ЭОП)

Таким образом, показано, что на малых дистанциях наблюдения активная зона видения значительно искажается в условиях пониженной прозрачности среды распространения. Область максимальной энергии зоны видения смещается от центра зоны в ее начальную часть, что приводит к усилению остаточной помехи обратного рассеяния, к засветке от ближних объектов, к снижению контраста изображения и к погрешностям в определении расстояния до объектов наблюдения.

Для минимизации последствий искажения активной зоны видения длительность импульсов источника подсвета должна быть уменьшена. Уменьшение длительности импульсов источника подсвета относительно длительности импульсов стробирования ЭОП приведет к увеличению крутизны переднего фронта активной зоны видения и к смещению точки, соответствующей задержке стробирования ЭОП в начальную область активной зоны видения.

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

На рис. 5 приведен результат расчета активных зон видения для расстояний 15 м (зона 1) и 30 м (зона 2) в параметрах среды распространения. Длительность импульса подсвета уменьшена вдвое – до 30 нс, длительность импульса стробирования ЭОП увеличена до 90 нс.

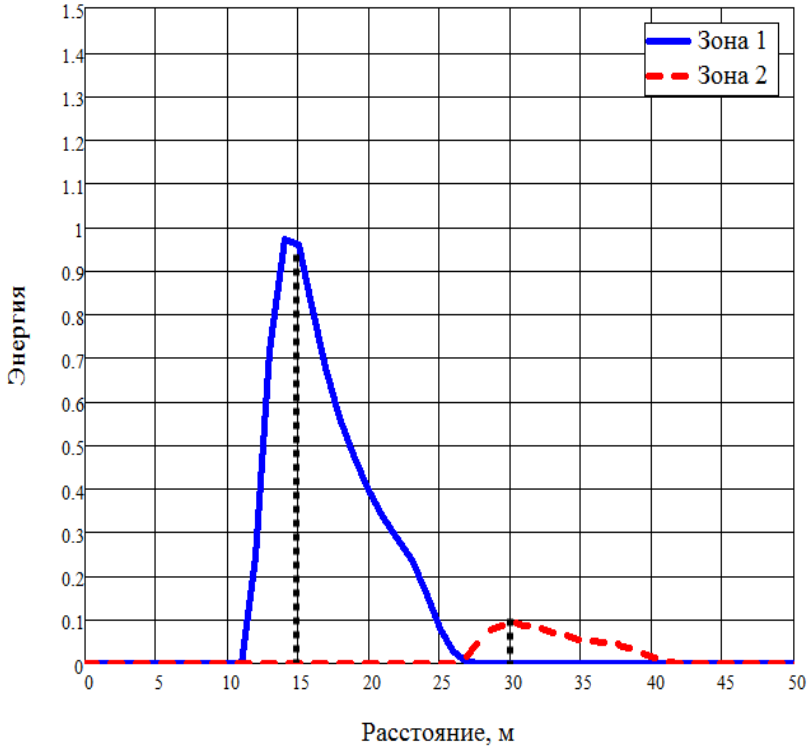


Рис. 5. Модель формы активной зоны видения (искажения скомпенсированы крутизной переднего фронта активной зоны видения)

Экспериментальные исследования макета АИ ТИС

Для апробации результатов моделирования проведены эксперименты в условиях пониженной прозрачности среды распространения при помощи макета АИ ТИС, разработанного на кафедре телевидения и управления ТУСУР при участии авторов.

В составе системы входной объектив, ЭОП, согласующий объектив, ТВ-датчик (монохромный КМОП сенсор 800 ТВЛ) с повышенной чувствительностью, устройство подсвета, источник питания, блоки управления и ЭВМ со специализированным программным обеспечением (рис. 6). Устройством подсвета является импульсный лазерный полупроводниковый излучатель (ИЛПИ), работающий в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне.

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

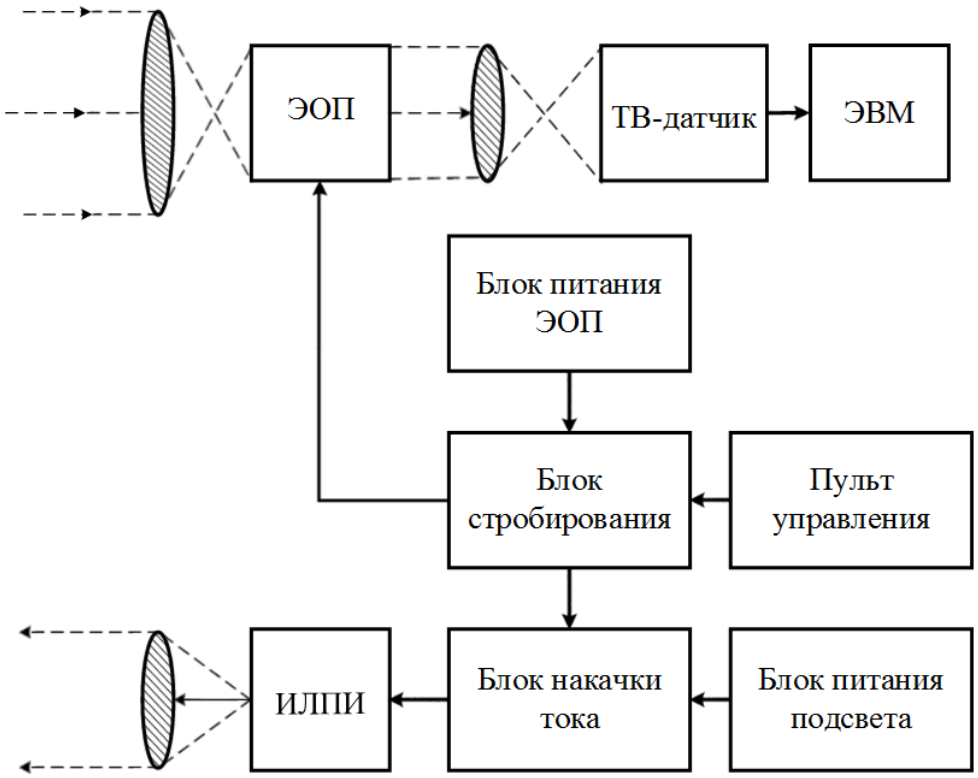


Рис. 6. Структурная схема АИ ТИС

Внешний вид макета АИ ТИС представлен на рис. 7.

Рис. 7. Внешний вид макета АИ ТИС

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Основные технические характеристики макета АИ ТИС:

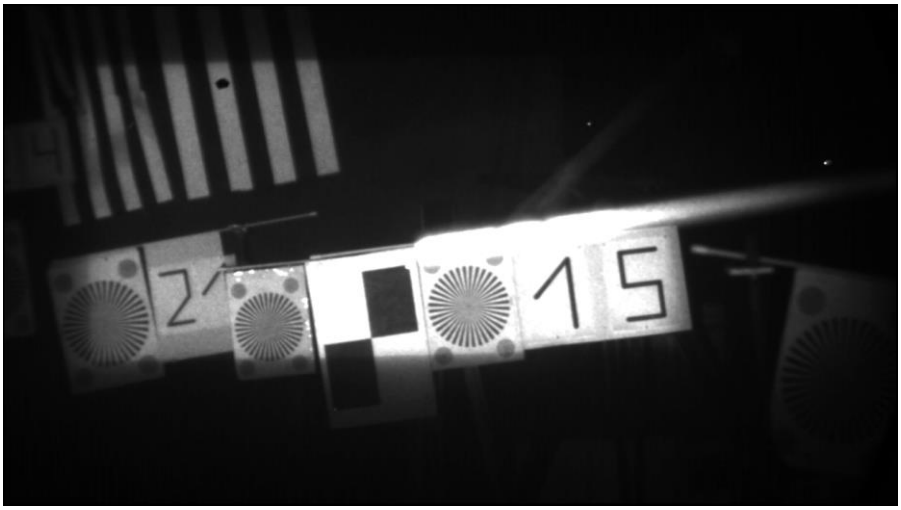
- дальность видения системы до 200 м;
- угол поля зрения системы 6–12°;
- оптическая мощность подсвета в импульсе 320 Вт;
- длина волны излучения подсвета 842 нм;
- частота повторения импульсов подсвета 50–4950 Гц;
- длительность импульса подсвета 30–120 нс;
- длительность импульсов стробирования ЭОП 30–120 нс;
- глубина активной зоны видения 9–36 м.

Экспериментальные исследования активно-импульсной телевизионной системы проводили в большой аэрозольной камере (БАК) Института оптики и атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

Туман в БАК имитировался при помощи генератора тумана путем испарения водно-глицериновой смеси. БАК заполнялся дымом за счет сжигания сосновых брусков в специальной печи. Как правило, замутнение среды распространения туманом или дымом продолжалось до момента, когда в активно-непрерывном режиме работы макета АИ ТИС (без стробирования ЭОП, с активным подсветом) визуально невозможно было обнаружить измерительные миры и объекты наблюдения, расположенные в поле зрения системы. После чего в течение 30 мин взвесь аэрозолей равномерно распределялась по всему объему БАК при помощи вентиляторов.

На рис. 8, 9 для сравнения представлена последовательность видимости АИ ТИС в зависимости от режимов работы и прозрачности среды распространения.

а



Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

б

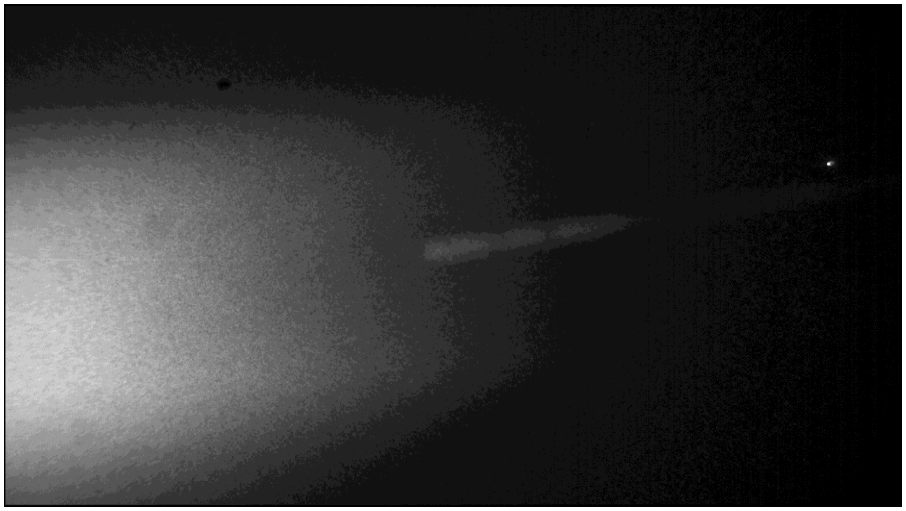


Рис. 8. Активно-непрерывный режим АИ ТИС :
а) нормальная прозрачность среды распространения; б) плотный туман

В ходе эксперимента макета АИ ТИС в БАК для апробации результатов моделирования активной зоны видения регулировалась длительность импульсов подсвета и стробирования ЭОП при постоянной задержке стробирования.

На рис. 10 представлены кадры АИ ТИС в условиях плотного тумана. Объектом наблюдения выступала измерительная мира (помечена прямоугольником), расположенная на дистанции 21 м (задержка стробирования ЭОП 140 нс), длительность импульса стробирования ЭОП 120 нс.

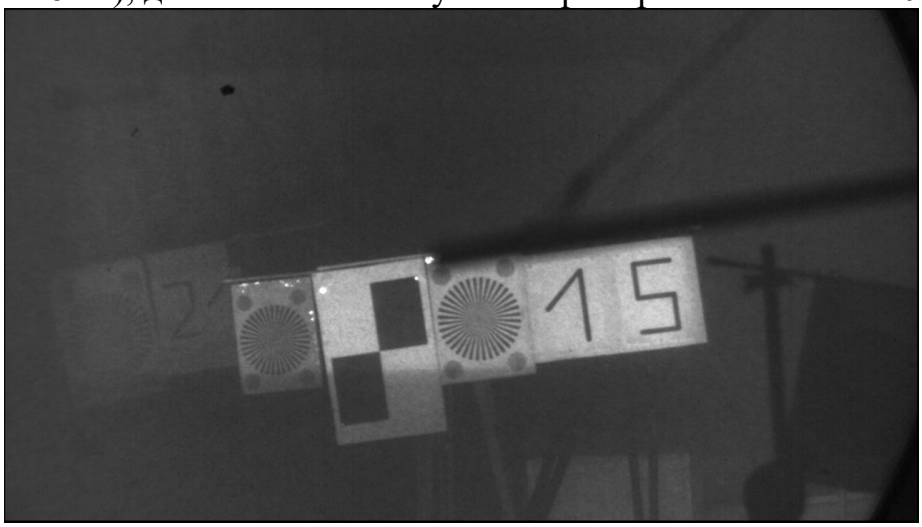


Рис. 9. Активно-импульсный режим АИ ТИС, плотный туман

Как можно заметить на рис. 10, контраст изображения объекта наблюдения, полученного при равной длительности импульсов подсвета и стробирования ЭОП, значительно снижен из-за остаточной помехи обрат-

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ного рассеивания, а объекты, обладающие максимальной яркостью в кадре, расположены на дистанции 15 м. Изображение объекта наблюдения, полученное при длительности импульса подсвета 30 нс, напротив, обладает максимальной яркостью в кадре и заметно более контрастно, что в целом подтверждает результаты моделирования активной зоны видения АИ ТИС.

а б

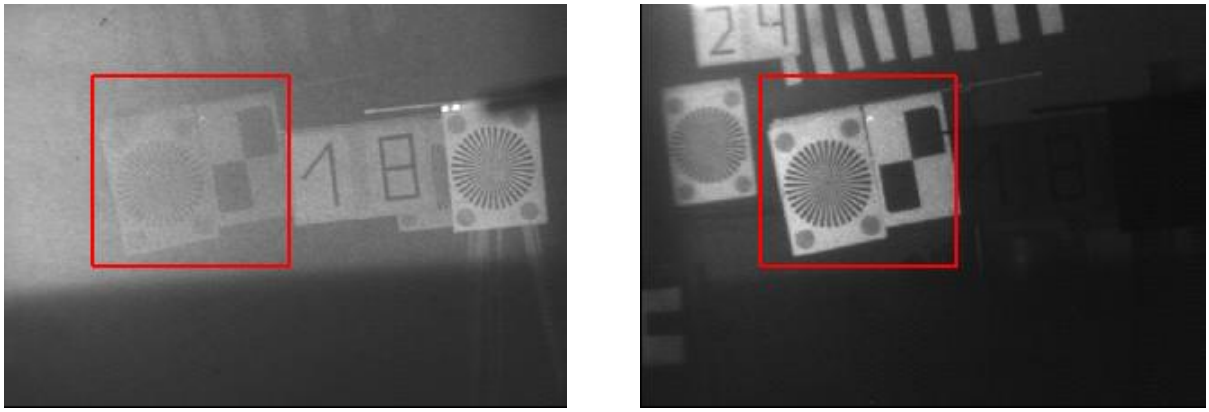


Рис. 10. Изображение объекта наблюдения
при длительности импульса подсвета 120 нс (а), 30 нс (б)

Представим результаты измерения цифрового контраста объекта наблюдения в зависимости от длительности импульса подсвета при постоянной длительности импульса стробирования ЭОП (120 нс) и при задержке стробирования (140 нс). При длительности импульса подсвета 120 нс уровень контраста объекта наблюдения составил 97, при 60 нс – 193, при 30 нс – 230.

Выводы

В результате исследования получены модели активных зон видения с учетом ослабления оптического излучения пропорционально квадрату расстояния и его затухания в среде распространения. Установлено, что если длительность импульса подсвета и импульса стробирования ЭОП равны, то в условиях низкой прозрачности среды распространения форма активной зоны видимости значительно искажается. Область максимальной энергии зоны видения смещается от центра зоны в ее начальную часть, что приводит к усилению остаточной помехи обратного рассеяния и, соответственно, к снижению контраста изображения объекта наблюдения. Уменьшение длительности импульса подсвета относительно длительности импульса стробирования ЭОП приводит к увеличению крутизны переднего фронта активной зоны видения и к концентрации максимума энергии в точке, соответствующей временной задержке стробирования ЭОП. Высокая крутизна переднего фронта активной зоны видения позволяет более эффективно устранять помеху обратного рассеяния, а максимальная энер-

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

гия в точке, соответствующей временной задержке стробирования ЭОП, повышает точность определения расстояния до объектов наблюдения. Результаты моделирования подтверждены экспериментальными исследованиями макета АИ ТИС, что позволяет сделать вывод о возможности построения эффективных систем навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях с использованием АИ ТИС.

Библиографический список

1. Мищенко Н.И., Пустынский И.Н., Капустин В.В. Методы и средства повышения эффективности активно-им-пульсных телевизионно-вычислительных систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов // Докл. Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 42–46.

2. Белов В.В. и др. Активные ТВ-системы видения с селекцией фонов рассеяния // Датчики и системы. – 2012. – № 3. – С. 25–30.

3. Гейхман И.Л., Волков В.Г. Основы улучшения видимости в сложных условиях. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. – 286 с.

4. Кирпиченко Ю.Р. Минимизация искажений в процессе преобразования изображения с экрана ЭОП в видеосигнал // Электронные средства и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 150–154.

5. Бузук В.В., Вергилес С.А., Гусаченко А.В. и др. Особенности построения оптических систем низкоуровневых телевизионных камер // Вестн. СГГА, 2002. – Вып. 7. – С. 152–156.

6. Кирпиченко Ю.Р., Курячий М.И., Пустынский И.Н. Видеоинформационные системы наблюдения и контроля при сложных условиях видимости // Докл. ТУСУР. – 2012. – № 2 (26). – Ч. 1. – С. 105–110.

7. Волков В.Г. Лазерные полупроводниковые излучатели для приборов ночного видения // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 1. – С. 45–50.

References

1. Mishchenko NI, Pustynsky IN, Kapustin VV. *Dokladi Tomskogo gosudarstvennogo universiteta system upravlenia i radioelektroniki*. 2016;19(3):42–46. (In Russ.)

2. Belov VV, Matviyenko GG, Pack RYu, Shiyanov DV, Kirpichenko YuR, Kuryachy MI, Pustynsky IN, Shurygin YuA. *Datchiki i sistemy*. 2012;3:25–30. (In Russ.)

3. Geykhman IL, Volkov VG. Bases of Improvement of Visibility in Difficult Conditions. Moscow, 1999. 286 p. (In Russ.)

4. Kirpichenko YuR. *Doklady Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta System Upravleniia i Radioelektroniki*. 2012;2:150–154. (In Russ.)

5. Buzuk VV, Vergiles SA, Gusachenko AV. *Vestnik SGGA*. 2002;7:152–156. (In Russ.)

6. Kirpichenko YuR, Kuryachy MI, Pustynsky IN. *Doklady Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta System Upravleniia i Radioelektroniki*. 2012;2(26):105–110. (In Russ.)

7. Volkov VG. *Poluprovodnikovaiia svetotekhnika*. 2012;1:45–50. (In Russ.)

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

8. Kapustin V.V., Movchan A.K., Kuryachiy M.I. Vision area parameters analysis for active-pulse television-computing systems // Int. Siberian Conf. Control and Communications (SIBCON), 2017. – P. 1–4.

8. Kapustin VV, Movchan AK, Kuryachiy MI. Vision Area Parameters Analysis for Active-Pulse Television-Computing Systems. Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). 2017. Pp. 1–4.

9. Wang X., Zhou Ya., Fan S., Liu Yu., Liu H. Echo Broadening Effect in Range-Gated Active Imaging Technique. Proc. of SPIE, 2009. – Vol. 7382 738211–8. – P. 1–9. – URL: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7382/1/Echo-broadening-effect-in-the-range-gated-active-imaging-technique/10.1117/12.836025.pdf (12.12.2017).

9. Wang X, Zhou Y, Fan S, Liu Y, Liu H. *Echo Broadening Effect in Range-Gated Active Imaging Technique. Proc. of SPIE.* 2009, vol. 7382 738211-9, pp. 1–9. Available from: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie / 7382/1/Echo-broadening-effect-in-the-range-gated-active-imaging-technique / 10.1117/12.836025.pdf (cited 2017Dec 12).

10. Андреев Ю.М. и др. Лидарные системы и их оптико-электронные элементы. – Томск: Ин-т оптики атмосферы СО РАН, 2004. – 526 с.

10. Andreyev YuM, Voyevodin VG, Geyko PP, Gorobets VA, Kabanov MV. Lidar Systems and their Optical Electronic Elements. Tomsk, 2004. 526 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:
Капустин Вячеслав Валериевич, младший научный сотрудник,
eLibrary SPIN: 7584-3518; ORCID 0000-0002-2293-0511;
E-mail: peregnun@mail.ru

Мовчан Андрей Кириллович, аспирант,
eLibrary SPIN: 7690-0947; ORCID 0000-0002-0020-6354;
E-mail: mr.movchann@mail.ru

Зайцева Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель,
eLibrary SPIN: 4751-6200; ORCID 0000-0002-7944-0468;
E-mail: katerinka_zev@mail.ru

Курячий Михаил Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент
eLibrary SPIN: 1827-7872; ORCID 0000-0002-3970-5644;
E-mail: kur@tu.tusur.ru

Information about authors:
Viacheslav V. KAPUSTIN, Research Assistant,
eLibrary SPIN: 7584-3518; ORCID 0000-0002-2293-0511;
E-mail: peregnun@mail.ru

Andrey K. Movchan, Postgraduate Student,
eLibrary SPIN: 7690-0947; ORCID 0000-0002-0020-6354;
E-mail: mr.movchann@mail.ru

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Ekaterina V. Zaytseva, Candidate of Engineering Sciences,
eLibrary SPIN: 4751-6200; ORCID 0000-0002-7944-0468;
E-mail: katerinka_zev@mail.ru

Mikhail I. Kuryachy, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Officer, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 1827-7872; ORCID 0000-0002-3970-5644;
E-mail: kur@tu.tusur.ru

Цитировать:
Капустин В.В., Мовчан А.К., Зайцева Е.В., Курячий М.И. Активно-импульсные телевизионные измерительные системы для обеспечения навигации транспортных средств в сложных метеоусловиях // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 68-83. DOI: 10.17816/transsyst2018041068-083.

To cite this article:
Kapustin VV, Movchan AK, Zaytseva EV, Kuryachiy MI. Active Pulse Television Measuring Systems for Ensuring Navigation of Transport Means in Heavy Weather Conditions. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):68-83. DOI: 10.17816/transsyst2018041068-083.

Received: 12.12.2017. Accepted: 26.02.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 656225.073.437: 662.75
DOI 10.17816/transsyst2018041084-093

© А.Н. Ляшенко
АО «ВНИИЖТ»
АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

Москва, Россия

ВЫБОР СХЕМЫ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЯНОГО ТЕРМИНАЛА ПО МНОЖЕСТВУ КРИТЕРИЕВ

Для упрощения перевалки грузов при стыковке разных видов транспорта и для сокращения расходов при перевозке жидкого топлива используются терминалы, представляющие собой емкости разного объема (в качестве грузов в настоящей статье имеется в виду жидкое топливо). Объем проектируемого терминала зависит от многих факторов, в первую очередь – от массы топлива, которое нужно хранить при несогласованном взаимодействии видов транспорта. Также рассматриваются другие факторы, например, затраты на строительство и на будущее обслуживание, сроки окупаемости нового терминала и другие.

Постановка задачи. Разработать схему нового терминала для объективного выбора лучшего решения из возможных.

