

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 4 (22)
декабрь 2016

I N N O T R A N S



Перспективы реализации проекта «Экономический пояс Шелкового пути» для Курганского региона С. 15

Формирование дружественной
сети общественного транспорта
при создании ВСМ

К решению проблемы
водоснабжения
Крымского полуострова

«Ласточка» или «Иволга» —
что лучше?



Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА



Основана 26 июня 1991 года, насчитывает 966 действительных членов, среди которых доктора и кандидаты технических наук, доктора транспорта.

Располагает 12 региональными отделениями и имеет большой опыт работы в области транспортного планирования и развития транспортных систем регионального и муниципального уровня.

Проведение научно-исследовательских и научно-технических работ является приоритетной задачей Российской академии транспорта.

Реализованные государственные контракты на выполнение научно-исследовательских работ за последнее время по темам:

- «Разработка методологических подходов и рекомендаций по разработке региональных транспортных стратегий, увязанных с приоритетами, целями и задачами Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2013 года»
- «Научное обоснование комплексного развития международных транспортных коридоров, проходящих по территории Российской Федерации на среднесрочную и долгосрочную перспективу»

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Центральное отделение:
107078, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34.
Тел.: +7 (495) 789-98-72, факс: +7 (495) 789-98-71.
Сайт: www.ratrf.ru

Уральское межрегиональное отделение:
620034 г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, УрГУПС.
Тел.: 8-922-205-95-92, факс: (343) 221-24-67.
E-mail: Anna@usurt.ru

С НАМИ СОТРУДНИЧАЮТ:



Минтранс РФ



Министерство транспорта
и дорожного хозяйства
Волгоградской области



АЭРОФЛОТ

**СКОРОСТНЫЕ
МАГИСТРАЛИ**

Инновационный транспорт

Научно-публицистическое издание

№ 4 (22), 2016 г.

Издается с ноября 2011 г.

Учредители: Российская академия транспорта (РАТ),

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)

Главный редактор Александр Геннадьевич Галкин, д-р техн. наук, профессор, ректор УрГУПС, председатель Уральского отделения РАТ

Научный редактор Дмитрий Германович Неволин, д-р техн. наук, профессор, действительный член РАТ

Редактирование и корректура — Елена Владимировна Чагина

Верстка и дизайн — Андрей Викторович Трубин

Адрес редакции: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, каб. Б2-79. Тел. (343) 221-24-42, 221-24-90.

Веб-сайт: www.usurt.ru, e-mail: innotrans@mail.ru

Свидетельство о регистрации средства массовой информации Роскомнадзора ПИ № ФС 77-46984 от 14 октября 2011 г.

Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) № 586908. Зарегистрировано в Государственном реестре товарных знаков и знаков обслуживания РФ 14.09.2016 г.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022.

DOI: 10.20291/2311-164X.

Подписано в печать 30.12.2016. Печать офсетная.

Тираж 1000 экз.

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 2016

© Общероссийская общественная организация «Российская академия транспорта», 2016

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Александр Геннадьевич Галкин, доктор технических наук, профессор, главный редактор журнала «Инновационный транспорт», действительный член РАТ, ректор Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Рольф Элштайн, доктор технических наук, Siemens (Германия).

Денис Викторович Ломотко, доктор технических наук, академик Транспортной академии Украины, профессор Украинского государственного университета железнодорожного транспорта, Харьков (Украина).

Мargarita Булатовна Имандосова, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау (Казахстан).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дмитрий Германович Неволин, доктор технических наук, профессор, научный редактор журнала «Инновационный транспорт», действительный член РАТ, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Петр Алексеевич Козлов, доктор технических наук, профессор, действительный член РАТ, директор научно-производственного холдинга «Стратег», Москва (Россия).

Сергей Алексеевич Румянцев, доктор физико-математических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Валерий Михайлович Самуйлов, доктор технических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Игорь Александрович Тараторкин, доктор технических наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Гусеничные машины» Курганского государственного университета, заведующий Курганским отделом механики транспортных машин Института машиноведения УрО РАН, Курган (Россия).

Елена Николаевна Тимухина, доктор технических наук, профессор, действительный член РАТ, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург (Россия).

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 4 (22), 2016

Published since November 2011

Founders: Russian Academy of transport (РАТ), Ural state University of railway transport (USURT)

Editor-in-chief Alexander G. Galkin, DSc in Engineering, Professor, Rector of USURT, Chairman of RAT Ural Department

Scientific editor Dmitry G. Nevolin, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office: Office B2-79, 66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034. Telephone: (343) 221-24-42, 221-24-90.

Web-site: www.usurt.ru. E-mail: innotrans@mail.ru

Mass media registration certificate of Roskomnadzor PI No. FS 77-46984 dated October 14, 2011.

Subscription reference number of the issue in the All Russia Catalogue “Russian Press” — 85022.

Released for printing on 30.12.2016. Offset printing.

Circulation 1000 copies.

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2016

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2016

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Alexander G. Galkin, DSc in Engineering, Professor, Editor-in-Chief of Innotrans magazine, full member of RAT, Rector of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg (Russia).

Rolf Epstein, DSc in Engineering, Siemens (Germany).

Denis V. Lomotko, DSc in Engineering, Academician of the Transport Academy of Ukraine, professor of the Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov (Ukraine)

Margarita B. Imandosova, DSc in Engineering, professor, vice-rector for academic affairs of the Caspian State University of Technologies and Engineering named after S. Yesenov, Aktau (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD

Dmitry G. Nevolin, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT, Scientific Editor of Innotrans journal, Head of Car Design and Operation Chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg (Russia).

Pyotr A. Kozlov, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT, Director of Scientific Production Holding Strateg, Moscow (Russia).

Sergey A. Rumyantsev, Doctor of Physico-mathematical Sciences, full member of the Russian Academy of Transport, Professor of “Higher and Applied Mathematics” at Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg (Russia).

Valery M. Samuilov, DSc in Engineering, full member of RAT, Professor, Logistics and World Economy Chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, (Russia).

Igor A. Taratorkin, Doctor of Technical Sciences, Professor of “Track Machines” Department at Kurgan State University, member of the Russian Academy of Transport, Institute of Mechanical Engineering Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Head of the Mechanics of transport vehicles office, Kurgan (Russia).

Elena N. Timukhina, Doctor of Technical Sciences, professor, member of Russian Academy of Transport, Head of “Field operation management” department of the Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, (Russia).

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Петров М.Б., Журавская М.А., Левченко М.А.</i> Пути и возможности формирования дружественной сети регионального и городского общественного транспорта при создании ВСМ	3
<i>Мартыненко А.В., Фарносова Я.А., Шерышова А.Е.</i> Математическое моделирование пассажирских авиаперевозок	9
<i>Самуйлов В.М., Парышев Д.Н., Ильтяков А.В., Харин В.В.</i> Перспективы реализации проекта «Экономический пояс Шелкового пути» для Курганского региона	15

Организация производства (транспорт)

<i>Печура О.В.</i> Структурно-динамический анализ показателей движения грузов железнодорожного и автомобильного транспорта РФ	19
<i>Окунев А.В.</i> Разработка автоматизированной системы по определению стоимости жизненного цикла участка реконструкции контактной сети	23
<i>Чеботаев А.А., Ивахненко А.М., Чеботаев Д.А.</i> Повышение деловой активности в товародвижении путем расширения пакетизации и контейнеризации поставок	27
<i>Кунцевич Ф.Б., Танклевский М.М., Ткачевский И.Д.</i> К решению проблемы водоснабжения Крымского полуострова гидроизолированными водоемами	33
<i>Евсеев А.В.</i> Роль шахмат в профессионально-прикладной подготовке студентов транспортных вузов	39

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Расулов М.Х., Ризаев А.Н., Рахимов Р.В.</i> Теоретические исследования по определению прочностных характеристик кузова вагона-цементовоза производства Республики Узбекистан	43
<i>Аксенов Н.А.</i> Современные способы определения степени разрегулировки опор контактной сети	48
<i>Буйносов А.П., Умылин И.В.</i> «Ласточка» или «Иволга» — что лучше? Мнения экспертов	52
<i>Азаров Е.Б., Бабкин А.В., Румянцев С.А.</i> Численные и экспериментальные исследования динамики вибротранспортирующей машины как единой электромеханической системы	57
<i>Ветлугина О.И., Пышкин А.А.</i> Определение вероятностных характеристик выпрямленного напряжения тяговых подстанций с учетом ступенчатого автоматического регулирования АРН	62
<i>Глушко М.И.</i> Условия схода подвижного состава	66

Эксплуатация автомобильного транспорта

<i>Боярский С.Н., Ковалев Р.Н., Степанов А.С.</i> К вопросу о критерии эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта в условиях движения в плотных транспортных потоках больших городов	70
--	----

CONTENTS

Transport and transport-technology system of the country, its regions and cities, manufacture organization on transport

<i>Mikhail B. Petrov, Marina A. Zhuravskaya, Maxim A. Levchenko.</i> Ways and opportunities of building a user-friendly network of regional and city passenger commute transport during creation of HSH	3
<i>Alexandr V. Martynenko, Yana A. Farnosova, Anastasya E. Sheryshova.</i> Mathematic modeling of passenger air transport	9
<i>Valery M. Samuilov, Dmitry N. Paryshev, Aleksandr V. Iltyakov, Valery V. Kharin.</i> Prospects of implementing the “Silk Road economical belt” project for the Kurgan region.	15

The organization of production (transport)

<i>Oksana V. Pechura.</i> Structure dynamic analysis of the freight circulation in the Russian Federation railway and road transport	19
<i>Alexandr V. Okunev.</i> Development of an automated system for estimating the life cycle costs of an overhead network section reconstruction	23
<i>Alik A. Chebotayev, Andrey M. Ivakhnenko, Dmitry A. Chebotayev.</i> Increase of business activity in goods movement by expanding the packeted and container shipping. Shaping material flows	27
<i>Felix B. Kuntzevich, Mikhail M. Tanklevsky, Igor D. Tkachevsky.</i> On the solution of the Crimean Peninsula water supply problem using hydraulically insulated reservoirs	33
<i>Alexandr V. Evseev.</i> The part of chess in professional and applied training of transport university students	39

Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Marufdjan Rasulov, Abdumalik Rizaev, Rustam Rakhimov.</i> Theoretical research for defining the body durability characteristics of cement carrier rail car manufactured in the Republic of Uzbekistan	43
<i>Nikita A. Aksyonov.</i> Modern methods of defining the misalignment degree of the overhead network supports	48
<i>Alexandr P. Buiosov, Ilya V. Umylin.</i> “Lastochka” or “Ivolga” – which is better? Expert opinions	52
<i>Evgeny B. Azarov, Andrey V. Babkin, Sergei A. Rummyantzev.</i> Numeric and experimental research of dynamics of a vibration transport machine as an integral electromechanical system	57
<i>Olga I. Vetlugina, Anatoly A. Pyushkin.</i> Defining probability characteristics of the traction sub-station rectified voltage, accounting for the stepped automatic regulation of AVR's	62
<i>Marat I. Glushko.</i> Rolling stock derailment conditions	66

Operation of motor transport

<i>Sergey N. Boyarskiy, Rudolf N. Kovalev, Anton S. Stepanov.</i> Concerning the performance criteria of automotive passenger transport fleet in the dense traffic flow of major cities	70
--	----



**Михаил
Борисович
Петров**
Mikhail B.
Petrov



**Марина
Аркадьевна
Журавская**
Marina A.
Zhuravskaya



**Максим
Александрович
Левченко**
Maxim A.
Levchenko

Пути и возможности формирования дружественной сети регионального и городского общественного транспорта при создании ВСМ

Ways and opportunities of building a user-friendly network of regional and city passenger commute transport during creation of HSH

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы формирования дружественной транспортной сети на основе сопряжения скоростного регионального и городского общественного транспорта. Предложена дескриптивная модель дружественного транспорта. Особое внимание уделено роли дружественной сети в формировании платежеспособного спроса на перевозки высокоскоростным транспортом.

Ключевые слова: высокоскоростные магистрали, пассажирские перевозки, городской общественный транспорт, дружественная сеть, транспортно-пересадочные узлы, формирование спроса на перевозки.

Abstract

The article reviews the issues of forming a user-friendly network based on the conjunction of high-speed regional transport and city commute transport. A descriptive model of friendly transport is proposed. Special attention is given to the part of a user-friendly network in shaping an effective consumer demand for high-speed transport travel.

Keywords: high-speed rail network, passenger transport, city commute transport, user-friendly network, transfer hubs, forming travel demand.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-3-8

Авторы Authors

Михаил Борисович Петров, д-р техн. наук, доцент, заместитель директора Института экономики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭ УрО РАН), Екатеринбург; e-mail: michpetrov@mail.ru | *Марина Аркадьевна Журавская*, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: mzhuravskaya@usurt.ru | *Максим Александрович Левченко*, ассистент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: mlevchenko@usurt.ru

Mikhail Borisovich Petrov, Doctor of Technical Sciences, associate professor, deputy director of the Institute of Economics of the Urals department, Russian Academy of Sciences (IE YRO RAS), Yekaterinburg; e-mail: michpetrov@mail.ru | *Marina Arkadievna Zhuravskaya*, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the "World Economics and Logistics" chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: mzhuravskaya@usurt.ru | *Maxim Aleksandrovich Levchenko*, assistant at the "World Economics and Logistics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: mlevchenko@usurt.ru

Введение

В последнее время термин «дружественный» все чаще встречается в мировой научной литературе: «age-friendly city» (дружественный город для пожилых людей) [1–2], «walking-friendly cities» (дружественные города для пешеходов) [3], «friendly administration» (дружественная администрация) [4], «individuals' adoption of environmentally friendly behaviors» (принятие поведения, дружественного к окружающей среде) [5], «friendly urban space» (дружественное городское пространство) [6], «friendly transport system» (дружественная транспортная система) [7], «friendly public transport» (дружественный общественный транспорт) [8] и т. д. Поскольку целью данной статьи является обоснование принципов формирования, описания и оценки дружественной сети городского общественного транспорта, то более подробно авторы остановились именно на последнем термине.

Что же означает термин «дружественный» вообще и применительно к городскому общественному транспорту в частности? Анализ литературы [1–8] выявил, что термин применяют, как правило, в двух случаях. Во-первых, когда говорят об устойчивом развитии систем, где наряду с экономическими и социальными сферами жизнедеятельности человека важное место отводится защите окружающей среды: «сочетание всех факторов, которые способствуют воспитанию, информированию и повышению осведомленности лиц о важности охраны окружающей среды и их участие в экологически чистой деятельности в целях стимулирования такого поведения среди граждан» [4]. Большое значение экологической составляющей современных транспортных систем уделял и канадский ученый Т. Литман, он обобщил материал более чем 150 исследований и разработал матрицу устойчивого развития [9]. Таким образом, устойчивая транспортная политика города должна опираться на универсальную интеграцию: степень поддержания необходимой устойчивости транспортного сектора зависит как от экономики, социальной сферы, так и от окружающей среды. Второе значение термина «дружественный» определяется в научной литературе как удобная, доступная среда для жизни и работы разных слоев общества: «дружелюбное городское пространство для спокойной и благоприятной жизни, работы, игры для всех» [5]. Очевидно, что глобальной целью создания дружественной среды является именно комбинация этих двух значений термина: удобная и экологически безопасная транспортная среда. Авторам статьи ближе всего этот термин в значении «удобная и экологически безопасная форма мобильности в городской среде» [3, 10].

Важно отметить, что вопросами перепроектирования или моделирования транспортной инфраструктуры, отвечающей принципам дружественной сети, занимались ученые многих стран [11–13]. Авторами настоящей ста-

ты также изучались вопросы оптимизации транспортной сети в работах [14–15]. Отличительной особенностью этих исследований стал акцент на формирование дружественной сети городского общественного транспорта в условиях интеграции в него регионального высокоскоростного транспорта с позиции соблюдения экономических, социальных и экологических требований.

Феномен дружественности возникает на пересечении ценностей экономической, экологической и социальной подсистем транспорта, а его дружественная среда, соответственно, удовлетворяет критериям этих подсистем. Таким образом, оценка меры дружественности среды возможна как многокритериальная. Повышение эффективности транспорта без потери социальных и экологических критериев соответствует генеральной цели повышения качества жизни. Для городского транспорта воздействие на качество жизни может и должно расцениваться как непосредственная цель развития.

Очевидно, что при сопряжении высокоскоростных магистралей (ВСМ) с системой городского общественного транспорта расширяется транспортно-логистическая доступность и повышается мобильность населения, а увеличение железнодорожного сегмента пассажирооборота за счет высокоскоростного движения снижает вредные выбросы (табл. 1) и потребление энергии (табл. 2).

Таблица 1

Удельные объемы выбросов загрязняющих веществ от разных видов транспорта, г/пкм

Вид транспорта	CO	CH ₄	NO ₂	C	SO ₂
Автомобильный	15,131	2,138	2,738	0,093	0,207
Железнодорожный	0,205	0,037	0,119	0,007	0,058
Водный*	0,130	0,064	0,233	0,018	0,261
Воздушный	12,124	3,257	7,694	0,428	2,764

*В качестве водного транспорта выступает морской; показатели для речного транспорта несколько выше, чем для морского.

Таблица 2

Удельное потребление энергии разными видами транспорта, ккал/пкм

Транспорт	Удельное потребление энергии, ккал/пкм
Поезд	50
Автобус	300
Самолет	480
Речной транспорт	550
Легковое авто	580

Вместе с тем следует признать, что организация высокоскоростного движения — очень затратный проект, и для обеспечения ценовой доступности ВСМ необходимо разрабатывать специальные меры — от дотирования, особенно на начальном этапе, до стимулирования спроса в рамках прогнозируемой потребности в перевозках по ВСМ.

Метод оценки пассажиропотока и формирования спроса на услуги ВСМ

При обосновании и проектировании региональной ВСМ необходимо исходить из прогнозных оценок пассажиропотока, составляющего платежеспособный спрос. Прогноз спроса выполняется с учетом потенциального суммарного пассажиропотока между крупнейшими городами — региональными центрами путем моделирования условий его трансформации в спрос на перевозки ВСМ. Тариф может быть определен на основе существующего пассажиропотока между соседними городами — региональными центрами. В настоящее время такой пассажиропоток включает три составляющих: пассажиропоток железнодорожным, автобусным и индивидуальным автотранспортом. Причем за два последних десятилетия произошло перераспределение его структуры в пользу автомобильного транспорта, а железные дороги существенно утратили свои позиции.

Суммарный пассажиропоток может быть определен на основе нескольких методов:

- прямой счет и экстраполяция тенденции;
- гравитационная модель с экспериментальной оценкой ее параметров;
- статистические и эконометрические методы, учитывающие социально-экономические показатели двух регионов и их центров.

Следующий шаг оценки расчетного пассажиропотока ВСМ состоит в формировании спроса в обратной зависимости от совокупных транспортных затрат пассажира (тариф, альтернативные издержки времени в пути и дополнительного времени на подъезд до ВСМ и пересадки). Диапазон спроса в основном варьируется за счет переключения части потока с индивидуального автотранспорта и автобусов на ВСМ.

Среди факторов, влияющих на фактический спрос в рамках потенциального пассажиропотока, следует рассматривать как ценовые, в основе которых лежит тариф, так и неценовые (качественные): эффективный трафик транспортных средств, удобство и экономичность пересадок (удачная организация транспортно-пересадочных узлов — ТПУ), дополнительные затраты на подвоз и развоз к (от) ТПУ.

Согласно логике гравитационной модели, пассажиропоток между крупнейшими соседними городами можно определить следующим образом:

$$\sum L_{ij} = \alpha \frac{N_i N_j}{R^2}, \quad (1)$$

где L_{ij} — пассажиропоток из города i в город j ; α — коэффициент размерности, определяемый статистически на основе ретроспективных фактических показателей для городов i и j либо по панельной выборке с включением других пар крупнейших городов страны с аналогичным взаимным положением; N_i, N_j — население городов i и j ; R — расстояние между городами i и j .

Функция спроса представляет собой зависимость пассажиропотока от тарифа и прочих влияющих факторов. Если последние считать фиксированными на коротком интервале времени, то спрос принимает вид

$$L_{ij} = L(T), \quad (2)$$

где L_{ij} — объем спроса на услуги ВСМ, число пассажиров между рассматриваемыми городами за период времени (сутки, неделя, месяц); T — тариф на проезд в ВСМ.

Такая функция может быть получена на основе известных микроэкономических моделей индивидуального и рыночного спроса [16, 17].

Таким образом, для оценки спроса на поездки ВСМ возможен следующий алгоритм (рис. 1).

По этому алгоритму сначала оценивается индивидуальный спрос для представителя каждого сегмента пассажиропотока путем максимизации субъективной функции полезности для представителя каждого сегмента при различных соотношениях полных экономических затрат на поездку ВСМ и альтернативным транспортом (например, автобусом). Затем определяется суммарный спрос путем суммирования спросов сегментов. Полезность транспортной схемы для пассажира на маршруте между двумя городами мы рассматриваем как величину, обратно зависящую от суммарного времени в пути «от двери до двери», с поправками на комфортность поездки. Экономические затраты на поездку включают в себя кроме тарифа междугородного транспорта затраты на подъезд к терминалу магистрального транспорта и разезд по городу после прибытия в него междугородным транспортом.

Если исходить из того, что суммарное число поездок между рассматриваемыми городами достаточно жестко определено нетранспортными факторами, то модель индивидуального спроса на ВСМ сводится к рациональному распределению поездок пассажира между ВСМ и альтернативными видами транспорта (рис. 2).

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

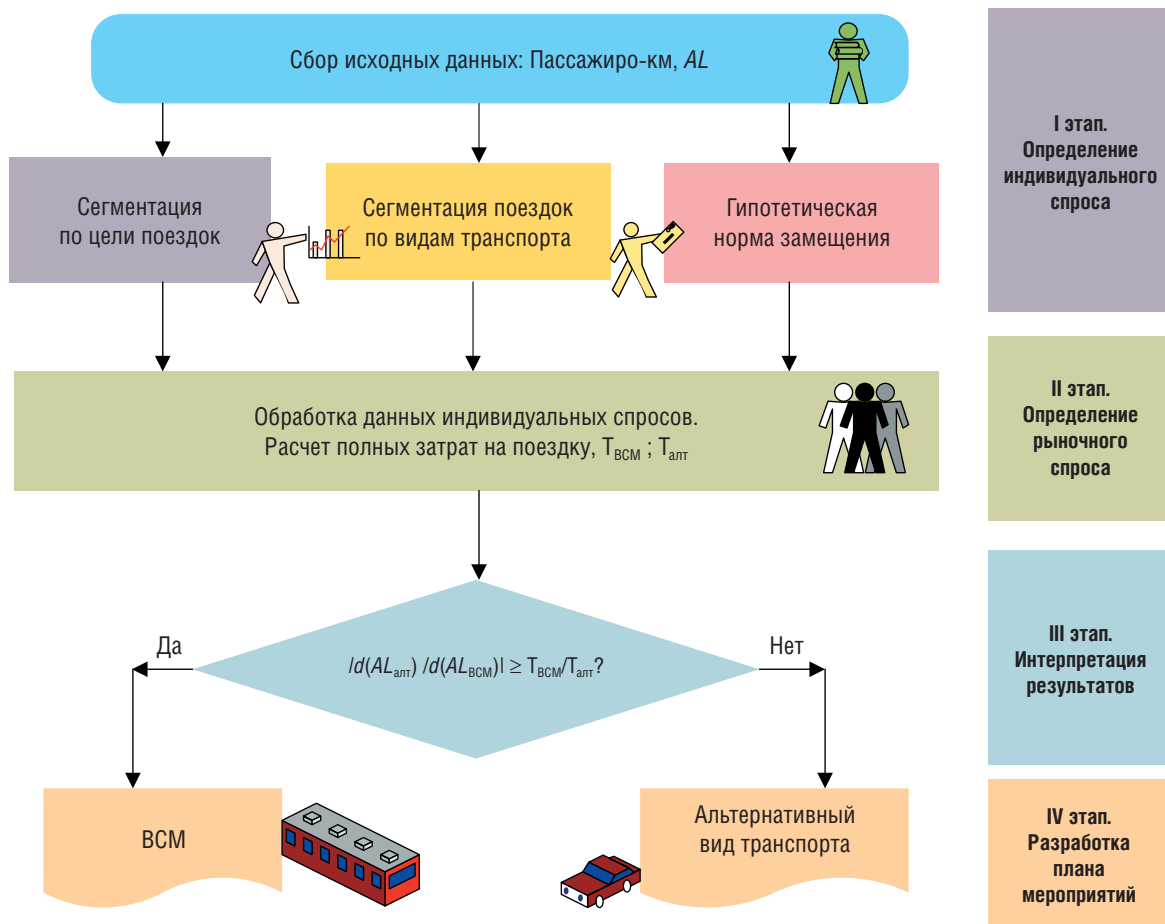


Рис. 1. Алгоритм формализации потребительского выбора вида транспорта на определенном маршруте

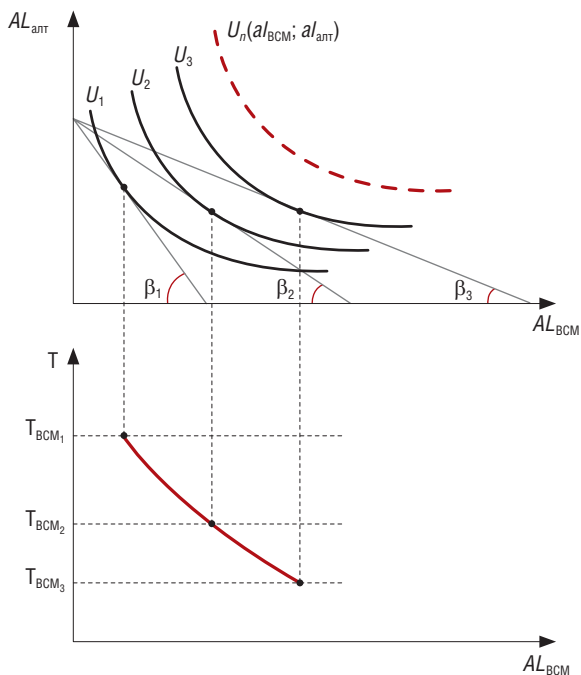


Рис. 2. Микроэкономическая модель формирования индивидуального спроса на перевозки

На верхнем графике рис. 2 показаны точки равновесного распределения транспортного бюджета типowego потребителя между ВСМ и альтернативными видами транспорта. Они являются точками касания линии бюджетного ограничения в виде наклонной прямой с соответствующей «кривой безразличия», каждая из которых объединяет все сочетания числа поездок пассажиром по ВСМ и альтернативным способом за фиксированный период времени (год) в координатах «число поездок ВСМ — число поездок альтернативным транспортом». На нижнем графике рис. 2 объемы индивидуального спроса поставлены в явную зависимость от тарифа ВСМ. Ось абсцисс обоих взаимосвязанных графиков представляет собой число поездок типowego представителя выделенной группы пассажиров по ВСМ за год, ось ординат нижнего графика — уровни тарифа ВСМ. Таким образом, на нижнем графике мы получаем кривую индивидуального спроса.

Уравнение линий бюджетного ограничения (наклонных прямых на рис. 2) имеет вид

$$D = T_{\text{ВСМ}} \cdot AL_{\text{ВСМ}} + T_{\text{альт}} \cdot AL_{\text{альт}}, \quad (3)$$

где D — фиксированный размер бюджета типового пассажира группы на годовые переезды из одного города в другой; $T_{\text{ВСМ}}$, $T_{\text{алт}}$ — соответственно тариф ВСМ и тариф альтернативного вида транспорта; $AL_{\text{ВСМ}}$, $AL_{\text{алт}}$ — переменные числа поездок за год соответственно по ВСМ и альтернативным способом.

Угол наклона этих прямых соответствует соотношению тарифов:

$$\beta_j = \frac{T_{\text{ВСМ}}}{T_{\text{алт}}}. \quad (4)$$

Тариф альтернативы в целях моделирования спроса на ВСМ полагаем неизменным, варьируя тариф ВСМ. За счет этого угол меняется. Таким образом, снижение относительного тарифа ВСМ приводит к замещению альтернативных транспортных схем перевозками по ВСМ, что соответствует закону спроса, кривая которого в виде явной зависимости объема спроса от тарифа образуется на нижнем графике рис. 2.

Если ввести в рассматриваемую микроэкономическую модель дальнейшие упрощения, можно обосновать предельную кратность удорожания по ВСМ для регулярного пассажира в сравнении с альтернативным способом — традиционным транспортом на этом маршруте (автобусом).

Получение кривой спроса на перевозки по ВСМ на основе распределения транспортного бюджета регулярного пассажира, максимизирующего свою функцию транспортной полезности

Каждая из кривых U на рис. 2 — это множество сочетаний объема поездок по ВСМ и альтернативным способом, которые пассажир полагает для себя равноценными. Если в качестве меры U принять число поездок, а в качестве размерности осей, в которых построены эти кривые, время (в часах), которое приходится проводить при использовании ВСМ (ось абсцисс) и без ВСМ (ось ординат), то кривые U станут прямыми, а угол их наклона будет равен отношению времени в пути без ВСМ к времени в пути по ВСМ. Равновесие модели в этом случае будет либо угловым, либо множественным. Угловое равновесие означает вытеснение одним видом транспорта другого и возникает при соотношении затрат на поездку альтернативными видами транспорта, отличающемся от величины, обратной соотношению полного време-

ни в пути. Множественное решение (неопределенность модели) получается при равенстве соотношения времени в пути и обратного соотношения затрат на поездку, что соответствует параллельности линий U и бюджетных линий. Такая интерпретация модели однозначно указывает на то, что для успешного и гарантированного формирования платежеспособного спроса на ВСМ между региональными центрами удорожание поездки по ВСМ в сравнении с существующей альтернативной транспортной схемой не должно превышать кратности сокращения полного времени, потраченного пассажиром в пути между двумя городами. Полное время включает в себя время, проведенное в магистральном (междугородном) транспорте, городском транспорте, и время пересадки (пребывания пассажира в ТПУ). Если предположить более редкий график и возможную неравномерность движения высокоскоростных поездов в течение суток, то полное удорожание поездки по ВСМ должно быть значительно меньшим, чем кратность сокращения полного времени в пути.

Таким образом, задача формирования дружественной сети городского общественного транспорта в условиях интеграции в него регионального высокоскоростного транспорта включает в себя:

- экономические вопросы (формирование тарифа: цена на проезд в ВСМ должна быть соразмерна выигрышу во времени);
- вопросы социальной сферы (в городе не должен пропасть эффект действия высокоскоростного транспорта: скорости, а также удобства и комфорта передвижения пассажира, что не всегда возможно обеспечить в условиях компактной городской застройки);
- вопросы окружающей среды (снижение экологически вредных выбросов автотранспорта, снижение шума, снижение потребления энергии и т.д.)

В результате проведенного исследования авторами определено понятие дружественной транспортной среды, в которой ВСМ становится качественно новым ключевым элементом. Определены условия формирования индивидуального спроса на перевозки высокоскоростным транспортом, и построен алгоритм формализованного описания предпочтений группы однородных пассажиров той или иной транспортной схемы. Установлено, что спрос на ВСМ будет формироваться при условии его полной интеграции в региональный и городской общественный транспорт и при снижении транспортных затрат. **ИТ**

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 16-06-00464, 14-07-00222.

Список литературы

1. Is a healthy city also an age-friendly city? / J. Jackisch, G. Zamaro, G. Green, M. Huber // *Health Promotion International*. — 2015. — Vol. 30, No. S1. — P. i108-i117.
2. Manchester H., Facer K. Towards the All-Age Friendly City // Working Paper 1 of the Bristol All-Age-Friendly City Group [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.researchgate.net/publication/281203621> (дата обращения: 29.07.2015).
3. Perić D., Lesjak M., Petelin M. Perspectives of Locals and Tourists // *Geographica Pannonica*. — 2015. — Vol. 19. — Issue 4. — P. 212–222.
4. Kisielnicki J. Friendly administration project of the procedure for personal income tax payment. Suggested changes and the role of information technology // *Polish Journal of Management Studies*. — 2010. — No. 1. — P. 15–22.
5. Factors influencing environmentally friendly behaviors. An exploratory study on Braşov residents / E. Untaru, A. Ispas, A. N. Candrea, G. Epiran [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.researchgate.net/publication/279512050> (дата обращения: 29.07.2015).
6. Damingo L. The place project and surrounding context [Электронный ресурс]. — URL: https://www.researchgate.net/profile/Levi_Damingo (дата обращения: 29.07.2015).
7. Olivková I. Public transport in Czech Republic // *Transport problems*. — 2008. — Т. 3. — P. 53–58.
8. Olszewski P., Krukowski P. Quantitative assessment of public transport interchanges [Электронный ресурс]. — URL: https://www.researchgate.net/profile/Piotr_Olszewski2/publications (дата обращения: 29.07.2015).
9. Litman T. Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf> (дата обращения: 29.07.2015).
10. Журавская М. А., Коцан В. В., Парсюрова П. А. К вопросу формирования дружественной транспортной сети на основе анализа остановочных пунктов городских агломераций // *Инновационный транспорт*. — Екатеринбург, 2016. — № 2 (20). — С. 15–21. — ISSN 2311-164X
11. Rotoli F., Navajas Cawood E., Soria A. Capacity assessment of railway infrastructure. Tools, methodologies and policy relevance in the EU context: technical report / Joint Research Centre, February 2016. — 55 p.
12. Orengo H. A., Livarda A. The seeds of commerce: A network analysis-based approach to the Romano-British transport system // *Journal of Archaeological Science*. — 2016. — No. 66. — P. 21–35.
13. Мартынова Ю. А., Мартынов Я. А. Формализация задачи организации маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // *Науковедение: интернет-журнал*. — 2014. — Вып. 6 (25). — 13 с. — ISSN 2223-5167.
14. Петров М. Б., Тарасян В. С., Журавская М. А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // *Экономика региона*. — 2013. — № 4. — С. 181–189. — ISSN 2072-6414.
15. Zhuravskaya M., Tarasyan V. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // *Transport problems*. — 2014. — Vol. 9. — Issue 4. — P. 121–130.
16. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. *Микроэкономика* / пер. с англ. — М.: Дело, 2000. — С. 78–120.
17. Хайман Д. Н. *Современная микроэкономика: анализ и применение*: в 2 т. Т. 1 / пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1992. — С. 100–115.



**Александр
Валериевич
Мартыненко**
Alexandr V.
Martynenko



**Яна
Александровна
Фарносова**
Yana A.
Farnosova



**Анастасия
Евгеньевна
Шерышова**
Anastasya E.
Sheryshova

Математическое моделирование пассажирских авиаперевозок

Mathematic modeling of passenger air transport

Аннотация

Статья посвящена построению эконометрической модели для описания зависимости между объемами пассажирских авиаперевозок в РФ и такими фундаментальными факторами, как население городов и расстояния между ними.

В результате проведенного анализа было установлено, что объем пассажирских перевозок не описывается классической гравитационной моделью и расстояние между городами не влияет на объем перевозок. В то же время объем пассажирских авиаперевозок существенно зависит от численности населения в городах, причем эта зависимость носит экспоненциальный характер.

Ключевые слова: пассажирские авиаперевозки, гравитационная модель, эконометрическая модель, критерий Фишера, критерий Голдфелда — Квандта.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-9-14

Авторы Authors

Александр Валериевич Мартыненко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), старший научный сотрудник центра развития и размещения производительных сил Института экономики УрО РАН Екатеринбург; e-mail: AMartynenko@usurt.ru | **Яна Александровна Фарносова**, студент гр. Экм-433, кафедра «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Farnosova.yana@mail.ru | **Анастасия Евгеньевна Шерышова**, студент гр. Экм-433, кафедра «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Sheryshovaae@gmail.com

Alexandr Valerievich Martynenko, Candidate of Physics and Mathematic Sciences, assistant professor "Natural Sciences" department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), senior research assistant th the Center for allocation and development of productive forces of the URO RAS Institute of Economics, Yekaterinburg; e-mail: AMartynenko@usurt.ru | **Yana Aleksandrovna Farnosova**, student of group Ekm-433, "World Economics and Logistics" chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Farnosova.yana@mail.ru | **Anastasya Evgenievna Sheryshova**, student of group Ekm-433, "World Economics and Logistics" chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Sheryshovaae@gmail.com

В современном мире авиационный транспорт является основным видом транспорта для выполнения пассажирских перевозок на средние и дальние расстояния. Этим обуславливается значительное влияние, которое он оказывает на различные социально-экономические аспекты жизни общества.

Прежде всего, необходимо указать на огромное значение авиатранспорта для развития экономики. На некоторые отрасли экономики он оказывает непосредственное влияние (например, развитие туристической индустрии напрямую связано с возможностью организации быстрого, дешевого и качественного авиасообщения). На остальные отрасли авиатранспорт влияет косвенно, поскольку развитие экономики регионов и территорий напрямую связано с уровнем развития транспортной инфраструктуры вообще и воздушного сообщения в частности (инвестор не будет добираться до отдаленного района на поезде).

Также необходимо отметить важную роль авиатранспорта в вопросах, связанных с развитием социальной сферы и сферы межкультурных коммуникаций. Возможность осуществления быстрых и комфортных перелетов существенно увеличивает связанность различных культурных, социальных и этнических групп, проживающих в различных странах и регионах.

Таким образом, в условиях России — самой большой по территории страны в мире — пассажирский авиатранспорт играет совершенно особую роль. Дальнейшее развитие этого вида транспорта является необходимым условием развития значительной части территории России. Это делает весьма актуальным вопрос о выработке методов оценки и прогнозирования объемов пассажирских авиаперевозок. Важной составляющей подобных методов являются математические модели, позволяющие оценить количественное влияние различных факторов на исследуемый показатель.

Цель данной работы — построить эконометрическую модель для описания зависимости между объемами пассажирских авиаперевозок в РФ и такими фундаментальными факторами, как численность населения городов и расстояния между ними.

В качестве отправной точки исследования и первоначальной спецификации искомой модели мы будем использовать так называемую гравитационную модель.

Гравитационная модель (от лат. *gravitas* — вес, сила, действие) — модель, описывающая социальные и экономические взаимодействия между пространственными объектами (городами, регионами, странами). Используется в региональном экономическом анализе, при исследовании процессов урбанизации, размещения промышленности, экспортно-импортных взаимосвязей, миграции населения и т. п.

Модель основана на предположении, что величина взаимодействия между географическими объектами пропорциональна некоторым степеням показателей

значимости этих объектов и обратно пропорциональна некоторой степени расстояния между ними:

$$M_{ij} = \gamma \frac{P_i^{\beta_1} P_j^{\beta_2}}{d_{ij}^{\alpha}}, \quad (1)$$

где M_{ij} — объем взаимодействия между объектами i и j ; P_i, P_j — меры значимости объектов i и j ; d_{ij} — расстояние между объектами i и j ; γ, β_1, β_2 и α — параметры модели (постоянные величины).

Отметим, что в случае симметричного взаимодействия, т. е. в случае $M_{ij} = M_{ji}$, не имеет смысла различать β_1 и β_2 . В этом случае гравитационная модель имеет вид

$$M_{ij} = \gamma \frac{(P_i P_j)^{\beta}}{d_{ij}^{\alpha}}. \quad (2)$$

Легко заметить, что формула (1) аналогична физической формуле гравитационного взаимодействия тел. Этим, собственно говоря, и объясняется название этой модели.

Первые попытки использования гравитационной модели при описании пространственного взаимодействия относятся к началу XX века [1]. Активный период использования начался в 1950-х годах. На основе обширного статистического материала было установлено, что такая модель хорошо описывает миграционные потоки, объемы почтовой корреспонденции, количество междугородных телефонных переговоров и ряд других взаимодействий [2]. В то же время выяснилось, что многие виды пространственного взаимодействия очень слабо согласуются с гравитационной моделью. Кроме того, развитие информационных технологий дало возможность использования гораздо более сложных конструкций для пространственного анализа. Это послужило причиной существенного снижения интереса к этой модели в последующие годы. Тем не менее гравитационные модели не утратили своего значения и активно используются в современных исследованиях. Например, в работе Э. Роуза [3] была использована гравитационная модель международной торговли для анализа деятельности ВТО.

В качестве источника исходных данных была использована информация о расписании самолетов, представленная на сайте [4]. Подобную информацию можно найти на многих интернет-ресурсах, однако преимущество данного сайта заключается в том, что он позволяет вывести информацию обо всех рейсах в виде единой таблицы, фрагмент которой представлен на рис. 1.

Вся таблица содержит информацию о более чем 15 000 рейсов. На основе этих данных были подсчитаны количества авиарейсов между каждой парой городов за год. Такой временной интервал был взят, чтобы учесть то, что многие рейсы не являются ежедневными и постоянными в течение года.

Рейсы	Отправление	Прибытие	Дни курсирования
Томск - Абакан самолет Ю 107	Томск Богашево 11:00	Абакан Абакан 13:40	пн, ср, пт по 27.07
Красноярск - Абакан самолет Ю 95	Красноярск Черемшанка 13:40	Абакан Абакан 14:50	только 30 мар, 27 апр, 25 май, 27 июл, 31 авг, 26 сен, 26 окт
Томск - Абакан самолет Ю 102	Томск Богашево 12:30	Абакан Абакан 15:10	пн, ср, сб по 26.03
Москва - Абакан самолет S7 123	Москва Домодедово	Абакан Абакан	ежедневно, кроме вт, чт по 26.05

Рис 1. Фрагмент исходных данных

Далее мы дополнили информацию о рейсах данными о населении городов и расстояниях между ними. В качестве источника информации о численности населения были использованы данные Всероссийской переписи населения 2010 г. [5]. Для вычисления расстояний между городами использовался онлайн-сервис [6].

На последнем этапе подготовки данных для анализа мы исключили из таблицы некоторые связи. Были удалены все пары городов с числом рейсов менее 52, т.е. пары городов с менее чем одним рейсом в неделю. Также мы исключили пары Москва — Санкт-Петербург, Москва — Сочи, Москва — Минеральные Воды, поскольку очевидно, что среди факторов, обуславливающих огромное количество рейсов между этими городами, расстояние и численность населения не являются главными. Использование этих пар при расчете параметров модели может привести к тому, что закономерности, присущие основной массе наблюдений, не будут отражены в полученной модели.

Подготовленные данные были сведены в таблицу, фрагмент которой представлен в табл. 1 (всего в дан-

ной таблице содержится информация для 196 пар городов).

Поскольку пассажиропоток между городами симметричен, то мы будем использовать зависимость (2), которую запишем в виде

$$Q = \gamma \frac{(P_A \cdot P_B)^\beta}{D^\alpha}, \quad (3)$$

где Q и D — число рейсов и расстояние между двумя городами, P_A и P_B — население этих городов. Если обозначить $P = P_A \cdot P_B$, то (3) можно переписать в виде

$$Q = \gamma \frac{P^\beta}{D^\alpha}. \quad (4)$$

Далее нам необходимо линеаризовать (4). Для этого воспользуемся логарифмированием и некоторыми свойствами логарифма, в результате получим

$$\ln Q = \ln \gamma + \beta \ln P - \alpha \ln D.$$

Если ввести обозначения $Q' = \ln Q$, $\gamma' = \ln \gamma$, $P' = \ln P$, $D' = \ln D$, то последнее соотношение можно записать в виде

$$Q' = \gamma' + \beta \cdot P' - \alpha \cdot D'. \quad (5)$$

Для расчета параметров линейной модели (5) воспользуемся инструментом «Регрессия» программы *Microsoft Excel*. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1

Обработанные данные, необходимые для построения модели (фрагмент)

ПунктА	ПунктБ	НасА, чел	НасБ, чел	Расст, км	ЧисРейсов
Москва	Санкт-Петербург	11503501	4879566	636	11949
Москва	Сочи	11503501	343334	1362	8386
Москва	Ростов-на-Дону	11503501	1089261	958	6183
Москва	Казань	11503501	1143535	724	5603
Краснодар	Москва	832532	11503501	1196	5367
Москва	Минеральные Воды	11503501	91501	1341	5136
Москва	Екатеринбург	11503501	1383179	1421	4854
Самара	Москва	1164814	11503501	859	4550
Новосибирск	Москва	1473754	11503501	2822	4338

Результаты расчета линеаризованной модели

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,67
R -квадрат	0,45
Нормированный R -квадрат	0,44
Стандартная ошибка	0,99
Наблюдения	199,00

Дисперсионный анализ						
	df	SS	MS	F	Значимость F	
Регрессия	2	155,88	77,94	79,06	6,68E – 26	
Остаток	196	193,23	0,99			
Итого	198	349,11				

	Козф-фициенты	Стандартная ошибка	t -статистика	P -значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
Y -пересечение	-9,80	1,27	-7,70	6,71E – 13	-12,31	-7,29
Нас'	0,52	0,04	12,08	1,83E – 25	0,43	0,60
Расст'	0,15	0,09	1,60	0,11	-0,04	0,33

Из результатов дисперсионного анализа можно сделать вывод, что модель значима для любого уровня значимости α при $\alpha > 6,68 \cdot 10^{-26}$ (здесь речь идет о значимости по критерию Фишера). Величина коэффициента детерминации $R^2 = 0,45$ не очень велика. Это говорит о том, что население и расстояние не являются определяющими факторами. В то же время коэффициент детерминации достаточно большой, чтобы заключить, что рассматриваемые факторы существенно влияют на объемы пассажирских авиаперевозок.

Оценки коэффициентов и показатели их качества также дают важную информацию. В частности, из того, что P -Значение переменной P' (в табл. 2 она обозначена как Нас') очень мало, следует, что эта переменная значима. Что же касается переменной D' (в табл. 2 она обозначена как Расст'), то слишком большое P -Значение (более 11 %) для этой переменной не позволяет считать ее значимой. Это означает, что расстояние между городами не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на объем пассажирских перевозок. Чтобы в этом убедиться-

ся, построим поле корреляции для значений переменных Q и D (рис. 2). Хаотичный разброс точек поля корреляции показывает, что между переменными Q и D отсутствует какая-либо связь, как линейная, так и нелинейная.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что объем пассажирских перевозок между городами не зависит от расстояния между ними, но при этом он существенно зависит от численности населения этих городов. Последнее означает, что нужно рассмотреть парную зависимость между объемом пассажирских перевозок и численностью населения.



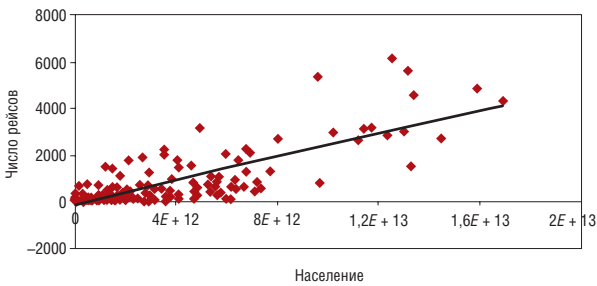
Рис. 2. Поле корреляции для значений переменных Q и D

Будем искать зависимость между числом рейсов Q и произведением численностей населения P . Рассмотрим наиболее часто встречающиеся зависимости: линейную, логарифмическую, степенную и показательную. Используя инструмент «Линия тренда», для каждой из этих зависимостей найдем уравнение регрессии и коэффициент детерминации. Результаты представлены на рис. 3.

Линейная регрессия

$$Q = (2E - 10) * P - 52,056$$

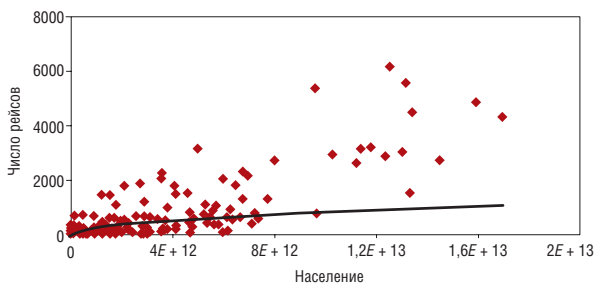
$$R^2 = 0,6613$$



Степенная регрессия

$$Q = 0,0002 * P^{0,5094}$$

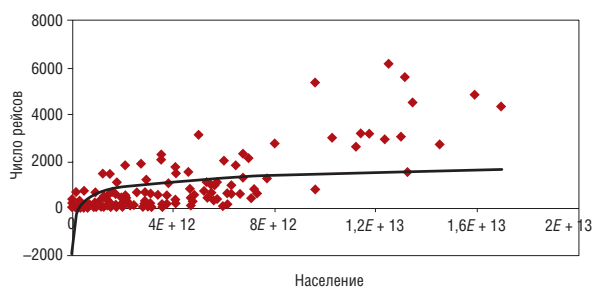
$$R^2 = 0,4395$$



Логарифмическая регрессия

$$Q = 361 * LN(P) - 9351,3$$

$$R^2 = 0,3026$$



Экспоненциальная регрессия

$$Q = 120,8 * \exp((3E - 13) * P)$$

$$R^2 = 0,5961$$

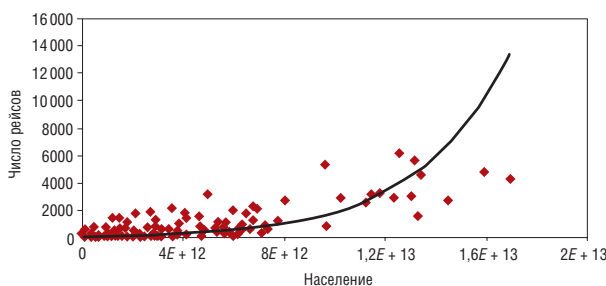


Рис. 3. Парные зависимости между числом рейсов и численностью населения

Из результатов, представленных на рис. 3, следует, что самый высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 66\%$) имеет линейная регрессия. Проверка по критерию Фишера подтверждает значимость этой модели (Значимость $F = 1,73E - 47$). Однако этого недостаточно, чтобы считать данную модель удовлетворительной. Необходимо проверить остатки этой модели на гомоскедастичность. Для нахождения остатков вычислим прогнозные значения переменной Q по формуле

$$Q = (2E - 10) * P - 52,056$$

и найдем их разности с наблюдаемыми значениями переменной Q . Полученные остатки упорядочим по значениям переменной P и изобразим на диаграмме (рис. 4).

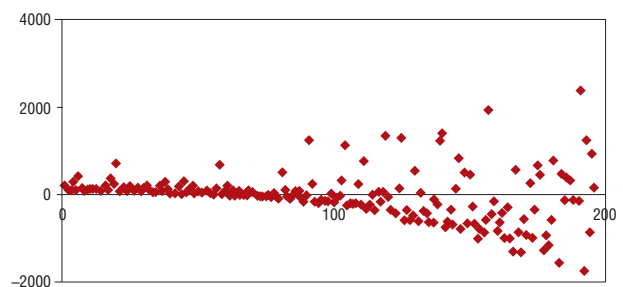


Рис. 4. График остатков линейной модели

На графике остатков видно, что отклонения остатков от нуля существенно возрастают с увеличением значения переменной P , что свидетельствует о наличии гетероскедастичности. Дополним визуальный анализ графика остатков проверкой на гомоскедастичность при помощи теста Голдфелда — Кванта. Для этого в упорядоченном по переменной P списке построим линейные регрессии для первых 50 и последних 50 наблюдений и обозначим суммы квадратов остатков в этих моделях через Σ_1 и Σ_2 соответственно для m последних остатков. Возьмем уровень значимости 0,05 и в соответствии с процедурой теста найдем

$$F_{\text{набл}} = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1} = \frac{50182900}{628028,5} = 79,9$$

и

$$F_{\text{крит}} = F_{0,05}(48,48) = 1,61.$$

Поскольку $F_{\text{набл}} > F_{\text{крит}}$, то гетероскедастичность имеет место и линейная модель должна быть отвергнута.

Из рассмотренных выше нелинейных регрессий самый высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 60\%$) у экспоненциальной регрессии. Для того чтобы проверить ее значимость, а также проверить ее на гомоскедастичность средствами *Microsoft Excel*, необходимо выполнить линеаризацию этой регрессии. Проверка по критерию Фишера подтверждает значимость этой модели

(Значимость $F = 4,7E - 40$). График остатков, упорядоченных по переменной P , представлен на рис. 5.

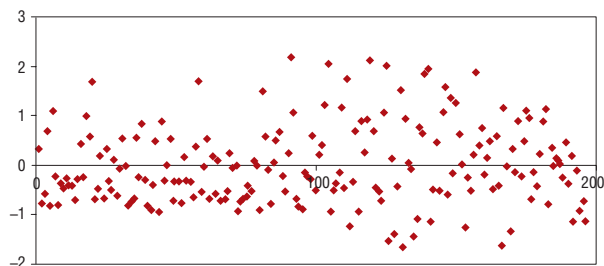


Рис. 5. График остатков линейаризации экспоненциальной модели

Разброс точек на графике остатков говорит о том, что гетероскедастичности скорее всего нет. Для того чтобы в этом убедиться, воспользуемся тестом Голдфелда — Квандта. Как и в линейном случае, найдем остаточные суммы регрессий для первых 50 и последних 50 наблюдений, откуда получим $F_{\text{набл}} = \frac{25,89}{18,7} = 1,38$. Критическое значение при уровне значимости 0,05 равно

$F_{\text{крит}} = F_{0,05}(48,48) = 1,61$. Поскольку $F_{\text{набл}} < F_{\text{крит}}$, то нет оснований считать, что в экспоненциальной модели есть гетероскедастичность. Таким образом, приходим к выводу, что переменные Q и P связаны экспоненциальной зависимостью.

На основании проведенного регрессионного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Объем пассажирских авиаперевозок не описывается с помощью классической гравитационной модели.
2. Объем пассажирских авиаперевозок не обнаруживает какой-либо зависимости от расстояния между городами.
3. Объем пассажирских авиаперевозок существенно зависит от населения городов. Эта зависимость имеет вид:

$$Q = 120,8 \cdot e^{3 \cdot 10^{-13} \cdot P},$$

где Q — количество рейсов между двумя городами, P — произведение численности населения этих городов. Коэффициент детерминации полученной зависимости равен 60%. **ИТ**

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-06-00464.

Список литературы

1. Основы теории транспортных систем : учеб. пособие / А. Э. Горев; СПбГАСУ. — СПб., 2010. — 214 с.
2. Изард У. Методы регионального анализа: введение в науку о регионах / У. Изард. — М. : Прогресс, 1966.
3. Rose A. K. Does the WTO Make Trade More Stable? — URL: <http://www.nber.org/papers/w10207> (дата обращения: 16.03.2016).
4. URL: <http://расписание.рф/> (дата обращения: 16.03.2016).
5. URL: http://www.gks.ru/perepis2010/perepis_itogi1612.htm (дата обращения: 16.03.2016).
6. URL: http://avia.pro/rasstojanie_mezhdu_ajeroportami (дата обращения: 16.03.2016).



Валерий Михайлович Самуйлов

Valery M. Samuilov



Дмитрий Николаевич Парышев

Dmitry N. Paryshev



Александр Владимирович Ильтяков

Aleksandr V. Iltyakov



Валерий Васильевич Харин

Valery V. Kharin

Перспективы реализации проекта «Экономический пояс Шелкового пути» для Курганского региона

Prospects of implementing the “Silk Road economical belt” project for the Kurgan region

Аннотация

Причиной депрессивного состояния экономики Курганской области является отсутствие программ, интегрированных не только в экономику РФ, но и в амбициозные проекты развития восточного соседа. Предлагается использовать уникальное положение Кургана среди регионов как в географическом, так и в транспортном плане. Создание агломерации в составе промышленных центров УрФО и транспортно-логистического кластера обеспечит притяжение к Кургану экономического пояса Шелкового пути (ЭПШП) и, как следствие, сможет превратить депрессивный регион в регион-донор. В целом же от положения Кургана в коридоре ЭПШП значительный социально-экономический эффект гарантированно получит весь Уральский регион.

Ключевые слова: Шелковый путь, транспортно-логистический кластер, агломерация, транспортные переходы, экономический пояс, регионы.

Abstract

The cause of depressive conditions of the Kurgan region economy is lack of programs integrated not only with the economy of the Russian Federation, but in the ambitious development projects of the Eastern neighbor as well. It is proposed to make use of Kurgan's unique position among regions, both geographical and in regards to transport assets. Creating an agglomeration based on the UrFO industrial centers and the transport-logistic cluster will provide for attraction of the Silk Road economical belt (SREB) towards Kurgan and a consequence, transform a depressive region into an economical donor. Overall, positioning Kurgan in the SREB corridor will guarantee a significant socio-economical effect for the entire Urals region.

Keywords: Silk Road, transport logistic cluster, agglomeration, transport pathways, economical belt, regions

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-15-18

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VSamuilov@mail.ru | **Дмитрий Николаевич Парышев**, действительный член РАТ, генеральный директор ЗАО «Курганстальмост», Курган; e-mail: contact@kurganstalmost.ru | **Александр Владимирович Ильтяков**, канд. техн. наук, депутат Государственной думы, Курган; e-mail: iltakov@duma.gov.ru | **Валерий Васильевич Харин**, действительный член РАТ, заместитель директора по научной работе и инновационному развитию Курганского института железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВО УрГУПС, Курган; e-mail: uralakademia@mail.ru

Valery Mikhailovich Samuilov, Doctor of Technical Sciences, full member of the Russian Transport Academy (RTA), professor of the Urals State Railway University (UrGUPS), Yekaterinburg e-mail: VSamuilov@mail.ru | **Dmitry Nikolayevich Paryshev**, full member of RTA, CEO of “Kurganstalmost” CJSC, Kurgan; e-mail: contact@kurganstalmost.ru | **Aleksandr Vladimirovich Iltyakov**, Candidate of Technical Sciences, Stated Dume deputy, Kurgan; e-mail: iltakov@duma.gov.ru | **Valery Vasilievich Kharin**, full member of RTA, deputy director for scientific research and innovative development of the Kurgan railroads institute – branch of FGBOU VO UrGUPS, Kurgan; e-mail: uralakademia@mail.ru

Состояние экономики Курганской области

Начиная с 90-х гг. XX века Курганский регион относится к депрессивным, что в значительной мере связано со структурой промышленности и транспорта, сложившейся за годы советской власти. В условиях переходного периода к рыночным отношениям большинство промышленных предприятий региона, ориентированных на ВПК, оказались малоэффективными и слабо поддающимися диверсификации [1]. В сложившейся ситуации, несмотря на усилия региональных властей, инвестиционная привлекательность области среди регионов УрФО находится на одном из последних мест (данные за 2014 г.). Среднедушевой доход в регионе в среднем за месяц в 2015 г. составил чуть более 20 тыс. руб. Не лучше дело обстоит с демографией. За 2015 г. население области сократилось на 8 тысяч человек. Многие вынуждены были покинуть область в поисках работы. В настоящее время (данные на 01.01.2016) в области проживает 861,4 тысячи человек, что более чем на четверть меньше количества жителей в 80-е годы прошлого века.

Правительство Курганской области одобрило проект бюджета на 2017 г. с дефицитом 3,474 млрд руб. В частности, дефицит бюджета в 2017 г. может составить 8,8% от расходов. Кроме этого, доходы областного бюджета в следующем году составят 35,796 млрд руб., а расходы — 39,270 млрд руб. Дефицит бюджета Курганской области вырос до 10,8% от расходов с начала 2016 г. Таким образом, налицо синергетика отрицательных и трудно решаемых на уровне региона социально-экономических проблем.

Географическое положение области

Для выхода из кризисного состояния региона следует использовать один из синергетических факторов — географический. Среди всех регионов России Курганская область занимает наиболее выгодное положение, являясь естественными воротами из европейской части страны в Сибирь, Среднюю Азию, Китай.

Курган является одним из важнейших транспортных узлов в транспортной сети РФ. В качестве транспортного узла регион был реализован в конце XIX — начале XX века в связи с пуском Транссиба. Выгодное расположение региона привело к тому, что в XX веке здесь появились почти все виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, авиационный, трубопроводный. Однако в последние два десятилетия его важное географическое положение было в значительной мере утрачено.

Синергетический эффект для экономики региона

Такой эффект возможен за счет реализации транспортной и логистической составляющей проекта «Шелковый путь» [2, 3]. По инициативе руководителя КНР Си Цзиньпина Китай после почти шестисотлетнего перерыва приступил к воссозданию Великого Шелкового пути, представив странам евразийского пространства проект «Экономический пояс Шелкового пути» (ЭПШП).

Реанимируя средневековый бренд «Шелковый путь», Китай формулирует для внешнего мира направления развития для своей экономики и политики, которые уже точно не будут в определенных формах (тем более жестких) вписываться в западные пути развития [4].

Объективные условия неизбежно заставляют Китай направлять свои усилия на Запад в сторону Центральной Азии и Европы, так как все проливы и морское пространство Тихого океана жестко контролируются США. Примечательно, что одна из причин создания Транстихоокеанского партнерства, где ключевую роль играют США, является создание определенного барьера на пути возможной экспансии Китая на Американский континент.

Замедление темпов роста второй экономики мира, избыток трудовых ресурсов, неполное использование сверхмощной отрасли по строительству дорог — эти отрицательные явления Китайской экономики могут быть полностью демпфированы механизмом ЭПШП.

Мегапроект ЭПШП явно идет вразрез с американоцентричной моделью hub and spokes (ступица и спица) и имеет ряд сложностей, таких как:

- непредсказуемость политической обстановки на Корейском полуострове;
- отсутствие в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР) единой линии сотрудничества;
- рост опасности транснационального терроризма;
- усиление экономического и политического давления со стороны США;
- углубление американо-китайского сотрудничества в АТР, где США в военной области смещает центр тяжести в свою сторону.

Россия может с выгодой для себя использовать проект ЭПШП [5]. Так, только в логистической компоненте ЭПШП (реконструкция транспортных путей) на первом этапе планируется построить более 4 тыс. км новых железнодорожных путей, подвергнуть полной реконструкции 12 тыс. км полотна железных дорог, построить 22 трансграничных перехода и создать 18 крупных железнодорожных узлов.

Географический маршрут ЭПШП собран в три направления:

- «Северный коридор» — через Сибирь;

- «Центральный коридор» — через европейскую часть России и Белоруссию; должен соединить Шанхай и Роттердам;
- «Южный коридор» — устанавливает железнодорожное сообщение между Сингапуром и Лондоном через Таиланд, Вьетнам, Индию, Пакистан по турецкому переходу в Европу через пролив Босфор.

На рис. 1 представлены варианты ЭПШП [6].

Реализация проекта ЭПШП на территории России на примере Южноуральского транспортно-логистического центра (ТЛЦ) показывает, что экономический эффект не всегда может быть только положительным. Проект ТЛЦ на территории Челябинской области продвигался первоначально бывшим губернатором Михаилом Юревичем, а затем нынешним губернатором Борисом Дубровским. Как межрегиональный проект между Челябинском и конкретной провинцией Китая, Южноуральский ТЛЦ был задуман до анонсирования проекта ЭПШП, а уже затем без серьезных расчетов вписан в концепцию ЭПШП. Проект ТЛЦ подразумевал организацию транспортного коридора «Синьцзян-Уйгурский автономный район — Казахстан — Челябинская область».

Южноуральский ТЛЦ расположен в 75 км к югу от Челябинска. В радиусе до 500 км от ТЛЦ находятся Челябинск, Екатеринбург, Пермь, Тюмень, Курган. Мощности ТЛЦ должны были обеспечить объемы перевозок не менее двух с половиной млн тонн ТЕУ. В настоящее время комплекс практически простаивает. А это может являться подтверждением, что проекты, замкнутые на отдельные регионы, плохо гармонируются с ЭПШП и являются малоэффективными.

С подачи Китая проект ЭПШП крайне амбициозен, рассчитан на длительную перспективу. В проектах ЭПШП Китай готов финансировать создание инфраструктуры

и кредитовать экономику государств, задействованных в проекте. Так, в фонде развития Шелкового пути на реализацию проекта заложено 40 млрд долларов, китайские банки дополнительно выделяют 60 млрд долларов, а в Азиатском банке инфраструктурных инвестиций, который тоже принимает участие в финансировании, заложено 100 млрд долларов. Китай заявил, что готов вложить в проект «Один пояс — один путь» 900 млрд долларов. Эти средства будут предоставлены в виде проектного финансирования и кредитов странам-участницам.

На сегодняшний день выдано порядка 79 млрд кредитов под проекты. Среди стратегических направлений, сопряженных с ЭПШП и напрямую связанных с расположенным на Транссибе Курганом, авторами статьи предлагается использовать транзитный потенциал Транссибирской железной дороги и автомагистрали «Байкал». Причем не только для экономики отдельного региона УрФО, но в целом для всего федерального округа.

Привлекательность проекта ЭПШП Курганского региона следует усилить проектом транспортно-логистического кластера (ТЛК) как наиболее эффективной инновационно ориентированной формы интеграции в рамках Шелкового пути. Ранее в работе [7] было показано, что даже без ЭПШП транспортно-логистический кластер в Кургане может обеспечить резкий подъем экономики. ТЛК выгодно создавать на основе комплексно-интегральной инфраструктуры — крупной агломерации. В составе такой агломерации должны быть основные промышленные центры УрФО: Челябинск (расстояние с запада до Кургана — 250 км), Екатеринбург (расстояние с севера — 320 км), Тюмень (расстояние с северо-востока — 200 км). В такой агломерации Курган с ТЛК на своей территории может оказаться наиболее привлекательным при реализации коридора ЭПШП через УрФО и далее в Европу.