Выводы. При рассмотрении перевозок топлива с участием терминалов объективный метод позволяет не только определить лучшие пути транспортировки, но и найти лучшие схемы резервуарных парков.

Ключевые слова: объективный метод, нефтяной терминал, резервуарный парк, техническая схема.

© A.N. Lyashenko
JSC VNIIZhT (Railway Research Institute)

Moscow, Russia

SELECTION OF THE OIL TERMINAL TANK FARM SCHEME BY A SET OF CRITERIA

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Aim: It is known that to simplify the process of transshipment of goods at the junction of different modes of transport, aimed at reducing the cost of transportation of liquid fuel, terminals are used, representing the capacity of different volumes (as cargo in this article means liquid fuel). The size of the designed terminal depends on many factors, but first of all on the mass of fuel to be stored due to inconsistency in the interaction of modes of transport with each other. In addition to this fundamental factor in the construction are considered and others, which in some cases may be important when choosing a terminal scheme. Such factors include, for example, construction costs, future maintenance costs, payback periods of the new terminal, etc.

Problem statement: The development of the new terminal scheme is connected with the solution of a multicriteria problem with an objective choice of the best solution possible. This article shows such a solution using the developed algorithm [3].

Summary: When considering fuel transportation with the participation of terminals, the objective method makes it possible not only to determine the best ways of transportation, but also to find the best schemes of their tank farms.

***Keywords*:** objective method, oil terminal, tank farm a variety of criteria, the technical scheme.

Практически во всех отраслях науки и промышленности возникает необходимость по результатам испытаний, исследований или расчетов сравнить несколько объектов или технических предложений, направленных на решение одной и той же задачи, чтобы в конечном счете выбрать одно из них, наиболее полно удовлетворяющее предъявленным требованиям (критериям). В этот же круг задач входит определение лучшей схемы резервуарного парка на стыке сухопутного и водного транспорта на основе сравнения вариантов с учетом введенных критериев. Для выбора перспективного варианта предлагаем учитывать комплекс требований к процессу. Используемые критерии имеют разную размерность, поэтому выбор лучшего решения сопряжен с обработкой (переработкой) этих критериев для их приведения к общему «знаменателю». Как показывает практика, корректный выбор лучшего решения даже по трем-четырем критериям представляет собой проблему.

Учитывая общенаучный и промышленный интерес к решению задач такого рода, в настоящей работе использован метод, позволяющий корректно выделить лучшее решение из рассматриваемых по множеству критериев, в том числе противоречивых.

В целом предложенный подход позволяет расширить возможности теории управления перевозочным процессом за счет повышения качества перевозок по комплексам рассматриваемых в каждом конкретном случае критериев. Покажем его функционирование при решении конкретной задачи, а именно – при выборе схемы терминала для перевалки жидкого топлива на стыке сухопутного и водного транспорта.

До настоящего времени проблеме рационального выбора объемов резервуарного парка нефтеперевалочных терминалов уделялось недоста-

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

точно внимания. В основном освещались создание высокоэффективной и устойчивой системы мультимодальных перевозок на базе морских и речных портов, а также рационализация мощностей нефтяных терминалов для обеспечения взаимодействия со смежными видами транспорта [1–9]. Выводы по этим работам нуждаются в совершенствовании, надо доработать методы и подходы для решения новых перспективных задач.

При определении рационального объема резервуарного парка нефтяных терминалов используются методики, не учитывающие фактической загрузки резервуаров и объема переваливаемого груза. Если при определении рациональной вместимости резервуарного парка не учитывать взаимодействующие транспортные потоки и производительность перегрузочных мощностей, то увеличиваются простои транспортных средств в портах и на железнодорожных путях.

Постановка задачи

При выборе схемы терминала одновременно оцениваются многие факторы (критерии) и выбирается их лучшее цифровое сочетание.

В качестве главных критериев примем:

$k_{ОТ}$ – объем терминала (м^3);

$k_{ЗС}$ – затраты на строительство (тыс. руб.);

$k_{ВР}$ – время монтажных работ (сутки);

$k_{ОБС}$ – затраты на обслуживание при будущей эксплуатации терминала (тыс. руб./год);

$k_{РЕМ}$ – затраты на будущий ремонт резервуаров (тыс. руб./год);

$k_{ПОТ}$ – экономические потери при простое терминала на ремонте (тыс. руб./год);

$k_р$ – риски, связанные с финансовыми потерями при эксплуатации терминала (балл).

В задаче принимается гипотеза, что большое количество резервуаров (при заданном суммарном объеме) уменьшает финансовые риски благодаря меньшей вероятности одновременного выхода из строя значительного общего объема терминала.

Общий объем терминала $k_{ОТ}$ при выборе лучшей схемы должен быть задан на основе предварительного анализа и расчета факторов, обеспечивающих минимальные финансовые потери для участников перевозочного процесса, так как именно они заинтересованы в бесперебойной перевозке грузов (в нашем случае – жидкого топлива). Таким образом, выбор схемы терминала при заданном общем объеме представляет собой важную многокритериальную задачу.

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Решение задачи

$k_{ЗС}$ для каждой схемы определяются по соответствующим нормативным документам. Для каждого заданного варианта критерии $k_{ВР}$, $k_{ОБС}$, $k_{РЕМ}$, $k_{ПОТ}$, $k_р$ назначаются и используются при решении как начальные условия.

При выборе лучшей схемы терминала рассмотрим четыре варианта $А_1$, …, $А_4$ по приведенным критериям. Варианты различаются количеством резервуаров терминала, а общий объем остается. При этом в варианте $А_1$ будет рассмотрен 1 резервуар, соответственно, 2, 3 и 4 – в вариантах $А_2$, $А_3$, $А_4$. Ниже приведены цифровые (Ц) значения всех критериев по вариантам $А_1$, …, $А_4$, при этом не исключено, что на практике могут рассматриваться иные или дополнительные критерии, которые помогут найти лучшее решение.

Вариант $А_1$

$Ц_{ОТ}^{А1}$ – 20 тыс. м^3 (один резервуар);

$Ц_{ЗС}^{А1}$ – 59 250 тыс. руб. (здесь и ниже цифровые значения данного критерия указаны в соответствии с табл. 1, при этом графы стоимости конструкции и монтажа суммированы; аналогично в вариантах $А_2$, $А_3$, $А_4$;

$Ц_{ВР}^{А1}$ – 105 суток (табл. 1);

$Ц_{ОБС}^{А1}$ – 3150 тыс. руб./год;

$Ц_{РЕМ}^{А1}$ – 2000 тыс. руб./год;

$Ц_{ПОТ}^{А1}$ – 12 000 тыс. руб./год;

$Ц_{р}^{А1}$ – 0,6 (изменяется в пределах 0–1, при этом принимается, что чем выше степень риска (хуже для заказчика перевозки), тем меньше число).

Вариант $А_2$

$Ц_{ОТ}^{А2}$ – 20 тыс. м^3 (суммарный объем двух резервуаров, каждый по 10 тыс. м^3);

$Ц_{ЗС}^{А2}$ – 67 475,1 тыс. руб. (табл. 1);

$Ц_{ВР}^{А2}$ – 176 дней (табл. 1);

$Ц_{ОБС}^{А2}$ – 4400 тыс. руб./год;

$Ц_{РЕМ}^{А2}$ – 2600 тыс. руб./год;

$Ц_{ПОТ}^{А2}$ – 8000 тыс. руб./год;

$Ц_{р}^{А2}$ – 0,7.

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Таблица 1

Стоимостные и временные показатели

Объем резервуара, м^3	Стоимость конструкции, руб.	Стоимость монтажных работ, руб.	Время монтажных работ, сут.
100	806 000,00	550 560,00	12
200	1 171 875,00	800 480,00	15
300	1 500 000,00	1 024 614,00	17
400	1 687 500,00	1 152 690,00	20
500	1 640 000,00	1 130 740,00	23
700	2 250 000,00	1 551 320,00	25
1000	2 718 750,00	1 848 750,00	26
2000	4 680 000,00	2 839 650,00	36
3000	7 290 000,00	4 649 280,00	51
5000	10 350 000,00	6 600 829,00	62
10 000	20 955 000,00	12 782 550,00	88
20 000	37 500 000,00	21 750 000,00	105
30 000	45 000 000,00	26 100 000,00	125
50 000	75 000 000,00	42 000 000,00	160

Вариант А$_3$

$Ц_{ОТ}^{А3}$ – 20 тыс. м^3 (суммарно три резервуара объемом 10, 5 и 5 тыс. м^3);

$Ц_{ЗС}^{А3}$ – 67 639,21 тыс. руб. (табл. 1);

$Ц_{ВР}^{А3}$ – 212 дней (табл. 1);

$Ц_{ОБС}^{А3}$ – 5200 тыс. руб./год;

$Ц_{РЕМ}^{А3}$ – 3000 тыс. руб./год;

$Ц_{ПОТ}^{А3}$ – 6000 тыс. руб./год;

$Ц_{р}^{А3}$ – 0,8.

Вариант А$_4$

$Ц_{ОТ}^{А4}$ – 20 тыс. м^3 (четыре резервуара по 5 тыс. м^3 каждый);

$Ц_{ЗС}^{А4}$ – 67 803,32 тыс. руб. (табл. 1);

$Ц_{ВР}^{А4}$ – 248 дней (табл. 1);

$Ц_{ОБС}^{А4}$ – 5800 тыс. руб./год;

$Ц_{РЕМ}^{А4}$ – 3300 тыс. руб./год;

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

$Ц_{ПОТ}^{А4}$ – 4000 тыс. руб./год;

$Ц_{р}^{А4}$ – 0,9.

В соответствии с алгоритмом [10] аналогично решениям задач в работах [11, 12] по цифровым значениям Ц критериев вариантов $А_1$, …, $А_4$ построим табл. 2. Так как значение $Ц_{ОТ}$ постоянно для всех вариантов (заданный общий объем резервуаров независимо от варианта схемы), в таблице оно опущено.

Используя табл. 2, построим табл. 3 мест $\mathcal{M}$ (значения в квадратных скобках) вариантов $А_1$, …, $А_4$ по каждому критерию и умножим эти показатели на соответствующий вес ($0 \leq в \leq 1$) критерия. Напомним, что в соответствии с [10], чем больше вес (ближе к 1), тем значимее этот критерий и больше уточненное значение места М (М = $\mathcal{M}$в) по отношению к другим по данному критерию.

Таблица 2

Значения Ц критериев для вариантов $А_1$, …, $А_4$

Критерий	Вариант			
	$А_1$	$А_2$	$А_3$	$А_4$
$Ц_{ЗС}$	59 250 тыс. руб.	67 475,1 тыс. руб.	67 639,21 тыс. руб.	67 803,32 тыс. руб.
$Ц_{ВР}$	105	176	212	248
$Ц_{ОБС}$	3150 тыс. руб.	4400 тыс. руб.	5200 тыс. руб.	5800 тыс. руб.
$Ц_{РЕМ}$	2000 тыс. руб.	2600 тыс. руб.	3000 тыс. руб.	3300 тыс. руб.
$Ц_{ПОТ}$	12 000 тыс. руб.	8000 тыс. руб.	6000 тыс. руб.	4000 тыс. руб.
$Ц_{р}$	0,6	0,7	0,8	0,9

Присвоим критериям следующие значения веса:

$k_{ЗС} \rightarrow$ = 1,0; $k_{ВР} \rightarrow$ = 0,75;

$k_{ОБС} \rightarrow$ = 0,90; $k_{РЕМ} \rightarrow$ = 0,70;

$k_{ПОТ} \rightarrow$ = 0,70; $k_{р} \rightarrow$ = 0,65.

В табл. 3 введем значение m по каждому варианту $А_1$, …, $А_4$, где m равно сумме значений М по каждому варианту $А_1$, …, $А_4$.

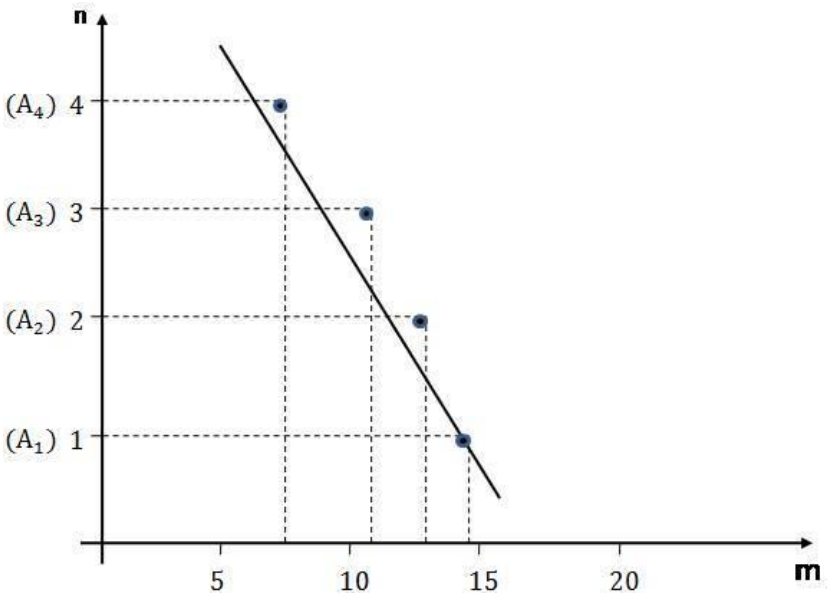
По результатам, приведенным в табл. 3, построим зависимость $m = f(n)$, где $n = 1, …, 4$ (количество резервуаров) – вариантов $А_1$, …, $А_4$, соответственно. Зависимость представлена на рисунке.

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Таблица 3

Уточненные места $\mathcal{M}$ вариантов в A_1, …, A_4 с учетом веса «в» критериев

Показатель	Варианты			
	A_1	A_2	A_3	A_4
$M_{ЗС}$	[4] · 1 = 4	[3] · 1 = 3	[2] · 1 = 2	[1] · 1 = 1
$M_{ВР}$	[4] · 0,75 = 3	[3] · 0,75 = 2,25	[2] · 0,75 = 1,5	[1] · 0,75 = 0,75
$M_{ОБС}$	[4] · 0,9 = 3,6	[3] · 0,9 = 2,7	[2] · 0,9 = 1,8	[1] · 0,9 = 0,9
$M_{РЕМ}$	[4] · 0,7 = 2,8	[3] · 0,7 = 2,1	[2] · 0,7 = 1,4	[1] · 0,7 = 0,7
$M_{ПОТ}$	[1] · 0,7 = 0,7	[2] · 0,7 = 1,4	[3] · 0,7 = 2,1	[4] · 0,7 = 2,8
$M_р$	[1] · 0,65 = 0,65	[2] · 0,65 = 1,3	[3] · 0,65 = 1,95	[4] · 0,65 = 2,6
m	14,75	12,75	10,75	8,75



Графическое соотношение значений *m* и *n*

Как видно из графика, распределение *m* относительно *n* представляет собой линейную обратную зависимость $m = m(n^{-1})$, свидетельствующую, что при выборе варианта схемы терминала по комплексу принятых в работе критериев использование одной емкости более предпочтительно (максимальное значение *m* в табл. 3 и на графике), чем нескольких при заданном суммарном объеме емкостей.

Полученный вывод относится к тем условиям (критериям), которые рассматривались в настоящей задаче. В другом случае (при рассмотрении других или дополнительных критериев) линейная зависимость (уравнение прямой) может изменяться, что дает другое соотношение значений *m* и *n*.

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Метод определения лучшего решения может применяться на практике в подобных задачах. Решения при этом во многом зависит от входных параметров условия задачи, т. е. в нашем случае – от выбранных критериев, их значений и веса.

Для точечной проверки одного из полученных значений $\mathcal{M}$ (даны в квадратных скобках в табл. 3) используем линейное интерполирование (уравнение прямой через две точки). Проверку проведем по критерию $k_{\text{ВР}}$ для варианта А_3, подставляя в упомянутое выражение значения $\text{Ц}_{\text{ВР}}$ и $\mathcal{M}_{\text{ВР}}$ из табл. 2 и 3: $\text{Ц}_k^{\text{А3}} = \text{Ц}_{\text{ВР}}^{\text{А3}} = 212$; $\text{Ц}_{k1}^{\text{А2}} = \text{Ц}_{\text{ВР}}^{\text{А2}} = 176$; $\text{Ц}_{k1}^{\text{А1}} = \text{Ц}_{\text{ВР}}^{\text{А2}} = 248$; $\mathcal{M}_{k1}^{\text{А2}} = \mathcal{M}_{\text{ВР}}^{\text{А4}} = 1$; $\mathcal{M}_{k1}^{\text{А1}} = \mathcal{M}_{\text{ВР}}^{\text{А2}} = 3$, получим (212–176) / (248–176) = $(\mathcal{M}_{k1}^{\text{А3}} - 1)$ / (3–1), откуда неизвестное $\mathcal{M}_{\text{ВР}}^{\text{А3}} = \mathcal{M}_{k1}^{\text{А3}} = 2$, что совпадает со значением в табл. 3.

Заключение

Исследования в сфере мультимодальных перевозок обусловили развитие теории перевозок, концентрируясь на уменьшении потерь и рисков в интересах заказчика.

Для корректного принятия решения и оценки комплекса перевалки жидкого топлива рассмотрен практический пример объективного выбора лучшей схемы резервуарного парка.

Для достижения поставленной цели в предложенном примере использованы технические и экономические параметры, определившие рациональный объем резервуаров с целью минимизации настоящих и будущих расходов при заданных рисках. Применяемый метод позволяет объединить интересы участников транспортного рынка для минимизации технических, финансовых и организационных потерь.

В результате из конкурирующих вариантов выбран лучший с учетом цифровых значений значимости критериев. Отметим, что объективность решения увеличивается за счет повышения качества критериев с присвоенным весом.

Библиографический список

1. Бондаренко Р.А. Повышение конкурентоспособности бункерной компании оптимизацией транспортно-логистических схем доставки топлива: дисс. … канд. экон. наук: 08.00.05. – СПб., 2009. – 149 с.

2. Варгунин В.И. Исследование целесообразности применения эластичных емкостей для повагонных отправок нефтяных грузов: автореф. дисс. … канд. техн. наук: 05.22.08. – М., 1970. – 35 с.

References

1. Bondarenko RA. Increase of competitiveness of the bunker company by optimization of transport and logistic schemes of delivery of fuel. St. Petersburg; 2009. 149 p. (In Russ.)

2. Vargunin VI. Study on the feasibility of application of elastic tanks for carload shipments of oil cargo. Moscow; 1970. 35 p. (In Russ.)

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

3. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. – М.: Недра, 1982. – 280 с.

3. Edigarov SG, Mikhailov VM, Prokhorov AD, Yufin VA. Design and operation of tank farms. Moscow: Nedra; 1982. 280 p. (In Russ.)

4. Зотов Д.В. Методы формирования стратегии развития морских терминалов нефтепродуктов: дисс. … канд. экон. наук: 08.00.05. – М., 2013. – 143 с.

4. Zotov DV. Methods of formation of strategy of development of sea terminals of oil products. Moscow; 2013. 143 p. (In Russ.)

5. Михеев Ю.М., Овчинин Д.И. Зарубежные пластмассовые резервуары для хранения и транспортирования нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1981. – № 4. – С. 8–10.

5. Mikheev YuM, Ovchinin DI. *Transport and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 1981;4:8–10. (In Russ.)

6. Михеев Ю.М., Овчинин Д.И. Передвижные металлические резервуары для хранения и транспортировки нефтепродуктов за рубежом // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1981. – № 4. – С. 20–22.

6. Mikheev YuM, Ovchinin DI. *Transport and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 1981;4:20–22. (In Russ.)

7. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз) ВНТП 5–95. – М.: Нефтепродуктпроект, 1995. – 54 с.

7. Standards of technological design of the enterprises for providing with oil products (oil depots) VNTP 5–95. Moscow; 1995. 54 p. (In Russ.)

8. Сапронов В.Н. Планирование и оптимизация загрузки нефтеналивных терминалов: дисс. … канд. экон. наук: 08.00.05. – СПб., 2013. – 150 с.

8. Sapronov VN. Planning and optimization of loading of oil terminals. St. Petersburg; 2013. 150 p. (In Russ.)

9. Регламент расчета полезной емкости резервуарного парка и разработки технологических карт на резервуары и резервуарные парки. – М.: Транснефть, 2003. – 44 с.

9. Process procedure of calculation of the useful capacity of the tank farm and development of technological maps on reservoirs and reservoir parks. Moscow; 2003. 44 p. (In Russ.)

10. Гогричиани Г.В. Объективное определение по результатам сравнений (испытаний) перспективного объекта при неограниченном множестве рассматриваемых противоречивых критериев // Вестн. ВНИИЖТ. – 2006. – № 6. – С. 14–15.

10. Gogrichiani GV. *Railway Res. Inst. Bull*. 2006;6:14–15. (In Russ.)

11. Гогричиани Г.В., Ляшенко А.Н. Выбор места расположения нефтяного терминала по комплексу противоречивых критериев

11. Gogrichiani GV, Lyashenko AN. *Transportation and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 2017;2:35–38. (In Russ.)

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2017. – № 2. – С. 35–38.

12. Ляшенко А.Н. Метод выбора рационального пути по комплексу критериев при перевозке жидкого топлива // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2014. – № 2. – С. 41–43.

12. Lyashenko AN. *Transport and storage of oil products and hydrocarbons*. 2014;2:41–43. (In Russ.)

Сведения об авторе:
Ляшенко Антон Николаевич, аспирант,
ORCID 0000-0003-4609-5554;
E-mail: an-lyashenko@yandex.ru

Information about author:
Anton N. Lyashenko, postgraduate student,
ORCID 0000-0003-4609-5554;
E-mail: an-lyashenko@yandex.ru

Цитировать:
Ляшенко А.Н. Выбор схемы резервуарного парка нефтяного терминала по множеству критериев // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 84-93. DOI: 10.17816/ transsyst2018041084-093.

To cite this article:
Lyashenko AN. Selection of the Oil Terminal Tank Farm Scheme by a Set of Criteria. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):84-93. DOI: 10.17816/transsyst2018041084-093.

Received: 20.02.2018. Accepted: 25.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК 656.222
DOI 10.17816/transsyst2018041094-104

© Г.М. Грошев, А.Г. Котенко, А.В. Сугоровский, Ан.В. Сугоровский
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДВОДА ТРАНЗИТНЫХ И РАЗБОРОЧНЫХ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ К ТЕХНИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ

Представлены результаты исследования применения диспетчерского приема «Регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках».

Цель: Обосновать эффективность реализации диспетчерского приема «Регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках».

Метод: Использовано имитационное моделирование с применением программного комплекса «Моделирование работы транспортных систем» (AvroraW).

Результаты: В ходе исследования установлено, что применение диспетчерского приема «Регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к сортировочной станции с учетом положения в ее парках» ведет к снижению межоперационных простоев, экономии эксплуатационных расходов и более равномерной загрузке устройств станции.

Выводы: результаты исследования будут способствовать повышению эффективности диспетчерского регулирования эксплуатационной работы.

Ключевые слова: диспетчерское регулирование, эффективность, имитационное моделирование.

© Groshev G.M., Kotenko A.G., Sugorovsky A.V., Sugorovsky An.V.
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

REGULATION OF THE SUPPLY OF TRANSIT AND DECONSTRUCTION OF FREIGHT TRAINS TO THE TECHNICAL STATIONS

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

The article presents the results of the application analysis of the "Regulation (alternate arrangement) of transit and remarshalling trains approach to the station, with account for the situation in team tracks" dispatching technique.