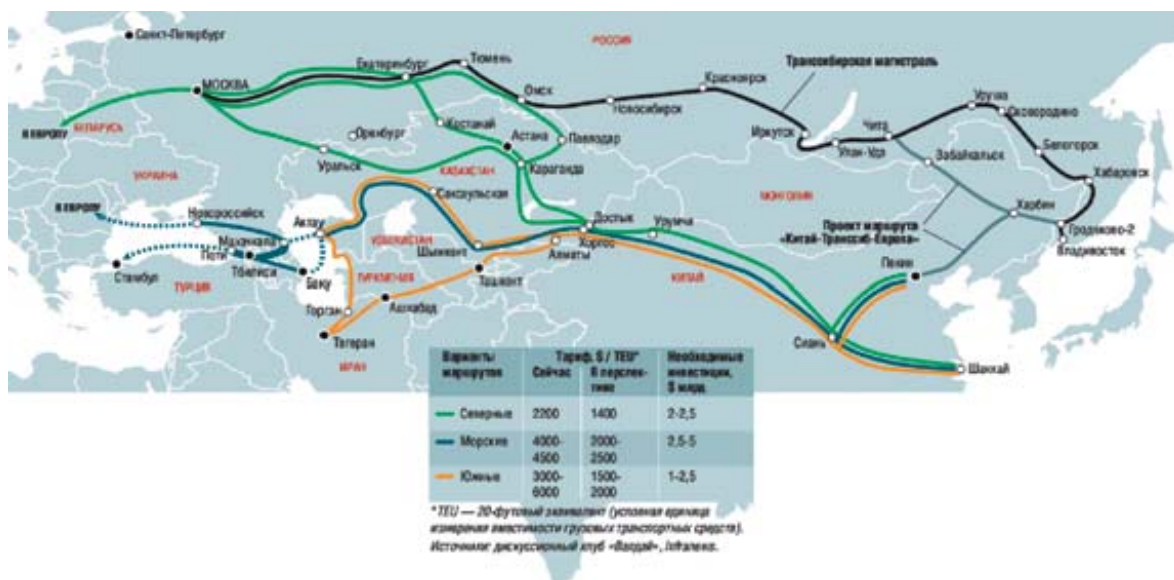


Рис. 1. Сухопутные маршруты Шелкового пути

С целью дальнейшего развития логистической отрасли в регионе в случае успешной реализации ТЛК в перспективе возникнет необходимость строительства интегрированного хаба на территории области. За основу такого хаба можно взять китайско-казахстанский международный транспортно-логистический центр в Ляньюньгане (провинция Цзянсу). Это первый объект в рамках реализации проекта «Шелковый путь». Логистическая база центра включает в себя контейнерную площадку на 200 тыс. м², 1763 ячейки для контейнеров и склад площадью 23 тыс. м². Длина ж/д путей логистического центра 3,8 км. Центр ежедневно обслуживает 10 грузовых составов, ежегодно перерабатывает 410 тыс. TEU контейнерного потока. В случае создания в районе Кургана ТЛК он должен быть гармонично сопряжен с Южноуральским ТЛЦ.

Таким образом, шансы участия Кургана в проекте «Шелковый путь» с таким уникальным транспортным коридором, как Транссиб, значительно увеличиваются при реализации ТЛК на основе объединенных усилий со стороны руководства субъектов УрФО. При этом все

регионы УрФО от ЭПШП в результате синергетического эффекта получают значительную социально-экономическую выгоду, а Курганская область выйдет из опасного сектора депрессивности.

Для публичности и оценки социально-экономической значимости для всего Урала проекта ЭПШП через Курганский регион на начальном этапе следует организовать в г. Кургане весной — летом 2017 г. дискуссионную площадку с участием руководителей регионов УрФО, ученых УрО РАН, РАТ, а также ученых и специалистов в области экономики, транспортной инфраструктуры и логистики из РФ и КНР. В настоящий момент нет проектов ЭПШП, где используется начальный участок Транссиба, т. е. Челябинск – Курган – Петропавловск – Омск, что значительно снижает положительный эффект от ЭПШП для Южного Урала с его мощным промышленным потенциалом. Так, на рис. 1 показан коридор, где ЭПШП при движении с востока уходит с Транссиба уже в Омске и далее через Тюмень на Екатеринбург. При этом эффект от ЭПШП получает не весь УрФО, а только его часть – Средний Урал. **ИТ**

Список литературы

1. Парышев Д. Н., Самуйлов В. М., Харин В. В., Неволина А. Д. Роль зон опережающего развития Курганской области в дальнейшем прогрессе региона // Инновационный транспорт. — 2014. — № 2. — С. 51–51. — ISSN 2311-164X.
2. Пэньюй В., Етао Л., Пимоненко М. М. Транспортная и логистическая составляющая проекта «Шелковый путь» // Транспорт РФ. — 2016. — № 2–3 (63–64). — С. 31–35. — ISSN 1994-831X.
3. Ларин О. Н., Никулин А. Н. Логистика Шелкового пути // Транспорт РФ. — 2016. — № 1(62). — С. 45–48. — ISSN 1994-831X.
4. Безбородов А. Л. География и экономика Шелкового пути [Электронный ресурс]. — URL: <http://infranews.ru/logistika/more/43520-geografiya-i-ekonomika-shelkovogo-puti-menshe-pr-bolshe-del>.
5. Харламова Ю. А. Новый «Шелковый путь» как транспортный мегапроект Китая // Вестник транспорта. — 2015. — № 8. — С. 2–4.
6. Про «Шелковый путь» [Электронный ресурс]. — URL: <http://24ri.ru/down/open/pro-shelkovyj-put.html>.
7. Самуйлов В. М., Галкин А. Г., Парышев Д. Н., Харин В. В., Кравченко И. В. Концепция кластерно-модульного развития транспортно-логистических и промышленных систем Курганской области // Инновационный транспорт. — 2015. — № 1(15). — С. 8–12. — ISSN 2311-164X.



Оксана Владимировна
Печура

Oksana V. Pechura

Структурно-динамический анализ показателей движения грузов железнодорожного и автомобильного транспорта РФ

Structure dynamic analysis of the freight circulation in the Russian Federation railway and road transport

Аннотация

В статье анализируется структура перевозок грузов и грузооборота по видам транспорта, рассматривается динамика показателей перемещения грузов железнодорожным и автомобильным транспортом в 2009–2015 гг., устанавливается соотношение между темпами роста перевозок и грузооборота данных видов транспорта, обобщаются основные тенденции развития исследуемых показателей.

Ключевые слова: грузооборот, структура, темп роста, динамика, коэффициент опережения (отставания), железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-19-22

Авторы Authors

Оксана Владимировна Печура, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения, Екатеринбург; e-mail: OPechura@usurt.ru

Oksana Vladimirovna Pechura, Candidate of Economical Sciences, associate professor of the «Transport economics» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: OPechura@usurt.ru

Российская Федерация географически локализуется на северо-востоке Евразии и занимает весьма значительное пространство (площадь территории 17,1 млн км²) протяженностью 9 тыс. км с запада на восток и 4 тыс. км с юга на север [1, с. 31]. При такой широтно-меридиональной емкости страны особое значение в ее экономике занимает транспортная инфраструктура, формируя транспортировочные «артерии» территорий. Первостепенная связующая роль принадлежит железным дорогам, несущим не только экономические, но и социальные функции, что обусловлено как отправлением грузов, так и перевозками пассажиров. Существенное практическое значение имеют также анализ тенденций развития и установление вектора динамики грузоперевозок и грузооборота в условиях перманентного экономического кризиса и колебаний национального рынка.

В структуре грузоперевозок России лидирующую позицию занимает автомобильный транспорт (табл. 1).

За изучаемый период (2009–2015 гг.) доля перевезенных автотранспортом грузов снизилась с 70,2 до 67,5%, т.е. уменьшилась только на 2,7%, что составляло в среднем 0,39% ежегодно. Данное снижение сопровождалось незначительным ростом удельного веса грузоперевозок на железных дорогах (на 1,4%, т.е. ежегодное увеличение не превышало 0,2%).

Тем не менее грузооборот страны определяется трубопроводным и железнодорожным транспортом (табл. 2).

Кардинальных сдвигов в структуре грузооборота транспорта за последние семь лет не наблюдается. По сравнению с 2009 г. доля грузооборота железнодорожного транспорта возросла на 3,3% (скорость сдвига составляет в среднем 0,47% ежегодно), в то время как удельный вес оборота трубопроводов снизился на 2,5% при ежегодном падении на 0,31%.

Динамика показателей перемещения грузов представлена в табл. 3, 4. Тренд перевозки грузов железнодорожным транспортом (табл. 3) имеет явно выраженные тенденции к росту (вплоть до 2012 г.), а затем — к ежегодному снижению (в период с 2013 до 2015 г.). Если в 2012 г. объем перевезенных железными дорогами грузов увеличился по сравнению с уровнем 2009 г. на 28,1%, то в 2013 г. относительно предыдущего года исследуемый показатель уменьшился на 2,8%, в 2014 г. по сравнению с 2013 г. — на 0,4%, а в 2015 г. — на 11,4% ниже уровня 2014 г.

Динамика отправки грузов автомобильным транспортом достаточно нестабильна (табл. 3).

Максимальная величина автомобильных перевозок приходится на 2012 г., когда объем отправленных грузов превышал уровень 2009 г. на 11,5%. Далее объем грузоперевозок ежегодно снижается: в 2013 г. по сравнению с показателем 2012 г. на 3,5%, в 2014 г. относительно уровня 2013 г. — на 4,1%, в 2015 г. — на 6,9% по сравнению с предыдущим годом.

Таблица 1

Структура грузоперевозок в РФ, % [1, с. 312]

Вид транспорта	Удельный вес		Масса сдвига	Скорость сдвига
	2009 г.	2015 г.		
Железнодорожный	14,9	16,3	1,4	0,2
Автомобильный	70,2	67,5	-2,7	-0,39
Трубопроводный	13,2	14,3	1,1	0,16
Прочий	1,7	1,9	0,2	0,03

Таблица 2

Структура грузооборота в РФ, % [1, с. 312]

Вид транспорта	Удельный вес		Масса сдвига	Скорость сдвига
	2009 г.	2015 г.		
Железнодорожный	42,0	45,3	3,3	0,47
Автомобильный	4,1	4,6	0,5	0,07
Трубопроводный	50,5	48,3	-2,2	-0,31
Прочий	3,4	2,1	-1,3	-0,19

Таблица 3

Перевезено грузов транспортными организациями РФ в 2009–2015 гг., млн т [1, с. 312]

Год	Железнодорожный транспорт	Темп роста,%		Автомобильный транспорт	Темп роста,%		Коэффициент опережения (отставания)
		базисный	цепной		базисный	цепной	
2009	1109	—	—	5241	—	—	—
2010	1312	118,3	118,3	5236	99,9	99,9	1,18
2011	1382	124,6	105,3	5663	108,2	108,2	1,15
2012	1421	128,1	102,8	5842	111,5	103,2	1,15
2013	1381	124,5	97,2	5635	107,5	96,5	1,16
2014	1375	124,0	99,6	5417	103,2	95,9	1,2
2015	1218	109,8	88,6	5041	96,2	93,1	1,14

В отличие от динамики перевозки грузов железнодорожным транспортом, автомобильные грузоперевозки в 2015 г. оказались на 3,8% ниже уровня 2009 г. В ходе анализа соотношения перевозок между видами транспорта необходимо отметить, что, во-первых, объем отправленных автомобильным транспортом грузов примерно в четыре раза больше, чем на железных дорогах; во-вторых, расчет коэффициентов опережения/отставания объемных показателей (табл. 3) свидетельствует о стабильном превышении темпов роста железнодорожных перевозок над темпами роста перевозки грузов автомобилями.

Если динамика железнодорожных грузоперевозок в 2013–2015 гг. характеризуется ежегодным падением, то грузооборот железных дорог за весь изучаемый период (исключая показатель 2013 г., когда грузо-

оборот снизился на 1,2% к 2012 г.) отличался постоянным ростом: в 2015 г. по сравнению с уровнем 2009 г. грузооборот железнодорожного транспорта увеличился на 23,7% (табл. 4), причем максимальное значение оборота грузов приходится на 2015 г. (2306 млрд т-км).

Хотя данный повышательный тренд нельзя отрицать, следует констатировать, что цепные темпы роста грузооборота железнодорожного транспорта с 2010 г. ежегодно замедляются, особенно в 2014–2015 гг.

Что касается грузооборота автомобильного транспорта, то нарастание изучаемого показателя продолжается до 2012 г. включительно. В 2012–2014 гг. грузооборот стабилизируется примерно на одном уровне (249–250 млрд т-км), причем в 2014 г. снижается относительно уровня 2013 г. весьма незначительно (на 0,4%), а затем падает сразу на 6,8% в 2015 г.

Таблица 4

Грузооборот транспортных организаций РФ в 2009–2015 гг., млрд т-км [1, с. 312]

Год	Железнодорожный транспорт	Темп роста,%		Автомобильный транспорт	Темп роста,%		Коэффициент опережения (отставания)
		базисный	цепной		базисный	цепной	
2009	1865	—	—	180	—	—	—
2010	2011	107,8	107,8	199	110,6	110,6	0,98
2011	2128	114,1	105,8	223	123,9	111,7	0,92
2012	2222	119,1	104,4	249	138,3	103,2	0,86
2013	2196	117,8	98,8	250	138,9	100,4	0,85
2014	2299	123,3	104,7	249	138,3	99,6	0,89
2015	2306	123,7	100,3	232	128,9	93,2	0,96

Организация производства (транспорт)

Если объем перевозки грузов железными дорогами гораздо ниже отправки грузов автомобильным транспортом, то для показателя грузооборота характерно превышение железнодорожного оборота над автомобильным, причем в 9–10 раз (10,4 раза в 2009 г. и 9,9 раза в 2015 г.). Но темпы роста грузооборота железнодорож-

ного транспорта в 2009–2015 гг. отстают, хотя и незначительно, от темпов роста грузооборота автомобильного транспорта. Таким образом, данный показатель увеличивается более интенсивно, чем на железных дорогах.

Результаты проведенного структурно-динамического анализа можно обобщить в следующем виде (табл. 5). **ИТ**

Таблица 5

Сравнительная матрица изменения объемных показателей транспорта

Показатель	Железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт
Перевезено грузов	Железнодорожным транспортом примерно в четыре раза меньше, чем автомобильным	
Рост (снижение) перевозки грузов	Рост до 2012 г. включительно и ежегодное снижение с 2013 г. Уровень 2015 г. выше показателя 2009 г.	Рост до 2012 г. включительно и ежегодное снижение с 2013 г. Уровень 2015 г. ниже показателя 2009 г.
Соотношение темпов роста перевозки грузов	Темпы роста перевозок железнодорожным транспортом превышают темпы роста автомобильных перевозок	
Грузооборот	Железнодорожным транспортом примерно в 9–10 раз больше, чем автомобильным	
Рост (снижение) грузооборота	Рост за весь изучаемый период (исключая 2013 г.)	Рост до 2013 г. включительно и ежегодное снижение с 2014 г. Уровень 2015 г. выше показателя 2009 г.
Соотношение темпов роста грузооборота	Темпы роста грузооборота железнодорожного транспорта отстают от темпов роста грузооборота автомобильного транспорта	

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2016 : Крат. стат. сб. / Росстат. — М., 2016.
2. Транспорт и связь в России. 2014 : Стат. сб. [Электронный ресурс] — URL: www.gks.ru/bgd/rgl/B14_5563/Main.htm (дата обращения 25.09.2016).

УДК 621.332.(076.5)



Александр Владимирович
Окунев

Alexandr V. Okunev

Разработка автоматизированной системы по определению стоимости жизненного цикла участка реконструкции контактной сети

Development of an automated system for estimating the life cycle costs of an overhead network section reconstruction

Аннотация

Жизненный цикл объектов железнодорожного транспорта, находящихся в эксплуатации, напрямую зависит от надежности их составных элементов. Отказ одного из элементов системы обеспечения движения поездов приводит к отказу всей системы и нарушению безопасности перевозочного процесса. При соблюдении необходимого планового обслуживания практически любой объект сохраняет работоспособное состояние на протяжении всего жизненного цикла. При повышении износа основных фондов необходимо выполнять замену объектов инфраструктуры либо выполнять их реконструкцию. Иногда полная замена объекта или реконструкция всего участка эксплуатации бывает экономически нецелесообразной. Для принятия подобного рода решений выполняют расчет стоимости жизненного цикла объектов. Применение средств автоматизации позволяет упростить такие операции и в кратчайшие сроки сформировать управляющее воздействие с целью замены или продления срока эксплуатации объекта или участка эксплуатации.

Ключевые слова: жизненный цикл, контракт жизненного цикла, объект, участок эксплуатации, срок службы, вероятность отказов, надежность, риски, эксплуатационная надежность.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-23-26

Авторы Authors

Александр Владимирович Окунев, ассистент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Alexandr Vladimirovich Okunev, assitant at the "Transport electric power supply" chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

С целью увеличения эффективности работы в структурных подразделениях ОАО «РЖД» аппаратом управления постоянно осуществляется мониторинг надежности, рисков и стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры на основе анализа показателей безотказности, ремонтпригодности и безопасности движения поездов. Одновременно с этим совершенствуется система планирования инвестиций в соответствии с методологией RAMS [1].

Основной целью этих мероприятий является снижение стоимости жизненного цикла объекта инфраструктуры ОАО «РЖД» за счет перераспределения ресурсов при условии выполнения требуемого уровня эксплуатационной надежности и необходимого уровня безопасности перевозочного процесса [2].

Для достижения указанной цели должны выполняться следующие условия:

1. Наличие единой системы определения показателей эксплуатационной надежности и функциональной безопасности для объектов инфраструктуры:

- развитие стандарта объектно-элементной структуры;
- автоматизированный расчет показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов инфраструктуры.

2. Повышение качества планово-предупредительных и ремонтных работ, а также снижение уровня риска за счет:

- количественной оценки эксплуатационной деятельности хозяйства инфраструктуры с учетом отказов технических средств и обеспечения технического обслуживания и эксплуатации объектов инфраструктуры;
- формирования матриц внутренних рисков подразделений компании как инструмента принятия решений для оптимального перераспределения ресурсов;
- выявления уязвимых объектов с точки зрения оценки рисков;
- создания рекомендаций по уменьшению уровня рисков;
- мониторинга соответствия достигнутых показателей эксплуатационной надежности и безопасности предопределенным нормам

Увеличение цен на материалы объектов контактной сети приводит к тому, что существенно возросла себестоимость на текущее содержание объектов инфраструктуры. Следовательно, при удержании величины годового финансирования ремонта объемы работ имеют тенденцию к постоянному уменьшению. В результате увеличивается протяженность участков объектов инфраструктуры с просроченными ремонтами различного вида [3].

Сокращение расходов на содержание инфраструктуры является актуальной задачей. В настоящий момент распределение инвестиций, выделяемых на развитие

инфраструктуры, основывается на плановых показателях. При внедрении методологии комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте предполагается, что распределение инвестиций будет производиться на основе оценки рисков, связанных с безопасностью и надежностью объектов инфраструктуры.

Проведение такой работы вручную является весьма сложным и трудоемким процессом. Решения по внедрению новых объектов в хозяйстве инфраструктуры принимаются экспертным путем, без должной информационной поддержки. Внедрение автоматизации расчета позволит конкретизировать абстрактные стратегические цели, перевести их в набор количественных показателей и привязать к задачам и действиям подразделений.

С помощью автоматизации расчетов можно моделировать сценарии развития ситуации в краткосрочной и долгосрочной перспективе на основе наличия материальных ресурсов.

Изначально сотрудниками НИЛ «САПР КС» УрГУПС был разработан программный продукт, который позволял быстро и точно определять экономические показатели отдельных элементов сложной технической системы (рис. 1) [7].



Рис. 1. Диалоговое окно программного продукта

Расчет, запрограммированный в программе, включал в себя следующие этапы: определение коэффициента дисконтирования, коэффициента учета изменения срока службы, экономии стоимости жизненного цикла, полезного эффекта, лимитной цены, стоимости жизненного цикла (рис. 2). [8]

Результаты расчета могут быть учтены при оценке срока, на который может заключаться контракт на реконструкцию участка контактной сети, с учетом жизненного цикла (рис. 3) [7].

В результате становится возможным выполнить расчеты стоимости жизненного цикла для любого диапазона срока эксплуатации, но при этом не учитываются параметры участка, его протяженность и применяемое оборудование. Отсутствие определенного выбора, безусловно, делает расчет более гибким, но увеличивает вероятность ошибки при вводе исходных данных.

Объемы расчетов ежегодно увеличиваются, поэтому с целью учета износа основных средств эксплуатации необходимо, чтобы обслуживающая организация имела возможность самостоятельно проводить расчеты, учитывая параметры расчетного участка и имея при этом необходимый объем данных.

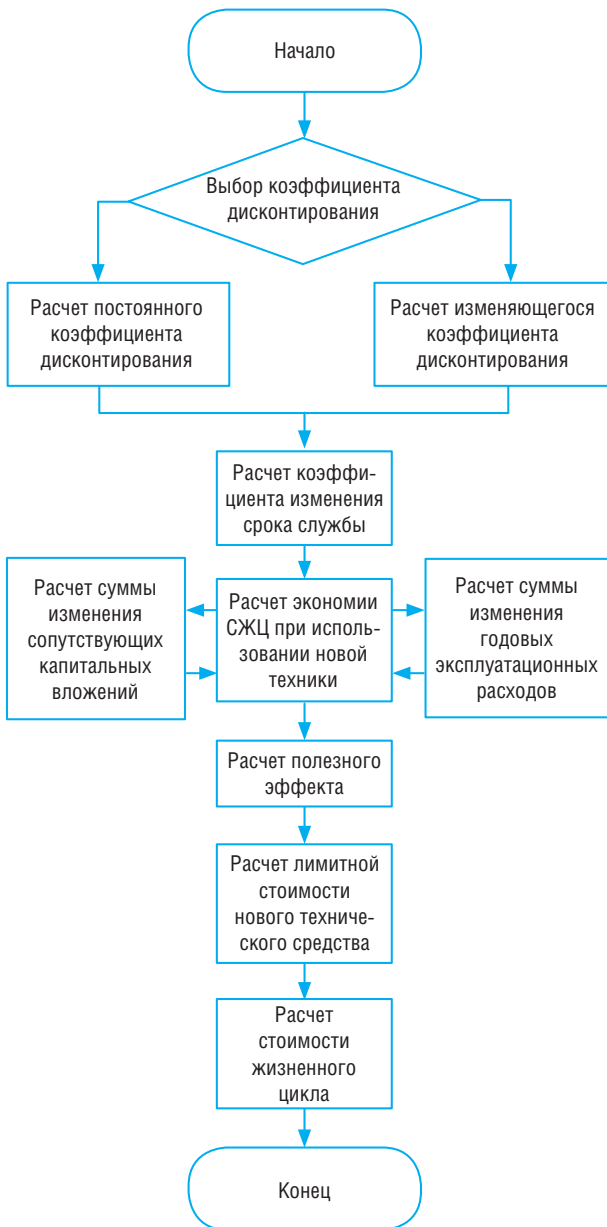


Рис. 2. Блок-схема программного продукта



Рис. 3. Диалоговое окно программного продукта — отображение расчетных значений

Для этого требуется в процессе работы постоянно проводить совершенствование программного продукта и иметь возможность вести комплексные расчеты объектов инфраструктуры, а не отдельных ее элементов [5].

На сегодняшний день усовершенствованный программный продукт позволяет осуществить комплексный подход с учетом нескольких элементов объекта инфраструктуры и выбора самих элементов на усмотрение заказчика при выполнении расчетов. На основании этого можно более точно определить необходимые затраты для проведения работ по реконструкции объектов.

Предлагаемый обновленный программный продукт «Расчет стоимости жизненного цикла сложных технических систем» теперь имеет более сложную структуру (рис. 4). Основная доработка алгоритма на данном этапе заключается в том, что до начала расчетов вводятся параметры участка (рис. 5).

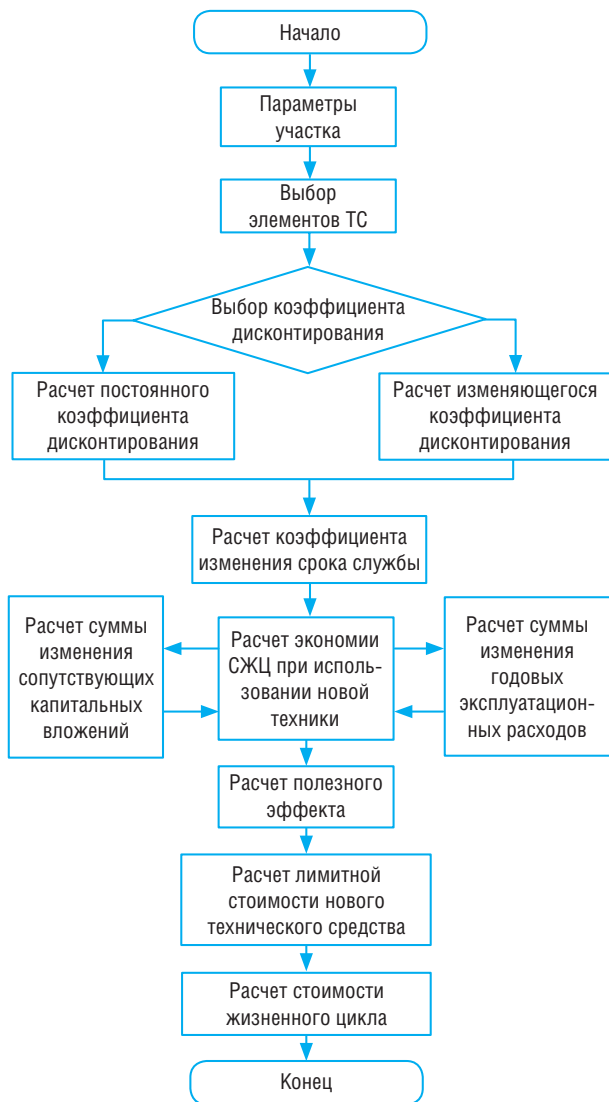


Рис. 4. Структурная схема обновленного программного продукта «Расчет стоимости жизненного цикла сложных технических систем»

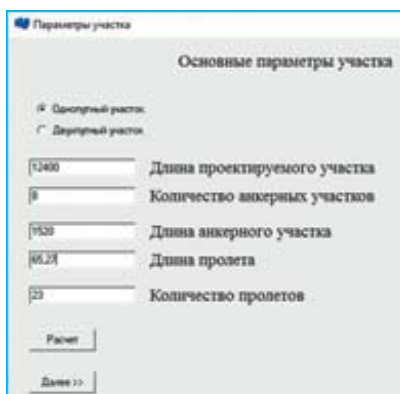


Рис. 5. Диалоговое окно задания основных параметров объекта реконструкции

Далее осуществляется выбор применяемых механизмов и устройств для реконструкции (рис. 6) с учетом стоимости каждого элемента, что в свою очередь позволяет избежать ввода стоимости применяемого объекта, необходимость в определении общей цены также перестает существовать.



Рис. 6. Диалоговое окно выбора основных элементов объекта реконструкции

Обновленный программный продукт позволяет задать исходные параметры участка реконструкции. В дальнейшем при выводе отчета в основном диалоговом окне отображаются выбранные элементы и характеристики участка реконструкции (рис. 7).



Рис. 7. Отображение расчетных значений с учетом выбранных элементов участка реконструкции

В результате применения программного комплекса можно значительно повысить точность расчетов по определению стоимости жизненного цикла любого участка, тем самым уменьшить вероятность ошибок при расчетах и возможные дополнительные потери. Расчеты упрощаются и могут быть адаптированы под любые объекты, с применением самых различных элементов. Подобное обновление позволяет экономить время на дополнительные расчеты. **ИТ**

Список литературы

1. Якунин В. И. Стратегические направления научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. // Желдорпресинформ. — URL: <http://www.rzd.ru/wps/portal/doc>
2. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1) : утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. — 2010. — 132 с.
3. Методика оценки эффективности продления срока службы основных средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРРАН : утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. — 2012. — 57 с.
4. О методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены сложных технических систем железнодорожного транспорта : распоряжение ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 г. № 2459р. — URL: <http://jd-doc.ru/2007/dekabr-2007/12704>
5. Спиральная и каскадная модели. — URL: <http://cppbuilder.ru/articles/0043.php> (дата обращения 23.05.2013)
6. А. с. 2013613993 Рос. Федерация. Расчет стоимости жизненного цикла сложных технических систем / А. Г. Галкин, А. А. Ковалев, А. В. Микава, А. В. Окунев. — 2013.
7. Ковалев А. А., Микава А. В., Окунев А. В. Определение стоимости жизненного цикла сложных технических систем // Управление экономическими системами : электронный научный журнал. — 2013. — № 50. — С. 15.
8. Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В. Мониторинг инфраструктурного комплекса системы токосъема в процессе эксплуатации // Инновационный транспорт. — 2012. — № 1 (2). — С. 44–48.



**Алик
Александрович
Чеботаев**

**Alik A.
Chebotaev**



**Андрей
Михайлович
Ивахненко**

**Andrey M.
Ivakhnenko**



**Дмитрий
Аликович
Чеботаев**

**Dmitry A.
Chebotayev**

Повышение деловой активности в товародвижении путем расширения пакетизации и контейнеризации поставок

Increase of business activity in goods movement by expanding the packeted and container shipping. Shaping material flows

Аннотация

Представлен мониторинг деловой активности перевозок, включая и наиболее эффективную пакетизацию, и контейнеризацию. При выполнении указанных требований выявлены преимущества использования пакетов и контейнеров по трудоемкости погрузочно-разгрузочных работ товародвижения. Для любого горизонта планирования сформулированы методические процедуры по определению спроса на контейнеры, поддоны и средства их доставки.

Ключевые слова: мониторинг, деловая активность, контейнеризация, пакетизация, механизированный способ погрузки-выгрузки, технические средства доставки.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-27-32

Авторы Authors

Алик Александрович Чеботаев, д-р техн. наук, профессор ФГБУ «Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации», лауреат Премии Совета Министров СССР, Москва | Андрей Михайлович Ивахненко, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва | Дмитрий Аликович Чеботаев, менеджер ICT Logistics, Москва

Alik Aleksandrovich Chebotaev, Doctor of Technical Sciences, professor at the FGBU NTzKP of Russian Federation Ministry of Transport, laureate of the USSR Cabinet of Ministers Prize, Moscow | Andrey Mikhailovich Ivakhnenko, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the "Management" chair of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow | Dmitry Alikovich Chebotayev, manager of ICT Logistics

Формирование материальных потоков

При рассмотрении перспективных работ инновационного развития транспорта чаще всего ограничиваются исследованиями применения электронных систем для управления транспортными средствами «беспилотными», организацией автоматизированных систем движения на сети и т.п. Безусловно, наше будущее — это новый автоматизированный технологический уклад, в котором транспорт должен обеспечить минимальную трудоемкость товародвижения. Однако при этом упускается из виду огромное значение повышения технического уровня систем товародвижения в логистических цепях поставок. Недостаточный его уровень, по существу, привел к увеличению сроков поставок и повышению трудоемкости перегрузочных работ, особенно в международных и внутренних мультимодальных перевозках при доставке тарно-штучных товаров-грузов. В мировой глобальной практике для снижения таких негативных последствий широко используются стандартные поддоны 800×1200 мм и 1000×1200 мм, а также стандартные, в основном 20- и 40-футовые, контейнеры ISO, загружаемые, как правило, пакетами.

Таким образом, факторами, которые ограничивают деловую активность товародвижения, являются: недостаточное развитие контейнерных, пакетных перевозок и слабый спрос на повышение уровня механизации доставки преимущественно тарно-штучных товаров-грузов в хозяйственной деятельности организаций, что в итоге влияет и на производительность труда в этом секторе экономики.

При анализе проблем, связанных с товародвижением, необходимо всесторонне учитывать деловую активность отраслей экономики. Один из способов решения этих проблем предполагает изучение огромных материально-технических и финансовых ресурсов многочисленных организаций и их участие в годовом обороте страны.

Важнейшими факторами, лимитирующими развитие товародвижения в материальных потоках, явля-

ется интенсивность производства в реальном секторе экономики.

Широкомасштабный сбор статистических данных [1], систематизированных по отраслевому принципу и годовому обороту, показал, что основой формируемых современных материальных потоков являются несколько отраслей (рис. 1). Выявлено, что основными товарообразующими отраслями как по количеству, так и по годовому обороту являются оптовая и розничная торговля, обрабатывающие производства и строительство. Значительное место занимают многочисленные организации по оказанию финансовых и других услуг, напрямую не связанных с образованием материальных потоков.

Фактически транспорт должен обеспечить перевозку товаров-грузов, которые формируются в отраслях экономики. Характер изменения материальных потоков базируется преимущественно на объеме произведенной продукции и известном коэффициенте перевозимости. В табл. 1 приведен мониторинг и прогноз до 2020 г. перевозок товаров-грузов, которые выполняются транспортными организациями различных форм собственности в количестве 300 тыс. Их годовой оборот достигает 9,1 трлн руб.

Данные табл. 1 показывают, что общий объем перевозок с 2000 по 2015 г. снизился почти на 6%. Ожидается, по нашим расчетам, что ввиду недостаточного повышения долевой активности к 2020 г. объем перевозок увеличится весьма незначительно — всего на 1,8–5,8%. В прошлом при мониторинге активности перевозок преобладали статистические данные без четкого выделения «трудоемких» тарно-штучных товаров-грузов. Однако существует длительная связь между общим объемом перевозок и объемами перевозок более трудоемких тарно-штучных товаров-грузов. Так, при доставке 1 млн т тарно-штучных товаров-грузов необходимо выполнить 60–70 млн тарно-грузовых ручных операций. Согласно нашей гипотезе, построенной на отечественной статистике, долевое отношение между общим объемом перевозок и объемом перевозок тарно-штучных товаров-грузов находится на уровне 10–11 ед.

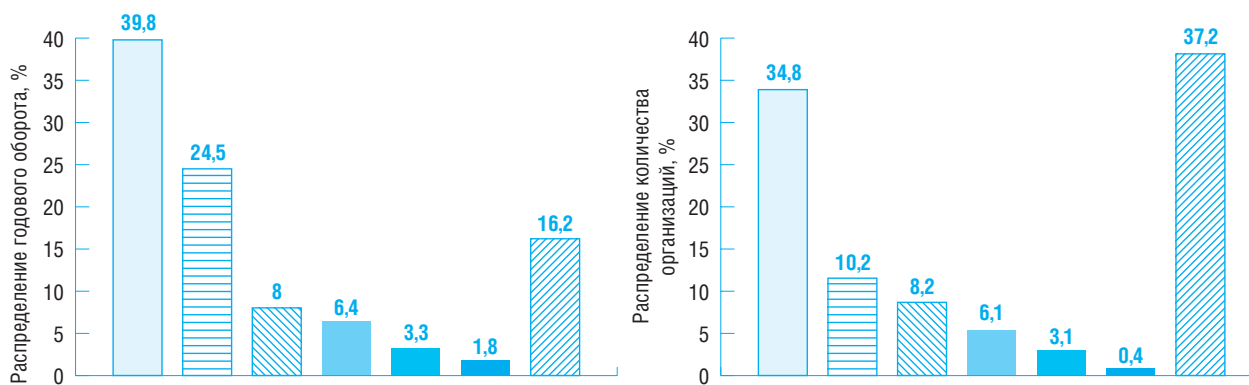


Рис 1. Распределение организаций по видам экономической деятельности:

□ — оптовая и розничная торговля; ▨ — строительство; ▩ — обрабатывающие производства; ■ — транспорт — услуга; ■ — сельское хозяйство; ■ — добыча полезных ископаемых; ▨ — финансовые, арендные и прочие услуги

Таблица 1

Мониторинг деловой активности перевозок транспортных организаций

Показатели	2000	2010	2015	2020*
Транспортный комплекс, млрд т	7,91	7,75	7,47	7,6–7,9
Транспортный комплекс без учета трубопроводного, млрд т	6,96	6,76	6,51	6,6–6,9
Тарно-штучные товары-грузы, млн т (оценка)	750	730	700	715–745
Железнодорожные перевозки в контейнерах и пакетах, млн т	38,2	37,7	53,0	75–80
Автомобильные перевозки в контейнерах и пакетах, млн т (общего пользования)	19,1	19,0	27,0	38–40
Морские перевозки в контейнерах и пакетах, млн т (общего пользования)	3,0	2,5	2,2	3–4

*Прогноз авторов

В то же время изменение трудоемкости технологических условий перевозок предполагает качественное их улучшение, расширение использования более прогрессивных способов доставки продукции с использованием пакетов и контейнеров. Ожидается, что рост перевозок на различных видах транспорта пакетами в контейнерах увеличится на 42–50% к 2020 г. по сравнению с 2015 г.

Контейнеризация и пакетизация — факторы эффективности товародвижения

Планирует ли ваша коммерческая организация повысить эффективность товародвижения тарно-штучных грузов путем использования пакетов и контейнеров, чтобы в будущем технологическом укладе не превратиться в фирму «грузчиков»? Ожидаемые изменения транспортных условий предполагают особую актуальность задачи увеличения поставок тарно-штучных грузов в контейнерах и пакетах (табл. 1).

Чтобы обеспечить максимальную эффективность перевозок тарно-штучных грузов, используют стандартные плоские (или колесные) поддоны 800×1200 мм, 1000×1200 мм, которые в виде пакетов загружаются в кузов автомобиля, крытый вагон (120 м³) или контейнер ISO с использованием от 77 до 90% их площади.

Практически вся глобальная мировая торговля основана на использовании пакетов и 20- и 40-футовых контейнеров ISO. В расчетах оперируют стандартом 20-футового контейнера — TEU массой брутто 24 т. Мировой парк используемых контейнеров, загруженных, как правило, пакетами, превышает 35 млн ед. и на 90% состоит из универсальных контейнеров.

В мировой и отечественной хозяйственной деятельности применение контейнеров и пакетов характеризуется рядом преимуществ, которые обеспечивают:

- формирование непрерывности времени, невосполнимого ресурса товародвижения с участием транспорта, погрузочно-разгрузочных и складских работ;
- повышение сохранности перевозимых товаров-грузов в укрупненных единицах, особенно в смешанном сообщении;
- уменьшение количества работников, занятых ручным трудом, в цепях товародвижения и повышение производительности доставки;
- снижение спроса на капитальные складские емкости, тару и упаковку;
- снижение непроизводительных простоев контейнеровозов в портах, на станциях, у товаропроизводителей и потребителей (простой морского контейнеровоза в порту снизился в 10–15 раз);
- повышение экспортного потенциала в мировой торговле.

Существует тесная связь между использованием пакетов, контейнеров и способами выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Согласно данным [2, 3, 6], нормы выработки и нормы времени выполнения погрузочно-разгрузочных работ механизированным (с использованием электро- или автопогрузчиков грузоподъемностью от 0,5–1,5 до 5 т) и ручным способом с применением простейших приспособлений отличаются.

Для группы товаров-грузов в ящиках, тюках, баллонах и т.п. массой одного места до 30 кг и более 120 кг при норме выработки от 16 до 19 т средняя трудоемкость ручным способом составляет 0,371 чел.-ч/т, а механизированным способом — 0,223 чел.-ч/т для погрузки-выгрузки вагонов, контейнеров или грузовых автомобилей [2, 3, 5]. При этом затраты труда (нормы времени) равны:

- для грузового автомобиля грузоподъемностью 1,5 т: механизированным способом — 0,334 чел.-ч, ручным — 0,556 чел.-ч;
- для 20-футового контейнера ISO: 2,676 и 4,452 чел.-ч соответственно;
- для 40-футового контейнера ISO: 4,237 и 7,049 чел.-ч соответственно;
- для крытого вагона грузоподъемностью 62 т: 11,15 и 18,55 чел.-ч соответственно.

Изложенные соображения по затратам труда имеют важное значение для решения проблемы распределения способов выполнения погрузочно-разгрузочных работ с тарно-штучными грузами. Статистические наблюдения на грузовых станциях ОАО «РЖД» показывают, например, что время погрузки или выгрузки крытого вагона грузоподъемностью 62 т пакетизированным способом составляет 0,58–0,81 ч, а в варианте расформированном, т.е. вручную, — 1,43–1,62 ч, т.е. в 2–2,5 раза больше. Большое значение имеет обеспечение роста производительности труда на основе повышения технического уровня товародвижения при использовании пакетов и контейнеров.

Замена ручного труда обеспечивает прирост производительности труда в организации по формуле:

$$\Delta\Pi = \frac{\Delta\text{Ч}}{\text{Ч}} - \Delta\text{Ч} \times 100, \%$$

где $\Delta\text{Ч}$ — высвобождение грузчиков, чел.; Ч — общая численность занятых на погрузочно-разгрузочных работах, чел.

Так, уменьшение численности грузчиков на 2 человека в бригаде из 4 человек за счет введения механизированного способа и использования поддонов обеспечивает прирост производительности на 50%. В денеж-

ном выражении экономия организации от высвобождения работников равна:

$$\Delta\text{Э} = \left[\Delta\text{Ч} \times \bar{З} \times \left(1 + \frac{\text{Т}}{100} \right) \right] \times \text{м, руб.}$$

где $\bar{З}$ — среднемесячная заработная плата, руб.; Т — тариф отчислений страховых взносов, %; м — количество месяцев с момента проведения мероприятия, ед.

При $\bar{З} = 30$ тыс. руб., $\text{Т} = 25\%$ и $\text{м} = 12$ годовая экономия в хозяйственной деятельности организации от всей численности занятых перегрузочными работами составит 0,9 млн руб.

На основании приведенных выше данных о трудоемкости выполнения погрузочно-разгрузочных работ и статистики (табл. 1) установлено распределение способов выполнения погрузочно-разгрузочных работ тарно-штучных грузов в стране (табл. 2). Чтобы получить исчерпывающую информацию для обоснованного расчета годовой эффективности механизированного способа по сравнению с ручным, определена их трудоемкость [2, 5].

В табл. 2 представлена последовательность принятия решения по повышению уровня механизации и ожидаемый годовой эффект при реализации в стране предложенной стратегии.

Однако окончательный выбор соответствующей стратегии должен базироваться на фактической статистической отчетности, которая пока отсутствует. Нужен глубокий анализ всей совокупности технических и экономических аспектов, чтобы можно было построить более действенную систему мониторинга с целью дальнейшей оценки результатов контейнеризации и пакетизации. Большое значение для развития такой системы имеют технические средства доставки.

Таблица 2

Мониторинг распределения способов выполнения работ и затрат труда (норм времени) при выполнении погрузки-разгрузки с тарно-штучными товарами-грузами

Год	Распределение по способу выполнения работ, %/млн т		Годовые затраты труда (нормы времени), млн чел.-ч		Ожидаемая годовая эффективность механизированного способа, млн чел.-ч
	Механизированный	Ручной	Механизированный	Ручной	
2000	20/150	80/600	33,4	222,6	189,2
2010	35/255,5	65/474,5	57,0	176,0	119,0
2015	45/385,0	55/385,0	76,9	142,8	65,9
2020 (прогноз авторов)	60 / $\frac{429,0}{447,0}$	40 / $\frac{286,0}{298,0}$	$\frac{95,7}{99,7}$	$\frac{106,1}{110,6}$	$\frac{10,4}{10,9}$

Спрос на технические средства доставки: контейнеры и контейнеровозы

Планирование бизнеса в хозяйственной деятельности организации требует расчета своего контейнерного ресурса с учетом данных о таре, упаковке, массе брутто, массе одного места и др.

При любом горизонте планирования коммерческой организации спрос на контейнеры и многооборотные поддоны рассчитывается по формуле:

$$X = Q \times \frac{t_{об}^k}{q\gamma} \times K_p, \text{ ед.}$$

или $X = Q_{cc} \times t_{об}^k, \text{ ед.}$

где Q — контейнерный материальный поток, за определенный период, т; $t_{об}^k$ — время оборота контейнера (поддона), сутки; q — грузоподъемность контейнера (поддона), т; γ — коэффициент использования грузоподъемности; K_p — коэффициент резерва контейнеров (поддонов), ремонт, выбытия и др.; Q_{cc} — среднесуточная погрузка контейнеров, т.

Поскольку контейнеры и поддоны являются «съемными» кузовами транспортных средств, то одним из важнейших коммерческих критериев является время их оборота в цепи поставок. Проведенный в 2016 г. выборочный опрос в оптовой и розничной торговле и на предприятиях, занятых производством пищевых продуктов, напитков, табака, текстильных и др. изделий, показал, что время нахождения контейнера (поддона) у товаровладельца составляет 2 суток, на автомобильном транспорте (ввоз-вывоз) — 0,1 суток, на железнодорожном транспорте — 7,5 суток, у получателя — 2,5 суток. Таким образом, общее время оборота контейнера (поддона) во внутреннем сообщении составляет 12,1 суток с месячным коэффициентом.

В международных морских перевозках (Китай — Азия, США — Европа, Европа — Африка, Китай — США) время оборота контейнеров достигает 40–45 суток с коэффициентом месячной оборачиваемости в среднем 0,8 раза (без учета равнозначного обмена). Мировой парк насчитывает около 40 млн ед. TEU, а общий объем перевозок в мировой торговле достигает 600 млн ед.

Спрос на средства доставки контейнеров

Спрос на специализированные технические средства доставки контейнеров на автомобильном, железнодорожном, морском и внутреннем водном транспорте обусловлен объемами материальных потоков контей-

неропригодных товаров-грузов. Водители транспортных средств могут не осознавать важности своего участия в контейнеризации (пакетизации) всего товародвижения и поэтому часто сопротивляются изменениям технологии поставок.

Если предположить функционирование контейнерных линий с высокой деловой активностью, то очевидно, что интервал суточной отправки контейнеровозов будет равен ритму погрузки контейнеров (а также и поддонов) в организации или в контейнерном пункте. Общее количество специализированных транспортных средств определяется по формуле:

$$A_k = X \times \frac{t_{об}^{т.с}}{t_{об}^k} \times n, \text{ ед.}$$

где X — суточное количество контейнеров, ед; $t_{об}^{т.с}$ — время оборота контейнеровоза, ч; $t_{об}^k$ — время оборота контейнера (поддона), ч; n — количество одновременно перевозимых контейнеров (поддонов) на контейнеровозе, ед.

Количество контейнеровозов, необходимых для обеспечения перевозок на регулярных линиях, рассчитывается по упрощенной формуле:

$$A_k = \frac{X}{n_{об}} \times N, \text{ ед.}$$

где X — контейнерный поток, ед; $n_{об}$ — количество оборотов контейнеровозов за определенный период, ед.; N — количество одновременно перевозимых контейнеров на контейнеровозе, ед.

Например, при потоке контейнеров ОАО «РЖД» в количестве 2,6 млн ед. TEU в год и времени оборота контейнера 7 суток, т.е. 52 суток в год, спрос на платформы-контейнеровозы составляет:

$$A_k = \frac{2,6 \times 10^6}{52} \times 2 = 25 \times 10^3 \text{ платформ.}$$

Выводы

Выполненный анализ показал, что мировые тенденции в повышении деловой активности товародвижения будут сопровождаться расширением контейнеризации и пакетизации — важного фактора повышения технического уровня перевозок тарно-штучных товаров-грузов.

Для обеспечения максимальной поддержки пакетизации и контейнеризации перевозок необходимо более тщательно учитывать не только факторы формирования материальных потоков в экономике, но и ожидаемые выгоды от повышения деловой активности всего процесса товародвижения. Чем выше уровень

пакетизации и контейнеризации в хозяйственной деятельности организации, тем эффективнее механизация и автоматизация труда при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Очевидно, что пакетизация и контейнеризация в наибольшей степени соответствуют будущим «автоматизированным» технологическим укладам нашей экономики. **ИТ**

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2016 : крат. стат. сб. / Росстат. — М., 2016.
2. Чеботаев А. А. Специализированные автотранспортные средства. Выбор и эффективность применения. — М. : Транспорт, 1988. — 159 с. — ISBN 5-277-00129-8.
3. Единые нормы выработки и времени на вагонные, автотранспортные и складские погрузочно-разгрузочные работы. — М. : Транспорт, 2000.
4. Чеботаев А. А. Генезис «маятника экономики» в регулируемых рыночных отношениях : учебник. — М. : Колос, 2003. — ISBN 5-10-003902-7.
5. Пашков А. К., Полярин Ю. Н. Пакетирование и перевозка тарно-штучных грузов / А. К. Пашков, Ю. Н. Полярин. — М. : Транспорт, 2000. — 254 с. — ISBN 5-277-02195-7.

УДК 699.82



**Феликс
Борисович
Кунцевич**
**Felix B.
Kuntzevich**



**Михаил
Маркович
Танклевский**
**Mikhail M.
Tanklevsky**



**Игорь
Дмитриевич
Ткачевский**
**Igor D.
Tkachevsky**

К решению проблемы водоснабжения Крымского полуострова гидроизолированными водоемами

On the solution of the Crimean Peninsula water supply problem using hydraulically insulated reservoirs

Аннотация

Проблему водоснабжения полуострова Крым можно решить увеличением объема воды в существующих водохранилищах, а также сооружением новых водохранилищ без затопления и подтопления прилегающей местности.

Для сооружения водоемов, гидроизолированных от внешней среды и способных аккумулировать речной и поверхностный сток в период паводка, необходимо изготовить комплект звеньев монтажного рельсового пути в качестве модернизации путеукладочного поезда и освоить новую технологию работы с синтетическими материалами.

Крымская железная дорога способна немедленно приступить к аккумулированию речного и поверхностного стока зимне-весеннего паводка 2016–2017 гг. при соответствующем научном сопровождении предлагаемого проекта.

Ключевые слова: водоснабжение, влагозащитные и водонепроницаемые конструкции, водохранилища, нетканые материалы, гидроизоляционные работы, железнодорожный транспорт, путевая машинная станция.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-33-38

Авторы Authors

Феликс Борисович Кунцевич, инженер путей сообщения — строитель, Германия; e-mail: felix.k5@mail.ru | **Михаил Маркович Танклевский**, д-р техн. наук, профессор, Израиль; e-mail: michtank@mail.ru | **Игорь Дмитриевич Ткачевский**, канд. техн. наук, Москва; e-mail: 79152127490@ya.ru

Felix Borisovich Kuntzevich, railway construction engineer, Potsdam, Germany | **Mikhail Markovich Tanklevsky**, Doctor of Technical Sciences, professor, Dimona, Israel | **Igor Dmitrievich Tkachevsky**, Candidate of Technical Sciences, Moscow

Abstract

The outstanding issue of water supply of the Crimean peninsula may be resolved by increasing the volume of water in the existing reservoirs and creating new reservoirs without flooding or underflooding the territories adjacent to reservoirs.

To create bodies of water insulated from the environment and able to accumulate the river and surface run-off at high water, it is necessary to manufacture a set of railway track links as part of a modified track layer unit and master a new technology of using synthetic materials.

The Crimean Railroad is able to immediately proceed with accumulating the river and surface run-off of the 2016–2017 high water if the proper scientific provisions of the proposed project are provided.

Keywords: water-supply, moisture-protective and waterproof constructions, reservoir, nonwovens, waterproofing, railway transport, track maintenance train.

Водоснабжение Крыма. Состояние и перспективы

Засушливый климат основной, степной части Крымского полуострова с обильным стоком поверхностных вод в осенне-зимний период и пересыхающими в летний период реками не уникален. Аналогичное состояние свойственно засушливым регионам Австралии и Израиля.

Идея перехвата поверхностного стока миллионов кубометров пресной воды в осенне-зимний период была проработана специалистами ассоциации «Ученые Юга» (Израиль). Предложение руководителя ассоциации д. г.-м. н. Л. А. Красильщикова по аккумулярованию поверхностного стока в руслах пересыхающих рек было рассмотрено правительством Израиля. В 2011 году участники конференции, организованной ассоциацией «Ученые Юга», позитивно оценили возможность исключения фильтрации аккумулярованного объема воды при использовании синтетических материалов и новых технологий в процессе сооружения искусственных водоемов.

Важнейшая для полуострова проблема хозяйственно-бытового водоснабжения нуждается в срочном решении. В июне 2014 г. вопрос был рассмотрен Правительством России. Для реализации первоочередных мер Республике Крым и городу Севастополю выделены субсидии объемом свыше 2,5 млрд рублей.

По информации министра сельского хозяйства Республики Крым, для перехода на самостоятельное обеспечение потребностей полуострова в водных ресурсах понадобится около трех лет. Специалистами Республики Крым рассмотрены следующие проекты, которые по мере реализации могли бы дополнить друг друга:

- разработка подземных водных источников;
- наполнение Северо-Крымского канала за счет рек и водохранилищ полуострова;
- опреснение морской воды.

Уже найдены уникальные подземные источники, откуда можно ежегодно добывать 450 млн кубометров воды. Планируется обустройство существующих и поиск новых подземных артезианских скважин. Всего планируется пробурить 36 скважин. Однако нельзя забывать, что бурение скважин угрожает окружающей природной среде истощением подземных источников. Так, использование в прошлом воды из скважин для полива и нужд населения степного Крыма привело к засолению источников.

Серьезную нехватку технической воды испытывают крупнейшие промышленные предприятия Северного Крыма «Крымский Титан» и «Крымский содовый завод». Одним из возможных решений проблемы, по мнению министра промышленности Республики Крым, могло бы стать строительство опреснительных систем. Кроме того, специалистами-гидрологами Республики

Крым изучается возможность сооружения новых водохранилищ.

Увеличение гидропотенциала существующих водохранилищ и сооружение новых водохранилищ с использованием сил и средств Крымской железной дороги — именно эти меры способны в настоящее время наиболее эффективно и рационально содействовать решению проблемы водоснабжения полуострова.

Водохранилище в виде гидротехнического сооружения, изолированного от внешней среды

Известны негативные последствия сооружения водохранилищ. В процессе строительства уничтожаются населенные пункты, лесные массивы и транспортные коммуникации, выводятся из сельскохозяйственного оборота пахотные земли. За пределами искусственного водоема происходит подъем уровня грунтовых вод. При этом подтопление разрушает здания и дороги, заболачивается и засоляется почва, ухудшается санитарное состояние местности.

Перечисленные аргументы являются основой протеста природоохранных организаций. Однако эти негативные последствия можно исключить использованием современных материалов, средств механизации и транспорта.

Местность, прилегающую к водохранилищу, можно защитить от затопления и подтопления. Для этого необходимо отказаться от использования естественного рельефа местности в качестве берегового очертания будущего водохранилища. Водохранилище должно представлять собой инженерную конструкцию, выполненную в виде искусственного объема, изолированного от внешней среды.

Конструкция грунта в геотекстильной оболочке

Проектные организации ОАО «Русгидро» используют в повседневной практике Инструкцию по проектированию и строительству противодиффузионных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов, которая содержит требования, предъявляемые к устройству подстилающего слоя и укладке синтетического материала и защитного слоя в процессе сооружения экранов из полиэтиленовой пленки (СН 551–82). Разработанная более 30 лет тому назад, эта инструкция нуждается в корректировке.

В качестве инженерной конструкции для защиты объектов на затопляемой территории используются насыпи (дамбы). Известны строительные нормы и правила для их проектирования и сооружения (СНиП 2.06.15–85).

Экспериментальные конструкции грунтовых насыпей в замкнутых и полузамкнутых обоймах из геотекстиля разработаны в 1985 г. учеными ЦНИИС Минтрансстроя в сотрудничестве с Ленгипротрансом. Применение таких насыпей способно значительно сократить потребность в привозных грунтах, сократить сроки строительства и уменьшить стоимость сооружения земляного полотна. Масштабные опытные работы по сооружению железнодорожных насыпей в геотекстильных оболочках общей протяженностью 60 км были проведены на строительстве железной дороги Ягельная — Ямбург [1].

Освоение новых технологий сооружения грунтовых насыпей

Опытные работы по внедрению экспериментальных конструкций грунтовых насыпей в замкнутых и полузамкнутых обоймах сопровождались падением производительности труда из-за использования технологий, основанных на применении автотранспорта, и несовершенства операций по раскрою рулонов геотекстиля на месте сооружаемой насыпи. Этим недостатком лишены новые технологические решения без использования автомобильного транспорта с выполнением раскроя рулонов геотекстиля на полотнища необходимых размеров в промышленных условиях звеноборочных баз [2, 3].

Транспортные средства и средства механизации путевых машинных станций, предназначенные для капитального ремонта и реконструкции железнодорожного пути, могут быть эффективно использованы для гидротехнического строительства [4].

Формирование грунта в синтетической оболочке для наращивания побережья существующих водохранилищ, а также гидроизоляция под сооружение новых водохранилищ начинается укладкой синтетического материала, закрепленного на звеньях монтажного рельсового пути

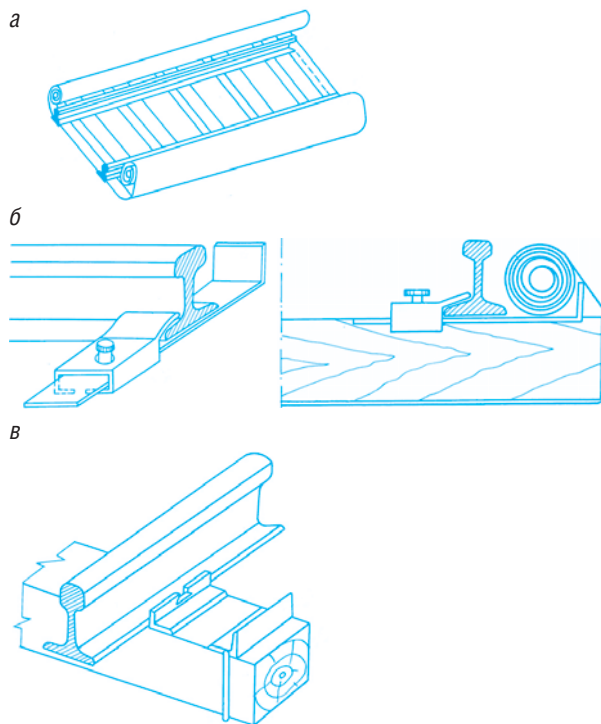


Рис. 1. Укладка синтетического материала, закрепленного на звеньях монтажного рельсового пути: а — звено монтажного рельсового пути на нетканом материале; б — элементы крепления рулона нетканого материала между шпалами; в — элементы крепления рулона нетканого материала на шпале

(рис. 1), в процессе движения путеукладочного поезда (рис. 2) по транспортной схеме (рис. 3).

Производители нетканых материалов не допускают заезд автотранспорта на незащищенную поверхность искусственного материала, поэтому защита синтетики от повреждения в данном случае обеспечивается специально изготовленным комплектом звеньев монтажного рельсового пути.

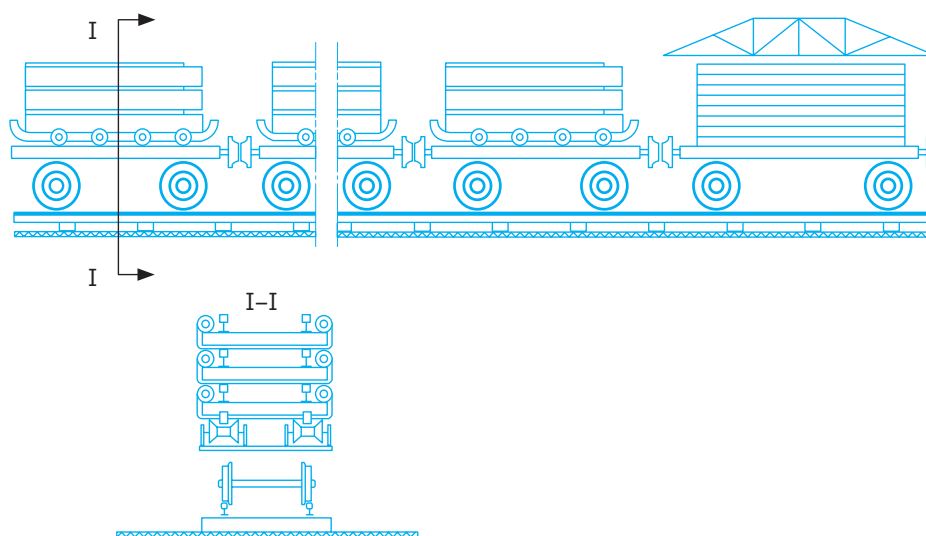


Рис. 2. Путеукладочный поезд, загруженный рулонами синтетики

Организация производства (транспорт)

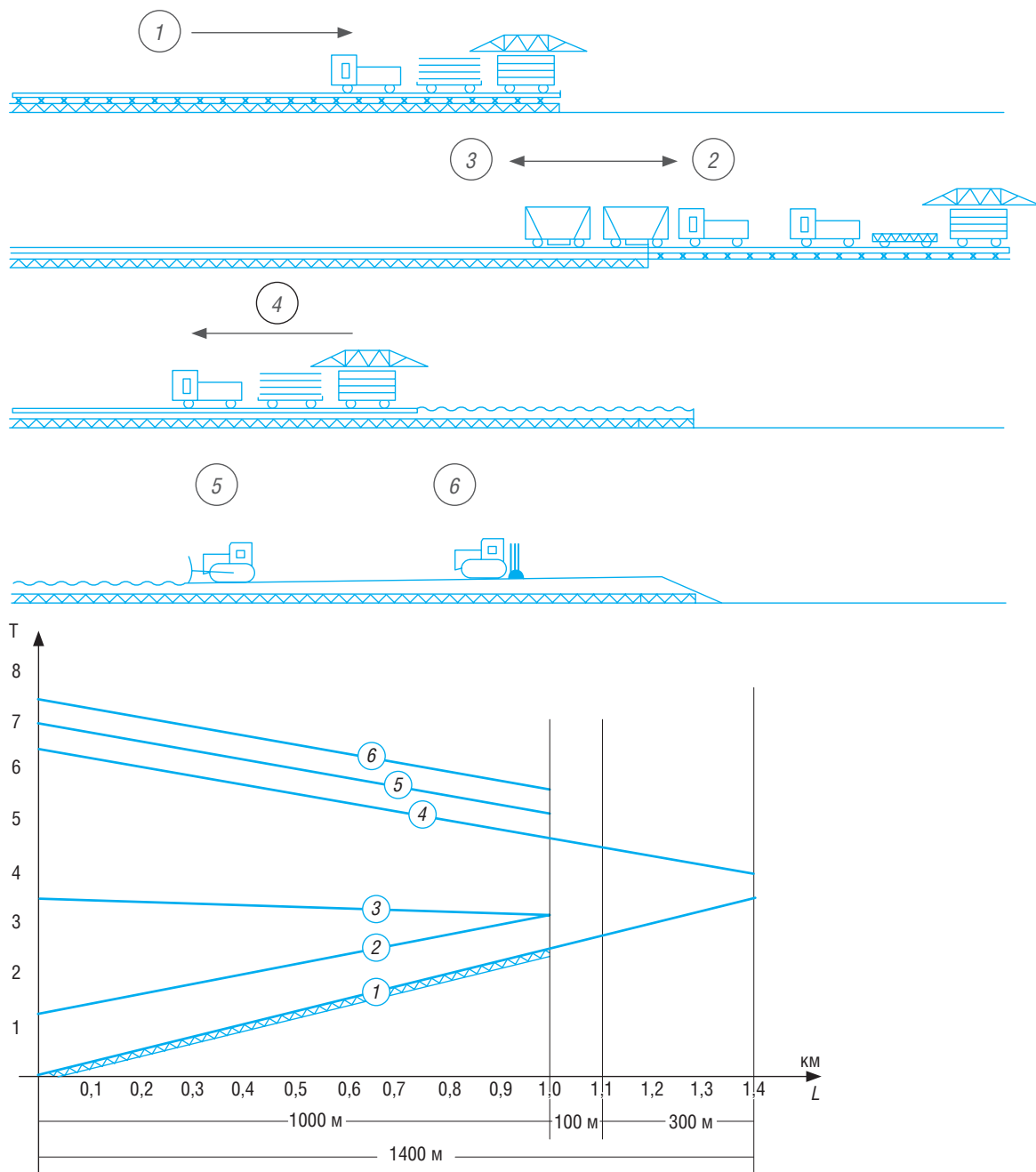


Рис. 3. Технологическая схема укладки синтетики в основание насыпи:

- 1 — укладка звеньев монтажного пути с рулонами синтетики; 2 — выгрузка грунта сооружаемой насыпи;
 3 — обратное движение порожнего грузового поезда; 4 — разборка монтажного пути с подъемом звеньев из-под грунта;
 5 — планирование грунта; 6 — уплотнение грунта

Особенностью монтажного рельсового пути является поверхность подрельсовых опор, выполненная в виде наклонных плоскостей, обеспечивающих стекание грунта при подъеме звеньев из-под грунта, предназначенного для подстилающего и защитного слоя гидроизоляционного экрана.