Aim: To substantiate the effectiveness of the “Regulation (alternate arrangement) of transit and remarshalling trains approach to the station, with account for the situation in team tracks” dispatching technique.

Methods: Simulation using the “Simulation of transport systems” (AvroraW) software package.

Results: The study revealed that the use of the "Regulation (alternate arrangement) of transit and remarshalling trains approach to the station, with account for the situation in team tracks" dispatching technique results in cutting idle time between operations, saving operating costs and in more uniform loading of station devices.

Conclusion: The results of the study will contribute to improving the efficiency of dispatching control of operational work.

Keywords: dispatching/supervisory control, efficiency, simulation modeling.

В последние годы рост вагонопотоков в морские порты Северо-Западного региона привел к значительному увеличению загрузки участков, технических и припортовых станций Октябрьской железной дороги, что объективно является причиной многих задержек в продвижении поездов и увеличения простоя вагонов.

За годы существования диспетчерской системы управления на железнодорожном транспорте разработано большое количество различных регулировочных приемов [1].

В многолетней практике диспетчерского регулирования оперативно применялись различные методы и приемы для повышения эффективности работы сортировочных станций [2–4].

В ходе исследований организации и информационных технологий работы станции Санкт-Петербург Сортировочный Московский созданы специальные методики и комплексы аналитических выражений, с помощью которых выполнены расчеты для определения эксплуатационной и экономической целесообразности и эффективности применения целого ряда приемов и методов оперативного диспетчерского регулирования.

В данной статье рассматривается прием «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к сортировочной станции с учетом положения в ее парках».

Краткие сведения о станции Санкт-Петербург Сортировочный Московский

Станция Санкт-Петербург Сортировочный Московский является основной, внеклассной сортировочной станцией Санкт-Петербургского же-

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

лезнодорожного узла, представляет собой двустороннюю станцию с последовательным расположением парков прибытия, сортировочной горки, сортировочного парка и парка отправления в каждой системе.

Сортировочные системы расположены параллельно друг другу (рис. 1). Нечетная система работает с вагонопотоками, поступающими со станций Санкт-Петербургского узла, со стороны Выборга и Кузнечного, а также с железных дорог Финляндии, Эстонии, Латвии, Литвы и Беларуси. Четная система работает с вагонопотоком, поступающим со стороны Мги (Сонково, Будогощь, Кириши, Волховстрой, Петрозаводск, Бабаево) и Москвы (Бологое, Малая Вишера, Чудово, Новгород, Колпино).

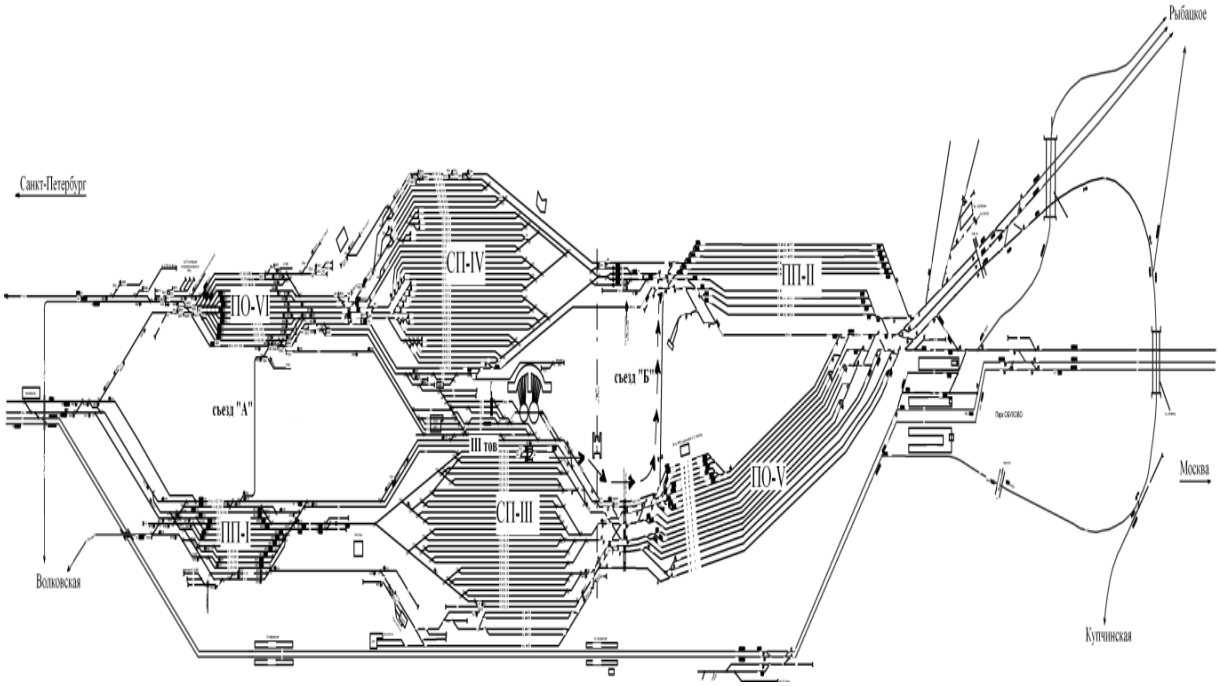


Рис. 1. Схема станции Санкт-Петербург Сортировочный Московский

Регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к сортировочной станции с учетом положения в ее парках

Для организации ритмичной работы диспетчерские смены станций во взаимодействии с ДЦУП организуют рациональное чередование подвода транзитных и разборочных поездов к станции в соответствии с ритмом работы сортировочных устройств и приемоотправочных парков. Благодаря этому повышается уровень беспрепятственного приема поездов станцией [5–7].

Чтобы установить эффективность данного регулировочного воздействия в условиях станции Санкт-Петербург Сортировочный Московский, проведены эксперименты с использованием имитационного моделирова-

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ния при различном процентном соотношении транзитных поездов и поездов в переработку, прибывающих на станцию в течение расчетных суток.

Для оценки эффективности приема диспетчерского регулирования исследованы и созданы информационные технологии реализации, графическая формализация и алгоритмы для ввода в имитационную модель регулировочного приема.

Имитационное моделирование выполнено за год (365 суток), с выводом сопоставимых графиков занятия основных элементов транспортной системы за каждые сутки с применением исследуемого регулировочного приема и без его использования.

Схематически прием «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к сортировочной станции с учетом положения в ее парках» показан на рис. 2.

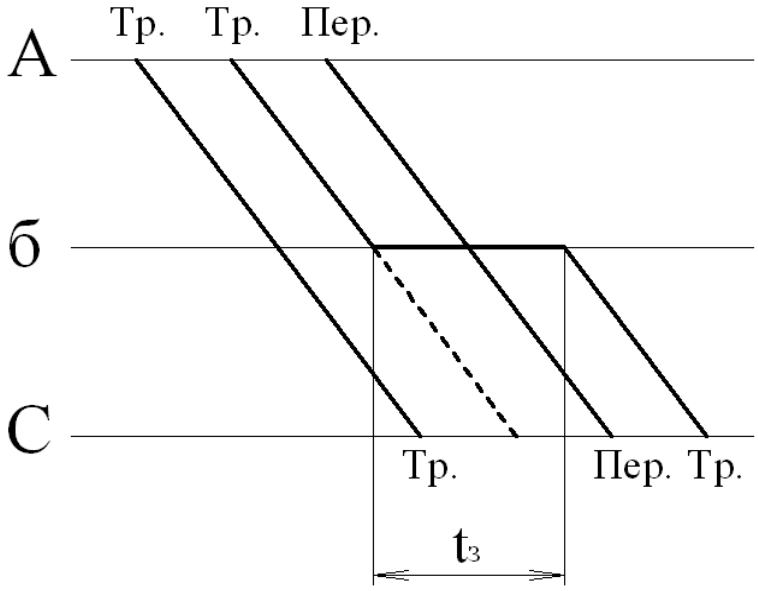


Рис. 2. Схематическое изображение приема «Регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к технической станции с учетом положения в ее парках»

На фрагменте графика движения поездов со станции А в сторону сортировочной станции С друг за другом с межпоездным интервалом (в расчетах принят равным 10 мин) следуют два транзитных поезда (Тр.) и один в переработку (Пер.). Чтобы к станции С поезда прибыли чередуясь, второй транзитный поезд ставят под обгон поездом в переработку.

При имитационном моделировании учитывается неравномерность поступления поездов с линии, для чего используются методы теории вероятностей.

Формализованное представление реализации в имитационной модели диспетчерского регулировочного воздействия дано на рис. 3.

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

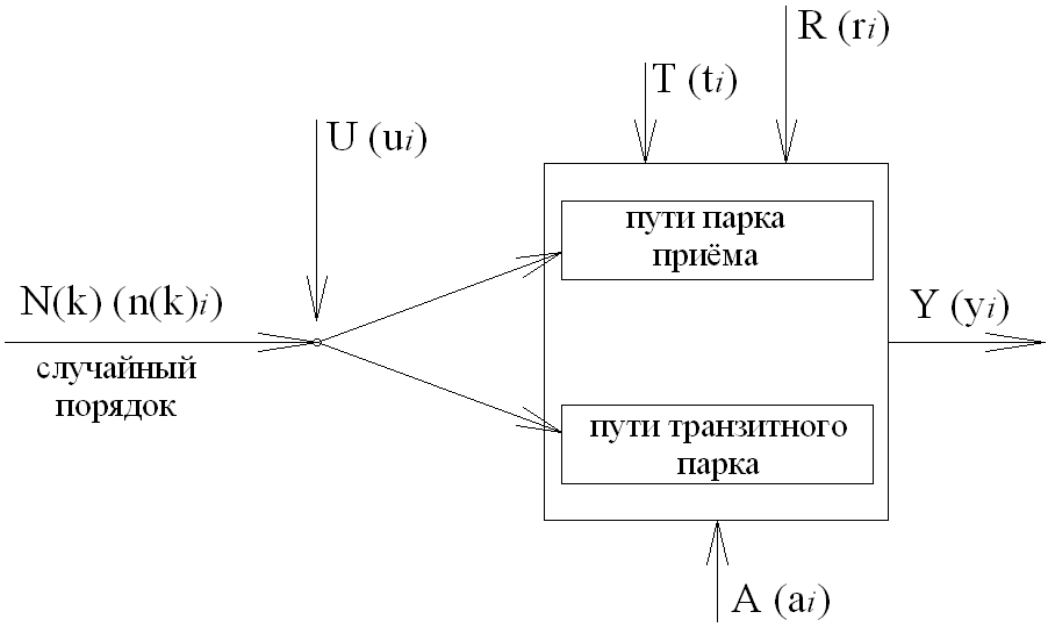


Рис. 3. Формализованное представление реализации в имитационной модели регулировочного приема «Регулирование (чередование) приема на сортировочную станцию транзитных и перерабатываемых поездов»

На рис. 3 все воздействия и отклики представлены в виде векторов: $N(k)$ $(n(k)i)$ – входящий поток грузовых поездов, состоящий из k категорий (транзитные поезда и поезда в переработку), который характеризуется неравномерностью внутри года, месяца, недели и суток; $T(ti)$ – продолжительность операций, производимых с входным потоком поездов; $R(ri)$ – ресурсы станции; $Y(yi)$ – отклики модели; $A(ai)$ – случайный компонент в технологии работы станции; $U(ui)$ – управляющее воздействие.

Имитационное моделирование станционных процессов дает возможность сравнить величины межоперационных простоев по вариантам: с применением регулировочного приема и без него [8].

На рис. 4 представлены графики, отображающие зависимость средних межоперационных простоев без применения приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» и с его использованием в зависимости от процента транзитных поездов.

Если диспетчерский прием «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к технической станции с учетом положения в ее парках» не используется, то простои, возникающие в результате ожидания выполнения операций, значительно выше, чем при применении данного воздействия.

При сравнении суммарных простоев в ожидании выполнения операций установлено, что наибольший эффект от применения приема достигается при 50 % грузовых поездов без переработки.

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

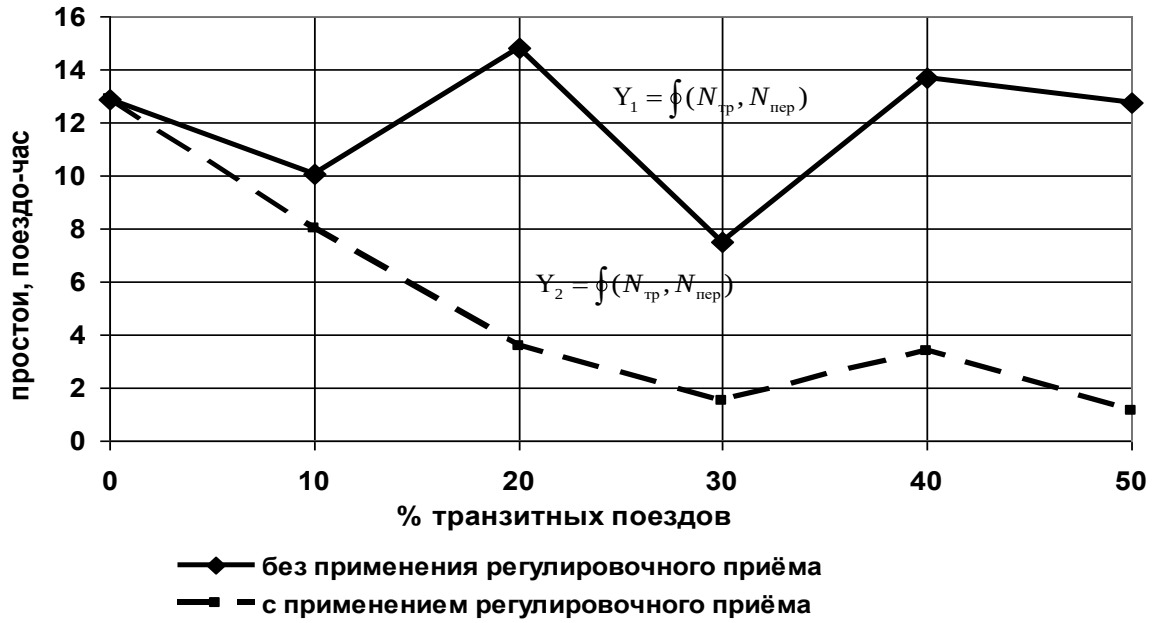


Рис. 4. Графики зависимости средних межоперационных простоев с применением и без применения приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» в зависимости от процента транзитных поездов

Также более выраженный эффект имеется при 20 % грузовых поездов без переработки.

В ходе исследований проведены эксперименты с моделью, проанализирована эффективность применения регулировочного приема в течение года ежесуточно. На рис. 5 представлены графики изменения суммарных и средних суммарных задержек в ожидании обслуживания в течение первого месяца без применения приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» и с его использованием (транзитных поездов 50 %).

Из рис. 5 видно, что межоперационные простои в течение месяца имеют значительные колебания, а средние суммарные задержки в ожидании обслуживания с применением диспетчерского приема (1,14 поездо-часа) ниже задержек без его применения (12,76 поездо-часа).

Графики занятия основных элементов транспортной системы (типичные сутки) без применения приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» и с его использованием приведены на рис. 6 (транзитных поездов 50 %).

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

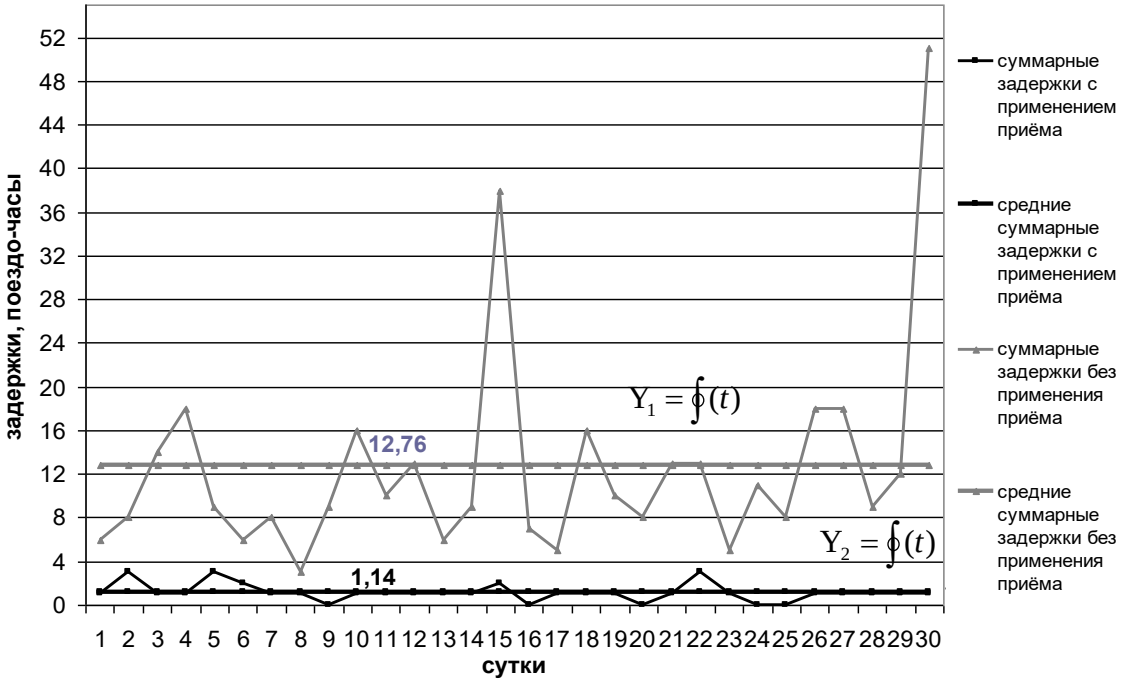
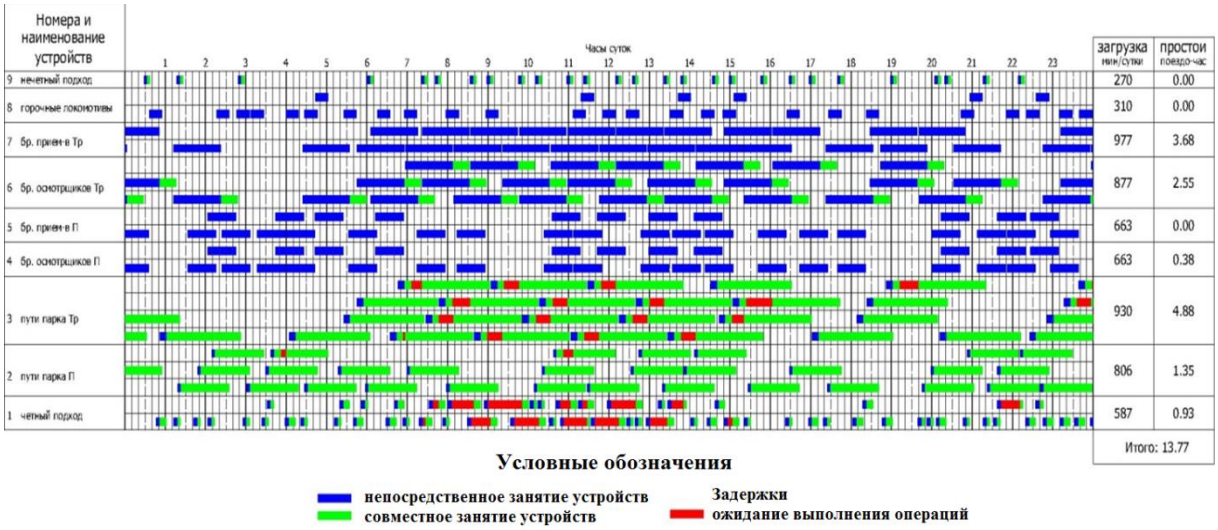


Рис. 5. Графики суммарных и средних суммарных задержек в ожидании обслуживания в течение первого месяца с применением приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» и без него (транзитных поездов 50 %)

Выполнены расчеты для определения возможной экономии эксплуатационных расходов в результате применения данного диспетчерского приема при электрической и тепловозной тяге [9–11].

а



Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

б

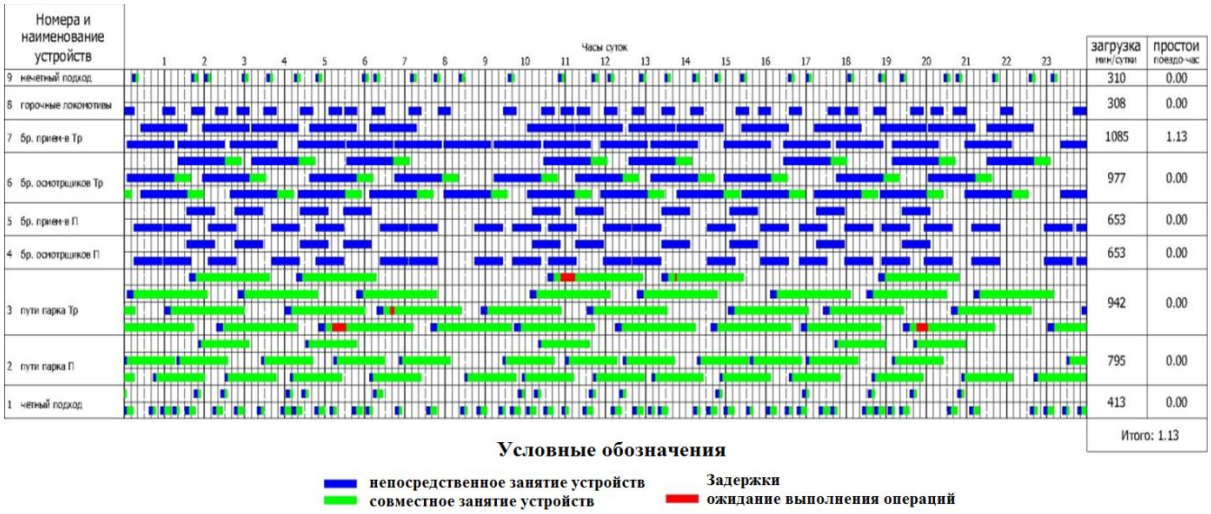


Рис. 6. График занятия основных элементов транспортной системы (типичные сутки) без применения приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к станции с учетом положения в ее парках» (а) и с ее применением (б) (транзитных поездов 50 %)

В качестве примера приведены результаты расчета экономии эксплуатационных расходов за счет чередования подвода грузовых поездов при соотношении 20 % транзитных поездов и 80 % – в переработку:

- 14,7 тыс. руб. в сутки при электрической тяге;
- 13,5 тыс. руб. в сутки при тепловозной тяге.

В ходе исследования установлено, что применение диспетчерского приема «регулирование (чередование) подвода транзитных и перерабатываемых поездов к сортировочной станции с учетом положения в ее парках» ведет к снижению межоперационных простоев, экономии эксплуатационных расходов и более равномерной загрузке устройств станции.

Заключение

Создание информационных технологий и алгоритмов реализации прогрессивных методов и приемов диспетчерского регулирования на технических станциях, механизмов поддержки принятия экономически обоснованных оперативных решений по их применению способствует повышению уровня организации движения поездов по графиковым расписаниям на железных дорогах страны [12–14].

Библиографический список

1. Грошев Г.М., Котенко А.Г., Сугоровский Ан. В., Магомедов М.М. Диспетчерское регулирование на сортировочной станции // Железнодорожный транспорт. –

References

1. Groshev GM, Kotenko AG, Suvorovskiy AnV, Magomedov MM. *Zheleznodorozhnyj transport*. 2016;2:47–54. (In Russ.)

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

2016. – № 2. – С. 47–54.