Для соединения рельсовых звеньев, периодически засыпаемых грунтом, используется скрепление, обеспечивающее свободное вертикальное перемещение стыкуемых звеньев [5]. Толщина грунта при послойном на-

ращивании насыпи определяется мощностью средств уплотнения и может быть обеспечена высотой опор монтажного рельсового пути.

Насыпь, выведенная на проектные отметки, планируется под монтаж рельсовых звеньев, оснащенных рулонами синтетики. Формирование насыпи в синтетической оболочке завершается тем, что освобожденные от рельсовых звеньев рулоны синтетики скатываются по откосам насыпи и соединяются сваркой со слоем синтетики в основании насыпи (рис. 4).

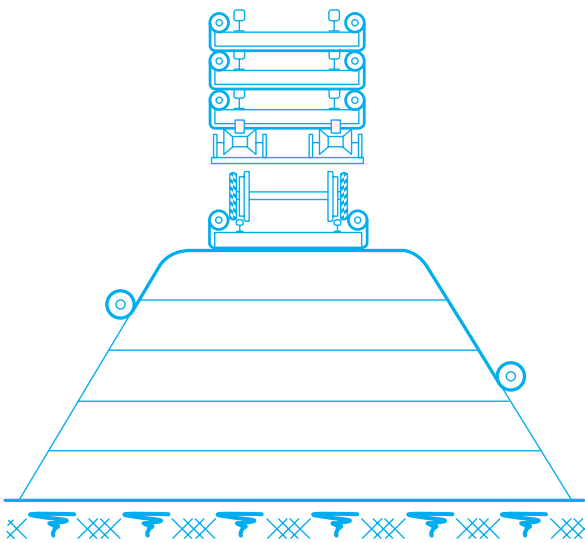


Рис. 4. Скатывание рулонов к слою синтетики в основании насыпи

Гидротехническое строительство с использованием железнодорожного транспорта для накопления пресной воды

Гидротехнический потенциал Крымского полуострова можно существенно увеличить использованием современных инженерных решений для сведения к минимуму теряемых в настоящее время объемов фильтрации и поверхностного стока пресной воды.

1. Нарращивание побережья существующих водохранилищ

В настоящее время на полуострове расположено 23 водохранилища общим объемом 399,5 млн кубометров пресной воды, из них 15 водохранилищ естественного стока. Протяженность берегового очертания водохранилищ полуострова невелика, исчисляется километрами, что позволяет проанализировать их все с точки зрения наращивания побережья грунтовыми массами в синтетической оболочке.

Близость железной дороги является одним из решающих факторов выбора водохранилищ для увеличения объемов накопления воды. Впрочем, сооружение временных дорог от эксплуатируемой железной дороги для движения материальных поездов со скоростью не более 15–20 км/час также не должно быть проблемой.

Предполагая наращивание высоты побережья существующих водохранилищ, следует, в первую очередь,

вернуться к расчетам на устойчивость и определению необходимости усиления существующих дамб на основе анализа архивных материалов проектных организаций.

2. Сооружение новых водохранилищ

Место будущего водохранилища может быть определено на основе конкретных местных условий: либо удастся найти объемы поверхностного стока, достаточные для новых водохранилищ, либо это должны быть обработанные соответствующим образом пересыхающие русла существующих рек. Определенный интерес вызывает, например, возможность перепрофилирования и гидроизоляции русла реки Салгир, пересыхающего на протяжении 27 км.

Предложение о водоемах, гидроизолированных от внешней среды, представляется актуальным применительно к реализации плана Министерства сельского хозяйства Республики Крым по созданию системы прудов-накопителей.

3. Наполнение Северо-Крымского канала за счет рек и водохранилищ полуострова

Трасса Северо-Крымского канала и образованные по длине канала 8 водохранилищ представляют собой идеальную возможность для использования новых материалов и технологий подготовки водоемов под перехват поверхностного стока пресной воды.

Крымская железная дорога в качестве основного исполнителя проекта аккумулирования речного и поверхностного стока

Очевидное преимущество железнодорожного транспорта состоит в транспортировке поездами тысяч тонн грунта. Транспортное плечо железнодорожного транспорта позволяет перебрасывать грунт необходимой категории на сотни километров. Для реализации этих преимуществ в условиях Крыма необходимы карьеры, отстоящие от обжитой территории и располагающие средствами отгрузки грунтов поездами.

В настоящее время деятельность железнодорожных и автотранспортных предприятий при сооружении насыпей ограничена транспортировкой грузов. Впервые в мировой практике сооружение грунтовой насыпи, в данном случае искусственное побережье водоема, предлагается осуществить поездами. Впервые в мировой практике железнодорожному предприятию предлагается осуществить не только транспортировку, но и укладку миллионов тонн грунта в насыпь, для чего Крымская железная

дорога должна располагать путевыми машинными станциями и парком хоппер-дозаторов, достаточным для выполнения соответствующей программы работ [6].

Новые формы производственной деятельности и новые объемы грузовых перевозок способны существенно улучшить экономическое состояние Крымской железной дороги.

Научное сопровождение реализации предлагаемого проекта

Действующие нормы и правила позволяют немедленно приступить к освоению новых технологий. В соответствии с п. 3.7 СНиП «Железные дороги», «технологические процессы и комплексы работ, не имеющие аналогов или не применявшиеся ранее в аналогичных условиях строительства, могут выполняться первоначально в экспериментальном порядке при соответствующем научном сопровождении».

Существующие на полуострове водохранилища оборудованы и благоустроены в качестве мест отдыха. Мно-

гие из них находятся в рекреационных зонах, охранных зонах водоснабжения, где запрещены все виды хозяйственной деятельности, поэтому основной и ведущей частью творческого коллектива по научному сопровождению работы должны стать экологи. Предпочтительно участие в работе крымской ассоциации «Экология и мир».

Новые технологии позволяют отказаться от сооружения временных автомобильных дорог и использования автосамосвалов. Железная дорога может строить сама себя. При устройстве временных железнодорожных подъездов к сооружаемому водохранилищу местность прорезается предельно узкой полосой. Учитывая необходимость использования механизированного комплекса путевой машинной станции, предлагаемые работы должны выполняться при научном сопровождении технологов-путейцев.

На смену досконально изученной транспортной схеме «карьер — автосамосвал — насыпь» предлагается новая транспортная схема «карьер — железнодорожный поезд — насыпь», что предполагает участие в творческом научном коллективе специалистов по организации движения поездов. **ИТ**

Список литературы

1. Меренков Н. Д., Пешков П. Г., Петров Б. Г., Цернант А. А., Бойцов Е. А. Конструкции насыпей из твердомерзлых песков с прослойками из геотекстиля // Транспортное строительство. — 1988. — № 5. — С. 6–7.
2. Kunzewitsch F. Die Errichtung von aufgeschütteten, mit Faservliesstoffbahnen verstärkten Bauten // Der Eisenbahningenieur. — 2004. — № 4. — S.16–18.
3. Кунцевич Ф. Б. Сооружение грунтовых насыпей, усиленных неткаными материалами // Труды научно-технической конференции, Москва, 20 окт. 2004 г. / МИИТ. — 2004. — С. 61–65.
4. Кунцевич Ф. Б. Второе дыхание гидроэнергетики // Гидротехника. — 2012. — № 3. — С. 22–26.
5. Пат. 2023105 Российская Федерация, МПК E01 B11/00. Рельсовое стыковое соединение / Кунцевич Ф. Б.; заявл. 21.12.92; опубл. 15.11.94
6. Кунцевич Ф. Б. Использование железнодорожного транспорта при сооружении железнодорожного пути // Наука и транспорт. — 2012. — № 3. — С. 56–60.



Александр Владимирович
Евсеев

Alexandr V. Evseev

Роль шахмат в профессионально-прикладной подготовке студентов транспортных вузов

The part of chess in professional and applied training of transport university students

Аннотация

В статье раскрыты особенности психофизической подготовки студентов транспортных вузов. Формирование профессионально-прикладных качеств будущих специалистов транспорта возможно посредством шахмат. Данный вид спорта развивает умственные, интеллектуальные, аналитические способности, необходимые в настоящей профессии инженеров-транспортников. Кроме того, все студенты, независимо от состояния их здоровья, могут быть активными участниками учебного процесса.

Ключевые слова: профессионально-прикладные качества, транспортный вуз, шахматы, компетенции инженеров транспорта

Abstract

The article is devoted to the specifics of psychophysical training of the transport university training. The shaping of professional and applied qualities desirable in future transport professionals, in the opinion of the author, can benefit from chess. Chess is a sport that promotes the mental, intellectual, analytic capabilities desirable in the actual occupation of transport engineers. Besides, all students independent on their physical condition can be active participants.

Keywords: applied professional qualities, transport universities, chess, transport engineer skills.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-39-42

Авторы Authors

Александр Владимирович Евсеев, канд. пед. наук, профессор, заведующий кафедрой «Физвоспитание» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), заслуженный работник физической культуры РФ, Екатеринбург

Alexandr Vladimirovich Evseev, Candidate of Pedagogical Sciences, professor, head of the "Physical Education" chair of the of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Merited Physical Education Teacher of the Russian Federation, Yekaterinburg

Актуальность

В настоящее время особую актуальность приобретает профессиональная пригодность инженеров транспорта, чья ошибка порой стоит жизни многих людей. В связи с этим большое значение имеет профессионально-прикладная подготовка студентов транспортных вузов. Будущие специалисты транспорта должны иметь соответствующую интеллектуальную подготовку и обладать высокими аналитическими способностями, при этом необходимо учитывать состояние здоровья студентов, временно освобожденных от практических занятий.

В создавшейся ситуации встает вопрос о применении новых подходов и методов педагогического воздействия в области профессионально-прикладной физической подготовки. Одним из средств развития и совершенствования профессиональных навыков являются шахматы, которые позволяют развивать необходимые качества, соответствующие современным требованиям работы.

Профессионально-прикладные качества будущих специалистов транспорта зависят от сформированных компетенций в области их будущей производственной деятельности. Интересным, на наш взгляд, может быть использование шахмат в условиях обучения в университете. Применение данного вида спорта позволит развить умственные, интеллектуальные, аналитические способности, необходимые в настоящей профессии инженеров-транспортников. Кроме того, все студенты, независимо от состояния их здоровья, могут быть активными участниками учебного процесса.



Результаты и их обсуждение

Результаты современных исследований указывают на неопределимое значение роли шахмат в воспитательной работе с учащейся молодежью [2, 3, 4]. Несмотря на высокую занятость студентов и появление современных технических устройств, интерес к шахматам остается неизменным [1, 2].

История шахмат насчитывает не менее полутора тысяч лет. Считается, что игра-прародитель, чатуранга, появилась в Индии не позже VI в. нашей эры. По мере распространения игры на Арабский Восток, в Европу и Африку правила менялись. В том виде, который игра имеет в настоящее время, она сформировалась к XV в., окончательно правила были стандартизованы в XIX в., когда стали систематически проводиться международные турниры. Так шахматы распространились практически по всему миру и стали неотъемлемой частью человеческой культуры [2]. Интересно, что первоначально в игру были вовлечены единицы, в основном знать, которой данное увлечение помогало тренировать ум и смекалку, характер, эстетические ценности. Сегодня шахматы — один из самых доступных и привлекательных видов спорта. Это не просто хобби: данное увлечение помогает развитию логики, нестандартного мышления, формирует способность анализировать, решать проблемные ситуации [1, 2]. Все эти качества особо необходимы специалистам транспорта и могут пригодиться в будущем в различных областях их профессиональной деятельности.

Современная профессиональная деятельность имеет свои особенности, которые характеризуются внедрением во все отрасли народного хозяйства интенсивного и высокоинформативного умственного труда. В связи с этим возникает задача тренировки аналитических способностей человека перерабатывать полученные данные и выделять главное [3].

Установлено, что шахматы могут формировать интеллект и черты характера человека, которые тесно связаны с его логическим мышлением. Используя шахматную игру, можно организовать интересный способ обучения данным качествам, так как для молодежи намного интереснее и понятнее видеть и разбирать ситуацию на шахматной доске, чем читать учебник.

Выдающийся советский педагог Сухомлинский так резюмировал данные своих исследований: «Шахматы — превосходная школа последовательного логического мышления». Порой создавшаяся ситуация при решении шахматных задач имеет множество рациональных решений, из которых необходимо выбрать одно, наиболее значимое в данной ситуации. Шахматист может находиться в условиях неопределенности и действует, опираясь на интуицию, прибегая к риску.

Игра в шахматы требует интенсивного и длительного внимания, то есть необходима специальная выносливость, что позволяет отнести шахматы к спорту, а не к другому виду деятельности. Зачастую недостаток выносливости в результате длительной партии может привести игрока к проигрышу, несмотря на его лидирующую позицию в течение игры. Поэтому шахматисту необходимо поддерживать хорошую физическую форму, тренировать общую и специальную выносливость, занимаясь, например, бегом, плаванием, ездой на велосипеде. Предпосылкой формирования выносливости

служит функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Таким образом, большое значение для шахматиста имеет состояние здоровья как результат здорового образа жизни.

Неоценимо значение шахмат в развитии памяти, так как в течение игры приходится запоминать множество комбинаций и предвидеть возможные варианты, возникающие в процессе, где происходит интеллектуальное соревнование не только ума, но и характеров. Шахматы не допускают слепого подражания знаменитым людям, велика необходимость самостоятельной индивидуальной постановки задачи и ее решение.

Интересно, что шахматы воспитывают особое отношение и к себе, и к партнеру, потому что необходимо обнаруживать и изучать как свои ошибки, так и партнера. Обычно проигрыш — это личная неудача, которая может быть проанализирована, что помогает воспитывать критическую самооценку личности, стимулирует к самоанализу.

Шахматы помогают сохранять самообладание в экстремальных ситуациях, что очень важно в профессиональной деятельности инженеров транспорта. Опасно принимать ответственные решения в критических ситуациях при неуравновешенном психоэмоциональном состоянии. Мышление не терпит нервозности и стресса, решения должны приниматься в спокойном состоянии, чему учат шахматы.

Исследования, проведенные специалистами в области физического воспитания студентов, подтверждают особое значение шахмат в формировании профессиональных качеств будущих специалистов-транспортников [2, 3, 4]. В настоящее время значительно ужесточились требования к уровню квалификации специалистов данной области. Большую роль при этом играет профессионально-прикладная физическая подготовка студентов в высших учебных заведениях. От того, насколько современная молодежь овладеет качествами, необходимыми для работы в современных условиях, зависит безопасность общества, надежность его функционирования, динамика прогрессивного развития. Кроме того, велика необходимость всестороннего развития современного человека, обладающего не только хорошими физическими качествами, но и разносторонними интеллектуальными и организационными способностями. Так, к основным компетенциям инженеров транспорта относят коммуникабельность, адекватную самооценку, память, самоорганизованность, эмоциональную устойчивость, креативное мышление [3, 4].

При помощи шахмат успешно воспитываются и развиваются коммуникативные качества будущих специалистов. Известно, что шахматы не делятся на детские и взрослые, разряд присваивается любому человеку независимо от возраста. За шахматной доской могут встретиться маленький ребенок и взрослый человек. В таких условиях юный и взрослый шахматисты общаются на

равных, при этом им нужно находить общий язык, сохранять уважение друг к другу, несмотря на то что они являются соперниками в игре.

Велико значение шахмат и в формировании адекватной самооценки личности, т.е. умения адекватно оценивать свои возможности. Умение оценивать свой потенциал, проводить анализ игры имеет прямое отношение к профессиональной деятельности, позволяет делать выводы, которые необходимо учитывать в дальнейшем.



Хорошая память и логическое мышление для специалиста являются основой интеллектуальной деятельности [4]. Шахматы позволяют тренировать и укреплять память, так как во время игры, по нашим подсчетам, каждый сильный шахматист знает примерно 10 дебютов наизусть. В каждом дебюте — 5 вариантов продолжения, а в каждом варианте 20 ходов. Таким образом, шахматист обязан знать как минимум 1000 ходов наизусть, и это без учета типовых позиций, комбинаций.

Кроме того, шахматы воспитывают характер профессионала. Они учат принимать поражения и на их основе анализировать ошибки, переводя их в победы [2]. Шахматист на протяжении тренировочного процесса осознает, что все успехи зависят от собственных усилий, а значит, воспитывается умение трудиться, добиваться всех поставленных целей собственным трудом. Самостоятельная работа, самоорганизованность являются необходимыми качествами современного человека [3]. А в таком важном сегменте экономики, как транспорт, необходимо непрерывное самостоятельное воспитание и обучение.

Своеобразие шахмат в том, что они воспитывают высокую эмоциональную устойчивость у игрока. Во время шахматной партии идет борьба между игроками: кто-то должен стать победителем, а кто-то проиграть. Нужно уметь контролировать свои эмоции, уметь проигрывать и осознавать свои ошибки. Такие навыки позволяют инженеру транспорта в будущем решать производственные задачи осознанно, анализируя и контролируя свои действия.

Каждая личность индивидуальна в своем роде, поэтому мышление может иметь свои особенности. Чем лучше развита логика и диалектика шахматной игры, тем креативнее шахматист [1, 3]. Регулярная тренировка логики повышает креативность мышления.

Выводы

Благодаря хорошей ориентации на шахматной доске тренируется память игрока, умение сравнивать и обобщать при одновременной концентрации внимания, терпеливости и особой изобретательности. Будущий спе-

циалист-транспортник, обладающий такими навыками, сможет решать любые сложные производственные задачи, основной из которых является обеспечение беспрецедентного качества и высокой безопасности пассажирских и грузовых перевозок.

Таким образом, с помощью игры в шахматы воспитываются и совершенствуются профессионально-прикладные качества специалистов транспорта, повышается их квалификация, креативность мышления, динамичность, способность к саморазвитию и интеллектуальной активности, что отвечает современным требованиям производственного процесса. **ИТ**

Список литературы

1. Студенческие шахматы 600 : сборник задач для студентов всех специальностей / сост. А. В. Евсеев, А. И. Новожилов. — Екатеринбург : УрГУПС, 2013. — 132 с.
2. Евсеев А. В., Новожилов А. И. Шахматы в профессиональной подготовке специалистов транспорта : учебное пособие / А. В. Евсеев, А. И. Новожилов. — Екатеринбург : УрГУПС, 2015. — 251 с. — ISBN 978-5-94614-303-5.
3. Линькова Н. А. Технология организации учебного процесса по физическому воспитанию студентов оздоровительного отделения / Н. А. Линькова // Вестник УрГУПС. — 2015. — № 3 (27). — С. 81–86. — ISSN 2079-0392.
4. Канишевский С. М., Ямалетдинова Г. А., Краснов В. П. Основные положения концепции физического воспитания и самосовершенствования студенческой молодежи в современных условиях : м-лы XV Международной научно-практической конференции Гуманитарного университета. — Екатеринбург, 2012. — 526 с.



**Маруфджан
Халикович
Расулов**
Marufdjan H.
Rasulov



**Абдумалик
Набиевич
Ризаев**
Abdumalik N.
Rizaev



**Рустам
Вячеславович
Рахимов**
Rustam V.
Rahimov

Теоретические исследования по определению прочностных характеристик кузова вагона-цементовоза производства Республики Узбекистан

Theoretical research for defining the body durability characteristics of cement carrier rail car manufactured in the Republic of Uzbekistan

Аннотация

В статье описана необходимость пополнения парка Республики Узбекистан новыми грузовыми вагонами, разработана новая конструкция вагона-цементовоза и приведены результаты теоретических исследований по определению прочностных характеристик кузова разработанного вагона-цементовоза.

Ключевые слова: транспортировка, цемент, вагон-цементовоз, оценка прочности, метод конечных элементов, расчетный режим, нагрузка, модель, граничные условия, сила, коэффициент вертикальной динамики, эквивалентные напряжения, поля распределения.

Abstract

The article describes the necessity of supplementing the rolling stock pool of the Republic of Uzbekistan with new freight cars, a new design of cement carrier car is developed and the results of theoretical research for defining the durability characteristics of the developed concrete carrier car body are presented.

Keywords: transporting, cement, cement carrier car, requirements, durability evaluation, finite elements method, design condition, loading, model, boundary conditions, force, vertical dynamic ratio, equivalent stresses, distribution fields.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-43-47

Авторы Authors

Маруфджан Халикович Расулов, канд. техн. наук, доцент, ректор Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: rektorat@tashiit.uz | **Абдумалик Набиевич Ризаев**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Инженерные коммуникации и системы» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: rektorat@tashiit.uz | **Рустам Вячеславович Рахимов**, доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: rakhimovrv@wagon.uz

Marufdjan H. Rasulov, Candidate of Technical Sciences, rector of the Tashkent Institute of Railway Engineering (TashIIT), Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: rektorat@tashiit.uz | **Abdumalik N. Rizaev**, Doctor of Technical Sciences, professor at the «Engineering communications and systems» of the Tashkent Institute of Railway Engineering (TashIIT), Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: rektorat@tashiit.uz | **Rustam V. Rahimov**, associate professor, Candidate of Technical Sciences, head of the "Rolling stock" chair of Tashkent Institute of Railway Engineering (TashIIT), Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: rakhimovrv@wagon.uz

1. Введение

Таблица 1

В Республике Узбекистан после приобретения независимости проводятся целенаправленные мероприятия по развитию транспортного потенциала, способствующие укреплению политической и экономической независимости государства, обеспечивающие его активную интеграцию в мировое сообщество.

На основе постановлений Президента Республики Узбекистан реализуются государственные отраслевые программы, в частности, осуществляется строительство новых железнодорожных линий, проводится реконструкция и электрификация основных транзитных железнодорожных участков, организация новых маршрутов с учетом потребностей пассажиров, коротких и удобных путей перевозок, обновление и модернизация подвижного состава [1].

Учитывая существенные достоинства республики, такие как выгодное географическое положение и развитая транспортная инфраструктура, целесообразно использовать единицы транспортной продукции для экспорта производимого цемента. Именно поэтому наличие парка современных грузовых вагонов, в частности вагонов-цементовозов, позволит осуществлять своевременную доставку производимого груза до потребителя.

В настоящее время ведущими предприятиями АО «Ўзбекистон темир йуллари» (ДП «ЛМЗ», ДП «АМЗ», АО «ТашВСРЗ») осваивается процесс постройки новых грузовых и пассажирских вагонов для всей сети железных дорог с шириной колеи 1520 мм.

2. Основные параметры и конструкция вагона-цементовоза

С учетом вышесказанного, а также с целью реализации постановлений Президента Республики конструкторами ДП «Литейно-механический завод», производственная база которого была обновлена согласно [2], разработана новая конструкция 4-осного крытого вагона-цементовоза модели 19-9596.

Новый вагон-цементовоз предназначен для бестарной перевозки насыпью цемента с погрузкой через верхние загрузочные люки и разгрузкой гравитационно через нижние разгрузочные люки в междельсовое пространство [3].

Конструкция 4-осного крытого вагона-цементовоза модели 19-9596 включает в себя унифицированные базовые узлы, позволяющие осуществлять их модульную сборку при производстве ремонта и в эксплуатации. В верхних частях торцевых стенок предусмотрено устройство, предотвращающее образование вакуума при высыпании груза и исключающее попадание влаги внутрь кузова. Основные параметры вагона-цементовоза модели 19-9596 приведены в табл. 1.

Основные параметры 4-осного крытого вагона-цементовоза модели 19-9596 [3]

Параметр	Величина
Масса тары, т	21,0
Грузоподъемность, т	72,5
Объем кузова, м ³	61,6
База вагона, мм	7800±5
Высота вагона от уровня головок рельсов, мм	4376±30
Максимальная ширина вагона, мм	3260±10
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	230,5 (23,5)
Конструкционная скорость, км/ч	120
Назначенный срок службы вагона, лет	26
Габарит вагона	1-Т

3. Прочностные исследования конструкции кузова вагона-цементовоза

Прочностные исследования предложенной конструкции вагона-цементовоза в соответствии с требованиями [4] были проведены учеными Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.

Марки сталей несущих элементов кузова вагона-цементовоза и допускаемые напряжения данных марок были приняты в соответствии с конструкторской документацией проекта 9596.00.00.000.

Теоретические исследования по определению прочностных характеристик кузова вагона-цементовоза производились методом конечных элементов с использованием инженерной программы ANSYS Workbench v. 14.5 [5]. Для расчета использовалась объемная конечно-элементная модель кузова вагона-цементовоза, которая включает 61 111 элементов и 234 959 узлов. Общий вид 3D-модели и вид конечно-элементной модели кузова вагона-цементовоза показаны на рис. 1, 2.

Кинематические и силовые граничные условия для различных расчетных режимов (при сжатии и растяжении кузова вагона) показаны на рис. 3.

Сочетание нагрузок, действующих на кузов вагона-цементовоза при первом и третьем расчетных режимах (удар, рывок, сжатие и растяжение), определялось в соответствии с требованиями [4].

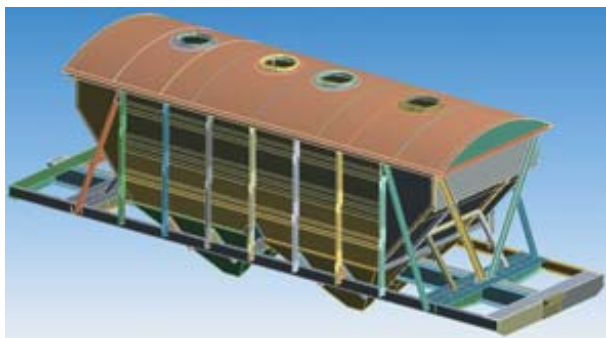


Рис. 1. Общий вид 3D-модели кузова вагона-цементовоза

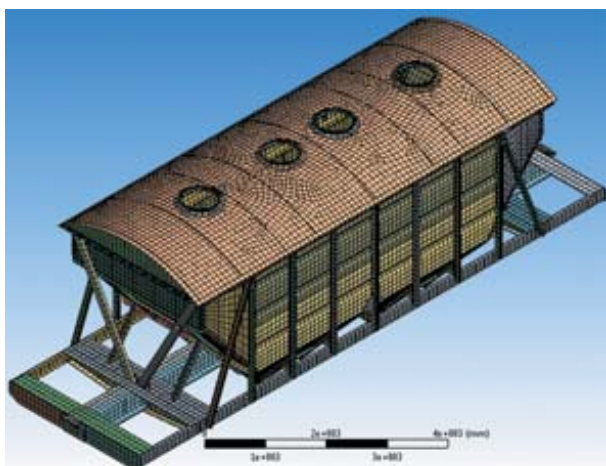


Рис. 2. Общий вид конечно-элементной модели кузова вагона-цементовоза

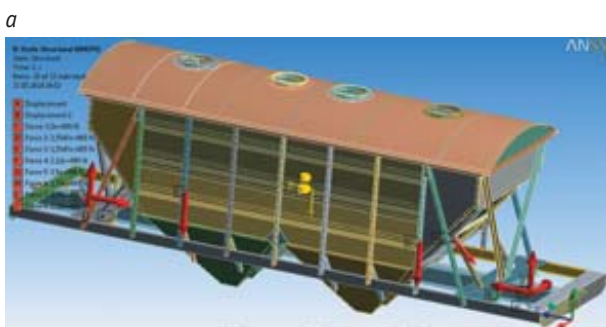


Рис. 3. Кинематические и силовые граничные условия при сжатии (а) и растяжении (б) кузова вагона-цементовоза

Продольная сила инерции груза $N_{и}$ определялась по формуле

$$N_{и} = N \frac{m_{гр}}{m_{ваг}}, \quad (1)$$

где $m_{гр}$, $m_{ваг}$ — соответственно масса груза и вагона (брутто), т; N — внешняя продольная сила удара, МН.

Подставляя данные в формулу (1) получили, что сила инерции груза составила для первого режима при ударе $N_{и} = 2,71$ МН, при рывке $N_{и} = 1,94$ МН (для третьего режима $N_{и} = 0,77$ МН).

Вертикальная сила при нецентральной взаимодействии автосцепок P определялась по формуле

$$P = N \frac{e}{b}, \quad (2)$$

где e — разность уровней осей автосцепок; b — длина жесткого стержня, образованного двумя сцепленными автосцепками.

Подставляя данные в формулу (2), получили, что сила при нецентральной взаимодействии автосцепок составила для первого режима при ударе $P = 175$ кН, при рывке $P = 138$ кН (при сжатии $P = 125$ кН, при растяжении $P = 110$ кН), для третьего режима $P = 25$ кН при ударе и сжатии, $P = 27,6$ кН рывке и растяжении.

Активное (статическое) максимальное давление распора груза на единицу площади стенок кузова составляло при первом расчетном режиме 3438 Н/м², при третьем расчетном режиме 15435 Н/м².

Давление груза на торцевую стену составило $124\,059$ Па.

Поперечные силы взаимодействия между вагонами в кривых P_n определялись по формулам:

- при сжатии:

$$P_n = N \left[\frac{\delta \cdot L}{l^2} \left(1 + \frac{L}{a} \right) + \frac{L_c}{R} \right] \frac{l}{L}, \quad (3)$$

- при растяжении:

$$P_n = N \frac{L_c}{R}, \quad (4)$$

где $2l$, $2L$, $2L_c$ — соответственно база вагона, расстояние между упорными плитами автосцепок и длина вагона по осям сцепления автосцепок; a — расчетная длина корпуса автосцепки; R — радиус кривой, согласно требованиям [4], $R = 250$ м; δ — возможное боковое перемещение шкворневого сечения кузова вагона за счет зазоров колесной пары в рельсовой колее, зазоров в буксовых направляющих, пятниках и упругих деформаций рессор.

Подставляя данные в формулы (3) и (4), получили, что поперечные силы взаимодействия между вагонами

в кривых составляют для первого режима при сжатии $P_n = 200$ кН, при растяжении $P_n = 160$ кН.

Коэффициент вертикальной динамики $K_{дв}$, в соответствии с требованиями [4], определялся по формуле:

$$K_{дв} = \frac{K_{дв}^{ср}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1 - P(K_{дв})}}, \quad (5)$$

где $K_{дв}^{ср}$ — среднее вероятное значение коэффициента вертикальной динамики, определяемое по формуле (6); β — параметр распределения, согласно требованиям [4], $\beta = 1,13$; $P(K_{дв})$ — доверительная вероятность, с которой определяется коэффициент вертикальной динамики, согласно требованиям [4], $P(K_{дв}) = 0,97$.

Среднее вероятное значение $K_{дв}^{ср}$ определялось по формуле

$$K_{дв}^{ср} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot v \cdot \frac{v - 15}{f_{ст}}, \quad (6)$$

где a — коэффициент для элементов кузова, согласно требованиям [4], принимался равным 0,05; v — конструкционная скорость движения, км/ч; v — коэффициент, учитывающий влияние числа осей n в тележке

под одним концом экипажа; $f_{ст}$ — статический прогиб рессорного подвешивания, м.

Подставляя данные в формулу (5), получили $K_{дв} = 0,35$.

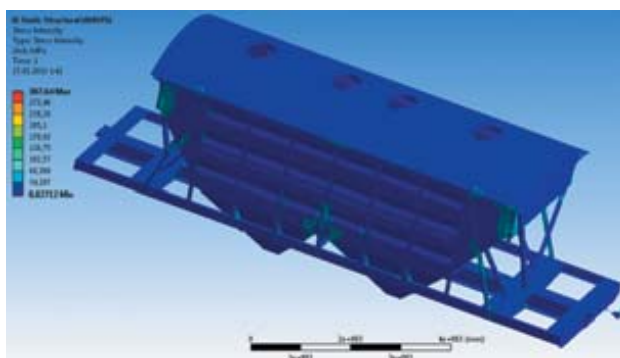
В результате расчета были получены эквивалентные напряжения, возникающие в элементах кузова вагона-цементовоза при первом и третьем расчетных режимах.

Оценка прочности, в соответствии с требованиями [4], производилась по эквивалентным напряжениям, вычисляемым по теории Мизеса. Поля распределения максимальных эквивалентных напряжений элементов кузова вагона-цементовоза для рассматриваемых расчетных режимов приведены на рис. 4, 5.

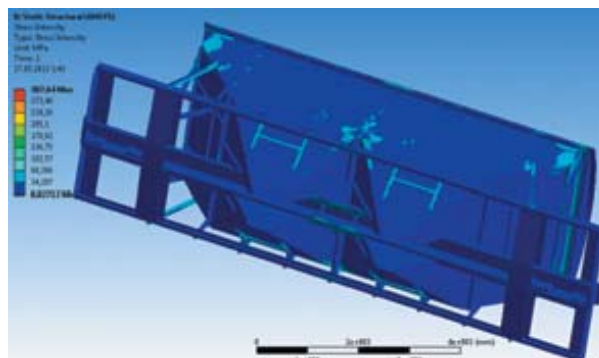
4. Выводы

В результате оценки прочности кузова 4-осного крытого вагона-цементовоза установлено, что прочностные характеристики конструкции кузова вагона-цементовоза удовлетворяют требованиям [3, 4]. При этом получены следующие значения:

1. При первом расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах кузова составляют (рис. 4):

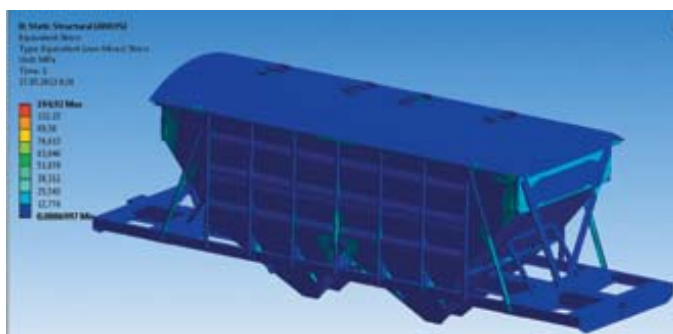


общий вид

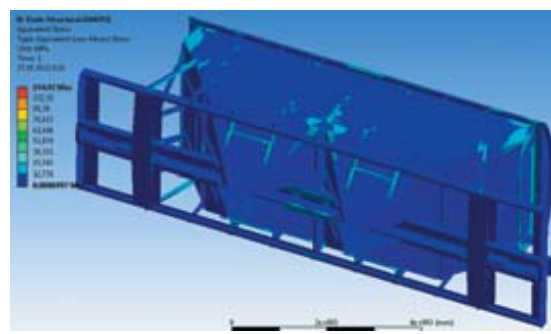


вид снизу

Рис. 4. Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах кузова вагона-цементовоза (сжатие (удар), первый расчетный режим), МПа



общий вид



вид снизу

Рис. 5. Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах кузова вагона-цементовоза (сжатие (удар), третий расчетный режим), МПа

- в элементах торцевой и боковой стены и рамы (при ударе) 308 МПа (89,3% от допускаемых напряжений).
- 2. При третьем расчетном режиме максимальные эквивалентные напряжения в элементах кузова составляют (рис. 5):
 - в элементах торцевой и боковой стены (при ударе) 195 МПа (88,6% от допускаемых напряжений).

Новая конструкция 4-осного крытого вагона-цементовоза с улучшенными технико-экономическими показателями позволит значительно уменьшить транспортные издержки при перевозке цемента железнодорожным транспортом. Эксплуатация современных вагонов-цементовозов в дальнейшем позволит получить экономический эффект как перевозчику, так и производителю цемента. **ИТ**

Список литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 11 февраля 2015 года № ПП-2298. Программа локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2015–2019 годы.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан от 28 июня 2012 года. № ПП-1780. О мерах по реализации инвестиционного проекта «Развитие ремонтной базы подвижного состава, организация вагоностроения и реконструкция литейного производства на ДП «Quyuv-mexanika zavodi».
3. ТУ 05949217–021:2015. Вагон-хоппер для перевозки цемента. Модель 19-9596. Технические условия. — Ташкент : ДП «ЛМЗ», 2015.
4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). — М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. — 317 с.
5. Huei-Huang Lee. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 14. — Schroff Development Corporation, 2012. — 608 p. — ISBN 978-1-58503-725-4.



Никита Андреевич
Аксенов

Nikita A. Aksyonov

Современные способы определения степени разрегулировки опор контактной сети

Modern methods of defining the misalignment degree of the overhead network supports

Аннотация

Контактная сеть представляет собой сложный технический комплекс устройств для передачи электроэнергии от тяговых подстанций к электроподвижному составу. Контактная сеть в отличие от других устройств электроснабжения не имеет резерва, именно поэтому к ней по надежности предъявляют высокие требования. Выход из строя одной опоры может привести к длительной задержке движения поездов, нарушению движения, поэтому важно следить за процессами разрегулировок опор и планировать сроки управляющих воздействий. В связи с этим нужна модернизация нестационарных приборов для быстрого и точного автоматизированного определения угла разрегулировки опор, также необходимо выполнить оценку риска отказа участка контактной сети из-за разрегулировки и составить план проведения управляющих воздействий.

Ключевые слова: опора, разрегулировка, контактная сеть, контактный провод, подвеска, надежность, риск, угол наклона, прибор, статистика, зигзаг, габарит, исследование, параметры, токосъем, износ.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-48-51

Авторы Authors

Никита Андреевич Аксенов, аспирант кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Nikita Andreevich Aksyonov, postgraduate at the "Transport electric power supply" chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Abstract

The overhead network is a complicated technical system of devices for transmitting electric power from a traction station to an electrical locomotive. The overhead network, unlike other electric power supply devices, is not backed up and this is why reliability requirements to it are especially high. Failure of a single support may cause a lengthy delay in train movement and traffic disruption. This is why it is so important to track the support misalignment and schedule the terms of corrective operations. In this regard it is necessary to update the mobile devices for rapid and precise automated measurement of the supports misalignment angle, as well as to perform the risk evaluation of an overhead network failure risk due to misalignment and prepare a plan of corrective actions.

Keywords: support, misalignment, overhead network, contact wire, suspension, reliability, risk, inclination angle, statistics, zigzag, dimensions, research, parameters, current pickup, wear.

В транспортной системе РФ ведущим видом транспорта является железнодорожный транспорт. Исходя из требований экономической эффективности, экологической безопасности и объемов тяжелых грузов, доставляемых на большие расстояния, железнодорожным перевозкам на сегодняшний момент нет альтернативы.

Контактная сеть (КС) — это достаточно сложное техническое сооружение электрифицированных железных дорог. В отличие от других устройств железной дороги, КС практически не имеет резерва, поэтому необходимо стремиться к ее высокой надежности в условиях эксплуатации.

Эксплуатация КС должна сопровождаться своевременным проведением работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам с периодичностью, установленной нормативной документацией.

Периодичность проведения работ устанавливается с учетом категорий электрифицированных линий и зависит от:

- скорости поездов и интенсивности движения;
- величины удельного годового электропотребления на один километр эксплуатационной длины в однопутном исчислении.

Контактная сеть должна обеспечивать бесперебойным питанием при больших скоростях движения и при любых атмосферных условиях, так как она является уязвимым объектом в системе тягового электроснабжения. Ненадежная работа КС в большинстве случаев является причиной браков. При исследовании свойства надежности основным вопросом является понятие отказа [1].

Под отказом понимается непредусмотренное нарушение работоспособности объекта, при котором система или элемент перестает выполнять целиком или частично свои функции свыше допустимого времени.

К основным причинам отказов устройств КС относятся:

- 1) недостатки эксплуатации, монтажа;
- 2) изнашивание, старение устройств;
- 3) различные факторы метеоусловий;
- 4) другие воздействия.

Главной задачей обслуживающего персонала является поддержание устройств КС в исправном состоянии, так как приведенные показатели причин отказов указывают на несовершенство конструкций КС.

Важным элементом контактной сети являются опоры, от состояния которых во многом зависит ее надежность. Выход из строя одной опоры может привести к длительной задержке движения поездов [3].

Контроль степени разрегулировки опор КС проводится для определения фактической несущей способности конструкций с целью предупреждения их падения [7].

Снижение несущей способности опор, как правило, вызвано:

- старением бетона в надземной части;
- электрокоррозией арматуры в подземной части конструкций;
- податливостью грунтов.

Старение развивается во всех опорах независимо от рода тягового тока в результате природно-климатических и эксплуатационных воздействий. Оно сопровождается снижением их прочностных характеристик.

Большинство опор, находящихся в эксплуатации, являются железобетонными, процентное соотношение по сроку их службы приведено на рис. 1.

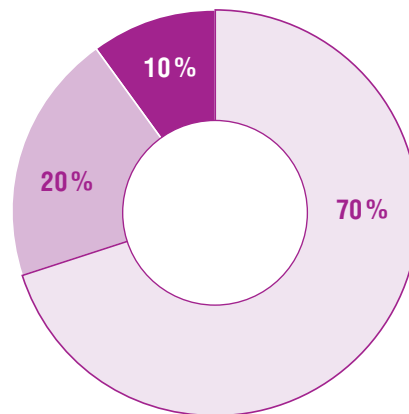


Рис. 1. Анализ железобетонных опор по сроку службы:

- — срок службы до 40 лет;
- — срок службы от 41 до 50 лет;
- — срок службы свыше 50 лет

Проанализировав статистику, можно сделать вывод, что с увеличением срока службы число опор, вышедших из строя, возрастает, а средний жизненный цикл опоры составляет 40 лет [5].

Анализ случаев задержек поездов показал, что основное их количество пришлось на отказы технических средств. Основными причинами отказов стали:

- а) особые метеоусловия (шквалистый ветер до 29 м/с) — 11 случаев, что стало причиной разрегулировок опор КС;
- б) недостатки эксплуатации — 13 случаев, из которых 4 связаны с неудовлетворительным качеством проведенных работ;
- в) неудовлетворительное качество осмотров — 4 случая;
- г) нарушение технологии проведенных работ — 3 случая;
- д) нарушение сроков обслуживания — 2 случая.

В связи с этим обслуживание опорного парка является актуальной задачей. Для повышения надежной работы поддерживающих конструкций необходимо проводить комплексную оценку текущего состояния, чтобы предопределить оставшийся срок эксплуатации и необходимость продления назначенного срока [4].

На сегодняшний день нет совершенных автоматизированных приборов, позволяющих быстро и точно произвести замер степени угла разрегулировки опоры КС. С целью повышения качества технического обслуживания опор необходимо проанализировать приборы,

используемые при определении угла отклонения опоры от вертикали, и разработать новый автоматизированный прибор, обеспечивающий быстроту и точность замеров [2].

Основным параметром, контролируемым при первичной установке опор контактной сети и в процессе эксплуатации, является угол отклонения опор от вертикали в процентном соотношении от ее высоты.

Сложностью определения угла наклона от вертикали является конусность опоры, а также то, что допускаемые отклонения от вертикали регламентируются и в продольном, и в поперечном направлении относительно оси пути [5].

Для замера угла наклона опоры КС были рассмотрены следующие приборы (табл. 1):

1. Теодолит — прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Работа с теодолитом включает в себя установку подставки, его закрепление, выравнивание, проецирование координат верхней и нижней точек опоры на специальную измерительную рейку. Далее выполняется расчет разности координат верхней и нижней точек (рис. 2).

Недостатком использования данного прибора является сложность определения разрегулировки опоры из-за конусности опор, а также сложность установки прибора в песчаном грунте или болотистой местности.

2. УВК-1 — устройство вертикального контроля. На рис. 3 представлены схемы устройства УВК-1 для измерения угла наклона оси опоры контактной сети [5].

Таблица 1

Классификация приборов для определения степени разрегулировки опор контактной сети

Приборы	Скорость проведения одного эксперимента	Точность определения угла наклона опор КС, %	Обработка результатов	Сложность эксперимента	Количество задействованного персонала
Теодолит	20 мин	100	Результаты обрабатываются вручную, 15 мин	Сложность установки прибора	2 чел.
УВК-1	6–8 мин	100	Результаты обрабатываются полуавтоматически, 10 мин	Требуется видеообработка данных	2 чел.
Разрабатываемый прибор УВК-2	3 мин	100	Результаты обрабатываются автоматически, 0 мин	Применение мобильных средств	2 чел.

Н. А. Аксенов | Современные способы определения степени разрегулировки опор контактной сети



Рис. 2. Теодолит

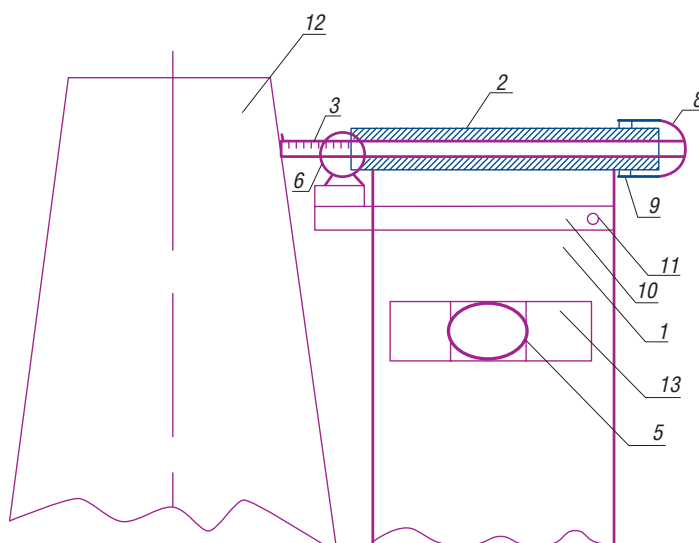


Рис. 3. Устройство вертикального контроля:

1 — строительный уровень; 2 — направляющая; 3 — металлическая линейка с делениями; 5 — положение пузырька; 6 — веб-камера; 8 — поддерживающий резиновый элемент; 9 — удерживающее крепление; 10 — опорная площадка; 11 — упорные винты; 12 — опора

Недостатком данного устройства является то, что при измерении требуется задействовать всю аппаратуру, используемую для замеров угла наклона опоры контактной сети. Это является трудоемким процессом при транспортировке. Кроме того, необходима обработка результатов измерения по полученному видеоизображению.

3. УВК-2 — устройство контроля угла наклона с помощью мобильных устройств, которое включает в себя современный лазерный уровень и портативный электронный гироскоп, собранные на одной плате.

Предлагаемый прибор работает следующим образом. Первым шагом является визуальное, зрительное определение угла максимального наклона опоры. Далее с противоположной стороны направления максимального наклона опоры необходимо выполнить два замера над уровнем головки рельса и на высоте 1,325 м от уровня головки рельса (выверяется с помощью специального штатива). После этого производится автоматический анализ отклонения габаритов опоры. Отклонение опоры на высоте 2,75 м составит 1 см, а на высоте 11 м отклонение составит 4 см, не учитывая конусности опоры (рис. 4).

Нажав кнопку на мобильном устройстве, можно вычислить разность отклонения и конусности опоры и определить угол ее наклона.

Благодаря такому устройству измерения повышается точность замеров из-за фиксированного показания лазера, уменьшаются трудозатраты и время за счет автоматической обработки результатов.

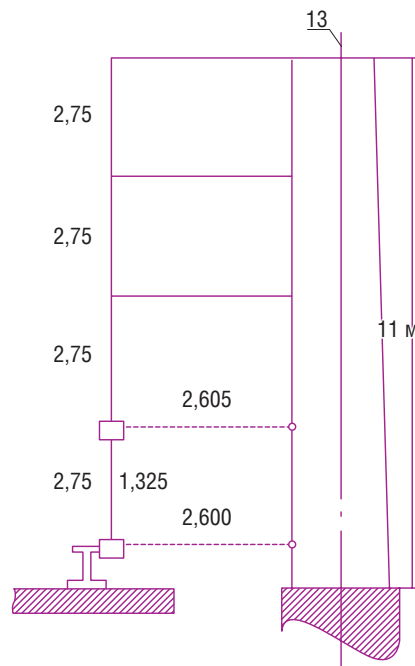


Рис. 4. Методика проведения эксперимента

Разработанное устройство позволит провести точную оценку разрегулировки опор контактной сети на двухпутном перегоне 1600 м за 2,5 часа в любое время года. Благодаря этому становится возможным прогнозировать наклон опор и планировать сроки управляющих воздействий. **ИТ**

Список литературы

1. А. с. 2008611930 РФ. Определение угла наклона контактной сети по видеоизображению / А. Г. Галкин, А. А. Ковалев, Я. Н. Бусыгин. — № 2008610754 ; заявл. 26.02.2008 ; опубл. 18.04.2008. — 5 с.
2. Галкин А. Г. Обслуживание опор контактной сети / А. Г. Галкин, А. А. Ковалев // Транспорт Урала. — 2008. — № 1. — С. 60–64. — ISSN 1815-9400.
3. Ковалев А. А. Комплексное внедрение инноваций на железнодорожном транспорте России. / А. А. Ковалев [и др.] // Транспортное дело России. — 2013. — № 4. — С. 24–26. — ISSN 2072-8689.
4. Ковалев А. А. Формирование управляющих воздействий на контактной сети с учетом процесса разрегулировок опор : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Ковалев Алексей Анатольевич; Ур. гос. ун-т путей сообщ. — Екатеринбург, 2008. — 142 с. : ил.
5. Ковалев А. А. Развитие инфраструктурного комплекса системы токосъема / А. А. Ковалев // Инновационный транспорт. — 2013. — № 2 (8). — С. 43–46. — ISSN 2311-164X.
6. Аксенов Н. А. Оценка возникновения риска отказа участка контактной сети / Н. А. Аксенов. — Инновационный транспорт. — 2015. — № 4 (18). — С. 57–61. — ISSN 2311-164X.



Александр Петрович
Буйносов

Alexandr P. Buinosov



Илья Валерьевич
Умылин

Ilya V. Umylin

«Ласточка» или «Иволга» — что лучше? Мнения экспертов

“Lastochka” or “Ivolga” — which is better? Expert opinions

Аннотация

В статье рассматриваются наиболее значимые и перспективные электропоезда отечественного производства, проводится сравнительный анализ ключевых технических и потребительских характеристик.

Ключевые слова: машиностроение, моторвагонный подвижной состав, локализация производства, обновление парка подвижного состава, пригородные перевозки, городские перевозки, «Ласточка», «Иволга».

Abstract

The article reviews the most important and prospective electric trains of Russian manufacture, with a comparative analysis of key technical and consumer parameters.

Keywords: mechanical engineering, traction car rolling stock, local production, rolling stock upgrade, suburban transport, city transport, “Lastochka”, “Ivolga”.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-52-56

Авторы Authors

Александр Петрович Буйносов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: byinosov@mail.ru | Илья Валерьевич Умылин, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: uvil333@mail.ru

Alexandr Pertrovich Buinosov, Doctor of Technical Sciences, professor at the «Electrical traction» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: byinosov@mail.ru | Ilya Valerievich Umylin, postgraduate at the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg e-mail: uvil333@mail.ru

В современных условиях экономического роста Российской Федерации необходимы новые подходы, связанные с повышением эффективности всех отраслей промышленности, в том числе железнодорожного транспорта. Повышение эффективности железнодорожного транспорта — задача комплексная, поэтому логично предположить, что приоритетными направлениями повышения эффективности железнодорожного транспорта являются обновление парка подвижного состава, привлечение дополнительного притока пассажиров и грузоотправителей, а также формирование лояльности среди последних [1].

В реализации новых подходов, связанных с повышением эффективности железнодорожного транспорта, важную роль играют пригородные перевозки, так как число пассажиров, отправленных пригородным и городским сообщением, достигает 92 % от общего объема пассажиров железнодорожного транспорта.

Пассажирский железнодорожный транспорт пригородного назначения играет важную роль по многим факторам. Он обеспечивает мобильность населения, способствуя экономическому росту страны. Часто именно железнодорожный транспорт является приоритетным среди пассажиров, особенно в регионах, где часть населенных пунктов, расположенных вдоль железнодорожных линий, лишена автодорог (например, Тверская область).

Также железнодорожный транспорт является приоритетным по причинам, связанным с массовым маятниковым перемещением населения. Типичный пример — Москва, где пассажиры отдают предпочтение железнодорожному транспорту как наиболее экологичному и быстрому по сравнению с автомобильным. В московском железнодорожном узле пригородными перевозками занимается ОАО «Центральная ППК» — крупнейший перевозчик среди пригородных пассажирских компаний России. Доля компании в пригород-



Рис. 1. Электropоезд ЭС2Г «Ласточка»



Рис. 2. Электropоезд ЭП2Д

ных пассажирских перевозках в московском железнодорожном узле составляет более 80 %, в целом доля в России — свыше 60 % [2].

Согласно открытым данным, Центральная пригородная пассажирская компания планирует закупить в 2017 г. 20–25 электropоездов нового поколения. В 2016 г. компания уже закупила 7 электropоездов и еще 13 поездов планирует приобрести до конца года. При этом в настоящее время парк собственного подвижного состава компании насчитывает уже 43 поезда нового поколения, что составляет 10 % от общего количества поездов, используемых ЦППК.

Естественно, в предъявляемых требованиях к производителю электropоездов далеко не последнюю роль играет цена. Например, электropоезд ЭС2Г, производимый на заводе «Уральские локомотивы» в г. Верхней Пышме (коммерческое название — «Ласточка») (рис. 1), в пятивагонной компоновке обойдется перевозчику примерно в 500 млн рублей, тогда как новый ЭП2Д (рис. 2) Демидовского машиностроительного завода в шестивагонной компоновке будет стоить примерно 150 млн рублей. Но, как известно, в расчет окупаемости также входят и расходы, связанные с эксплуатацией.

Электропоезд ЭП2Д является модифицированной версией электропоездов ЭД4М 500-х номеров. Основные доработки были связаны с системами безопасности и комфорта пассажиров, однако проблемы в ходовых частях, низковольтных цепях и аккумуляторных батареях остались прежними [3]. Эти недочеты, а также отсутствие модульной конструкции отдаляют электропоезд ЭП2Д от конкурента, несмотря на его невысокую стоимость.

Поезда ЭП2Д могут быть востребованы на малодеятельных участках, так как имеют сравнительно невысокую стоимость и могут компоноваться вплоть до двух вагонов.

Исходя из расчета минимальной стоимости жизненного цикла, первоначальной стоимости, потребительских свойств и надежности, прямую конкуренцию «Ласточке» на российском рынке может составить построенный на Тверском вагоностроительном заводе электропоезд нового поколения ЭГ2Тв (коммерческое название — «Иволга») (рис. 3).

По словам специалистов, пригородные поезда последнего поколения будут не хуже зарубежных аналогов и обойдутся в полтора раза дешевле импортных. ЭГ2Тв в пятивагонной комплектации стоит 220 млн рублей. Это связано с тем, что электропоезд на 95–99% российский, а ЭС2Г «Ласточка» пока локализована примерно на 65% (с планом довести локализацию до 80% в ближайшее время) [4].

ЭГ2Тв «Иволга» — это первый российский электропоезд нового поколения. На его платформе будут создаваться модификации поездов пригородного, городского и интермодального сообщения. Один вагон состава способен перевезти около 340 пассажиров. Основная составность — 5 вагонов, что обеспечивает проезд до 1250 пассажиров. Количество вагонов в зависимости от условий может варьироваться от четырех до двенадцати. Поезда также могут эксплуатироваться по системе многих единиц. Максимальная скорость «Иволги» — 160 км/ч.



Рис. 3. Электропоезд ЭГ2Тв «Иволга»

Новый электропоезд энергоэффективен и отличается экономичностью. Его асинхронный тяговый двигатель обладает высокими показателями удельной мощности и ускорения, при этом расходы на его эксплуатацию значительно ниже, чем на использование поездов более ранних поколений. Современная система остатотно-рекуперативного торможения позволяет экономить энергию в условиях пригородной эксплуатации с частыми разгонами и торможениями. Пневмоподвеска обеспечивает плавный ход, низкий уровень вибрации и шумов. У поезда нет тамбуров, а входные двери широки, что удобнее для посадки и высадки пассажиров. Широкие двери и сквозные межвагонные проходы позволяют испытывать меньше неудобств малогабаритным гражданам. В головных вагонах для них оборудованы специальные места и туалеты. Также в вагонах есть устройства для быстрого и надежного крепления инвалидных колясок, вендинговые автоматы с едой и напитками. Внутреннее пространство вагонов электропоезда ЭГ2Тв можно адаптировать в зависимости от поставленных перед эксплуатирующей организацией задач.

Безопасность пассажиров в таких поездах тоже на высоком уровне. Салоны оборудованы системами обеззараживания воздуха и обеспечения постоянного микроклимата. Камеры ведут постоянное виде-

онаблюдение, причем «слепых зон» у них нет. Так что вандалы и хулиганы вряд ли рискнут зайти в современную электричку. Записи с видеорекамера хранятся в течение 7 дней, руководители пригородными пассажирскими компаниями и эксплуатационники имеют постоянный доступ к этой информации.

Климат-контроль, туалеты, мягкие сиденья, Wi-Fi и система видеонаблюдения — всем этим новые составы полностью соответствуют стандартам не только российского, но и мирового качества [5].

Для наглядности сведем основные характеристики электропоездов ЭС2Г и ЭГ2Тв в единую таблицу, где можно сравнить и оценить их плюсы и минусы (табл. 1).

Чтобы получить качественное экономическое сравнение, рассмотрим основной период эксплуатации. Из теории надежности известно, что в период нормальной эксплуатации (рис. 4) интенсивность отказов является const. Поэтому сравним стоимость эксплуатационных расходов за один календарный год нормального периода эксплуатации. По известным данным стоимости ТО, через равную периодичность (пробег) методом наименьших квадратов получены аналитические зависимости для двух сравниваемых электропоездов. Обработанные данные аппроксимированы уравнениями прямых (рис. 5).

Сравнение электропоездов ЭС2Г и ЭГ2Тв

Параметр	ЭС2Г «Ласточка»	ЭГ2Тв «Иволга»	Примечание
Цена за поезд в пятивагонной компоновке, млн руб.	500	220	—
Сертификат соответствия требованиям ТР ТС 001/2011	есть	есть	—
Участки обращения	Москва — Крюково — Тверь	Москва — Ново-Переделкино, а также на киевском направлении Московской железной дороги	С ноября 2015 г. осуществляется эксплуатация ЭС2Г на участках Екатеринбург — Н. Тагил, Екатеринбург — Каменск Уральский
Жизненный цикл, лет	40	40	—
Диапазон эксплуатационных температур, °С	от -40 до +40	от -40 до +40	—
Возможность переоборудования вагонов поезда	нет	есть	Применяемая платформа ЭГ2Тв позволяет создавать различные модификации электропоездов городского, пригородного, интермодального сообщения
Удельная мощность тяговых двигателей (на массу тары), кВт/т	11,2	10,4	ЭГ2Тв имеет более эффективный показатель удельной мощности, имеющий высокое значение в рамках жизненного цикла
Удельный расход электроэнергии, Вт·ч/ пасс. км	19	18	Расход электроэнергии является определяющим параметром в жизненном цикле электропоезда (более 60 % затрат ЖЦ идет на электроэнергию, доля затрат со временем будет увеличиваться, так как дорожает электроэнергия)
Масса поезда без пассажиров, т	267,98	261,9	—
Количество вагонов в поезде	5, СМЕ	4–12, СМЕ	—
Составность	2ГМ-2ПН-1П	2ГН-3ПМ	—
Количество мест для сидения	368	222	—
Максимальная пассажиро-местимость	1398	1660	—
Количество кресел в одном ряду	2 + 3, 2 + 2	1 + 2, 2 + 2	—
Ширина дверного проема (наружная дверь), мм	1250	1400	Двери шириной 1400 мм имеют большую пропускную способность
Количество наружных дверей на одну сторону поезда	10	10	—
Высота платформ, мм	200, 1100, 1300	200, 1100, 1300	—
Габарит кузова	1-Т	1-Т	—
Тип системы безопасности	БЛОК	БЛОК	—
Вид системы управления и диагностики	микро-процессорная	микро-процессорная	—
Наличие системы информирования пассажиров	да	да	—
Наличие системы видеоинформирования	да	да	—
Наличие микроклимата салона и кабины	да	да	—

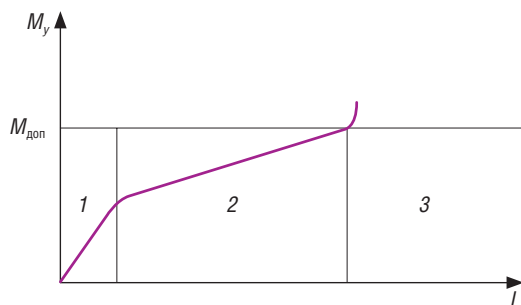


Рис. 4. Зависимость величины износа узлов электроподвижного состава от пробега: 1 — приработочный период; 2 — период нормальной эксплуатации; 3 — период усиленного износа

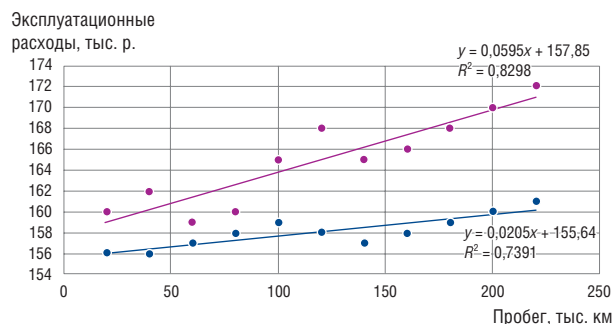


Рис. 5. Зависимость эксплуатационных расходов от пробега:

— линейная «Ласточка»; — линейная «Иволга»

Для сравнения оценки экономической эффективности на этапе принятия решения по выбору эксплуатации «Ласточки» или «Иволги» мы предлагаем сравнить параметры из уравнения полученных прямых, а именно отношение коэффициентов характеристики угла наклона прямых к оси абсцисс, которые показывают, во сколь-

ко раз будет увеличиваться стоимость эксплуатационных расходов «Ласточки» и «Иволги» в сравнении. Мы видим, что стоимость эксплуатационных расходов «Ласточки» по отношению к «Иволге» увеличивается в 2,9 раза.

В заключение хочется отметить, что пригородное железнодорожное сообщение является самым динамич-

но развивающимся из всех направлений. За пять лет пассажиропоток в Российской Федерации увеличился более чем на треть. Это хорошая динамика, ни один другой вид транспорта ее не показывает [6], поэтому спрос на качественные пригородные и междугородные поезда в России будет только повышаться. **IT**

Список литературы

1. Буйнов А. П., Умылин И. В. Триботехнические составы, их применение для повышения износостойкости пар трения // Научно-технический вестник Поволжья. — 2016. — № 2. — С. 51–53. — ISSN 2079-5920.
2. Буйнов А. П., Умылин И. В. О разработке ограничителя тока зарядки аккумуляторных батарей на электропоездах // Научно-технический вестник Поволжья. — 2016. — № 3. — С. 28–30. — ISSN 2079-5920.
3. Буйнов А. П., Умылин И. В. Новый блок управления системы гребнесмазывания железнодорожного подвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 6. — С. 99–101. — ISSN 2079-5920.
4. Буйнов А. П., Умылин И. В. Методика определения причин отказов узлов подвижного состава с помощью закона Парето // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом : сборник статей междунар. науч.-практ. конф. — Уфа, 2016. — С. 27–32.
5. Буйнов А. П., Умылин И. В. Анализ процесса эксплуатационного износа гребней бандажей колесных пар подвижного состава // Научные открытия в эпоху глобализации : сборник статей междунар. науч.-практ. конф. — Уфа, 2016. — С. 28–34.
6. Буйнов А. П., Умылин И. В. Повышение ресурса бандажей колесных пар моторных вагонов электропоездов // Инновации, технологии, наука : сборник статей междунар. науч.-практ. конф. — Уфа, 2015. — С. 44–48.



**Евгений
Борисович
Азаров**
Evgeny B.
Azarov



**Андрей
Валентинович
Бабкин**
Andrey V.
Babkin



**Сергей
Алексеевич
Румянцев**
Sergei A.
Rumyantsev

Численные и экспериментальные исследования динамики вибротранспортирующей машины как единой электромеханической системы

Numeric and experimental research of dynamics of a vibration transport machine as an integral electromechanical system

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы численного и экспериментального моделирования динамики вибротранспортирующих машин (ВТМ). Приведена система дифференциальных уравнений, описывающих совместную динамику ВТМ и приводных электродвигателей как единой электромеханической системы. Приводится один из результатов численного моделирования, который авторы предлагают называть «эффектом сохраненной самосинхронизации». Для экспериментальной проверки полученных численным моделированием эффектов был спроектирован и изготовлен лабораторный вибростенд. В статье приведены краткое описание вибростенда и некоторые результаты проведенных на нем экспериментов. Полученные экспериментальные результаты исследования явления самосинхронизации независимо вращающихся вибровозбудителей, установленных на подвижном рабочем органе, подтверждают результаты численных экспериментов на математической модели динамики ВТМ. Обнаруженные эффекты позволяют вести речь о таких конструктивных и технологических решениях, благодаря которым можно добиться существенной экономии электроэнергии в рабочем цикле ВТМ.