2. Бадецкий А.П., Бессолицын А.С. Метод выбора очередности ввода поездов в график движения после «окна» // Интеллектуальные системы на транспорте: сб. материалов IV МНПК «ИнтеллектТранс-2014». – СПб.: ПГУПС, 2013. – С. 372–377.

2. Badecky AP, Bessolicyn AS. Method for selecting the order of trains entering the schedule after the “break in train schedule”. *IntellektTrans-2014*. St. Petersburg; 2014. Pp. 372–377. (In Russ.)

3. Левин Д.Ю., Сухарьков Ю.С. Как повысить эффективность работы поездного диспетчера // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 11. – С. 8–14.

3. Levin DYu, Suhar'kov YuS. *ZHeleznodorozhnyj transport*. 2007;11:8–14. (In Russ.)

4. Barke S., Salka R., Kant M. Dispatching control at the marshalling yard // Signal und Draht. – 2005. – № 6. – С. 39–41.

4. Barke S, Salka R, Kant M. *Signal und Draht*. 2005;6:39–41.

5. Левин Д.Ю. Пути совершенствования работы сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 8. – С. 26–32.

5. Levin DYu. *Zheleznodorozhnyj transport*. 2015;8:26–32. (In Russ.)

6. Intelligent freight transportation / ed. P.A. Ioannou. CRC Press Publ., 2008. – 344 p.

6. Ioannou PA ed. Intelligent freight transportation. CRC Press Publ.; 2008. 344 p.

7. Campagna A. The Rail and Road Freight Transport in the Co-Modality Approach // Proc. Workshop on Multimodal Transport and ICT: Result and Recommendations: INTERREG IIIC Project Port-Net. – 2006. – P.78–86.

7. Campagna A. The Rail and Road Freight Transport in the Co-Modality Approach. *Proc. Workshop on Multimodal Transport and ICT: Result and Recommendations. INTERREG IIIC Project Port-Net*. 2006. Pp.78–86.

8. Бобров Ю.А., Лосева В.А. Моделирование работы транспортных систем: инструкция пользователя. – СПб.: Ленгипротранс, 2008. – 45 с.

8. Bobrov YuA, Loseva VA. Modeling of transport systems: user guide. St. Petersburg; 2008. 45 p. (In Russ.)

9. Ефанов А.Н., Коваленок Т.П., Зайцев А.А. Оценка экономической эффективности инвестиций и инноваций на железнодорожном транспорте: учеб. пособие. – СПБ.: ПГУПС, 2001. – 149 с.

9. Efanov AN, Kovalyonok TP, Zajcev AA. Assessment of economic efficiency of investments and innovations in railway transport. St. Petersburg; 2001. 149 p. (In Russ.)

10. Galvez-Fernandez C., Khadraoui D., Ayed H., Habbas Z., Alba E. Verteilte Ansatz zur Lösung zeitabhängige Probleme der multimodalen Verkehrsnetze // Fortschritte in

10. Galvez-Fernandez C, Khadraoui D, Ayed H, Habbas Z, Alba E. Verteilte Ansatz zur Lösung zeitabhängige Probleme der multimodalen Verkehrsnetze. *Fortschritte in Op-*

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Operations Res. – Hindawi Publ. Co., 2009 – 15 p.

erations Res. Hindawi Publ. Co.; 2009. 15 p.

11. Srisawat P., Kronprasert N., Arunotayanun K. Development of decision support system for evaluating spatial efficiency of regional transport logistics // Transp. Res. Proc. – 2017. – Vol. 25. – P. 4832–4851.

11. Srisawat P, Kronprasert N, Arunotayanun K. Development of decision support system for evaluating spatial efficiency of regional transport logistics. *Transp. Res. Proc.* 2017;25:4832-4851.

12. Brands T. Multimodal network design and assessment // 11th TRAIL Congress res., Nov. 2010. – P. 1–5.

12. Brands T. Multimodal network design and assessment. *11th TRAIL Congress res*. Nov. 2010. Pp. 1–5.

13. Гоголева А.В. Прогноз средней участковой скорости движения грузовых поездов на основе стохастического моделирования: дисс. … канд. техн. наук. – СПб., 2012.

13. Gogoleva AV. Forecast of the average speed of freight trains on the basis of stochastic modeling. St. Petersburg; 2012. 166 p. (In Russ.)

14. Батурин А.П., И.Н. Шапкин Интеллектуализация управления на станционном уровне // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 7. – С. 40–43.

14. Baturin AP, Shapkin IN. *Zheleznodorozhnyj transport*. 2012;7:40–43. (In Russ.)

Сведения об авторах:
Грошев Геннадий Максимович, доктор технических наук, профессор,
ORCID 0000-0002-7398-4413;
E-mail: spbgroshev@gmail.com

Котенко Алексей Геннадьевич, доктор технических наук, профессор,
ORCID 0000-0002-7061-0635;
E-mail: algenko@gmail.com

Сугоровский Артем Васильевич, кандидат технических наук, доцент
ORCID 0000-0001-6955-814X;
E-mail: c123945@yandex.ru

Сугоровский Антон Васильевич, кандидат технических наук,
ORCID 0000-0001-5930-1789;
E-mail: gthdsq555@yandex.ru

Information about authors:
Gennady M. Groshev, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
ORCID 0000-0002-7398-4413;
E-mail: spbgroshev@gmail.com

Aleksey G. Kotenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
ORCID 0000-0002-7061-0635;
E-mail: algenko@gmail.com

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Artyom V. Sugorovsky, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
ORCID 0000-0001-6955-814X;
E-mail: c123945@yandex.ru

Anton V. Sugorovsky, Candidate of Engineering Sciences,
ORCID 0000-0001-5930-1789;
E-mail: gthdsq555@yandex.ru

Цитировать:
Грошев Г.М., Котенко А.Г., Сугоровский А.В., Сугоровский Ан.В. Регулирование подвода транзитных и разборочных грузовых поездов к техническим станциям // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 94-104. DOI: 10.17816/transsyst2018041094-104.

To cite this article:
Groshev GM, Kotenko AG, Sugorovsky AV, Sugorovsky AnV. Regulation of the Supply of Transit and Deconstruction of Freight Trains to the Technical Stations. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):94-104. DOI: 10.17816/transsyst2018041094-104.

Received: 02.03.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 656.2
DOI 10.17816/transsyst2018041105-118

© А.В. Шкляев, Ю.С. Пасынкова, Е.С. Сиверцева, Н.В. Сакс
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСКОРЕННЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПОЕЗДОВ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПОРТА КАУЧУКА

Цель: Описать оптимизацию экспортной поставки синтетического каучука, производимого в России, при помощи сервиса ускоренных контейнерных поездов.

Методы: Проанализировано распределение объемов производства синтетического каучука между основными российскими производителями, предложен альтернативный вариант поставки продукции крупнейшего завода по производству данного сырья в другие страны. Для оценки экономической эффективности сравниваются варианты перевозки в ускоренных контейнерных поездах с наиболее часто используемым способом транспортировки каучука на предмет транспортных издержек.

Результаты: Выявлено, что при перевозке каучука в контейнерах в составе ускоренных контейнерных поездов значительно экономятся денежные средства на транспортировку.

Практическая значимость работы: Благодаря росту производства автомобилей и развитию контейнерных перевозок в мире снижается транспортная составляющая в конечной стоимости продукции, что увеличивает конкурентоспособность поставщиков на рынке производства данного сырья.

Ключевые слова: ускоренный контейнерный поезд, синтетический каучук, транспортировка, контейнер, перетаривание груза.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© A.V. Shklyaev, Yu.S. Pasynkova, E.S. Sivertseva, N.V. Saks
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

USE OF EXPRESS CONTAINER TRAIN AS OPTIMIZATION METHOD OF RUBBER EXPORT CARRIAGE

Aim: The article is devoted to the issue of optimizing the export carriage of synthetic rubber produced in Russian, using the service of express container trains.

Methods: The analysis of volumes distribution of synthetic rubber production between the main Russian producers was made and an alternative option was proposed for the delivery of the products of the largest plant for the production of this raw material to foreign countries. To assess the economic efficiency of the carriage variant by express container trains, a comparison was made with the most commonly used method of rubber transportation by transport costs.

Results: Based on the results of the calculations, it was found that when transporting rubber in containers as part of express container trains, significant savings in transportation costs arise.

Practical significance of the work: The relevance of the proposed variant is due to the growth of cars production and the development of container transportations in the world. As a result, the transport component is reduced in the final cost of production, which allows suppliers to be more competitive in the market for the production of this raw material.

Keywords: express container train, synthetic rubber, carriage, container, cargo transshipment.

Глобализация, начавшаяся в конце XX в., характеризуется усилением конкуренции, ускорением темпов иностранных инвестиций, увеличением объемов внутрифирменной торговли, созданием глобальных транснациональных компаний в ряде отраслей, в том числе в автомобилестроении [1].

В мире возрастает количество производимых автомобилей. За 2016 г. выпущено более 94 млн автотранспортных средств, что почти на 4 млн больше, чем в 2015 г. [2]. Увеличение производства автомобилей влечет за собой повышение спроса на каучук, который используется для изготовления шин [3]. Не всегда заводы по производству автомобилей и их комплектующих расположены близко к поставщикам сырья и материалов. В связи с этим возникает потребность в поставках данных материалов к местам

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

производства, выбора наиболее выгодного для производителя способа транспортировки сырья.

Анализ объемов производства каучука в мире

При изготовлении шин используется натуральный и синтетический каучук, большая часть производства которого сосредоточена в Азии [4]. На втором месте находятся Европа, Ближний Восток и Африка, на третьем – Северная и Южная Америка (табл. 1, 2) [5].

Таблица 1

Объем производства натурального каучука в мире

Регион	Объем производства в 2015 г., 10^6 кг	Объем производства в 2016 г., 10^6 кг
Азия и Океания	11 340	11 420
Европа, Ближний Восток, Африка	597	645
Северная и Южная Америка	334	336
Всего	12 231	12 401

Таблица 2

Объемы производства силиконового каучука в мире

Регион	Объем производства в 2015 г., 10^6 кг	Объем производства в 2016 г., 10^6 кг
Азия и Океания	7508	7666
Европа, Ближний Восток, Африка	3914	4130
Северная и Южная Америка	3085	3036
Всего	14 507	14 831

Мировой объем производства натурального каучука в 2016 г. составил $12{,}4 \cdot 10^9$ кг, синтетического каучука – $14{,}8 \cdot 10^9$ кг.

Россия, производя 8,5 % ($1{,}3 \cdot 10^9$ кг в год) продукции от мирового объема, является крупным производителем синтетического каучука. Крупнейшие отечественные предприятия по производству синтетического каучука представлены на рис. 1 [6].

Крупнейшим производителем каучука в России является ПАО «Нижнекамскнефтехим» («НКНХ»). Компания входит в топ-10 мировых производителей синтетического каучука.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

В 2016 г. более 88 % продаж компании в сегменте синтетического каучука пришлось на зарубежные рынки. 75 % было реализовано крупным потребителям за рубежом и в Российской Федерации.

Объем экспорта Компании в 2016 г. представлен на рис. 2 [7].

Из диаграммы на рис. 2 видно, что компания бóльшую часть продукции экспортирует в Азию, Европу и Северную Америку. Данные регионы находятся на большом расстоянии от завода-производителя. Более того, доставка продукции в некоторые регионы возможна только морем.

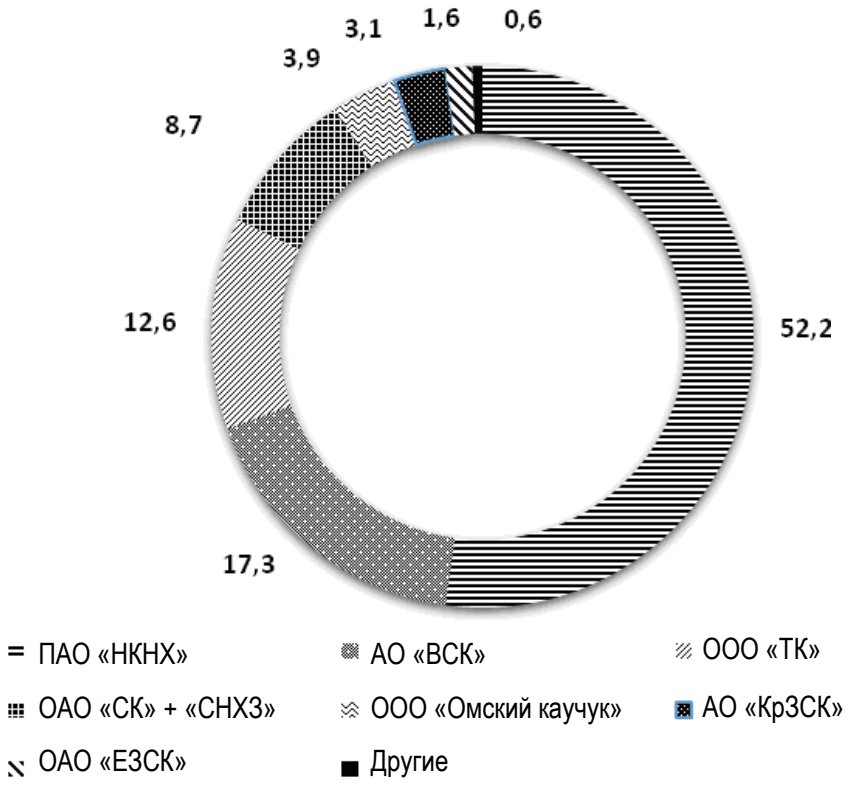


Рис. 1. Распределение объемов производства каучука в России в 2016 г., %

Анализ проблем транспортировки каучука в рамках экспорта

Город Нижнекамск, в котором находится один из ведущих заводов по производству каучука, сильно удален от портов России (рис. 3). Например, расстояние до порта «Санкт-Петербург» составляет около 2000 км, до Дальневосточных портов – 8000 км. Еще одна проблема – большой объем поставляемой продукции. В связи с этим перевозка автомобильным транспортом нецелесообразна. При таких дальних расстояниях и большом объеме более выгодной будет перевозка железнодорожным транспортом.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 2. Доля экспорта ПАО «НКНХ» по странам назначения, %

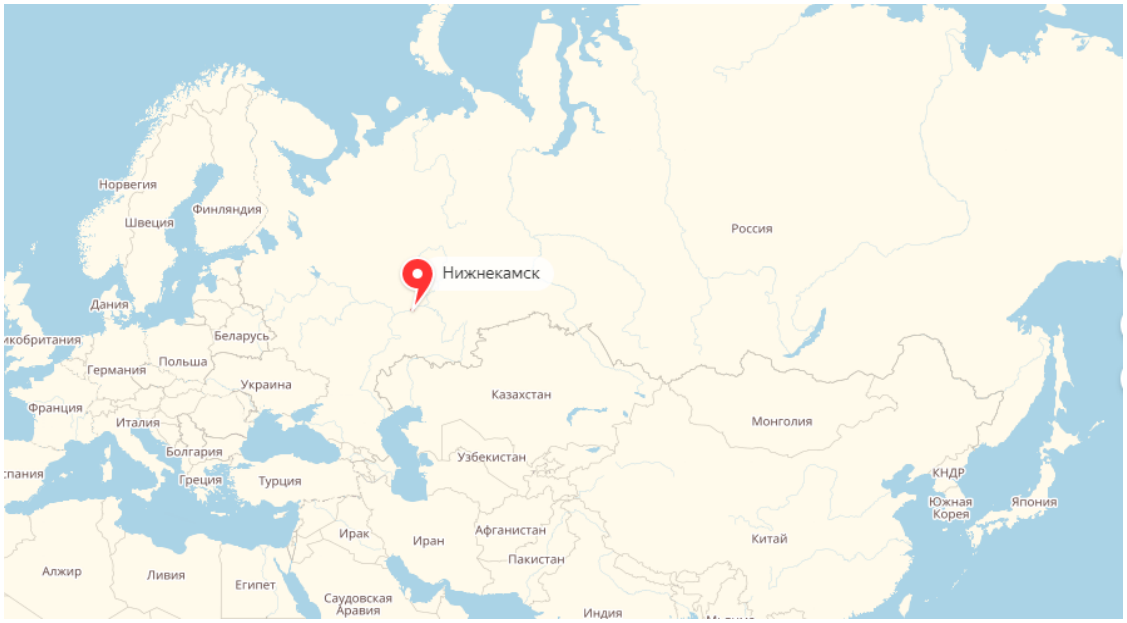


Рис. 3. Расположение города, где находится завод – производитель каучука

Как правило, каучук перевозят в крытых вагонах. Для доставки в Северную Америку и Азию возникает необходимость перетаривания груза из крытого вагона в контейнер для дальнейшей отправки морским транспортом [8]. Так как объем поставляемой партии большой, данная процедура повышает транспортные издержки и отнимает много времени, что увеличивает сроки доставки.

При поставке продукции в Европу есть возможность сухопутной перевозки. Но даже в этом случае нет нельзя избежать перетаривания груза. Это связано с разной шириной колеи: 1,520 м в России, 1,435 м в Европе.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Проблемы, возникающие при перевозке грузов в крытых вагонах, можно решить организацией отправки продукции по железной дороге в морских контейнерах. Это значительно снизит транспортные издержки и время доставки, так как не будет необходимости перетаривать груз из одного транспортного средства в другое. Данное мероприятие позволит повысить эффективность грузовых перевозок [9]. Для еще большего снижения времени доставки и транспортных издержек данную перевозку можно организовать в рамках сервиса ускоренного контейнерного поезда.

Контейнерный поезд формируется и состоит из вагонов, загруженных контейнерами, и следует без переформирования до станции назначения.

Преимущества ускоренных контейнерных поездов:

- возможность перевозки больших объемов грузов единовременно. Один ускоренный контейнерный поезд перевозит до 150 TEU;
- сокращение сроков доставки;
- отсутствие сортировки контейнеров на технических станциях;
- фиксированное транзитное время в пути;
- возможность организации доставки тяжелых контейнеров (загрузка до грузоподъемности контейнеров).

Основные недостатки перевозки в составе ускоренных контейнерных поездов:

- сгущенное прибытие на станцию назначения. Сложность организации единовременного вывоза со станции автомобильным транспортом;
- нехватка порожних контейнеров в регионах погрузки.

Варианты решения поставленных задач

Доставка каучука в Европу, Америку и Азию возможна только при организации смешанной перевозки, что предполагает использование нескольких видов транспорта.

Приведем возможные варианты доставки продукции до склада клиента на условиях «Door to door» с использованием сервиса ускоренных контейнерных поездов (табл. 3).

Результаты исследования

Одним из факторов повышения эффективности грузовых перевозок является тарифообразование, в основе формирования которого лежит себестоимость перевозок [10, 11]. Для сравнения вариантов перевозки каучука в крытых вагонах и в составе ускоренного контейнерного поезда рассчитаны транспортные издержки, приходящиеся на одну тонну груза [12].

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Таблица 3

Варианты доставки каучука с использованием сервиса ускоренных контейнерных поездов

Маршрут	Используемый транспорт	Транзитное время перевозки в составе ускоренного контейнерного поезда, сут	Технология перевозки
Экспорт в Европу			
DOOR завод ПАО «НКНХ» ↓ ст. Нижнекамск (эксп.) ↓ ст. Автово (эксп.) ↓ порт «Санкт-Петербург» ↓ порт Европы ↓ DOOR склад клиента в Европе	Автомобильный Железнодорожный Морской	3	1. Забор порожнего контейнера из стока линии; 2. Подача контейнера под погрузку на завод ПАО «НКНХ»; 3. Доставка контейнера с грузом на ст. Нижнекамск; 4. Перевозка в составе УКП ст. Нижнекамск – ст. Автово (эксп.); 5. Подача контейнера на пути необщего пользования одного из терминалов в порту и постановка в терминал; 6. Погрузка контейнера на судно; 7. Перевозка морским транспортом до порта Европы; 8. Постановка контейнера в терминал в порту; 9. Постановка контейнера на машину и доставка автомобильным транспортом до склада клиента
DOOR завод ПАО «НКНХ» ↓ ст. Нижнекамск (эксп.) ↓ ст. пограничного перехода РФ – Европа ↓ DOOR склад клиента в Европе	Автомобильный Железнодорожный	3 (до пограничного перехода)	1. Забор порожнего контейнера из стока линии; 2. Подача контейнера под погрузку на завод ПАО «НКНХ»; 3. Доставка контейнера с грузом на ст. Нижнекамск; 4. Перевозка в составе УКП ст. Нижнекамск – ст. пограничного перехода; 5. Перегрузка на автотранспорт и доставка до склада клиента или перегрузка на вагон узкой колеи, перевозка до станции Европы и доставка до склада клиента автотранспортом

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Экспорт в Америку			
DOOR завод ПАО «НКНХ» ↓ ст. Нижнекамск (эксп.) ↓ ст. Владивосток (эксп.) / ст. Мыс Чуркин (эксп.) / ст. Находка – Восточная (эксп.) ↓ ВМТП ВМРП Порт Восточный ↓ DOOR склад клиента в Америке	Автомобильный Железнодорожный Морской	12	1. Забор порожнего контейнера из стока линии; 2. Подача контейнера под погрузку на завод ПАО «НКНХ»; 3. Доставка контейнера с грузом на ст. Нижнекамск; 4. Перевозка в составе УКП ст. Нижнекамск – ст. Владивосток (эксп.) / ст. Мыс Чуркин (эксп.) / ст. Находка – Восточная (эксп.); 5. Подача контейнера на пути необщего пользования одного из терминалов в порту и постановка в терминал; 6. Погрузка контейнера на судно; 7. Перевозка морским транспортом до порта Америки; 8. Постановка контейнера в терминал в порту; 9. Постановка контейнера на машину и доставка автомобильным транспортом до склада клиента
Экспорт в Азию			
DOOR завод ПАО «НКНХ» ↓ ст. Нижнекамск (эксп.) ↓ ст. Владивосток (эксп.) / ст. Мыс Чуркин (эксп.) / ст. Находка – Восточная (эксп.) ↓ ВМТП ВМРП Порт Восточный ↓ DOOR склад клиента в Азии	Автомобильный Железнодорожный Морской	12	1. Забор порожнего контейнера из стока линии; 2. Подача контейнера под погрузку на завод ПАО «НКНХ»; 3. Доставка контейнера с грузом на ст. Нижнекамск; 4. Перевозка в составе УКП ст. Нижнекамск – ст. Владивосток (эксп.) / ст. Мыс Чуркин (эксп.) / ст. Находка – Восточная (эксп.); 5. Подача контейнера на пути необщего пользования терминала в порту и постановка в терминал; 6. Погрузка контейнера на судно; 7. Перевозка морским транспортом до порта Азии; 8. Постановка контейнера в терминал в порту; 9. Постановка контейнера на машину и доставка автомобильным транспортом до склада клиента

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

DOOR завод ПАО «НКНХ» ↓ ст. Нижнекамск (эксп.) ↓ ст. пограничного перехода РФ – Китай ↓ ж.-д. станции, примыкающие к портам Китая ↓ Порты Китая ↓ Порты Азии ↓ DOOR склад клиента в Азии	Автомобильный Железнодорожный Морской	16–22	1. Забор порожнего контейнера из стока линии; 2. Подача контейнера под погрузку на завод ПАО «НКНХ»; 3. Доставка контейнера с грузом на ст. Нижнекамск; 4. Перевозка в составе УКП ст. Нижнекамск – ст. пограничного перехода РФ – Китай; 5. Перегрузка контейнеров на вагоны узкой колеи; 6. Перевозка в составе УКП ст. пограничного перехода РФ – Китай – станции, примыкающие к портам Китая; 7. Подача контейнера в терминал в порту; 8. Погрузка контейнера на судно; 9. Перевозка морским транспортом до порта Азии; 10. Постановка контейнера в терминал в порту; 11. Постановка контейнера на машину и доставка автомобильным транспортом до склада клиента

Для расчетов была выбрана самая распространенная на данный момент транспортная тара для перевозки каучука – гофрированная коробка на палете. При перевозке в крытых вагонах использован вагон модели 11-280 объемом 138 м^3, в составе контейнерного поезда – морской контейнер 40DC [13].