Ключевые слова: вибротранспортирующие машины, динамика, дифференциальные уравнения, самосинхронизация, экономия электроэнергии.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-57-61

Авторы Authors

Евгений Борисович Азаров, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические машины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: EAzarov@usurt.ru | **Андрей Валентинович Бабкин**, старший преподаватель кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ABabkin@usurt.ru | **Сергей Алексеевич Румянцев**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Естественнонаучные дисциплины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: SRumyantsev@usurt.ru

Evgeny Borisovich Azarov, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the «Electrical machines» chair, first deputy rector of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Andrey Valentinovich Babkin**, senior lecturer at the «Electrical traction» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Sergei Alekseevich Rumyantsev**, Doctor of Technical Sciences, professor at the «Natural Sciences» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Abstract

The article reviews the issues of numeric and experimental modeling of the vibration transporter machines (VTMs) dynamics. A system of differential equations describing the combined dynamics of a VTM and electric drive motors as a single electromechanical system is presented. One of the numeric modeling results proposed by the authors as a “persistent self-synchronization effect” is presented. For experimental verification of the results obtained by numeric modeling, a laboratory vibration testbed was designed and manufactured. The article presents a brief description of the vibration testbed and certain results of experiments conducted using it.

The experimental results obtained, demonstrating the self-synchronization effects of independently rotating vibrating exciters installed on a movable working organ, confirm the results of numeric experiments on the mathematical model of VTM movement. The discovered effects allow to propose design a technological solutions implementing which may allow significant electric power saving in the VTM working cycle.

Keywords: vibration transport machines, dynamics, differential equations, self-synchronizations, power saving

В статье рассматриваются вопросы численного и экспериментального моделирования рабочих циклов и пусковой динамики вибротранспортирующих машин [1, 2]. Вибротранспортирующие машины (ВТМ) предназначены для транспортировки и (или) сортировки различных сыпучих материалов и скальных пород. Они широко применяются на перегрузочных пунктах железнодорожных станций, на открытых горных работах, на обогатительных фабриках, в цехах металлургических заводов, пред-

приятий строительных и флюсовых материалов и т.п. Кроме использования этого типа машин в стационарном качестве, они применяются также и в составе подвижных щебнеочистительных комплексов при ремонте и профилактике железнодорожных путей.

По конструкции большинство из этих машин [1–3] представляет собой единое твердое тело (рабочий орган), закрепленное на пружинах, которые позволяют ему совершать плоскопараллельное движение (рис. 1).

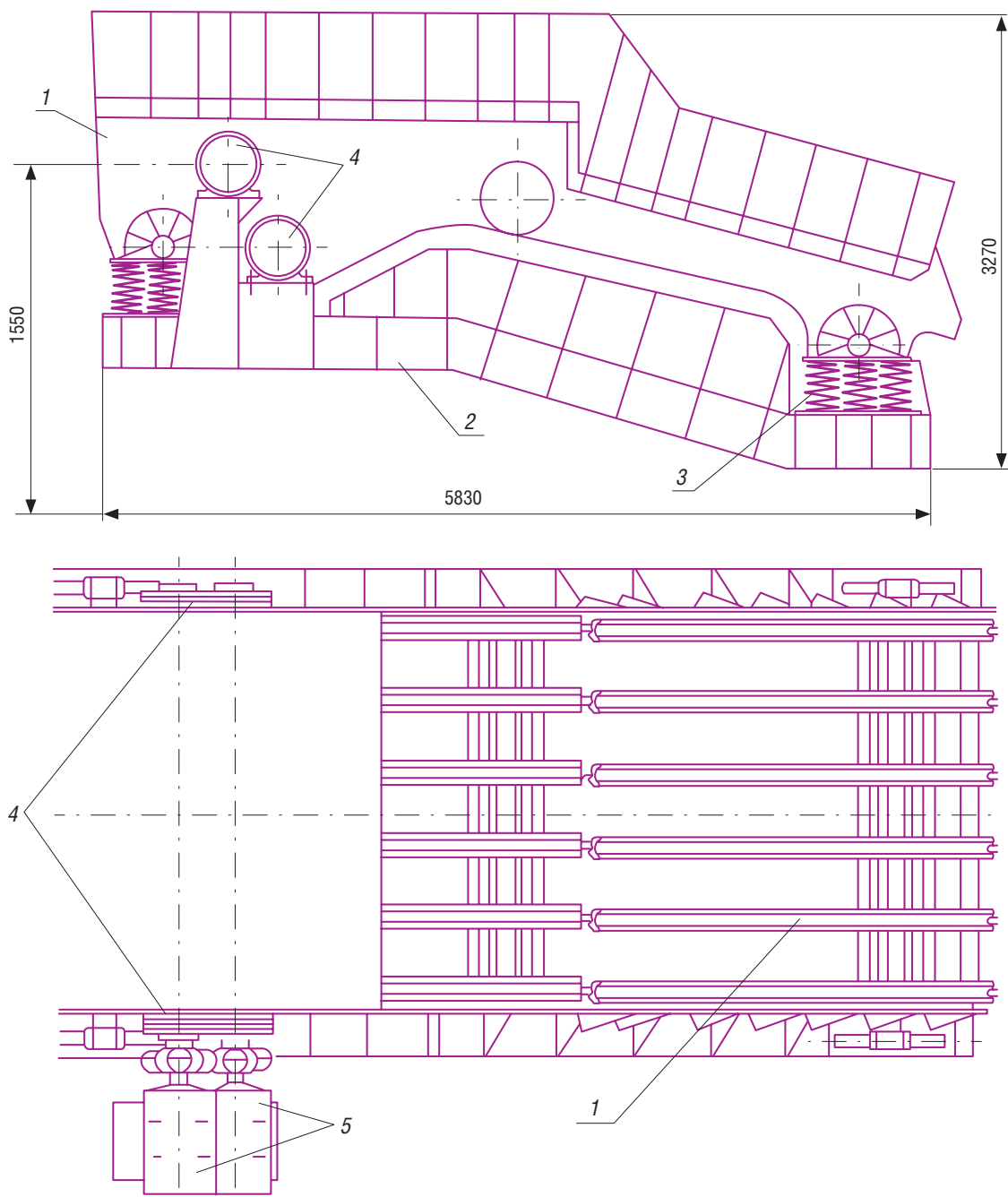


Рис. 1. Вибропитатель-грохот:

1 — рабочий орган; 2 — рама; 3 — упругие опоры; 4 — вибраторы; 5 — электродвигатели

Движение рабочего органа (РО) возбуждается специальными устройствами — вибровозбудителями (ВВ). Чаще всего применяются дебалансные вибровозбудители [1–3], представляющие собой неуравновешенные роторы, которые приводятся в движение электродвигателями. Применение двух ВВ, вращающихся с одинаковыми угловыми скоростями в противоположных направлениях, позволяет получить возмущающую силу постоянного направления.

В последнее время все более широкое применение находят ВТМ с независимо вращающимися ВВ. Необходимая для нормальной работы машины синхронизация вращений ВВ достигается в силу специфического явления, известного как явление самосинхронизации механических систем [1, 2].

В работе [4] получена система дифференциальных уравнений движения электромеханической системы «вибромашина — электропривод» в случае независимо вращающихся ВВ. В качестве приводных двигателей для ВТМ могут быть использованы асинхронные двигатели как основного исполнения, так и их модификации. Эта математическая модель учитывает взаимодействие приводных электродвигателей, вибровозбудителей и рабочего органа ВТМ:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{1}{M} \left[-k_x \dot{x} - k_{x\varphi} \dot{\varphi} - c_x x - c_{x\varphi} \varphi + \sum_{i=1}^n m_i \varepsilon_i (\ddot{\varphi}_i \sin \varphi_i + \dot{\varphi}_i^2 \cos \varphi_i) \right], \\ \ddot{y} &= \frac{1}{M} \left[-k_y \dot{y} - k_{y\varphi} \dot{\varphi} - c_y y - c_{y\varphi} \varphi + \sum_{i=1}^n m_i \varepsilon_i (\dot{\varphi}_i^2 \sin \varphi_i - \ddot{\varphi}_i \cos \varphi_i) - F_{y\text{д}} \right], \\ \ddot{\varphi} &= \frac{1}{J} \left[-k_{x\varphi} \dot{x} - k_{y\varphi} \dot{y} - k_{\varphi} \dot{\varphi} - c_{x\varphi} x - c_{y\varphi} y - c_{\varphi} \varphi + \sum_{i=1}^n m_i \varepsilon_i r_i \left[\dot{\varphi}_i^2 \sin(\varphi_i - \delta_i - \varphi) - \ddot{\varphi}_i \cos(\varphi_i - \delta_i - \varphi) \right] + M_{y\text{д}} \right], \\ \ddot{\varphi}_i &= \frac{1}{J_i} \left[A_i (\psi_{i2} \psi_{i3} - \psi_{i1} \psi_{i4}) - R_i (\dot{\varphi}_i) \right] + \frac{m_i \varepsilon_i}{J_i} \left[\ddot{x} \sin \varphi_i - \ddot{y} \cos \varphi_i - g \cos \varphi_i - r_i \dot{\varphi} \cos(\varphi_i - \delta_i - \varphi) - r_i \dot{\varphi}^2 \sin(\varphi_i - \delta_i - \varphi) \right], \\ \dot{\psi}_{i1} &= U_m \cos(\omega_c t + \alpha) - K_{i1} \psi_{i1} + K_{i2} \psi_{i3}; \\ \dot{\psi}_{i2} &= U_m \sin(\omega_c t + \alpha) - K_{i1} \psi_{i2} + K_{i2} \psi_{i4}; \\ \dot{\psi}_{i3} &= -K_{i3} \psi_{i3} + K_{i4} \psi_{i1} - p_i \dot{\varphi}_i \psi_{i4}; \\ \dot{\psi}_{i4} &= -K_{i3} \psi_{i4} + K_{i4} \psi_{i2} + p_i \dot{\varphi}_i \psi_{i3}, \quad (i = 1, \dots, n), \end{aligned} \quad (1)$$

где [4, 5] n — количество вибровозбудителей, установленных на рабочем органе (РО) вибромашины; (x, y) — координаты центра масс РО в некоторой неподвижной декартовой системе координат (см. рис. 2); φ — угло-

вая координата РО, т.е. угол поворота подвижной системы координат (u, v) , жестко связанной с РО относительно неподвижной системы координат (отсчитывается против часовой стрелки); φ_i — угловые координаты (отсчитываются против часовой стрелки) i -го ВВ, другими словами, углы поворота центров масс дебалансов по отношению к неподвижной оси Ox ; $R_i(\dot{\varphi}_i)$ — момент сил сопротивления вращению системы « i -й электродвигатель — передающий механизм — вибровозбудитель»; I_i — индексы направления, то есть коэффициенты, принимающие значения «+1», если вращение данного ВВ происходит против часовой стрелки, и значение «-1» в противном случае; M — масса машины; J — момент инерции РО; J_i — момент инерции i -го ВВ; m_i — масса i -го ВВ; ε_i — эксцентриситет (расстояние от оси вращения до центра масс i -го ВВ); c_x, c_y, c_{φ} и т.д. — коэффициенты жесткости упругих опорных элементов; k_x, k_y, k_{φ} и т.д. — коэффициенты вязкого сопротивления, соответствующие указанным в индексах обобщенным координатам; g — ускорение свободного падения; δ_i — углы, задающие положения осей дебалансов; $F_{y\text{д}}$ и $M_{y\text{д}}$ — соответственно сила и момент относительно центра масс ВТМ ударного воздействия падающей на рабочий орган машины массы [3–6]. $\psi_{i1}, \psi_{i2}, \psi_{i3}, \psi_{i4}$ — потокосцепления i -го электродвигателя [4, 5]. Коэффициенты A_i, K_j , где $j = 1, \dots, 4$, вычисляются по формулам (2), (3):

$$A_i = \frac{3p_i M_i}{2(L_{is} L_{ir} - M_i^2)}. \quad (2)$$

$$\begin{aligned} K_{i1} &= \frac{r_{is} L_{ir}}{L_{is} L_{ir} - M_i^2}; \quad K_{i2} = \frac{r_{is} M_i}{L_{is} L_{ir} - M_i^2}; \\ K_{i3} &= \frac{r_{ir} L_{is}}{L_{is} L_{ir} - M_i^2}; \quad K_{i4} = \frac{r_{ir} M_i}{L_{is} L_{ir} - M_i^2}, \end{aligned} \quad (3)$$

Построенная математическая модель совместной динамики ВТМ и электродвигателей как единой электромеханической системы реализована в виде программного комплекса, в основе которого лежит численное решение системы дифференциальных уравнений (1). Эта модель позволяет ставить численные эксперименты, задавая параметры как реальных машин, так и только проектируемых или даже гипотетических ВТМ.

С помощью этой математической модели была смоделирована динамика ВТМ с двумя, тремя и четырьмя ВВ. При этом был обнаружен ряд интересных новых особенностей динамики подобных машин [7], в частности эффект, который авторы предлагают называть «эффektenом сохраненной самосинхронизации». Он заключается в том, что после выхода на стационарный синхронный режим один из двух или даже два из трех приводных двигателя могут быть отключены, но машина (при выполнении определенных условий) продолжает работать, все два или три ВВ по-прежнему

вращаются синхронно, и это синхронное движение сохраняется сколь угодно долго, поддерживаемое работой лишь одного двигателя.

Экономический эффект от экономии электроэнергии в этом случае налицо, однако была необходима экспериментальная проверка существования и устойчивости описанных явлений. Для этой цели был спроектирован и изготовлен лабораторный вибростенд (рис. 2), предназначенный для экспериментальных исследований динамики одно- и двухмассных ВТМ [8].



Рис. 2. Общий вид вибростенда и размещение вибровозбудителей

Стенд позволяет задавать возбуждающее воздействие в различных точках колебательной системы с различной интенсивностью, определять до шести переме-

щений движущихся масс в различных точках и направлениях, а также фазные напряжения и токи трех асинхронных электродвигателей, являющихся приводными для вибровозбудителей (ВВ). Ниже приводятся некоторые результаты лабораторных экспериментов с одно-массной конфигурацией стенда.

После выхода на установившийся режим работы производилось отключение одного либо двух из трех приводных электродвигателей. С помощью специализированного программного обеспечения «ДВМ измерения» при производстве экспериментов был получен набор выходных форм в виде осциллограмм, описывающих движение рабочего органа ВТМ, значений электрических параметров электродвигателей, скоростей вращения ВВ. Примеры выходных форм приведены на рис. 3, 4.

По результатам проведенных экспериментов можно считать установленными следующие факты. При отключении одного или двух приводных электродвигателей ВТМ:

- сохраняется, при соблюдении определенных условий, устойчивое синхронное вращение всех трех независимо вращающихся ВВ;
- уменьшается скорость вращения всех трех независимо вращающихся ВВ незначительно (в пределах 1%), рабочий орган машины продолжает совершать колебательные движения, т.е. полезная работа, совершаемая машиной, не изменяется;
- изменяется траектория колебаний рабочего органа (рис. 3, 4).

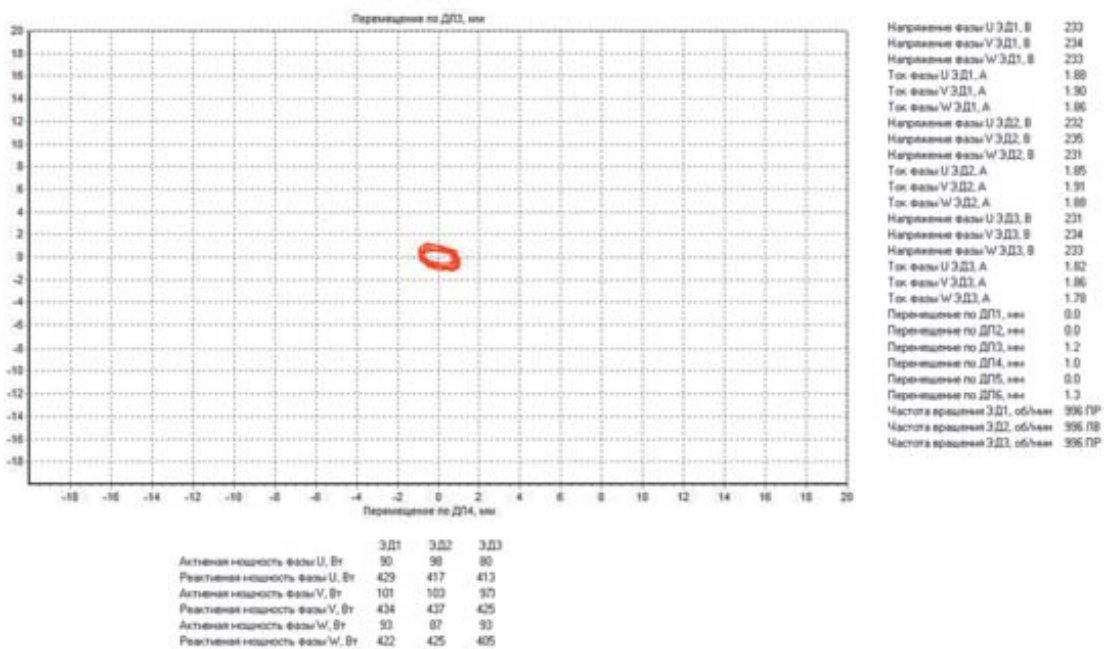


Рис. 3. Выходная форма для случая трех работающих ВВ, вращающихся в различных направлениях

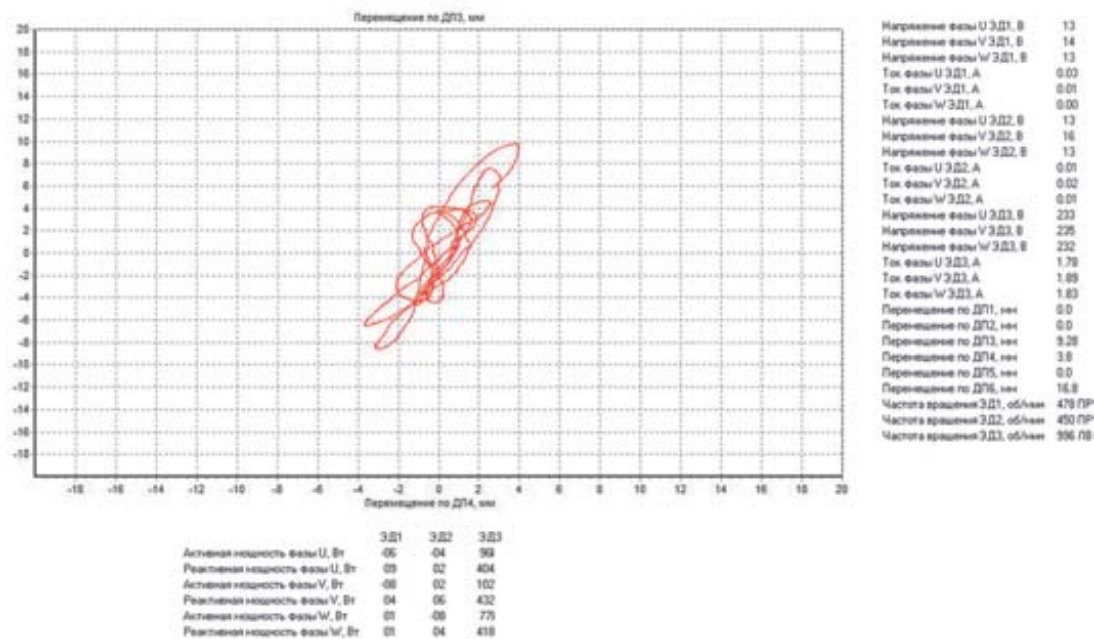


Рис. 4. Выходная форма для случая трех ВВ, в переходном процессе, при затухании вращения двух ВВ, после отключения их двигателей

При отключении двух приводных электродвигателей ВТМ:

- коэффициент мощности машины увеличивается примерно на 30 %;
- активная мощность машины в установившемся рабочем режиме уменьшается более чем на 50 %.

Полученные экспериментальные результаты исследования явления самосинхронизации независимо вращающихся вибровозбудителей, установленных на подвижном

рабочем органе, подтверждают результаты численных экспериментов на математической модели динамики ВТМ. Обнаруженные эффекты позволяют вести речь о таких конструктивных и технологических решениях, благодаря которым можно существенно улучшить энергетические характеристики вибротранспортирующих машин. **ИТ**

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-08-00605а

Список литературы

1. Блехман И. И. Синхронизация динамических систем. — М. : Наука, 1971. — 654 с.
2. Румянцев С. А. Динамика переходных процессов и самосинхронизация движений вибрационных машин. — Екатеринбург : УрО РАН, 2003. — 134 с.
3. Румянцев С. А. Моделирование динамики переходных процессов и самосинхронизирующихся вибрационных машин // Изв. вузов : Горный журнал. — 2003. — № 6. — С. 111–118. — ISSN 0536-1028.
4. Румянцев С. А., Азаров Е. Б. Математическая модель нестационарной динамики системы «вибромашина — электропривод» в случае привода от асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором // Транспорт Урала. — 2005. — № 1. — С. 2–7. — ISSN 1815-9400.
5. Румянцев С. А., Азаров Е. Б. Исследование нестационарной динамики вибротранспортирующих машин с помощью математической модели // Транспорт Урала. — 2005. — № 4. — С. 45–50. — ISSN 1815-9400.
6. Азаров Е. Б. Математическое моделирование нестационарной нелинейной динамики электромеханической системы «вибротранспортирующая машина» [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06 / Е. Б. Азаров. — Екатеринбург, 2007. — 20 с. : ил.
7. Румянцев С. А., Тарасов Д. Ю., Шихов А. М. Особенности динамики вибротранспортирующих машин с тремя независимо вращающимися вибровозбудителями // Транспорт Урала. — 2010. — № 3 (26). — С. 47–50. — ISSN 1815-9400.
8. Азаров Е. Б., Румянцев С. А., Шихов А. М. Экспериментальный вибрационный стенд для исследований динамики колебательных систем // Транспорт Урала. — 2014. — № 4 (43). — С. 3–7. — ISSN 1815-9400.



Ольга Ивановна
Ветлугина
Olga I. Vetlugina



Анатолий Александрович
Пышкин
Anatoly A. Pyushkin

Определение вероятностных характеристик выпрямленного напряжения тяговых подстанций с учетом ступенчатого автоматического регулирования АРН

Defining probability characteristics of the traction sub-station rectified voltage, accounting for the stepped automatic regulation of AVR

Аннотация

В статье на основе метода статистической линеаризации нелинейных преобразований предложена методика определения выходных характеристик напряжения на шинах тяговых подстанций, исходя из характеристик входного напряжения при ступенчатом автоматическом регулировании напряжения (АРН).

Предложенная методика определения вероятностно-статистических характеристик выпрямленного напряжения с учетом АРН позволяет оценить качество регулируемого напряжения на тяговых подстанциях постоянного тока.

Ключевые слова: тяговая подстанция, напряжение на шинах подстанции, ступенчатое регулирование напряжения, математическое ожидание и дисперсия напряжения, зона нечувствительности, качество напряжения.

Abstract

The article proposes a method of defining the output characteristics on buses of traction substations, based on statistic linearizing, depending on the characteristics of input voltage during stepped automatic voltage regulation (AVR).

The proposed method of defining the probability-statistic characteristics of the rectified voltage accounting for AVR allows to evaluate the quality of adjusted voltage on direct current traction substations,

Keywords: traction substation, substation bus voltage, stepped voltage regulation, mathematic expectation and dispersion of voltage, insensibility zone, voltage quality.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-62-65

Авторы Authors

Ольга Ивановна Ветлугина, старший преподаватель кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Анатолий Александрович Пышкин, канд. техн. наук, профессор кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Olga Ivanovna Vetlugina, senior lecturer at the «Electrical traction» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Anatoly Aleksandrovich Pyushkin, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the «Transport electric supply» chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Устройства автоматического регулирования напряжения подразделяются на ступенчатые контактные и бесконтактные и устройства плавного регулирования напряжения.

Устройство автоматического ступенчатого регулирования напряжения под нагрузкой (АРН) является нелинейной системой в связи с тем, что для нее не выполним принцип суперпозиции. Для существенно нелинейных систем, какой является АРН, связь между математическим ожиданием и корреляционной функцией входного напряжения, с одной стороны, и математическим ожиданием и корреляционной функцией выходного напряжения, с другой стороны, установить весьма сложно. Однако формально такую зависимость можно получить, если заменить нелинейное преобразование случайной входной функции некоторым линейаризованным преобразованием, учитывающим нелинейное взаимодействие математического ожидания и корреляционной функции, что позволит использовать метод статистической линейаризации нелинейных преобразований [1]. Сущность этого метода заключается в аппроксимации нелинейного преобразования линейаризованной зависимостью между случайными функциями на входе и выходе системы, статистически эквивалентной исходному нелинейному преобразованию. Такая эквивалентная зависимость между случайными функциями справедлива, если у исходной и аппроксимирующей функций были достаточно близки соответственно математические ожидания и корреляционные функции.

В вероятностном смысле функциональную работу АРН можно без существенных погрешностей отнести к работе ограничивающего элемента с насыщением, имеющего определенную зону нечувствительности (рис. 1).

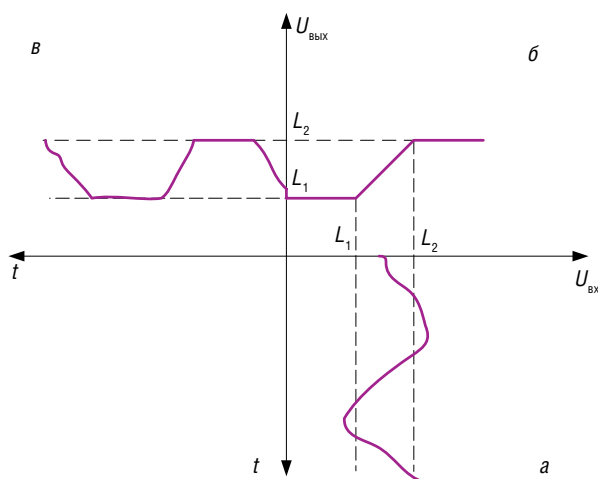


Рис. 1. График работы ограничивающего элемента с насыщением

На рис. 1, а показана входная случайная величина $U_{вх}$ в зависимости от времени; рис. 1, б иллюстрирует работу ограничивающего элемента, а рис. 1, в показыва-

ет выходную величину напряжения во времени, полученную в результате преобразования входной величины.

Как видно из рис. 1, выходная величина, как и при АРН без выдержки времени, колеблется в пределах зоны нечувствительности $(L_2 - L_1)$, где L_2, L_1 — верхняя и нижняя границы зоны нечувствительности соответственно.

Работа такого элемента описывается следующими зависимостями:

$$U_{вых}(t) = L_1 \quad \text{при } U_{вх}(t) < L_1;$$

$$U_{вых}(t) = U_{вх}(t) \quad \text{при } L_1 \leq U_{вх}(t) \leq L_2; \quad (1)$$

$$U_{вых}(t) = L_2 \quad \text{при } U_{вх}(t) > L_2.$$

Тогда вероятностные характеристики выпрямленного напряжения с учетом АРН без выдержки времени при статистической линейаризации найдутся из следующих соотношений:

$$\bar{U}_{вых} = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x) f(x) dx, \quad (2)$$

$$\sigma_{вых}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi^2(x) f(x) dx, \quad (3)$$

где $\bar{U}_{вых}, \sigma_{вых}^2$ — соответственно математическое ожидание и дисперсия выходного напряжения; $\varphi(x)$ — характеристика нелинейного звена, описываемая формулами (1); $f(x)$ — закон распределения входного напряжения.

Так как АРН работает в замкнутой системе, плотность вероятности его входного напряжения заранее неизвестна. Однако изменение формы закона распределения $f(x)$ в широких пределах не оказывает существенного влияния на выходные характеристики [1]. Учитывая это, можно принять нормальным закон распределения входного напряжения в формулах (2) и (3).

Раскрывая их, с учетом (1) получим:

$$U_{вых} = L_1 \int_{-\infty}^{L_1} f(x) dx + \int_{L_1}^{L_2} x f(x) dx + L_2 \int_{L_2}^{\infty} f(x) dx, \quad (4)$$

$$\sigma_{вых}^2 = L_1^2 \int_{-\infty}^{L_1} f(x) dx + \int_{L_1}^{L_2} x^2 f(x) dx + L_2^2 \int_{L_2}^{\infty} f(x) dx - \bar{U}_{вых}^2. \quad (5)$$

Здесь

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{вх} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \bar{U}_{вх})^2}{2\sigma_{вх}^2}}, \quad (6)$$

где $\bar{U}_{вх}, \sigma_{вх}$ — соответственно математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение входного напряжения.

Входным напряжением будем считать выпрямленное напряжение на шинах 3,3 кВ без АРН.

Подставляя (6) в (4) и (5) и проделав соответствующие преобразования, получим:

$$\begin{aligned} \bar{U}_{\text{ВЫХ}} = & L_1 \Phi\left(\frac{L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) + \frac{\sigma_{\text{ВХ}}}{\sqrt{2\pi}} \left(e^{-\frac{(L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2}{2\sigma_{\text{ВХ}}^2}} - e^{-\frac{(L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2}{2\sigma_{\text{ВХ}}^2}} \right) + \\ & + \bar{U}_{\text{ВХ}} \left[\Phi\left(\frac{L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) - \Phi\left(\frac{L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) \right] + \\ & + L_2 \left[1 - \Phi\left(\frac{L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) \right], \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ВЫХ}}^2 = & (L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2 \pi \left(\frac{L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}} \right) + \\ & + \frac{\sigma_{\text{ВХ}}}{\sqrt{2\pi}} \left[(L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}) e^{-\frac{(L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2}{2\sigma_{\text{ВХ}}^2}} - (L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}}) e^{-\frac{(L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2}{2\sigma_{\text{ВХ}}^2}} \right] + \\ & + \sigma_{\text{ВХ}}^2 \left[\Phi\left(\frac{L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) - \Phi\left(\frac{L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) \right] + \\ & + (L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2 \left[1 - \Phi\left(\frac{L_2 - \bar{U}_{\text{ВХ}}}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) \right] - (\bar{U}_{\text{ВЫХ}} - \bar{U}_{\text{ВХ}})^2. \end{aligned} \quad (8)$$

В частном случае, когда $\bar{U}_{\text{ВХ}} = \frac{L_1 + L_2}{2}$, формулы (7)

и (8) упростятся и будут после преобразований иметь вид:

$$\bar{U}_{\text{ВЫХ}} = \bar{U}_{\text{ВХ}}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ВЫХ}}^2 = & \sigma_{\text{ВХ}}^2 \left[2\Phi\left(\frac{L}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) - 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{L}{\sigma_{\text{ВХ}}} e^{-\frac{L^2}{2\sigma_{\text{ВХ}}^2}} \right] + \\ & + 2L^2 \left[1 - \Phi\left(\frac{L}{\sigma_{\text{ВХ}}}\right) \right], \end{aligned} \quad (10)$$

где $L_1 < U_{\text{ВХ}} < L_2$ или $L = |L_1 - \bar{U}_{\text{ВХ}}|$.

Формулы (7)–(10) справедливы, когда математическое ожидание входного напряжения находится в пределах зоны нечувствительности, т. е.

$$L_1 < U_{\text{ВХ}} < L_2.$$

$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2} dt$ — интегральная функция Лапласа.

На рис. 2–5 представлены результаты расчетов $\bar{U}_{\text{ВЫХ}}$ и $\sigma_{\text{ВЫХ}}$ в зависимости от $\bar{U}_{\text{ВХ}}$ и $\sigma_{\text{ВХ}}$ при следующих верхнем и нижнем пределах зоны нечувствительности:

$$L_1 = 3520 \text{ В},$$

$$L_2 = 3680 \text{ В}.$$

Анализируя полученные зависимости (рис. 4, 5), можно заметить, что математическое ожидание выходного напряжения практически не зависит от среднеквадратичного отклонения входного напряжения и находится всегда в пределах зоны нечувствительности при любых значениях $\bar{U}_{\text{ВХ}}$. Среднеквадратичное отклонение выходного напряжения (рис. 6, 7) возрастает с увеличением $\sigma_{\text{ВХ}}$ и максимально для различных значений $\sigma_{\text{ВХ}}$ при $\frac{L_1 + L_2}{2} = \bar{U}_{\text{ВХ}}$.