Все данные о грузе, вагоне и контейнере, необходимые для расчета, приведены в табл. 4, 5.

Расчетом количества груза в вагоне и контейнере выбрано оптимальное количество палет в транспортном средстве исходя из схемы укладки и грузоподъемности [14].

Авторы рассчитали стоимость перевозки по маршруту DOOR завод ПАО «НКНХ» – ст. Автово (эксп.) при отправке в крытых вагонах и в контейнерах в составе ускоренного контейнерного поезда для дальнейшей отправки в Европу (табл. 6, 7). Так как стоимость перевозки морским транспортом, а следовательно, и дальнейшая доставка автомобильным или железнодорожным транспортом груза в контейнерах по Европе будет одинакова, сравнивали по стоимости перевозки автомобильным транспортом [15] от завода ПАО «НКНХ» до станции отправления (станция Ниж-

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

некамск) и по стоимости железнодорожной перевозки по маршруту станция Нижнекамск – станция Автово (эксп.).

Таблица 4

Определение количества груза в крытом вагоне

Крытый вагон 138 м^3		
Показатель	Единицы измерения	Значения
Размеры коробки	мм	1200 × 800 × 1200
Размеры паллеты	мм	1200 × 800 × 145
Плотность груза	кг/м^3	950 000
Масса груза	кг	1095
Масса груза с паллетой	кг	1107
Внутренние размеры кузова вагона	мм	15 724 × 2764 × 2800
Размеры дверей вагона	мм	3802 × 2334
Грузоподъемность вагона	кг	68
Количество паллет по грузоподъемности вагона	шт.	61
Количество палет по раскладке груза в вагоне	шт.	66
Масса нетто груза без упаковки в одном вагоне	кг	66 795
Масса брутто груза с упаковкой в одном вагоне	кг	67 527

Таблица 5

Определение количества груза в контейнере и на вагоне

Контейнер 40DC на платформе длиной 25 м		
Показатель	Единицы измерения	Значения
Размеры коробки	мм	1200 × 800 × 1200
Размеры паллеты	мм	1200 × 800 × 145
Плотность груза	кг/м^3	950 000
Масса груза	кг	1095
Масса груза с палетой	кг	1,107
Внутренние размеры контейнера	мм	12 022 × 2352 × 2395
Грузоподъемность контейнера	кг	26 580
Количество палет по грузоподъемности контейнера	шт.	24
Количество палет по раскладке груза в контейнере	шт.	25
Масса нетто груза без упаковки в одном контейнере	кг	26 280
Масса брутто груза с упаковкой в одном контейнере	кг	26 568
Масса нетто груза без упаковки на одном вагоне	кг	52 560
Масса брутто груза с упаковкой на одном вагоне	кг	53 136

Таблица 6

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Расчет транспортных издержек на 1 т груза при маршрутной отправке в крытых вагонах 138 м^3, руб.

Показатель	Значение
Подача машина на завод «НКНХ» и автодоставка от завода до ст. Нижнекамск (3 рейса)	20 000
Погрузочно-разгрузочные работы при перегрузке груза из машины в крытый вагон	26 000
Крепежные материалы	6000
Запорно-пломбировочные устройства (2 шт.)	600
Дополнительные расходы (схема погрузки, взвешивание, оформление документов)	1300
Предоставление крытого вагона на маршрут	40 000
Железнодорожный тариф ст. Нижнекамск – ст. Автово (эксп.)	94 932
Перегрузка груза из крытого вагона в контейнер собственности морских линий	26 000
Итого за перевозку груза в крытом вагоне	**214 832**
Итого за перевозку 1 т груза	**3181,42**

Таблица 7

Расчет транспортных издержек на 1т груза при отправке в составе ускоренного контейнерного поезда, руб.

Показатель	Значение
Предоставление двух контейнеров 40' собственности морской линии	12 000
Забор двух порожних контейнеров из стока линии, подача контейнеров под погрузку на завод «НКНХ», автодоставка от завода до ст. Нижнекамск	22 000
Запорно-пломбировочные устройства на два контейнера	600
Дополнительные расходы (схема погрузки, взвешивание, оформление документов)	1300
Предоставление платформы 80' на маршрут	20 000
Железнодорожный тариф ст. Нижнекамск – ст. Автово (эксп.)	48 014
Итого за перевозку груза в двух контейнерах 40DC на платформе длиной 25 м	**103 914**
Итого за перевозку 1 т груза	**1977,05**

Обсуждение результатов

При отправке каучука из Нижнекамска в Европу в рамках сервиса ускоренного контейнерного поезда транспортные издержки на 1000 кг груза снижаются более чем на 1200 руб.

Исходя из условия, что в одном контейнерном поезде можно перевозить до 74 контейнеров типоразмера 40DC, экономия составит более 2,3 млн руб. по сравнению с перевозкой каучука в крытых вагонах.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Заключение

Развитие ускоренных контейнерных поездов позволяет существенно сократить долю транспортных издержек в конечной стоимости продукции, повысить сохранность груза при транспортировке, сократить время доставки продукции и, следовательно, повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Библиографический список

1. Казанская Л.Ф., Палкина Е.С. Императивы инновационного развития транспортной системы в условиях глобализации // Экономика железных дорог. – 2016. – № 12. – С. 52–58.

2. Международная организация производителей автомобилей. – Режим доступа: http://www.oica.net (дата обращения 23.10.2017).

3. Шишов Ю.В. Оценка динамики и структуры рынка производства шин // Бизнес в законе. – 2008. – № 3. – С. 300–302.

4. Аксенов В.И. Производство синтетических каучуков в 2015 году в России. Краткие итоги // Рынок полимерных материалов и изделий. – 2015. – № 2. – С. 3–9.

5. International Rubber Study Group. – Режим доступа: http://www.rubberstudy.com (дата обращения 22.10.2017).

6. ЕМИСС. Государственная статистика. – Режим доступа: https://www.fedstat.ru (дата обращения 22.10.2017).

7. ПАО «Нижнекамскнефтехим». – Режим доступа: https://www.nknh.ru (дата обращения 23.10.2017).

8. Маликов О.Б. Оптимизация расположения контейнеров на приграничных терминалах // Изв. ПГУПС. – 2013. – Вып. 2. – С. 54–59.

9. Наумов Б.А. Ускоренные контейнерные поезда – инновация железнодорожного

References

1. Kazanskaya LF, Palkina ES. *Ekonomika Zheleznyh Dorog*. 2016;12:52–58. (In Russ.)

2. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. Available from: http://www.oica.net [cited 2017 Oct 23]. (In Russ.)

3. Shishov YuV. *Biznes v Zakone*. 2008;3:300–302. (In Russ.)

4. Aksenov VI. *Rynok Polimernyh Materialov I Izdelij*. 2015;2:3–9. (In Russ.)

5. International Rubber Study Group. Available from: http://www.rubberstudy.com [cited 2017 Oct 22].

6. EMISS. State statistics. Available from: https://www.fedstat.ru [cited 2017 Oct 22]. (In Russ.)

7. PJSC Nizhnekamskneftekhim. Available from: https://www.nknh.ru [cited 2017 Oct 23]. (In Russ.)

8. Malikov OB. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya*. 2013;2:54–59. (In Russ.)

9. Naumov BA. *Uspekhi Sovremennoj Nauki*. 2016;7:19–21. (In Russ.)

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

транспорта // Успехи современной науки. – 2016. – № 7. – С. 19–21.

10. Казанская Л.Ф. Тарифное регулирование как фактор повышения конкурентоспособности грузовых железнодорожных перевозок // Бюл. результатов научных исследований. – 2013. – № 4 (9). – С. 85–93.

10. Kazanskaya LF. *Byulleten' rezul'tatov nauchnyh issledovanij*. 2013;4(9):85–93. (In Russ.)

11. Егоров Ю.В. Оптимизация ценообразования услуг железнодорожной инфраструктуры при перевозках грузов в России // Развитие экономической науки на транспорте: проблема оптимизации бизнеса: сб. трудов V междунар. конф. – М.: Международный центр научно-исследовательских проектов, 2016. – С. 153–160.

11. Egorov YuV. Optimization of railway pricing of infrastructure services for the transport of goods in Russia. (5th Int. Conf.) Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: problema optimizatsii biznesa. St. Petersburg; 2016. Pp. 153–160. (In Russ.)

12. Нандинцэцэг Б. Особенности определения затрат грузовладельцев при перевозках грузов в контейнерах // Транспортное дело России. – 2016. – № 6. – С. 109–110.

12. Nandincehcehg B. *Transportnoe Delo Rossii*. 2016;6:109–110. (In Russ.)

13. Казанская Л.Ф., Богомолова А.В. Повышение эффективности грузовых перевозок на фоне роста конкуренции // Экономика железных дорог. – 2013. – № 1. – С. 12–21.

13. Kazanskaya LF, Bogomolova AV. *Ekonomika Zheleznyh Dorog*. 2013;1:12–21. (In Russ.)

14. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. – М.: Юртранс, 2003. – 544 с.

14. Technical conditions for locating and securing cargo in wagons and containers. Moscow; 2003. 544 p. (In Russ.)

15. Омельченко Т.А. Модель процесса взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортных узлах // Вестн. ХНАДУ. – 2016. – № 72. – С. 53–59.

15. Omelchenko TA. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*. 2016;72:53–59. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Шкляев Антон Валерьевич, студент,
eLibrary SPIN: 8984-5096; ORCID 0000-0003-1836-143X;
E-mail: Antonshklyaev28@gmail.com

Пасынкова Юлия Сергеевна, студент,
eLibrary SPIN: 8305-8780; ORCID 0000-0003-0458-160X;
E-mail: Yuliapasynkova14@gmail.com

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Сиверцева Елена Сергеевна,
eLibrary SPIN: 2917-1809; ORCID 0000-0002-2087-0260;
E-mail: yalifa@inbox.ru

Сакс Надежда Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 4539-1545; ORCID 0000-0002-9723-684X;
E-mail: sax-nad@yandex.ru

Information about authors:
Anton V. Shklyaev, Student,
eLibrary SPIN: 8984-5096; ORCID 0000-0003-1836-143X;
E-mail: Antonoshklyev28@gmail.com

Yuliya S. Pasynkova, Student,
eLibrary SPIN: 5-8780; ORCID 0000-0003-0458-160X;
E-mail: Yuliapasynkova14@gmail.com

Yelena S. Sivertseva,
eLibrary SPIN: 2917-1809; ORCID 0000-0002-2087-0260;
E-mail: silven@mail.ru

Nadezhda V. Saks, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 4539-1545; ORCID 0000-0002-9723-684X;
E-mail: sax-nad@yandex.ru

Цитировать:
Шкляев А.В., Пасынкова Ю.С., Сиверцева Е.С., Сакс Н.В. Использование ускоренных контейнерных поездов как способ оптимизации экспорта каучука // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 105-118. DOI 10.17816/transsyst2018041105-118.

To cite this article:
Shklyaev AV, Pasynkova YuS, Sivertseva ES, Saks NV. Use of Express Container Train as Optimization Method of Rubber Export Carriage. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):105-118. DOI 10.17816/transsyst2018041105-118.

Received: 13.12.2018. Accepted: 21.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 621.331
DOI 10.17816/transsyst2018041119-137

© В.С. Горбунова, Е.Ю. Пузина
Иркутский национальный исследовательский технический университет

Иркутск, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЯХ РОССИИ

Цель: Представить обзор зарубежных и российских систем энергетического менеджмента и предложить мероприятия, направленные на повышение качества реализации систем энергетического менеджмента в российских промышленных компаниях.

Методы: Использовались описание исследуемых направлений энергосбережения и систем энергетического менеджмента, анализ качественных характеристик применяемых систем энергетического менеджмента, структурно-функциональный метод для разработки общей структуры и этапов функционирования систем энергетического менеджмента.

Результаты: В ходе исследования выявлена необходимость объединить частные направления энергосбережения российских промышленных компаний в систему энергетического менеджмента, которая является одной из подсистем общей системы управления предприятием, соединяющей стратегические цели компании, энергетический аудит, подготовку персонала по вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности, систему учета энергоресурсов, формирование, реализацию и мониторинг программы энергосбережения, а также автоматизацию деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Выводы: Реализация предложенных мер позволит сформировать условия для перехода к широкому внедрению системы энергетического менеджмента, способствующего реализации государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Ключевые слова: система энергетического менеджмента, повышение энергоэффективности, разработка энергетической политики.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

© V.S. Gorbunova, E.U. Puzina
Irkutsk National Research Technical University

Irkutsk, Russia

EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN RUSSIAN INDUSTRIAL COMPANIES

Aim: The purpose of the study is to present an overview of national and international energy management systems and suggest activities to enhance the quality of the realisation of the energy management systems in Russian industrial companies.

Methods: The authors have used the description of the energy saving and energy management systems directions under research, the analysis of the qualitative properties of the energy management systems in use, structural and functional method for the development of the general structure and stages of functioning of the energy management systems.

Results: During the research, the authors have revealed the necessity to unify separate directions of the energy saving policies of Russia's industrial companies into the energy management system that is a subsystem of the overall enterprise management, combining the company's strategic goals, energy auditing, training personnel in energy saving and energy efficiency enhancement, energy resources recording system, the formation, realisation and monitoring of the energy saving programme, and automation of the energy saving and energy efficiency enhancement activities.

Conclusion: The realisation of the suggested measures will enable forming the conditions for the transition to a large-scale implementation of the energy management system, that fosters the realisation of the state policy in energy saving and energy efficiency enhancement.

Keywords: energy management system, increasing energy efficiency, development of the energy policy.

В современной теории и практике управления промышленными предприятиями много внимания уделяется проблемам повышения энергоэффективности. Активно разрабатываются и реализаются проекты повышения энергоэффективности [1]. В России внедрение таких проектов является одним из основных направлений развития промышленных предприятий.

В связи с мировыми глобальными и локальными экономическими кризисами повысилась актуальность энергосбережения и совершенствования системы международной стандартизации в области энергоменеджмента, основными задачами которой являются регламентирование и раскрытие содержания принципов построения энергоэффективных процессов управления деятельностью промышленных предприятий и выработка рациональной политики предприятий в области энергетического менеджмента.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Управление энергоэффективностью на предприятии включает в себя ряд функций, выполнение которых дает полную информацию об основных потребителях топлива и энергии, об энергоэффективности производственных процессов, о резервах снижения энергопотребления, что, собственно, и представляет собой систему энергетического менеджмента (СЭнМ).

Активное развитие технологий энергетического менеджмента нередко связано с возникновением экономических кризисов, в ходе которых особенно остро проявляются проблемы конкурентоспособности в области производства, распределения или потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) [2]. Одним из наиболее значимых факторов, обусловивших переход к современному этапу развития системных подходов к энергосбережению, стал энергетический кризис 1970-х годов, спровоцировавший рост цен на энергоносители и естественным образом увеличивший темпы инфляции [3]. Среди наиболее серьезных последствий этого кризиса – массовое распространение энергосберегающих технологий, которые служат важным инструментом повышения конкурентоспособности продукции промышленных предприятий.

Так, к концу 1970-х годов правительства некоторых развитых стран (Германии, США, Японии) начали внедрять правовые механизмы стимулирования энергосбережения на национальном уровне, способствуя возникновению отдельных направлений в области управления потребления ТЭР. Тогда же были сформированы первые концепции управления энергоэффективностью в сопряжении с экологическими проблемами регионов мира, где сконцентрировано промышленное производство [4].

Таким образом, обращение крупных промышленных компаний к идее энергетического менеджмента связано с острой потребностью экономии ресурсов, сокращения косвенных затрат на производство и уровня загрязнения окружающей среды.

Реализация отдельных направлений в области энергосбережения со временем приобрела в большинстве промышленно развитых стран системный характер, что привело к разработке международного стандарта в области энергоменеджмента [5]. Системное представление об энергоменеджменте предполагает его взаимосвязь с другими видами менеджмента: с управлением производственными процессами, производственной логистикой, экологическим менеджментом и человеческими ресурсами [6]. Таким образом, современный энергоменеджмент является продолжением более ранней концепции энергосбережения.

Проблемы внедрения СЭнМ на российских промышленных предприятиях связаны с особенностями современного социально-экономического развития, характеризующегося формированием частной собственности в промышленном секторе и переходом на децентрализованное планирование. Некоторые авторы полагают, что возникший энергетический кризис отрицательно повлиял на формирование внутренних подходов к энергосбе-

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

режению, открыв экспортные каналы для местных энергоносителей [3]. Ряд исследователей отмечает, что актуализация проблем энергосбережения в России связана с переходом к рыночной экономике в начале 1990-х годов: цены на энергоресурсы в децентрализованной системе промышленного производства по естественным причинам возросли в среднем на 15–20 процентных пункта (п.п.) при сохранении общего уровня энергоемкости промышленной продукции [3].

Особенности развития российской энергетической инфраструктуры определили также и инвестиционную политику. Так, в 1990-е годы объем финансирования энергетики существенно сократился, несмотря на значительное физическое и моральное старение оборудования на предприятиях данной отрасли. Это коснулось также информационно-технического и мониторингового обеспечения для анализа текущего и перспективного состояния элементов энергоструктуры. Вследствие этого отдельные производители на рынке работают с низкой эффективностью, а их тарифы в международном сравнении неконкурентоспособны.

Одним из наиболее значимых факторов, способствующих развитию и внедрению СЭнМ в современной России, стало вступление в ВТО, еще раз подчеркнувшее низкую конкурентоспособность национальных товаров на международных рынках ввиду низкой энергоэффективности промышленного производства. Присоединению России к ВТО предшествовал ряд федеральных законодательных актов, отражающих государственную позицию в области улучшения энергетических и экологических аспектов Российской экономики [7]. В настоящее время действует Федеральная программа по энергосбережению до 2020 г., призванная по сути снизить энергоемкость ВВП России на 13,5 %.

В целом с помощью внедрения СЭнМ реализуется системный подход к управлению ТЭР. Однако для большинства промышленных компаний в России внедрение СЭнМ в основном связано с требованиями законодательства Российской Федерации, и в меньшей степени – с действительным намерением за счет ее внедрения повысить энергетическую эффективность. Это объясняется не только малым опытом реализации данной системы, но и отсутствием методик оценки результативности внедрения СЭнМ в организации.

Постановка задачи

К наиболее серьезным проблемам реализации систем энергетического менеджмента в России относятся недостаточное понимание руководством промышленных компаний актуальности разработки энергетической политики, границ ответственности в области ее реализации и нечеткое документационное обеспечение ее внедрения. Эти противоречия приводят к

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

низкой эффективности организации систем энергоменеджмента на промышленных предприятиях.

Таким образом, в процессе применения систем энергетического менеджмента на российских предприятиях предстоит решить актуальную задачу – разработать эффективную энергетическую политику.

В настоящее время крупные промышленные компании России внедряют системы энергетического менеджмента на основе требований международного стандарта ISO 50001:2011 (ГОСТ Р ИСО 50001-2012): ОАО «НК ”Роснефть“», ОАО «АК ”Транснефть“», ПАО «Сибур Холдинг», ОАО «Сургутнефтегаз», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Российские сети», ПАО «ИНТЕР РАО», Госкорпорация «Росатом», ОАО «РЖД», ГК «Газпром нефть» и другие.

Указанный стандарт [8] устанавливает требования к СЭнМ по разработке и реализации энергетической политики, к постановке целей, задач и плана действий, в которых учитываются правовые требования и информация, относящаяся к значительному использованию энергии.

Цель стандарта ISO 50001 – предоставить предприятиям структурированное всеобъемлющее руководство по оптимизации потребления энергетических ресурсов и по системному управлению данным процессом для непрерывного улучшения энергоэффективности.

На рис. 1 представлена модель системы энергетического менеджмента в соответствии с требованиями стандарта ISO 50001, который основывается на цикле: планируй (планирование) – делай (внедрение и эксплуатация) – проверяй (проверка) – действуй (внутренний аудит, анализ со стороны руководства и постоянное улучшение). Как видно из рис. 1, энергетическая политика является отправной точкой и в последующем основой любой СЭнМ. Стандарт ISO 50001 определяет энергетическую политику как общие намерения и направление деятельности организации в отношении ее энергетической результативности, которые официально заявлены высшим руководством. Энергетическая политика определяет рамки действий и служит основой для установления энергетических целей и задач [9].

Внедрение энергоменеджмента направлено:

- на энергообеспечение;
- измерения, документальное обоснование и отчетность по использованию энергии;
- закупочную деятельность;
- разработку методов оценки эффективности использования энергии оборудованием, системами и процессами.

Для изучения лучшей практики и эффективного внедрения энергетического менеджмента в соответствии с положениями стандарта ISO 50001 Минэнерго России при участии ФГБУ «Российское энергетическое

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

агентство» в 2015 г. провело мониторинг управления энергоэффективностью и внедрения в российских промышленных компаниях СЭнМ [10].

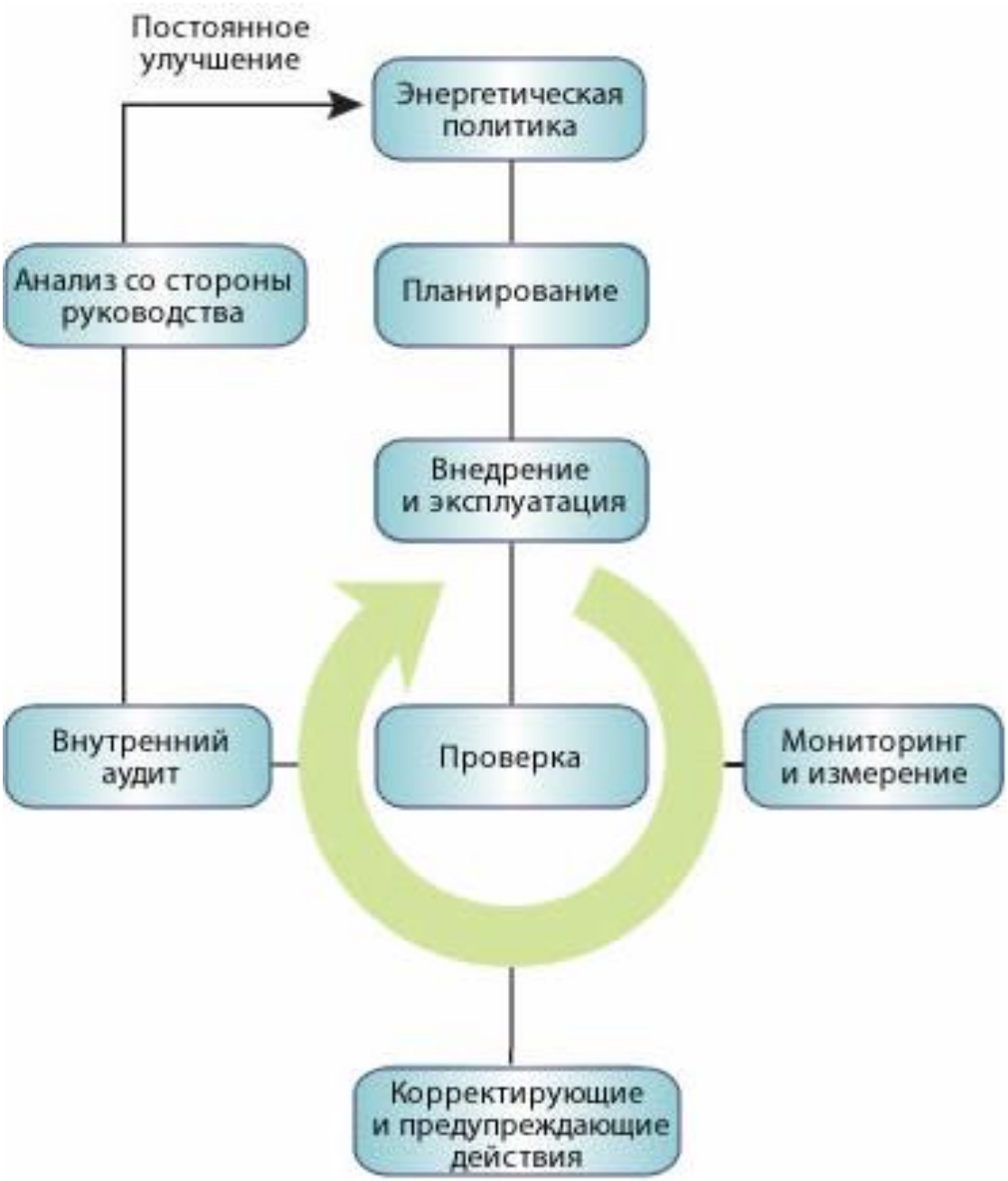


Рис. 1. Модель системы энергетического менеджмента

Объектами исследования стали более 80 крупных промышленных компаний России, работающих в сфере энергетики, нефтяной, газовой, угольной, металлургической, добывающей, химической и нефтехимической промышленности, транспорта и связи.

Информация о доле компаний (из числа опрошенных), внедривших энергетический менеджмент, приведена на рис. 2.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

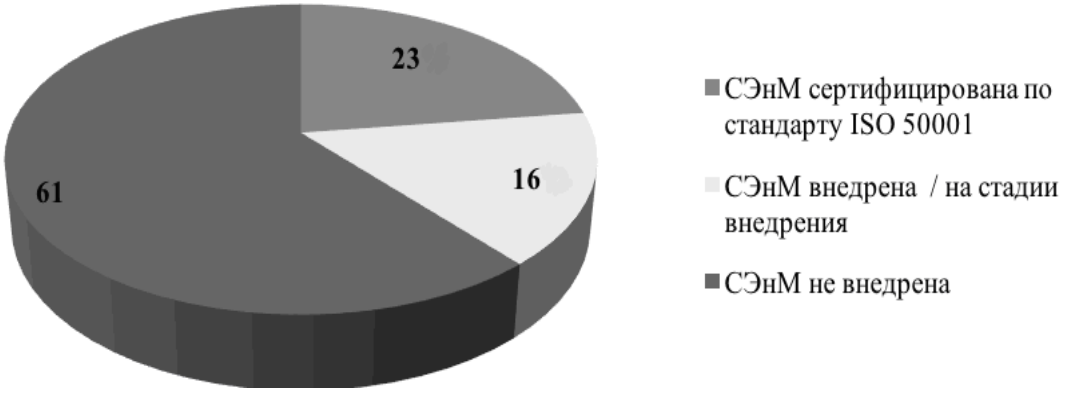


Рис. 2. Доля компаний из числа опрошенных,
внедривших систему энергетического менеджмента, %

Как видим, систему энергетического менеджмента внедрили 23 % опрошенных компаний. Большинство из них – крупные предприятия энергетической, нефтяной, газовой и угольной промышленности, что отчасти может быть обусловлено высоким вниманием Минэнерго России как курирующего федерального органа исполнительной власти к указанной проблеме.

Во всех компаниях, внедривших СЭнМ, разработаны энергетическая политика, программа энергосбережения и стандарты по энергосбережению и системе энергетического менеджмента. В 70 % компаний разработана методика оценки действенности мероприятий по повышению энергетической эффективности.

В компаниях, выполняющих только законодательные требования, энергетическая политика разработана в 7 % случаев, а методики оценки разработаны в 10 % компаний. Стандарты предприятия в области энергосбережения разработаны в одной трети компаний, при этом в каждой пятой организации отсутствует программа энергосбережения.

Исследования позволяют сделать выводы, что результаты обязательного энергетического обследования применяются в большей степени в промышленных компаниях, внедривших СЭнМ, о чем свидетельствует наличие у них в 100 % случаях программ энергосбережения.

В ТЭК 36 % компаний уже действует СЭнМ, а около 19 % либо внедряют, либо планируют сделать это до конца 2017 г. Это говорит о высокой заинтересованности компаний ТЭК в системном подходе к повышению своей энергоэффективности.

В других отраслях промышленности СЭнМ имеется в 3 % опрошенных компаний, а около 12 % планируют внедрить ее в ближайшие годы.

Результативность внедрения СЭнМ оценивали экспертным методом с выставлением баллов по каждому критерию, при этом определяли значимость влияния показателя на общую результативность деятельности в области энергосбережения и повышение энергетической эффективности. По результатам оценки был сформирован рейтинг результативности в про-

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

центах, который свидетельствует об эффективности или неэффективности внедрения СЭнМ в компании. Затем компании проранжиривали по количеству набранных процентов (рис. 3).

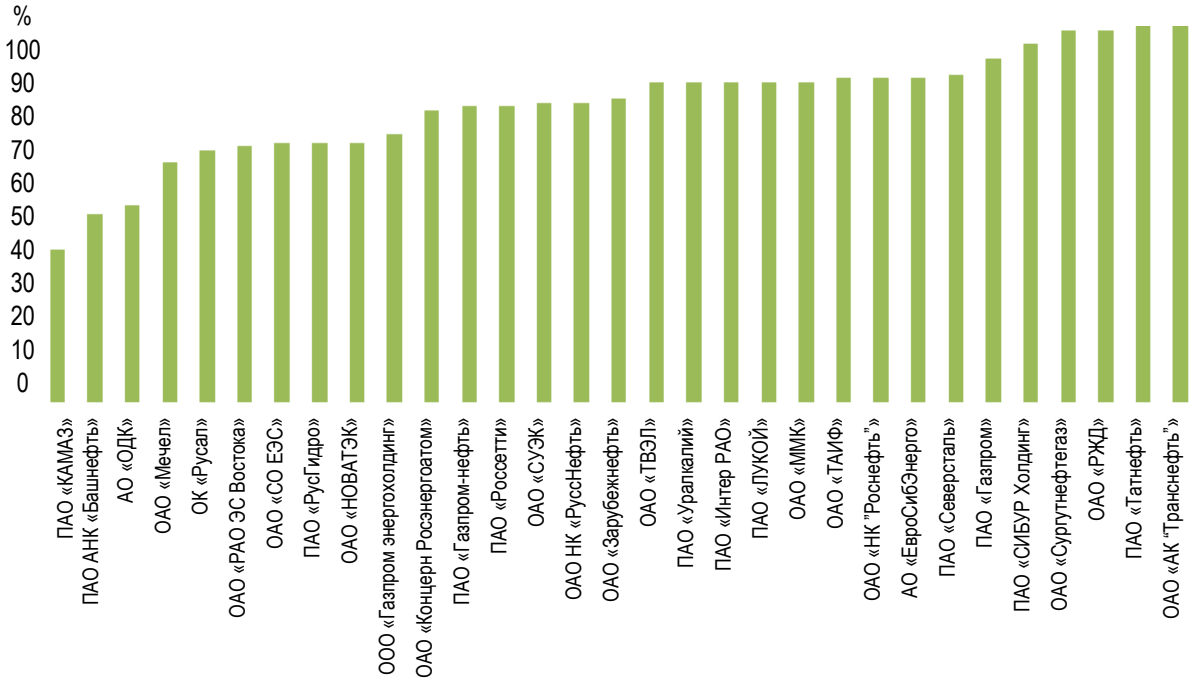


Рис. 3. Результативность опрошенных промышленных компаний, %

Исследование показало, что в процессе управления энергоэффективностью многие компании прошли энергетическое обследование, определили цели и задачи в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, провели мониторинг показателей и выделили те из них, с которыми компания может быстро достичь повышения энергетической эффективности с минимальными усилиями и с низким уровнем инвестиций (результативность деятельности организации лежит в пределах 40–67 %).

Некоторые компании пошли еще дальше и определили ответственных за энергосбережение и повышение энергетической эффективности, ввели ключевые показатели эффективности, занялись обучением персонала и пропагандой энергосбережения, реализацией среднесрочных мероприятий, основным эффектом которых является повышение энергетической эффективности (результативность деятельности организации лежит в пределах 67–90 %).

В ходе исследования дана сводная оценка эффективности функционирования СЭнМ (рис. 4) с помощью комплексного анализа информации по выбранным критериям энергетического менеджмента: экономия ТЭР (%), доля затрат на мероприятия в области энергосбережения от суммарных затрат на ТЭР (%), доля затрат на ТЭР в себестоимости продукции по сравнению с базовым годом.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

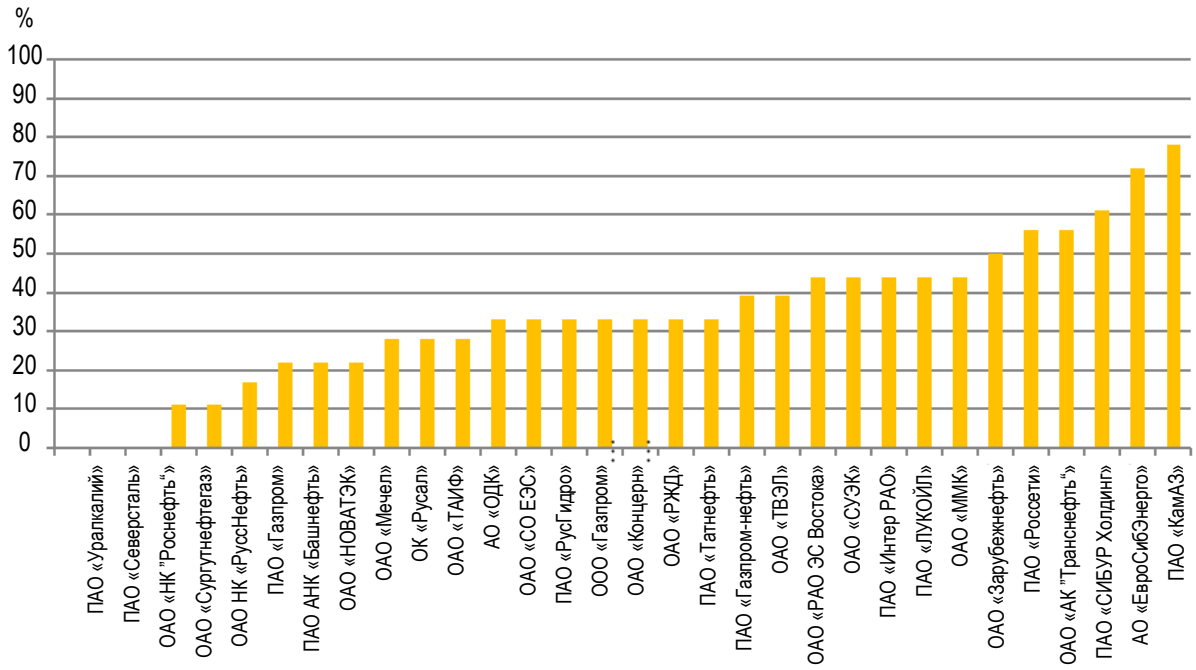


Рис. 4. Сводная оценка эффективности системы энергетического менеджмента в компаниях, %

Кроме того, проведен комплексный анализ результативности и эффективности внедрения и функционирования СЭнМ в компаниях (рис. 5).

Высокие результаты сводной оценки результативности и эффективности СЭнМ промышленных компаний показали ОАО «АК ”Транснефть“», ПАО «СИБУР Холдинг» и ПАО «Российские сети».

Анализ изменений, произошедших в организации, демонстрирует, что удалось достичь значительного эффекта при внедрении системы энергоменеджмента или ее элементов. Так, в ОАО «АК ”Транснефть“» улучшились дисциплина работников и процедура планирования.

В ПАО «СИБУР Холдинг» отмечен рост генерации энергосберегающих идей и сокращение сроков реализации проектов. Внедрение нового энергоэффективного оборудования позволило повысить безопасность, надежность систем АЭС, а также удобство их обслуживания и ремонта, что отмечают в ОАО «Росэнергоатом». В АО «ТВЭЛ» удалось снизить расходы ТЭР путем использования более энергоэффективных материалов и оборудования.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

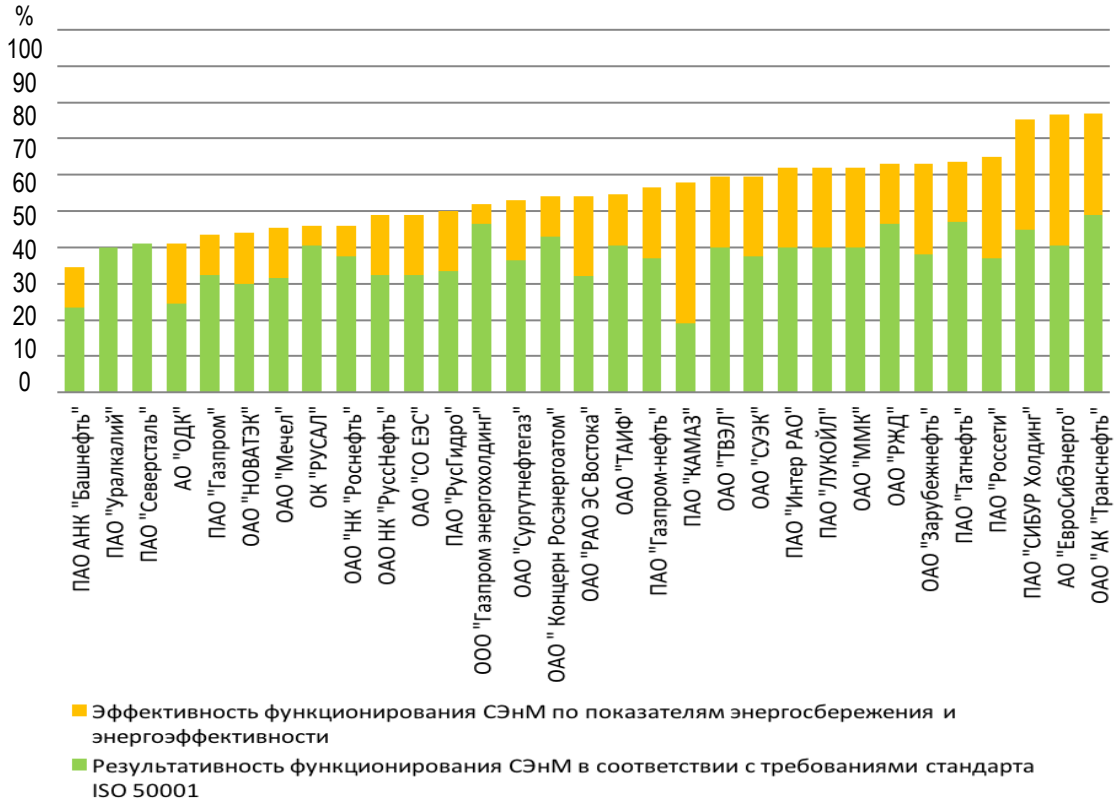


Рис. 5. Сводная оценка результативности и эффективности системы энергетического менеджмента в компаниях, %

На отдельных предприятиях отмечено повышение прозрачности формирования затрат на ТЭР, что позволило, например, ПАО «Россети» запланировать реализацию высокоэффективных мероприятий, направленных на энергосбережение.

В ОАО «РЖД» существенно повысились результативность энергосберегающей деятельности, вовлеченность сотрудников компании, внедрены лучшие практики на железнодорожном транспорте, сократились сроки, выбор мест внедрения энергосберегающих технологий стал более рациональным.

В ПАО «Лукойл» внедрена система БДРВ (база данных реального времени), что позволяет технологическому персоналу объективно оценивать расходование топливно-энергетических ресурсов в реальном времени и незамедлительно принимать меры для снижения потребления ТЭР.

Качественными результатами внедрения СЭнМ в ОАО «Сургутнефтегаз» являются повышение оперативности принятия управленческих решений, упорядочение управленческих процедур в области энергосбережения, их прозрачность, организация системы непрерывного автоматизированного энергоаудита по основным технологическим процессам добычи нефти.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Несмотря на высокий уровень популярности СЭнМ в промышленных компаниях России, ряд компаний сталкивается с факторами, затрудняющими разработку и внедрение системы энергетического менеджмента [11]:

- с недостаточной проработкой методической базы для обоснования экономической эффективности мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- недостаточным финансированием мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- недостаточно высоким уровнем осведомленности о результативности и эффективности СЭнМ среди руководства и персонала компаний;
- отсутствием мотивации руководства и персонала компаний для разработки и внедрения системы энергетического менеджмента;
- нехваткой информации о компаниях, оказывающих качественные комплексные услуги (энергетический анализ, рекомендации по энергоэффективным мероприятиям, учету и автоматизации) по разработке и внедрению СЭнМ.

Из теоретического анализа становится очевидным, что СЭнМ является одной из разновидностей функциональных систем в управлении промышленным предприятием. Внедрение СЭнМ представляет собой деятельность по планированию, организации, контролю использования ТЭР предприятия и мотивации энергосбережения на основе построения системы взаимодействующих элементов энергетической инфраструктуры и персонала предприятия.

Методы

Для устойчивого управления энергоэффективностью необходимо внедрить систему энергетического менеджмента – одну из подсистем общей системы управления предприятием, соединяющую стратегические цели компании и разработку энергетической политики, энергетический аудит и систему учета энергоресурсов, подготовку персонала по вопросам энергосбережения и повышение энергетической эффективности, формирование, реализацию и мониторинг программы энергосбережения и автоматизацию деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Стратегические цели компании и разработка энергетической политики

Наиболее важным этапом в организации СЭнМ является формирование энергетической политики предприятия [12]. Энергетическая политика – это система мониторинга и прогноза энергетической ситуации, формирование и непрерывное совершенствование организационных, экономических и правовых механизмов, обеспечивающих надежное энергоснабжение и рациональное использование ТЭР.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Практика управления показывает, что одним из основных направлений разработки энергетической политики является формирование топливно-энергетического баланса как инструмента планирования, контроля и прогнозирования изменений в условиях хозяйствования промышленного предприятия. Для достижения запланированных показателей предприятиям необходимо применять динамические методы анализа энергопотребления, позволяющие отследить негативные тенденции и устранить их в процессе реализации стратегии энергопотребления.

При разработке энергетической политики и определении стратегических целей промышленной компании надо:

- выявлять источники резервов энергосбережения, относящиеся к технологической сфере, к управлению человеческими ресурсами, к сфере экологических решений в производственном процессе и к другим, разрабатывать методики поиска резервов энергосбережения;
- поднять проблемы внедрения СЭнМ на уровень стратегического анализа внутренней и внешней среды для поиска фундаментальных проблем энергосбережения, относящихся к инфраструктуре, принципам работы, общим технологическим процессам на предприятии. Фундаментальные проблемы являются основой для разработки долгосрочных инвестиционных планов;
- в целях совершенствования СЭнМ развивать внутренние научно-технические и организационно-управленческие структуры, отвечающие за планирование инноваций в энергосбережении.

Подготовка персонала по вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности

Особую роль в СЭнМ играет персонал предприятия, который проявляет инициативу энергоэффективности, является основой для формирования внутренней базы знаний энергоменеджмента, выполняет инновационную функцию. Для улучшения эффективности работы в области энергосбережения предприятия ведут многоступенчатую подготовку специалистов, используют внешние интеллектуальные ресурсы.

Внедрение СЭнМ требует комплексных изменений на всех уровнях управления предприятием, начиная от высшего руководства на уровне стратегии и структуры управления и заканчивая операционным на уровне обязанностей конечных исполнителей [13].

В первую очередь, введение СЭнМ должно быть инициировано высшим управляющим аппаратом промышленной компании. Из его состава требуется назначить ответственного за ввод и реализацию СЭнМ, наделить его полномочиями и обеспечить требуемыми ресурсами. Далее вносят изменения в организационную структуру компании с созданием профильной службы (например, отдела энергетического менеджмента – ОЭнМ).

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

К основным функциям ОЭнМ относятся [14]:

- энергетический аудит производственных и вспомогательных подразделений предприятия;
- разработка, внедрение и сопровождение проектов энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- управление энергосервисными контрактами;
- сопровождение покупки энергетических ресурсов;
- контроль выполнения программ СЭнМ;
- обучение персонала предприятия;
- непрерывный поиск ключевых решений.

Важность реализации СЭнМ в рамках управленческой структуры объясняется ее уникальностью в части вовлечения в реализацию проекта всех служб промышленной компании, а также в интеграции процессов управления, ориентированных на повышение эффективности энергопотребления на всех управленческих уровнях. Это позволяет быстро вносить организационные изменения во всех сферах управления компанией.

Энергетический аудит и система учета энергоресурсов

Результативность внедряемой СЭнМ контролируется внедрением эффективных систем учета энергоресурсов, управления энергопотреблением и регулярным энергоаудитом. Последний представляет собой программный сбор и анализ информации по источникам, потребителям энергии, способам ее преобразования, уровню ее возвратных и безвозвратных потерь.

В ходе энергоаудита необходимо определять общую структуру энергопотребления, направления и эффективность использования энергии в целях последующего выявления проблем, поиска причин их возникновения. Определение общей структуры энергопотребления начинается с определения основных элементов топливно-энергетического баланса, источников потерь ТЭР. Потери определяются неэффективностью отдельных технологических процессов, а также отсутствием рационального подхода к организации работ в энергоемком производстве.

Основой аудита становится установление количественных и качественных значений критериев, отраженных в системе стандартов энергетического менеджмента. Аудит позволяет эффективно снизить энергозатраты в краткосрочном периоде и определить основные направления энергосбережения в перспективе.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Формирование, реализация и мониторинг программы энергосбережения, автоматизация деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

Когда предприятия с высокой энергоемкостью продукции формируют программы энергосбережения, резервы для оптимизации можно найти в повышении энергоэффективности производственных процессов, а при использовании различных энергоносителей – в изменении структуры их потребления [15]. Повысить энергетическую эффективность можно за счет, во-первых, внедрения более экономичных технологий в основные производственные процессы, во-вторых, использования общих мер энергосбережения. Такого рода оптимизация способствует снижению издержек в долгосрочном периоде и как следствие – повышению конкурентоспособности предприятия.

В масштабах государства стимулирование энергосбережения предприятиями вызвана, во-первых, тем, что снижение затрат на производство единицы продукции приводит к повышению конкурентоспособности этой продукции на мировом рынке, а это может вносить вклад в рост национальной экономики, во-вторых, постепенным истощением запасов традиционных энергетических ресурсов, в-третьих, негативным влиянием сжигания углеродосодержащего топлива на окружающую среду.

Одна из основных задач государства в этой сфере – создание более совершенной нормативно-правовой базы энергосбережения.

В настоящее время многие предприятия приводят внутренние бизнес-процессы энергосбережения в соответствие международным стандартам для поддержания высокого уровня конкурентоспособности и для удержания на рынках сбыта. К управляющим бизнес-процессам относятся управление энергосбережением, инвестиционными проектами, финансовый менеджмент в энергетическом хозяйстве, а также управление мотивацией персонала для улучшения показателей энергосбережения. Все эти процессы прямо касаются основных производственных процессов и определяют их энергоэффективность в долгосрочной перспективе. К поддерживающим бизнес-процессам относят различные виды ремонта оборудования энергетического хозяйства, ресурсное обеспечение, оперативный производственный контроль и контроль финансовых результатов программ энергосбережения, реализуемых на предприятии.

В дальнейшем необходимо автоматизировать не только процесс сбора, учета, анализа данных по энергопотреблению, но и корректировку программ энергосбережения в соответствии с изменениями в топливно-энергетическом балансе предприятия, выявлением резервов энергосбережения, с разработкой инновационных подходов к энергосбережению.

При реализации данных методов управления можно достичь максимального результата в повышении энергетической эффективности предприятий. Так, результативность деятельности компаний, внедривших си-

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

стему энергетического менеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001:2011, может достигать 98 %.

Обсуждение результатов

К настоящему времени в связи с актуализацией проблем энергосбережения вследствие значительного удорожания энергетических ресурсов предприятия выработали подходы к энергоменеджменту. Основные подходы отражают частные направления энергосбережения, которые затем объединяются в систему с помощью стратегического энергоменеджмента.

Базовым традиционным подходом является формирование операционного управления процессами, режимами энергосбережения посредством технического контроля параметров производства, создания нормативов в составе энергетического базиса и формулирования принципов мотивации персонала предприятия. Традиционные подходы обеспечивают первичную постановку задачи энергосбережения, требуют от руководства внимания к построению единой системы.

Развитие традиционных подходов приводит к формированию системного представления о СЭнМ как о совокупности элементов, образующих основу регулярных бизнес-процессов с привлечением развитой системы мотивации и обучения.

Тенденцией, обусловливающей переход к системному энергоменеджменту, является переход предприятия от разовых проектов в области инвестирования в энергетическую инфраструктуру к построению цикличных процессов разработки и внедрения организационно-технических мероприятий в данной области [14].

Модель СЭнМ должна функционировать на предприятии в основе непрерывного цикла, укрупненные этапы которого представлены на рис. 6. Циклическое выполнение представленных этапов позволит внедрить СЭнМ на долгосрочной основе, что также повысит ее эффективность.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

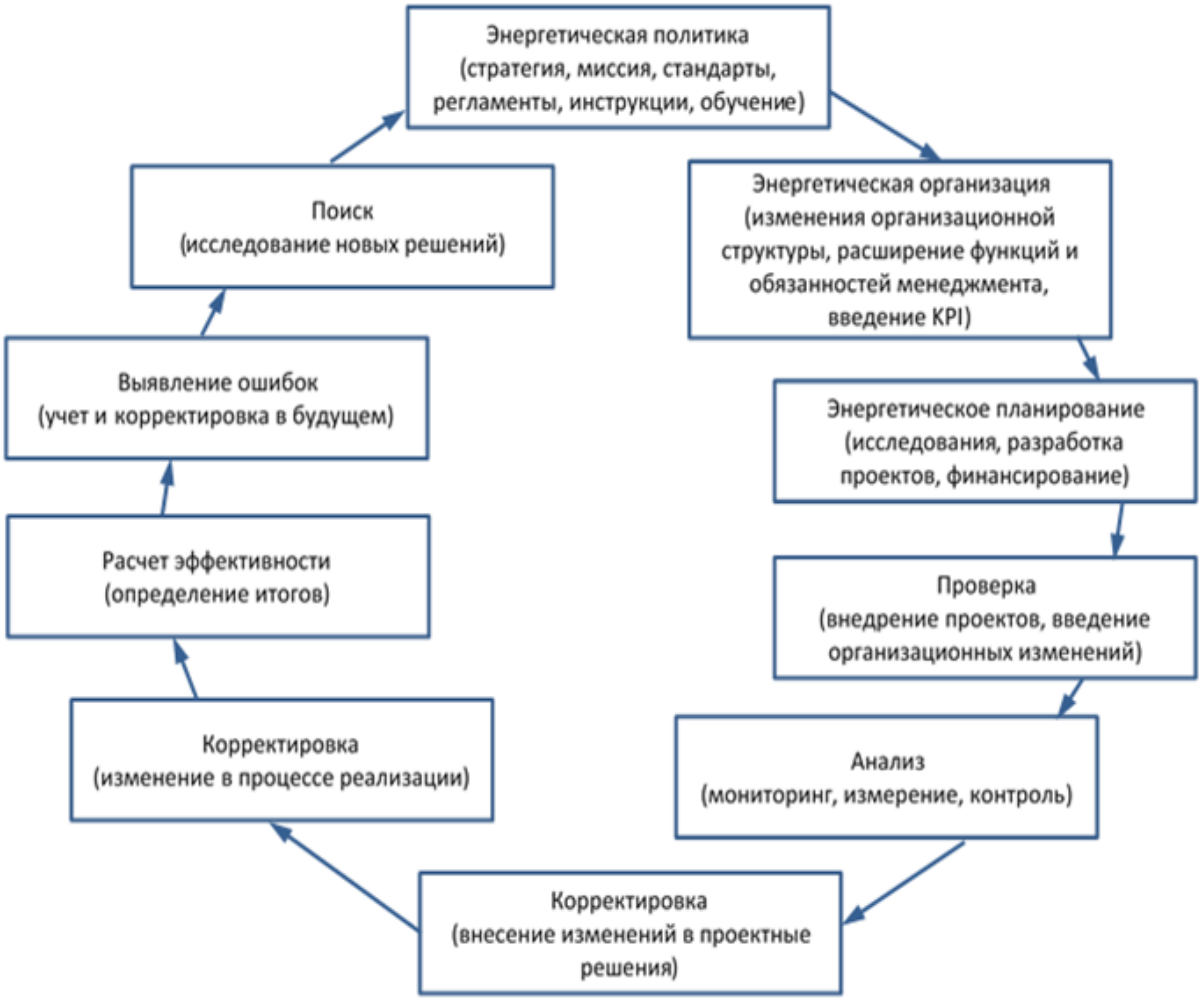


Рис. 6. Модель системы энергетического менеджмента

Учет предложенных рекомендаций даст возможность любому промышленному предприятию внедрить управленческие изменения, позволяющие снижать энергозатраты на системной и долгосрочной основе, что существенно повысит его энергоэффективность.

СЭнМ в организации – это, безусловно, инновационное решение, которое связано с модернизацией методов управления, а также психологии управления энергопотреблением и энергозатратами.

С целью повышения качества реализации СЭнМ в российских промышленных компаниях необходимо внедрить:

- мониторинг, анализ, популяризацию и тиражирование лучшей практики по внедрению СЭнМ на основе стандарта ISO 50001:2011;
- совершенствование методической базы СЭнМ, а также нормативно-технической базы;
- расширение практики применения бенчмаркинга для формирования целей и показателей повышения энергоэффективности и энергосбережения;

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

• профессиональные и образовательные стандарты в сфере энергетического менеджмента;

• обучение и повышение квалификации специалистов промышленных компаний в сфере энергетического менеджмента;

• подготовку и принятие компаниями среднесрочных планов и программ внедрения СЭнМ;

• расширение мер поддержки и стимулирования компаний к внедрению СЭнМ;

• развитие системы добровольной сертификации в сфере энергетического менеджмента;

• формирование и ведение единого реестра уполномоченных физических и юридических лиц, оказывающих услуги в сфере энергетического менеджмента;

• формирование и ведение единого реестра компаний, подтвердивших внедрение СЭнМ.

Выводы

При реализации указанных мер будут сформированы условия для перехода к широкому внедрению системы энергетического менеджмента, способствующего реализации государственной политики в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Библиографический список

1. Бернер М.С., Лоскутов А.В. Зарубежный опыт мотивации энергосбережения // Энергосбережение. – 2008, № 3. – С. 44–48.

2. Кухарук А.Д. Содержание организационно-экономического механизма повышения конкурентоспособности предприятия // Вестн. Кемеров. гос. ун-та. – 2013. – № 2 (54). – С. 283–287.

3. Баранов В.Н., Бессчастнов А.А., Богомолов В.П., Кузякин В.И. Концептуальные модели стратегий и систем технического обслуживания и ремонтов энергетических объектов // Нефть и газ. – 1998. – № 6. – С. 90–93.

4. Степочкин Е.А. Формирование энергетической стратегии промышленного предприятия // Перспективы науки. – 2014. – № 6 (57). – С. 35–38.

References

1. Berner MS, Loskutov AV. *Energosberezhenie*. 2008;3:44–48. (In Russ.)

2. Kukharuk AD. *Vestnik Kemerovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2013;54(2): 283–287. (In Russ.)

3. Baranov VN, Besschastnov AA, Bogomolov VP, Kuzyakin VI. *Neft i Gas*. 1998;6:90–93. (In Russ.)

4. Stepochkin EA *Perspektivi Nauki*. 2014;57(6):35–38. (In Russ.)

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

5. Организация энергосбережения (энергоменеджмент). Решения ЗСМК – НКМК – НТМК – ЕВРАЗ / под ред. В.В. Кондратьева. – М.: Инфра-М, 2010. – 108 с.

5. Kondratiev VV, ed. Organization of energy saving (energy management). Solutions ZSMK – NKMK – NTMK – EVRAZ. Moscow: Infra-M, 2010. 108 p. (In Russ.)

6. Хохлявин С.А. ISO 50001 и другие стандарты – главный инструмент при реализации энергоменеджмента // ЭнергоАудит. – 2011. – № 1 (17). – С. 42–47.

6. Khokhlyavin SA. *Energoaudit*. 2011;17(1):17–21. (In Russ.)

7. Начигин В.А. Перспективы развития энергетических установок нового поколения в рамках энергетической стратегии ОАО «РЖД» // Вестн. ВСГУТУ. – 2014. – № 6 (51). – С. 53–60.

7. Nachigin VA. *Vestnik VSGUTU*. 2014;51(6):53–60. (In Russ.)

8. Стандарт ISO 50001:2011 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. – М.: Стандартинформ, 2012. – 52 с.

8. Standard ISO 50001: 2011 Energy management systems. Requirements and Guidance for Use. Moscow: Standartinform; 2012. 52 p. (In Russ.)

9. Борголова Е.А., Лавриненко Ф.Ф., Тихоненко Ю.Ф., Стежко А.В., и др. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: учеб. пособие. – М.: Изд-во Корпоратив. энергетич. ун-та, 2013. – 349 с.

9. Borgolova EA, Lavrinenko FF, Tikhonenko YuF, Stegzko AV, Bryantsev VA, Ageev MK, Zhokin YuG. Energy saving and increasing energy efficiency. Moscow; 2013. 349 p. (In Russ.)

10. Кельчевская Н.Р., Черненко И.М., Кирикова Е.А. Энергоменеджмент на основе концепции энергоэффективного человеческого капитала: моногр. / под общ. ред. С.А. Сироткина. – М.: Креативная экономика, 2016. – 128 с.

10. Kelchevskaya NR, Chernenko IM, Kirikova EA, Sirotkin SA. Energy management based on the concept of energy-efficient human capital. Moscow: Kreativnaya ekonomika; 2016. 128 p. (In Russ.)

11. Мазурик В.В., Красов А.В. Основные проблемы реализации энергетической стратегии Российской Федерации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – Т. 2, № 10. – С. 151–152.

11. Mazurik VV, Krasov AV. *Aktualnie problemi aviatsii i kosmonavtiki*. 2014;10: 151–152. (In Russ.)

12. Тришкин О.Б. Формирование эффективной энергетической стратегии и энергетической политики в условиях экономического кризиса // Журн. правовых и экон. исследований. – 2012. – № 4. – С. 40–43.

12. Trishkin OB. *Zhurnal pravovih I ekonomicheskih issledovanii*. 2012;4:40–43. (In Russ.)

13. Кондратьева Е.В., Погребняк Д.А. Обеспечение целостности стратегии, бизнес-процессов и организационной структуры предприятия при внедрении системы энергетического менеджмента // Соврем.

13. Kondratieva EV, Pogrebnyak DA. *Sovremennie problemi nauki I obrazovaniya*. 2014;2:441–446. (In Russ.)

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 441–446.

14. Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. Менеджмент в энергетике (Экономика и управление энергетическими предприятиями): учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 188 с.

14. Korshunova LA, Kuzmina NG. Management in Power Engineering (Economics and Management of Energy Enterprises). Tomsk; 2007. 188 p. (In Russ.)

15. Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Управление конкурентоспособностью организации: учеб. пособие / под общ. ред. Г.Д. Антонова. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 513 с.

15. Antonov GD, Ivanova OP, Tumin VM. Management of the competitiveness of the organization. Moscow; 2013. 513 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:
Горбунова Вероника Сергеевна, магистрант,
ORCID 0000-0003-4845-0070;

Пузина Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент,
ORCID 0000-0002-8746-2739;
E-mail: lena-rus05@mail.ru

Information about authors:
Veronika S. Gorbunova, Master's degree,
ORCID 0000-0003-4845-0070;

Elena Yu. Puzina, Candidate of Engineering Sciences, assistant professor,
ORCID 0000-0002-8746-2739;
E-mail: lena-rus05@mail.ru

Цитировать:
Горбунова В.С., Пузина Е.Ю. Эффективность внедрения системы энергетического менеджмента в промышленных компаниях России // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 119-137. DOI: 10.17816/transsyst2018041119-137.

To cite this article:
Gorbunova VS, Puzina EU. Efficiency of Introduction of the Energy Management System in Russian Industrial Companies. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):119-137. DOI: 10.17816/transsyst2018041119-137.

Received: 22.12.2018. Accepted: 20.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

УДК [UDK] 625.1/.5
DOI 10.17816/transsyst2018041138-154

© **В.В. Шматченко, П.А. Плеханов, Д.Н. Роенков, В.Г. Иванов**
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

Санкт-Петербург, Россия

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ И РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ

Аннотация. Рассматриваются вопросы подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем (МЛТС) в России.

Введение: Развитие магнитолевитационных транспортных технологий в России требует подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования МЛТС, при этом особое внимание следует обратить на специфичные для МЛТС вопросы, связанные с системами тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения, а также с обеспечением комплексной безопасности.

Анализ: Магнитолевитационная транспортная технология представляет собой развитие традиционной технологии «колесо – рельс» на основе использования линейного тягового двигателя и системы магнитной левитации (электромагнитной, электродинамической, на основе постоянных магнитов, комбинированной). Разные типы МЛТС имеют свои преимущества и ограничения, поэтому необходимо обосновать выбор оптимальной технологии.

Важным вопросом является выбор (разработка) линейных тяговых двигателей для МЛТС на основе согласованного формирования четырех моделей: электромагнитной, тепловой, механической, стоимостной.

Также важно обеспечить комплексную безопасность МЛТС: прикладное наполнение систем менеджмента комплексной безопасности должно соответствовать этапам жизненного цикла систем колейного транспорта, изложенным в стандартах EN 50126, EN 50128 и EN 50129.

Методы: Методологической основой подготовки специалистов и разработки нормативной базы должен стать системный подход, который определяется разнообразием и сложностью физических процессов МЛТС. Проектная и рабочая документация на проектирование и строительство МЛТС на территории России должна

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

составляться в соответствии с действующим российским законодательством, предусматривающим применение специальных технических условий для новых технических систем.

Выводы: Сегодня специалистов для МЛТС целесообразно готовить на основе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование. Всеми необходимыми компетенциями для разработки и реализации таких образовательных программ обладает Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I: сотрудники университета на протяжении многих лет работают над магнитолевитационными транспортными технологиями в России на основе как собственных исследований, так и обобщения отечественного и мирового опыта, создают проекты нормативных технических документов для будущих МЛТС.

Ключевые слова: магнитолевитационные транспортные системы, подготовка специалистов, нормативная база проектирования.

© V.V. Shmatchenko, P.A. Plekhanov, D.N. Roenkov, V.G. Ivanov
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

TRAINING OF SPECIALISTS AND DEVELOPMENT OF DESIGN REGULATORY FRAMEWORK FOR RUSSIAN MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT SYSTEMS

The article deals with the issues of training of specialists and development of design regulatory framework for Russia's magnetic levitation transport systems.

Introduction: The development of maglev technologies in Russia requires solving the task of training specialists and developing the design regulatory framework for the magnetic levitation transport systems (MLTS). The MLTS related specific issues, namely traction, levitation, lateral stabilisation, power supply systems as well as overall safety, should receive special attention.

Analysis: The maglev transport technology is a further development of a conventional "wheel-track" technology, employing the linear motor and the magnetic levitation system (electromagnetic, electrodynamic, the permanent magnets-based system, and combined types). Each type of MLTS possesses its advantages and limitations, which points at the necessity to justify the choice of an optimal technology.

A crucial issue is to choose (develop) a linear motor for MLTS on the basis of the four related aspects: electromagnetic, thermal, mechanical, and the cost related one.

Another significant issue is the overall safety provision of MLTS. The elaboration of the quality management system should be carried out in accordance with all stages of the life cycle of the wheel-track transport, which is specified in EN 50126, EN 50128, and EN 50129.

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Methodology: The methodological base of training specialists and developing the design regulatory framework should become a systematic approach. The necessity of the application of this approach lies in the variety and complexity of physical processes of MLTS. The development of the project and working documentation of the design and construction of MLTS in the territory of Russia should be carried out in accordance with the active Russian legislation, which specifies the application of Special Technical Regulations for new technical systems.

Conclusion: As of today, it is reasonable to develop the training of specialists for MLTS on the basis of the qualification upgrade and professional retraining programmes of the engineering staff, who already possess the fundamental railway education. All the necessary expertise and competences are available at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. For many years, the university's specialists have been working on the development of the maglev technologies in Russia both on the basis of their own researches and on the study and generalisation of the national and international experience. They have also been developing the projects of the design regulatory framework for future MLTS.

Keywords: Magnetic levitation transport systems, training of specialists, design regulatory framework.

Магнитолевитационная транспортная технология как следующий этап инновационного развития традиционного железнодорожного транспорта требует подготовки специалистов и разработки нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем (МЛТС) по вопросам:

- инфраструктуры;
- подвижного составы;
- системы тяги, левитации и боковой стабилизации;
- электроснабжения;
- организации и управления движением;
- обеспечения комплексной безопасности;
- обслуживания пассажиров и логистики;
- экономики, включая вопросы материально-технического обеспечения строительства и эксплуатации, а также обоснования инвестиций (технико-экономического обоснования);
- управления персоналом, включая вопросы психологии (в том числе информационно-психологической безопасности);
- инженерных изысканий;
- методологии проектирования, включая вопросы RAMS / LCC (Reliability, Availability, Maintainability, Safety – надежность, готовность, ремонтопригодность, безопасность / Life Cycle Cost – стоимость жизненного цикла);
- организации строительства;

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

• менеджмента бизнеса, включая вопросы менеджмента качества и безопасности.

Особое внимание следует обратить на специфичные для МЛТС вопросы, связанные с системами тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения, а также с обеспечением комплексной безопасности.

Анализ

Магнитолевитационная транспортная технология представляет собой развитие традиционной технологии «колесо – рельс» на основе использования линейного тягового двигателя и системы магнитной левитации. При этом можно выделить три основных типа этой технологии:

- электромагнитный подвес – «эффект притяжения» (рис. 1а);
- электродинамический подвес – «эффект отталкивания» (рис. 1б);
- подвес на основе постоянных магнитов (рис. 1в).

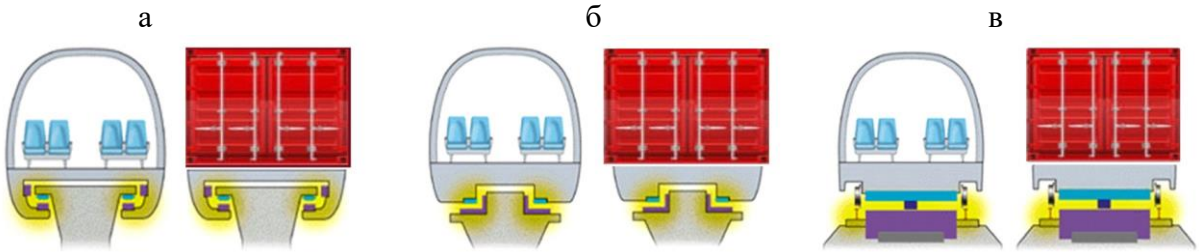


Рис. 1. Основные типы магнитолевитационной транспортной технологии:
а) электромагнитный подвес;
б) электродинамический подвес;
в) подвес на основе постоянных магнитов

Ключевые конкурентные преимущества МЛТС:

- высокая скорость доставки пассажиров и грузов;
- высокая пропускная и провозная способность благодаря высокому уровню автоматизации («транспортный конвейер»);
- независимость от внешних условий (от движения других видов наземного транспорта, погоды);
- высокая способность адаптации к рельефу местности, в том числе урбанизированной (в отличие от железнодорожного транспорта);
- низкое энергопотребление при использовании постоянных магнитов (вследствие отсутствия вращающихся частей и передаточных механизмов);
- постоянное совершенствование технологий и снижение стоимости строительства;
- высокие экологические показатели (малый уровень шума, вибраций и пылеобразования, совместимость с городской застройкой), отсутствие барьерного эффекта, присущего железным и автомобильным дорогам.

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Сегодня в мире эксплуатируется несколько пассажирских МЛТС, сосредоточенных в основном в странах Восточной Азии:

- в Китае (Шанхае, Чанше, Пекине),
- в Японии (Нагоя, Яманаси),
- в Республике Корея (Инчхоне).

МЛТС также есть в Германии, США и в других странах, испытания МЛТС проводились и в СССР.

Разные типы МЛТС имеют свои преимущества и ограничения (см. таблицу), что свидетельствует о необходимости развития оптимальной технологии.

Наряду с выбором (разработкой) технологий левитации и боковой стабилизации (см. таблицу), важным вопросом является выбор (разработка) линейных тяговых двигателей для МЛТС на основе согласованного формирования четырех моделей:

- электромагнитной;
- тепловой;
- механической;
- стоимостной.

Анализ современных подходов к проектированию линейных тяговых двигателей [1, 2] показывает, что обоснование их ключевых показателей (тяги, массы, энергопотребления и стоимости) по сути представляет собой задачу комплексной оптимизации этих показателей на множестве технических характеристик (рис. 2).

В России практика выработки проектных решений в области линейных двигателей направлена в основном на прямые расчеты их тяговых характеристик с последующей доводкой двигателей на стендах или опытных полигонах. Широко применяющийся метод конечных элементов полезен для расчетов магнитного потока в любой точке и на этой основе – для расчета тяговых показателей двигателя (решения прямой задачи оценки эффективности двигателя). Однако этот метод очень трудоемок и не обеспечивает эффективного решения обратной задачи (т. е. многократного повторения прямой задачи в циклах оптимизации).

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Основные преимущества и ограничения разных типов МЛТС

Тип МЛТС	Преимущества	Ограничения
Электромагнитный подвес	1) Недорогой материал для путепровода (сталь); 2) использование апробированных методов управления и компонентов, доступных на рынке; высокая степень проработки технологии	1) Большие потери в обмотке возбуждения; 2) нелинейные эффекты и вихревые токи; 3) малый зазор (как правило, не превышает 20 мм) и как следствие – повышенные требования (но не выше требований для железнодорожного транспорта) к точному соблюдению параметров изготовления и монтажа компонентов путепровода и подвижного состава (в том числе с учетом неблагоприятных погодных условий)
Электродинамический подвес (на основе сверхпроводящих магнитов)	1) Низкие потери в обмотке возбуждения позволяют применить большие токи и добиться высокой напряженности магнитного поля; 2) большой зазор делает подвижной состав менее чувствительным к неровностям пути	1) Большой расход жидкого азота (гелия) для системы охлаждения; 2) низкое собственное демпфирование (гашение колебаний); 3) высокая начальная скорость левитации (порядка 100 км/ч): на скоростях ниже критической требуется дополнительная подвеска; 4) дополнительное оснащение для криостатов (рефрижераторов)
Подвес на основе постоянных магнитов	1) При больших объемах производства стоимость постоянных магнитов уже не превышает стоимости стали; 2) простая конфигурация и низкие расходы на техническое обслуживание	1) Статика полей отталкивания / притяжения требует дополнительной боковой стабилизации; 2) снижение напряженности магнитного поля при нагревании магнитов (например, при повышении температуры окружающей среды); 3) результатом снижения напряженности магнитного поля является уменьшение левитационного зазора и необходимость его обеспечения за счет дополнительных мер
Комбинированный подвес	Возможны разные варианты исполнения с использованием электромагнитов и постоянных магнитов, разных типов линейных тяговых двигателей (синхронного, асинхронного и т. д.)	

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

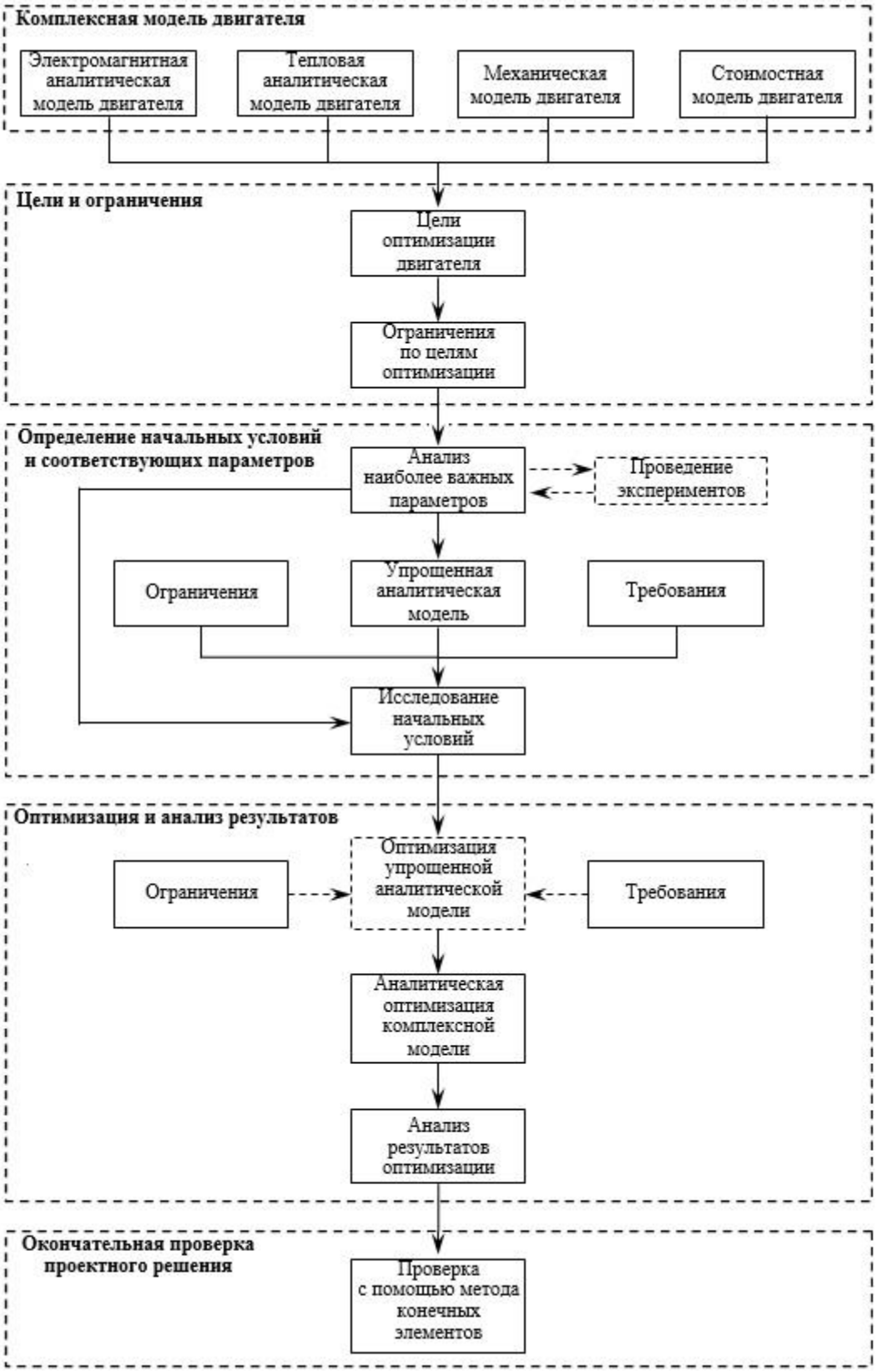


Рис. 2. Схема процесса оптимизации линейного тягового двигателя [2]

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Альтернативой методу конечных элементов является моделирование магнитных потоков в линейном тяговом двигателе (в том числе для постоянных магнитов) интерполяциями между простыми частными случаями (например, при магнитном потоке линейного проводника с током). Получающиеся при этом простые аналитические выражения можно эффективно использовать для решения как прямых, так и обратных задач оценки эффективности линейных тяговых двигателей.

В целом процесс проектирования линейного тягового двигателя должен включать следующие этапы:

1) определение требований к параметрам двигателя и целей проектирования;

2) определение возможных проектных решений, которыми реализуются требования к двигателям: например, возможно применение m технологий тяги (синхронных двигателей, длинного или короткого статора, постоянных магнитов и т. д.);

3) первый выбор, основанный на ограничениях применения, в результате которого количество возможных проектных решений уменьшается до n ($n < m$);

4) разработка моделей двигателя в соответствии с целями проекта, при этом модели двигателя должны включать:

- механическую модель для описания динамики двигателя;
- тепловую модель для описания теплопередачи в двигателе;
- электромагнитную модель для определения электрических и магнитных величин и сил (притяжения и отталкивания);
- стоимостную модель для определения стоимости двигателя на всех этапах его жизненного цикла;

5) проектирование n вариантов двигателя, подтверждение исходных данных и ограничений, при необходимости – изменение ограничений;

6) исследование чувствительности параметров двигателя для всех условий применения и всех n вариантов, выбор оптимальных параметров для каждого варианта;

7) сравнение всех n вариантов;

8) окончательный выбор двигателя с использованием ключевых показателей;

9) прием проекта двигателя на основе изготовленного прототипа или на основе модели, использующей метод конечных элементов;

10) документирование конечного варианта.

Проектные решения выбора линейных тяговых двигателей должны быть Парето-оптимальными по следующим парам критериев:

- тяга – энергопотребление;
- тяга – масса активной путевой структуры;
- тяга – масса подвижной части двигателя;

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

- тяга – стоимость.

Также важно обеспечение комплексной безопасности МЛТС. Единой основой для составных частей системы обеспечения комплексной безопасности [3] являются системы менеджмента, основанные на международном стандарте ISO 9001 [4]. Применительно к колейному транспорту они представлены:

- системой ERA SMS (Safety management system of European railway agency – Система менеджмента безопасности Европейского железнодорожного агентства) для безопасности движения [5, 6];
- системой MODSafe (Modular urban transport safety and security analysis – анализ безопасности движения и транспортной безопасности для модульного пригородного транспорта) для транспортной безопасности (в комплексе с безопасностью движения) [7], а также системой на основе международного стандарта ISO 28001 [8] для безопасности цепи поставок;
- системами на основе международных стандартов OHSAS 18001 [9] и ISO 14001 [10] для охраны труда и природы, соответственно.

На практике эти системы менеджмента наполняются в соответствии с этапами жизненного цикла систем колейного транспорта, изложенными в стандартах EN 50126 (IEC 62278 [11]), EN 50128 (IEC 62279 [12]) и EN 50129 (IEC 62425 [13]), а также в стандарте IEC 60300-3-3 [14]. При этом ключевое значение с точки зрения безопасности имеет этап анализа риска [15], по результатам которого определяют угрозы в области безопасности движения, транспортной безопасности (защите от актов незаконного вмешательства), охраны труда и охраны природы, оценивают связанный с ними риск и при необходимости снижения этого риска устанавливают дополнительные функции обеспечения безопасности (рис. 3). Применительно к транспортной безопасности на этом этапе определяют меры упреждающего (профилактику), своевременного (оперативное действие) и чрезвычайного (минимизацию ущерба) реагирования на акты незаконного вмешательства в соответствии с выбранной моделью действий потенциального нарушителя.

Мерой риска, учитывающей как случайные, так и систематические опасные события (отказы, сбои, нарушения), являются уровни полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels, SILs), каждый из которых предусматривает комплекс мер, необходимых для снижения риска до приемлемого уровня.

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Рис. 3. Три подхода к оцениванию риска для МЛТС

Как было сказано выше, при подготовке специалистов и разработке нормативной базы проектирования МЛТС особое внимание следует обратить на специфичные для магнитолевитационных транспортных технологий вопросы. Методологической основой подготовки специалистов и разработки нормативной базы должен стать системный подход, необходимость применения которого определяется значительным разнообразием и сложностью физических процессов МЛТС и, соответственно, высокой вариабельностью и сложностью инженерных решений, которые требуются для согласованного управления этими процессами. Иначе говоря, сложность системы управления процессами создания МЛТС должна быть не ниже сложности самой МЛТС.

Сложность системного подхода определяется составляющими предметной области, к которой он должен быть применен:

- необходимостью анализа комбинаций технологий тяги, левитации, боковой стабилизации, электроснабжения;
- спецификой динамики трехмерного движения подвижного состава МЛТС: таких явлений, как «рыскание», «килевая качка» и «бортовая качка» подвижной единицы, соответствующих мер стабилизации и демпфирования;

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

- сложностью состава функций МЛТС и их иерархии – необходима разработка функциональной и структурной моделей МЛТС;
- математическим аппаратом анализа физических процессов МЛТС;
- аппаратом математического моделирования процессов МЛТС;
- аппаратом натурного моделирования процессов МЛТС;
- базовым производством компонентов МЛТС;
- базовым строительным производством объектов инфраструктуры МЛТС;
- средой эксплуатации МЛТС;
- анализом риска, связанного с МЛТС;
- организационной структурой проектирования, строительства и эксплуатации МЛТС;
- объективной потребностью общества в МЛТС;
- субъективным восприятием обществом МЛТС;
- международным уровенем развития МЛТС.

Сегодня готовить специалистов для МЛТС целесообразно на основе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование (рис. 4).

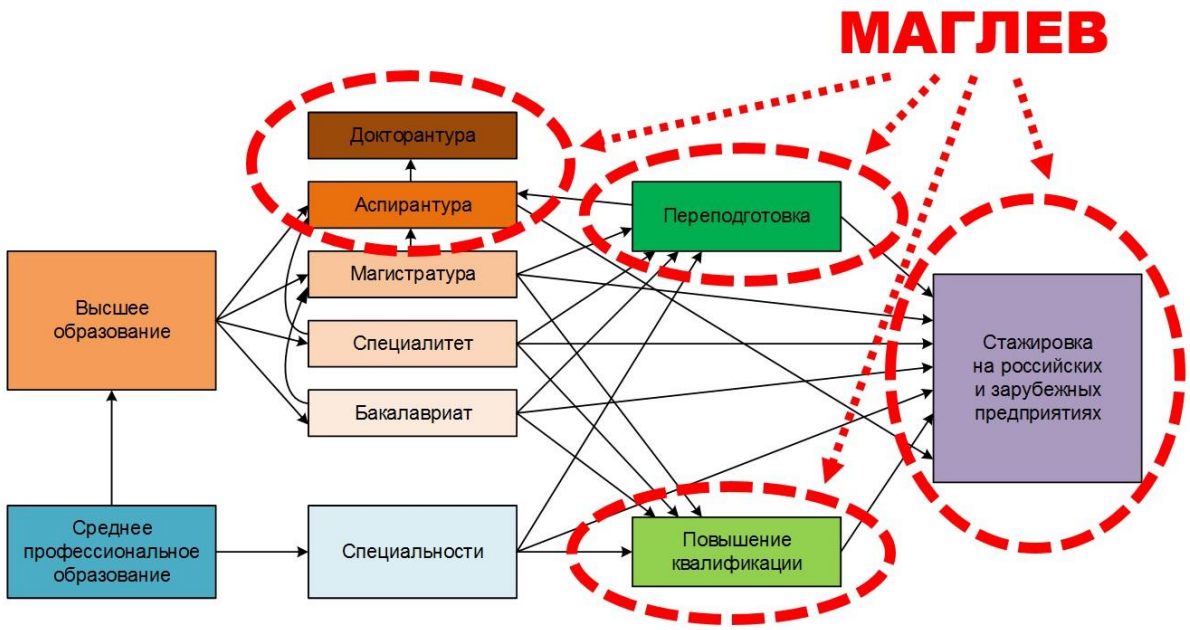


Рис. 4. Возможности подготовки специалистов для МЛТС

Всеми необходимыми компетенциями для разработки и реализации подобных программ обладает Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Сотрудники Университета на протяжении многих лет развивают

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

магнитолевитационные транспортные технологии в России на основе как собственных исследований, так и отечественного и мирового опыта. В специально созданной лаборатории проводятся лабораторные (рис. 5а) и натурные (рис. 5б) исследования, разрабатываются проекты нормативных технических документов для будущих МЛТС.

а б

Рис. 5. Лабораторный стенд (а) и опытный образец (б) для исследований магнитолевитационных транспортных технологий

Проектная и рабочая документация на проектирование и строительство МЛТС на территории России должна разрабатываться в соответствии с законодательством в данной области, в частности, с постановлением правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и с другими нормативными правовыми и техническими документами.

Отдельные подсистемы и компоненты МЛТС подпадают под действие принятых технических регламентов Таможенного союза и Российской Федерации (в первую очередь, «О безопасности зданий и сооружений», а также «О безопасности машин и оборудования», «О безопасности низковольтного оборудования», «Электромагнитная совместимость технических средств» и др.) и поддерживающих их стандартов и сводов правил (например, для магнитолевитационного подвижного состава можно использовать предварительный национальный стандарт ПНСТ 24-2014 «Инновационный железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и допуска к эксплуатации»).

Также российское законодательство предусматривает применение специальных технических условий (СТУ), которые представляют собой «технические требования в области безопасности объекта капитального строительства, содержащие (применительно к конкретному объекту капитального строительства) дополнительные к установленным или

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

отсутствующим технические требования в области безопасности, отражающие особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, демонтажа (сноса) объекта капитального строительства, а также содержащие отступления от установленных требований» (в соответствии с п. 10 ст. 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ, «объект капитального строительства – здание, строение, сооружение, объекты, строительство которых не завершено <…>, за исключением временных построек, киосков, навесов и других подобных построек»). СТУ являются основанием для подготовки технического задания на проектирование и разработку проектной документации (разрабатываемой специализированной проектной организацией или консорциумом проектных организаций). Согласование СТУ в настоящее время проводит Минстрой России, конкретно – специально созданный нормативно-технический совет Минстроя России с привлечением группы экспертов, рекомендации которого оформляются в виде соответствующего экспертного заключения (заключений). Вопросы разработки и согласования СТУ определяют следующие документы:

- приказ Минстроя России от 15 апреля 2016 г. № 248/пр «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства»;
- «Методические рекомендации “Порядок построения и оформления специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства”» (утверждены решением нормативно-технического совета Минрегиона России, протокол от 1 февраля 2011 г. № 1).

Таким образом, в отношении МЛТС, которая планируется к проектированию, строительству и эксплуатации на конкретном участке, должны быть разработаны СТУ.

СТУ должны содержать перечень вынужденных отступлений от требований действующих нормативных документов, обоснование отступления от этих требований, а также компенсирующие мероприятия. Практика показывает, что такие обоснования принятых в СТУ норм, включая методики, можно оформить в виде приложений к СТУ или вынести в пояснительную записку к СТУ. В СТУ не допускается дублирование норм из действующих в России документов, такие нормы должны оформляться соответствующими ссылками. В связи с этим при разработке СТУ на МЛТС должен появиться перечень нормативно-технических документов России и Таможенного союза Евразийского экономического союза), применимых (полностью или в какой-либо части) для проектирования, строительства или эксплуатации такой системы. В то же время в состав СТУ могут быть

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

включены отдельные положения, содержащиеся в нормативных документах других стран при условии их соответствия российскому законодательству.

Выводы

Специалистов для МЛТС сегодня целесообразно готовить на базе программ переподготовки и повышения квалификации инженерных кадров, имеющих базовое железнодорожное образование. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I обладает необходимыми компетенциями для разработки и реализации таких программ.

Что касается развития отечественной нормативной базы проектирования МЛТС, то авторы данной статьи разработали комплект проектов СТУ для проектирования МЛТС, предполагающий их доработку под конкретный участок пассажирской или грузовой линии:

- СТУ-1 – Общие требования по проектированию;
- СТУ-2 – Путь;
- СТУ-3 – Основания для пути, искусственные сооружения, примыкания и пересечения;
- СТУ-4 – Терминалы, промежуточные станции, служебно-технические здания и сооружения;
- СТУ-5 – Система тяги и электроснабжения;
- СТУ-6 – Система управления движением;
- СТУ-7 – Система электросвязи и оповещения;
- СТУ-8 – Подвижной состав;
- СТУ-9 – Система комплексной безопасности.

Параллельно с разработкой СТУ создается проект технического регламента о безопасности магнитолевитационного транспорта и формируется перечень поддерживающих его документов по стандартизации. Такой перечень должен появиться в результате определения:

- действующих документов, применение которых возможно без их актуализации;
- действующих документов, которые можно применить после их актуализации или переработки;
- документов, которые необходимо разработать.

Кроме того, авторы подготовили к изданию структурированный англо-русский и русско-английский толковый словарь по магнитолевитационному транспорту, содержащий термины, определения и требования в области проектирования, строительства и эксплуатации МЛТС и отражающий лучший мировой и отечественный опыт в данной

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

области. Словарь может стать основой для подготовки первого в своем роде учебного пособия по магнитолевитационному транспорту.

Библиографический список

1. Boldea I. Linear Electric Machines, Drivers, and Maglev's Handbook. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. – 654 p.

2. Chevailler S. Comparative study and selection criteria of linear motors. – These № 3569, École Polytechnique Federale de Lausanne, 2006. – 239 p.

3. Шматченко В.В., Плеханов П.А. Современная нормативная база обеспечения безопасности магнитолевитационного транспорта // Транспортные системы и технологии. – 2015. – № 2 (2). – С. 127–142. URL: http://www.transsyst.ru/files/10-shmatchenko-v-v-pdf.pdf (дата обращения 22.02.2018).

4. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements.

5. http://www.era.europa.eu/tools/sms/Pages/SMS.aspx (дата обращения 22.02.2018).

6. Павлов Л.Н., Зайцева Т.Н., Целищева О.Л., Майоров В.Г. Обеспечение безопасности движения: европейский опыт // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 7. – С. 74–77.

7. http://www.modsafe.eu (дата обращения 22.02.2018).

8. ISO 28001:2007 Security management systems for the supply chain – Best practices for implementing supply chain security, assessments and plans – Requirements and guidance.

9. OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems. Requirements.

10. SO 14001:2015 Environmental

References

1. Boldea I. Linear Electric Machines, Drivers, and Maglev's Handbook. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. 654 p.

2. Chevailler S. Comparative study and selection criteria of linear motors. – These № 3569, École Polytechnique Federale de Lausanne, 2006. 239 p.

3. Shmatchenko VV, Plekhanov PA. *Transportnye sistemy i tekhnologii*. 2015;2(2):127–142. Available from: http://www.transsyst.ru/files/10-shmatchenko-v-v-pdf.pdf (cited 2018 Feb 22). (In Russ.)

4. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements

5. http://www.era.europa.eu/tools/sms/Pages/SMS.aspx (cited 2018 Feb 22).

6. Pavlov LN, Zaitseva TN, Tselicheva OL, Maiorov VG. *Zheleznodorozhnyi transport*. 2007;7:74–77. (In Russ.)

7. http://www.modsafe.eu (cited 2018 Feb 22).

8. ISO 28001:2007 Security management systems for the supply chain – Best practices for implementing supply chain security, assessments and plans – Requirements and guidance.

9. OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems. Requirements.

10. ISO 14001:2015 Environmental

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

management systems – Requirements with guidance for use.

11. IEC 62278(2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).

12. IEC 62279(2015) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems.

13. IEC 60300-3-3(2017) Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing.

14. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

15. Braband J. A proposal for common safety methods for risk assessment in European Railways // Railway Gazette “SIGNAL + DRAHT”. – 2007. – № 4 (99). – P. 34–37.

management systems – Requirements with guidance for use.

11. IEC 62278(2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).

12. IEC 62279(2015) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems.

13. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

14. IEC 62425(2007) Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling.

15. Braband J. *Railway Gazette “SIGNAL + DRAHT”*. 2007;4(99):34–37.

Сведения об авторах:

Шматченко Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 5152-2090; ORCID 0000-0001-6963-7286;
E-mail: railwayradio@gmail.com

Плеханов Павел Андреевич, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 1532-9427; ORCID 0000-0002-2546-259X;
E-mail: pavelplekhanov@gmail.com

Роенков Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент,
eLibrary SPIN: 7312-5208; ORCID 0000-0003-2160-0921;
E-mail: roenkov_dmitry@mail.ru

Иванов Виктор Геннадьевич,
ORCID 0000-0002-8078-3628;
E-mail: ivanov.v.g.spb@gmail.com

Information about the authors:

Vladimir V. Shmatchenko, Candidate of Engineering Science,
eLibrary SPIN: 5152-2090; ORCID 0000-0001-6963-7286;
E-mail: railwayradio@gmail.com

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Pavel A. Plekhanov, Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 1532-9427; ORCID 0000-0002-2546-259X;
E-mail: pavelplekhanov@gmail.com

Dmitry N. Roenkov, Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
eLibrary SPIN: 7312-5208; ORCID 0000-0003-2160-0921;
E-mail: roenkov_dmitry@mail.ru

Victor G. Ivanov,
ORCID 0000-0002-8078-3628;
E-mail: ivanov.v.g.spb@gmail.com

Цитировать:
Шматченко В.В., Плеханов П.А., Роенков Д.Н., Иванов В.Г. Подготовка специалистов и разработка нормативной базы проектирования магнитолевитационных транспортных систем в России // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 138-154. DOI: 10.17816/transsyst2018041138-154.

To cite this article:
Shmatchenko VV, Plekhanov PA, Roenkov DN, Ivanov VG. Training of Specialists and Development of Design Regulatory Framework for Russian Magnetic Levitation Transport Systems. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):138-154. DOI: 10.17816/transsyst2018041138-154.

Received: 26.02.2018. Accepted: 28.03.2018 This article is available under license Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.