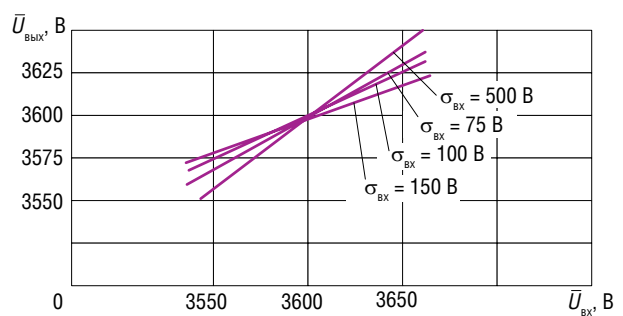


Рис. 2. Зависимости математического ожидания выходного напряжения от математического ожидания входного напряжения на подстанции

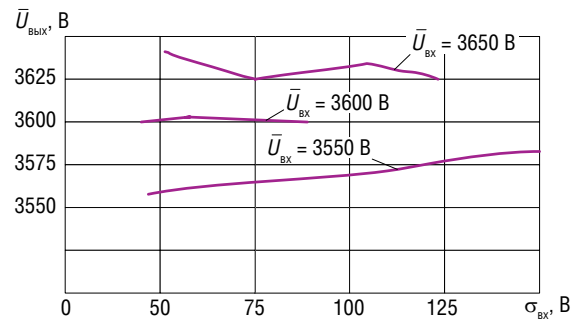


Рис. 3. Зависимости математического ожидания выходного напряжения от среднеквадратичного отклонения входного напряжения на подстанции

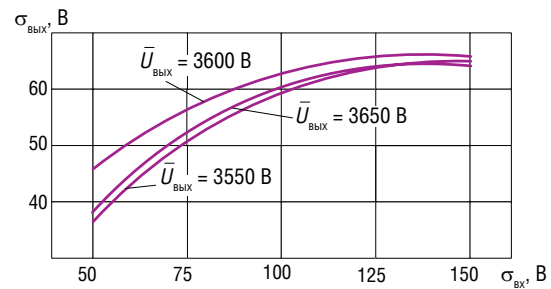


Рис. 4. Зависимости среднеквадратичного отклонения выходного напряжения от среднеквадратичного отклонения входного напряжения на подстанции

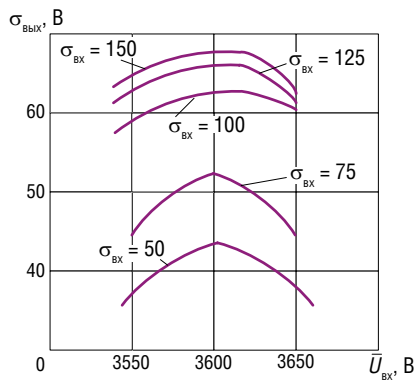


Рис. 5. Зависимости среднеквадратичного отклонения выходного напряжения от математического ожидания входного напряжения на подстанции

На рис. 6 приведены кривые зависимости $\Sigma_{\text{вых}}$ от ширины зоны нечувствительности L , рассчитанные по формуле (10). Очевидно, что с увеличением этой зоны среднеквадратичное отклонение будет возрастать и стремиться к такому отклонению напряжения без АРН.

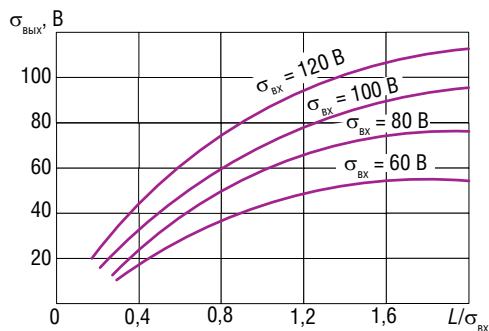


Рис. 6. Зависимости среднеквадратичного отклонения выходного напряжения от ширины зоны нечувствительности

Экспериментальное исследование кривой выпрямленного напряжения ряда подстанций с зоной нечувствительности 160 В (такая зона выбрана из-за удобства обработки) показало (рис. 7), что при изменении выдержки времени оценка математического ожидания на выходе АРН остается постоянной и равной такой оценке напряжения при работе без выдержки времени. Среднеквадратичное отклонение при изменении выдержки времени от θ до 2 мин (рис. 8) изменяется практически по линейному закону и может быть аппроксимировано выражением:

$$\Sigma_{\text{вых}\theta} = \Sigma_{\text{вых}} + 6\theta, \quad (11)$$

где $\Sigma_{\text{вых}\theta}$ — среднеквадратичное отклонение выпрямленного напряжения при выдержке времени, равной θ ; $\Sigma_{\text{вых}}$ — то же без выдержки времени, определяемое из (10).

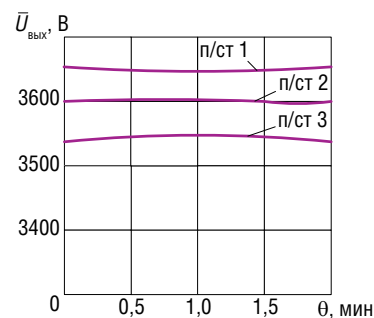


Рис. 7. Зависимости математического ожидания выходного напряжения подстанции от выдержки времени

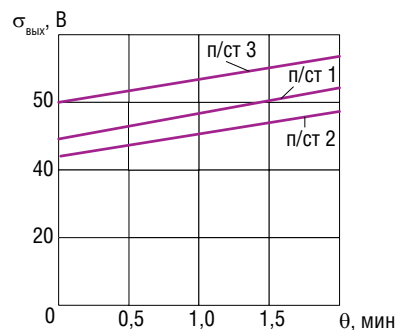


Рис. 8. Зависимости среднеквадратичного отклонения выходного напряжения подстанции от выдержки времени

Таким образом, предлагаемая методика определения вероятностно-статистических характеристик выпрямленного напряжения с учетом АРН позволяет оценить качество регулируемого напряжения, а также эффективность внедрения АРН на электрифицированных участках железных дорог.

Такая система автоматического ступенчатого контактного регулирования напряжения была подробно исследована и опробована в условиях эксплуатации [2]. Слабым звеном в системе явился малый ресурс контактного переключающего устройства. Перспективным направлением ступенчатого АРН является применение тиристорного переключающего устройства [3, 4] с малой по величине ступенью регулирования, приближающегося к плавному тиристорному регулированию напряжения и к реализованному на тяговых подстанциях плавному реакторному регулированию, обеспечивающему стабилизацию напряжения на тяговых подстанциях с высокой точностью. **ИТ**

Список литературы

1. Казаков И. Е. Статическая динамика нелинейных автоматических систем. — М. : Физматгиз, 1996. — 467 с.
2. Аржанников Б. А., Пышкин А. А. Совершенствование системы электроснабжения постоянного тока на основе автоматического регулирования напряжения тяговых подстанций. — Екатеринбург : УрГУПС, 2006. — 118 с.
3. Аржанников Б. А., Набойченко Н. О. Концепция усиления системы тягового электроснабжения 3,0 кВ. — Екатеринбург : УрГУПС, 2015. — 258 с.
4. Аржанников Б. А. Тяговое электроснабжение постоянного тока скоростного и тяжеловесного движения поездов. — Екатеринбург : УрГУПС, 2012. — 207 с.



Марат Иванович
Глушко

Marat I. Glushko

Условия схода подвижного состава

Rolling stock derailment conditions

Аннотация

Самой рискованной ситуацией является движение в кривых участках пути, которое сопровождается центробежная сила. Для анализа устойчивости движения при этих условиях разработан универсальный графоаналитический метод и доказана несостоятельность теории вкатывания.

Ключевые слова: вагон, взаимодействие пути и подвижного состава, вкатывание, сила, скорость, устойчивость.

Abstract

The most risky situation is movement in curves accompanied by centrifugal force. For analyzing the movement stability in those conditions a general purpose graph analytic method is developed, and the invalidity of the re-railing theory proven

Keywords: railway car, rolling stock and track interaction, re-railing, force, speed, stability.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-66-69

Авторы Authors

Марат Иванович Глушко, д-р техн. наук, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: pto-v@bk.ru

Marat Ivanovich Glushko, Doctor of Technical Sciences, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

В режиме эксплуатации никак не удается сформировать компетентное представление о влиянии скорости при движении в кривых и последствиях ее превышения. Именно поэтому локомотивная бригада как оператор человеко-машинной системы не всегда обращает внимание на состояние пути в плане.

Подтверждением этому факту служат известные события на железнодорожном транспорте. Так, 9 мая 2013 г. на входной стрелке станции Белая Калитва Северо-Кавказской железной дороги произошло крушение грузового поезда. Вследствие нарушения режима движения по переводной кривой происходило со скоростью 95,4 км/ч при допустимой 40 км/ч. В результате произошел сход 51 вагона, начался пожар, затем прогремел взрыв, и Калитва резко изменила цвет. В Испании 25 июля этого же года произошел сход пассажирского поезда *Alvia* близ города Сантьяго-де-Компостела. Поезд завалился всеми вагонами в кривой вследствие значительного превышения допустимой скорости. Последствия нарушения скоростного режима движения в кривой: 78 человек погибло, 131 пострадал.

Все приведенные факты относятся к случаям потери устойчивости, которую следует классифицировать как нарушение силового равновесия движущейся системы. Такую потерю устойчивости не следует полностью относить к отказам техники. При потере устойчивости возникает крэш-ситуация, которая может быть обусловлена только нарушением режима ведения поезда на конкретном участке пути. При анализе обычно рассматривается поперечная устойчивость вагона при движении в кривой, но отношение специалистов к этому показателю весьма размытое.

В области взаимодействия пути и подвижного состава [1] характерным является фрагментарный подход передовых ученых, которые проповедуют нарушение устойчивости (сход) подвижного состава по причине вкатывания гребня колеса на рельс. В их сознании все представляется достаточно просто: по заготовленному сценарию изображают кусок колеса на обломке рельса и прикладывают воображаемые силы. Фрагменты этих узлов представлены на рис. 1, который является фундаментальной основой для построения теории вкатывания, но уже целого колеса. Сначала авторы запустили теорию в журнал под заголовком «Об устойчивости движения колеса по рельсу» [1], а затем, ободренные успехом, включили ее в научные труды [2]. Доверие к авторам данной теории было настолько велико, что ее прописали даже в справочнике [3], с 1972 г. она пользуется доверием маститых ученых и при этом обрастает творческими добавками для более глубокого теоретического подтверждения вкатывания (используется еще один научный термин — «вползание») гребня колеса на рельс.

Оказывается, без разницы: катится ли одиночное колесо по одиночному рельсу [2], или самостоятельная колесная пара по рельсам [4], или даже целый грузовой вагон [5].

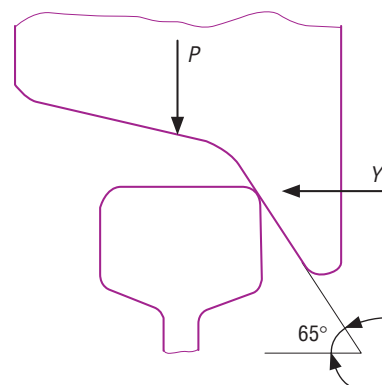


Рис. 1. Расчетная схема теории вкатывания колеса на рельс:
P — вертикальное давление колеса;
Y — сила бокового прижатия гребня к рельсу

В работе [1] приводится формула

$$12,5 \frac{V_{\min}^2}{R} + 115 \geq h \geq 12,5 \frac{V_{\max}^2}{R} - 115.$$

Прежде чем вводить это выражение в фонд науки, следовало убедиться в том, что она нуждается в упрощении; что не может быть ограничения *V* по *min*; что для прямых участков пути она непригодна. С помощью этой формулы авторами [6] установлено, что «при возвышении рельса 150 мм минимально допустимая скорость движения по кривой с радиусом 350 м будет равна 31,3 км/ч, что для грузовых поездов совершенно неприемлемо. Очевидно, что в условиях эксплуатации не учитываются режимы движения и возможность остановки поездов».

На самом деле все не так просто, и это можно доказать с помощью представленного на рис. 2 графоаналитического построения. При расчетах устойчивости вес вагона *Q* располагают в центре тяжести ЦТ. При исправном техническом состоянии экипажа и рельсового пути поперечная устойчивость подвижного состава определяется центробежной силой, которая возникает при движении по криволинейным участкам пути, приложена в центре тяжести и направлена радиально наружу кривой. Величина центробежной силы *Y*:

$$Y = \frac{mV^2}{R},$$

где *m* — масса экипажа; *V* — скорость движения, м/с; *R* — радиус кривой, м.

Для подвижного состава следует рассматривать три уровня устойчивости последовательно для каждого составного элемента. Например, закрепленный на кузове груз — первый уровень устойчивости; кузов (или кузов с грузом), опирающийся на тележку с помощью узла «пятник-подпятник», — второй уровень; вагон, располагаемый на рельсах, — третий уровень.

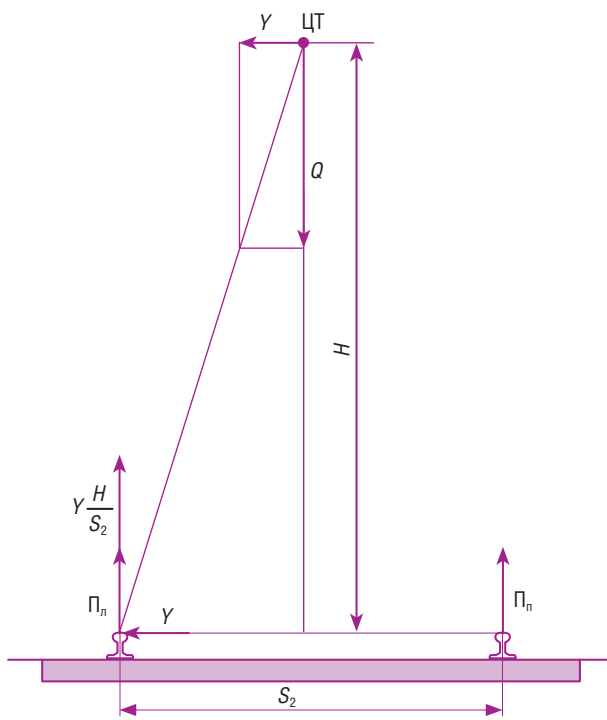


Рис. 2. Схема распределения сил при потере устойчивости экипажа: S_2 — расстояние между кругами катания колес; H — высота центра тяжести (ЦТ) вагона

Суть графоаналитического метода состоит в следующем. В центре тяжести ЦТ действуют вертикальная сила $Q = mg$ (вес экипажа) и горизонтальная центробежная сила $Y = mV^2/R$. Потеря устойчивости экипажа при движении в кривой (критическое состояние) может произойти в том случае, когда равнодействующая этих сил проходит через левую опору (наружный рельс кривой), как представлено на рис. 2. Векторы Q и g имеют общий коэффициент m , поэтому все графические построения выполняются независимо от массы экипажа и груза на основе векторов ускорения g и V^2/R , что не требует классификации груза по величине массы.

Условие прохождения равнодействующей точку опоры колеса:

$$\frac{mV_k^2}{RQ} = \frac{0,5S_2}{H}$$

или по соотношению ускорений ($a_{ц}$ — центробежное ускорение):

$$\frac{a_{ц}}{g} = \frac{0,5S_2}{H}$$

Отсюда величина критической скорости

$$V_k = \sqrt{\frac{R}{H} \cdot 0,5S_2g}$$

В окончательном виде после подстановки значений постоянных величин ($S_2 = 1,58$ м; $g = 9,81$ м/с²) получим выражение для критической скорости (км/ч)

$$V_k = 10\sqrt{\frac{R}{H}}$$

и для выбора допустимой эксплуатационной скорости

$$V_э = \frac{1}{k}V_k,$$

где k — коэффициент запаса устойчивости.

По условиям схода на станции Белая Калитва при скорости 94,5 км/ч и допустимой 40 км/ч можно судить о том, что для предотвращения потери устойчивости принятая в эксплуатации допустимая скорость $V_э$ составляет 40% от критической скорости V_k . С учетом опыта «РЖД» допустимую скорость движения в эксплуатации можно рассчитать по формуле

$$V_k = 4\sqrt{\frac{R}{H}} \text{ (коэффициент запаса устойчивости } k = 2,5\text{).}$$

Центробежная сила является основным фактором возникновения поперечной силы и потери устойчивости подвижного состава. Поэтому все расчеты выполнены для рельсового пути без возвышения рельса. При этом результаты применения графоаналитического метода одинаково могут относиться ко всему вагону или к одной колесной паре; для этого достаточно выполнить соответствующее распределение действующих нагрузок.

Таким образом, поперечная устойчивость экипажа определяется критической скоростью движения, величина которой зависит от расположения центра тяжести экипажа и радиуса кривой, но не от продольных горизонтальных зазоров в боковых опорах непрерывного контакта [5]; критическая скорость просто этого не понимает. Полученные результаты условий равновесия свидетельствуют о том, что сход экипажа возможен по причине потери контакта колес с внутренней рельсовой нитью кривой.

Для подтверждения этого заявления достаточно схемы взаимодействия гребня колеса и боковой поверхности головки рельса, приведенной на рис. 3. Если даже принять отсутствие трения между гребнем и рельсом, то на вкатывание колеса работает сила T , величина которой составляет $0,5Y$, зато к статической нагрузке колеса на рельс P_n добавляется сила $Y \cdot H/S_2$. Стандартный наклон гребня составляет 60° (или 65° по рекомендации ВНИИЖТ). Но такой наклон может относиться только к новому колесу, ведь в процессе эксплуатации происходит подрез гребня и увеличение угла α , поэтому вкатывание колеса возможно только под действием сил возбужденной фантазии.

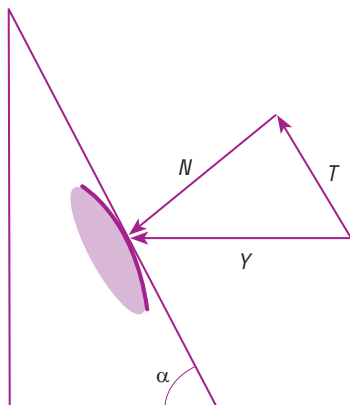


Рис. 3. Действие поперечной силы Y на головку рельса

Полученная теоретическая зависимость служит основанием для представления механизма потери устойчивости движения, на которую оказывают существенное влияние ветровая нагрузка, колебания подвижного состава, состояние рельсового пути, поперечное смещение груза, переход пятника на кромочное опирание и т.п. Особенную опасность представляют порывы ураганного ветра при скорости свыше 33 м/с, который стал сдувать порожние контейнеры с фитинговых платформ, но это уже относится к форс-мажорной ситуации. **ИТ**

Список литературы

1. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Об устойчивости движения колеса при вкатывании его на рельс // Вестник ВНИИЖТ. — 1965. — № 4.
2. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. — М.: Транспорт, 1986.
3. Справочник инженера-путейца. Т. 1 / под ред. В. В. Басилова, М. А. Чернышева. — М.: Транспорт, 1972.
4. Смольянинов А. В., Якупов А. Р. Сравнительный анализ методик расчета устойчивости колесной пары от схода с рельсов // Транспорт Урала. — 2016. — № 2 (49). — С. 48–54. — ISSN 1815-9400.
5. Давыдов А. Н., Смольянинов А. В. Влияние продольных горизонтальных зазоров в боковых опорах непрерывного контакта на величину критической скорости грузового вагона // Вестник УрГУПС. — 2013. — № 1 (17). — С. 43–49. — ISSN 2079-0392.
6. Филиппов В. Н., Козлов И. В., Смольянинов А. В., Подлесников Я. Д. К вопросу обеспечения безопасности движения вагонов с увеличенной высотой центра тяжести // Транспорт Урала. — 2014. — № 2 (41). — С. 39–43. — ISSN 1815-9400.



**Сергей
Николаевич
Боярский**

**Sergey N.
Boyarskiy**



**Рудольф
Николаевич
Ковалев**

**Rudolf N.
Kovalev**



**Антон
Станиславович
Степанов**

**Anton S.
Stepanov**

К вопросу о критерии эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта в условиях движения в плотных транспортных потоках больших городов

Concerning the performance criteria of automotive passenger transport fleet in the dense traffic flow of major cities

Аннотация

В статье приводится обоснование критерия эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта, используемого для определения периодичности работ по техническому осмотру и текущему ремонту.

Ключевые слова: эффективность пассажирского транспорта, периодичность технического обслуживания.

Abstract

The article presents a substantiation of the automotive passenger transport fleet performance criteria, used for defining the periodicity of technical inspection and current repair operations.

Keywords: passenger transport performance, maintenance periodicity.

DOI:10.20291/2311-164X-2016-4-70-72

Авторы Authors

Сергей Николаевич Боярский, старший преподаватель кафедры экономики транспорта и логистики Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург | **Рудольф Николаевич Ковалев**, профессор, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта (РАТ), член-корреспондент Российской академии естественных наук (РАЕН), заведующий кафедрой экономики транспорта и логистики Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург | **Антон Станиславович Степанов**, аспирант кафедры экономики транспорта и логистики Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург

Sergei Nikolayevich Boyarskiy, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the "Transport economics and logistics" chair of the Urals State Forestry University (UGLTU), Yekaterburg | **Rudolph Nikolayevich Kovalev**, Doctor of Technical Sciences, professor, full member of the Russian Academy of Transport (RTA), corresponding member of the Russian academy of natural sciences (RANS), head of the "Transport economics and logistics" chair of the Urals State Forestry University (UGLTU), Yekaterburg | **Anton Stanislavovich Stepanov**, postgraduate at the "Transport economics and logistics" chair of the Urals State Forestry University (UGLTU), Yekaterburg

В настоящее время для оценки эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта наиболее обоснованным является интегральный показатель использования автобусов [1]:

$$\mathcal{E}_и = \mathcal{E}_к \mathcal{E}_э \mathcal{E}_п, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_к$ — эффективность качества перевозки пассажиров; $\mathcal{E}_э$ — показатель эффективности использования автобусов с экономической точки зрения; $\mathcal{E}_п$ — показатель эффективности использования автобусов по производительности.

$$\mathcal{E}_к = K_p = \frac{(T_n - T_0)^\Phi}{(T_n - T_0)}, \quad (2)$$

где K_p — коэффициент регулярности перевозок; T_n — время в наряде; T_0 — время нулевых пробегов; $(T_n - T_0)^\Phi$ — фактическое время работы на линии; $(T_n - T_0)$ — плановое время работы на линии.

$$\mathcal{E}_э = 1 - \frac{C_\Phi - C_n}{C_\Phi}, \quad (3)$$

где C_Φ — фактические затраты на перевозки; C_n — плановые затраты на перевозки.

$$\mathcal{E}_п = 1 - \frac{W_n - W_\Phi}{W_n}, \quad (4)$$

где W_n — фактический объем транспортной работы; W_Φ — плановый объем транспортной работы.

Таким образом, данный критерий эффективности основывается на разнице плановых и фактических показателей и предполагает максимизацию производительности подвижного состава в рамках заданного плана. Сам план выстраивается исходя из баланса показателей производительности, тарифа на перевозку и себестоимости перевозок. Однако использование коэффициента регулярности перевозок как интегрального показателя качества не учитывает влияние множества других показателей, актуализируемых ГОСТ Р 51004-96 «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества». Также в условиях развивающегося экономического кризиса первостепенным становится обеспечение населения пассажирскими перевозками при поддержании требуемого уровня развития предприятия. Наиболее полно такому подходу, на наш взгляд, отвечает интегральный критерий рентабельности, разработанный для повышения эффективности грузовых перевозок [2]. Данный критерий не получил широкого распространения вследствие сложности его определения, но в современных условиях при развитых информационных технологиях достаточно легко реализуется методами имитационного и агентного моделирования.

Частично вопрос обеспечения заданного уровня рентабельности перевозок пассажиров автомобильным транспортом затронут в [3], но данный критерий предназначен для междугородних перевозок. Кроме того, в соответствии с [4], для обеспечения рекомендаций налоговой службы РФ и необходимости устойчивого развития предприятия требуемый уровень рентабельности составляет 22%. Такое условие позволяет сформулировать условие эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта как

$$R = \frac{B - C}{C} = \frac{D_k \alpha_b \Pi_6 \gamma q_n n_p n_a}{C} - 1 = 22, \quad (5)$$

где B — выручка, руб; C — себестоимость, руб; D_k — количество календарных дней; α_b — коэффициент выпуска на линию; Π_6 — цена билета, руб; γ — коэффициент использования вместимости; q_n — номинальная вместимость автобуса; n_p — количество рейсов; n_a — количество автобусов.

Учитывая взаимосвязь коэффициента выпуска на линию и коэффициента технической готовности, получаем:

$$R = D_k \left(\frac{1 - \alpha_n}{1 + l_{cc} \frac{t_{np}}{X_{np}}} \right) \Pi_6 \gamma q_n n_p n_a / c = 1,22, \quad (6)$$

где α_n — коэффициент нерабочего времени; l_{cc} — среднесуточный пробег, км; t_{np} — среднее время простоя в техническом осмотре и ремонте, час; X_{np} — средняя наработка на отказ, вызвавший простой, км.

Сформулированное таким образом условие эффективного функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта и разработанная градация тяжести последствий отказов в количестве пропущенных рейсов [5] позволяет установить значение средневзвешенной по подсистемам наработки на отказ:

$$\overline{n_{np}} = \frac{D_k \Pi_6 \gamma q_n n_p n_a (1 - \alpha_n) \overline{X_{np}}}{1,22 C l_{cc}} - \frac{\overline{X_{np}}}{l_{cc}}. \quad (7)$$

Реализация данного критерия методами имитационного моделирования позволяет определить пределы допустимого изменения наработки на отказ и, следовательно, эффективно планировать деятельность служб технического обслуживания и ремонта, периодичность и объем закупки запасных частей. Также при определении периодичности технического осмотра и ремонта в зависимости от пробега подвижного состава можно сформировать алгоритм имитационного моделирования, на основе которого можно реализовать поиск ее оптимальной периодичности путем перебора вариантов в программном пакете Anylogic (рис. 1).

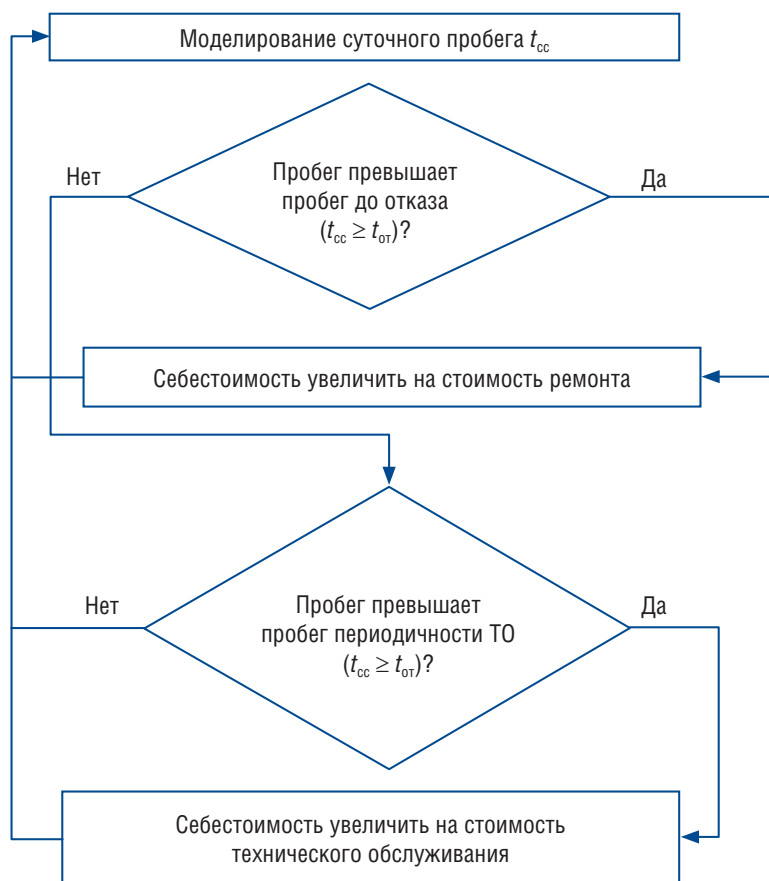


Рис. 1. Алгоритм подбора периодичности технического обслуживания

Предполагается, что при организации технического обслуживания производится тестирование подсистем, выявление наработок больше критических, замена данных подсистем и агрегатов. В случае отказа производится текущий ремонт. В дальнейшем работа осуществляется по алгоритму, представленному в работе [5].

Важно отметить, что реализация подбора в условиях обеспечения требуемого уровня рентабельности при заданном уровне дохода может не дать результата, что говорит о неэффективности выбранного парка подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта. В этом случае необходимо изменить структуру парка. **ИТ**

Список литературы

1. Максимов В. А. Научные основы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы : дис. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. — М., 2000. — 362 с.
2. Иванов А. М. Технические пути повышения конструктивной эффективности грузовых автотранспортных средств: дис. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. — М., 1995. — 533 с.
3. Ковалев Р. Н. Экономика и управление пассажирскими перевозками на автомобильном транспорте : монография / Р. Н. Ковалев, С. Н. Боярский. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. — 137 с.
4. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования: утв. распоряжением Минтранса РФ № НА- 37-р от 18.04.2013.
5. Степанов А. С. Разработка алгоритма прогнозирования отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта / А. С. Степанов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — Екатеринбург, 2016. — № 1 (29). — С. 132–140. — ISSN 2079-0392.

Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!

Если вам нравится наш журнал, вы можете оказать содействие в его развитии, перечислив денежные средства по реквизитам:

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Шевченко, д. 20, помещение 1

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

Назначение платежа: «Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС».

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций, повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

Предлагаем вам услуги по продвижению вашей продукции через сеть Ассоциации выпускников УЭМИИТ-УрГУПС.

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС — это кооперация большого числа неравнодушных людей различных сфер деятельности, окончивших наш университет.

Кроме того, предлагаем услуги по подбору молодых специалистов, по организации поиска решений прикладных и научных задач в рамках диссертационных работ, выполняемых в УрГУПС.

Всю необходимую информацию вы можете получить по тел. (343) 221-24-67 или на сайте <http://www.usurt.ru/vypusknikam/assotsiatsiya-vypusknikov-urgups>

Извещение	<p>Получатель: <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: « ____ » _____ 2017 г.</p>
Квитанция	<p>Получатель: <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> КПП: <u>667001001</u> ИНН: <u>6670317893</u> ОКТМО: <u>65701000</u> Р/сч.: <u>40703810863010000192</u> в: <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> БИК: <u>046577795</u> К/сч.: <u>30101810900000000795</u> Код бюджетной классификации (КБК): _____ Платеж: <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> Плательщик: _____ Адрес плательщика: _____ ИНН плательщика: _____ № л/сч. плательщика: _____ Сумма: _____ руб. ____ коп. Подпись: _____ Дата: « ____ » _____ 2017 г.</p>

Подписка на 2017 год.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1



АБОНЕМЕНТ

на ~~газету~~
журнал

85022

(индекс издания)

Инновационный транспорт

(наименование издания)

Количество
комплектов:

на 2017 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на ~~газету~~
журнал

85022

(индекс издания)

Инновационный транспорт

(наименование издания)

Стои-
мость

подписки
переадресовки

руб. ____ коп.
руб. ____ коп.

Количество
комплектов:

на 2017 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Технические требования и рекомендации к оформлению статей

1. Публикация состоит из следующих **обязательных элементов**:

- а) УДК;
- б) Ф. И. О. автора (авторов) (на русском и английском языках);
- в) название статьи (на русском и английском языках);
- г) аннотация (на русском и английском языках);
- д) ключевые слова (на русском и английском языках);
- е) текст статьи;
- ж) библиографический список;
- з) сведения об авторе (авторах): место работы (учебы), ученая степень, ученое звание, должность, почтовый адрес, телефон, e-mail (на русском и английском языках);
- и) портретное фото автора (авторов), представленное в электронном виде отдельным файлом, цветное, высокого качества, в форматах *.jpg (от 200 Кб), *.tif (от 1 Мб).

2. Материалы подготавливаются в редакторе Microsoft Office Word 2003, 2007.

3. Объем статьи не более 15 страниц.

4. Список литературы помещается в конце статьи после подзаголовка и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте статьи оформляются в квадратных скобках ([3], [3, 4], [3–7]).

5. Требования к разметке и форматированию текста.

Поля страницы – по 2 см с каждого края. Страницы должны быть без нумерации. Текст статьи: шрифт

Times New Roman, кегль 14; межстрочный интервал полуторный; выравнивание по ширине; отступ первой строки 1,25 см; расстановка переносов автоматическая. Простые формулы и сочетания символов набираются в текстовом режиме, сложные – при помощи редактора формул Microsoft Equation или MathType и располагаются по центру страницы. Написание букв: русские и греческие буквы (а, б, в, А, Б, В; ε, ω, Ω, Σ), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, V, XII; sin, lg, min и др.) пишутся только прямо; латинские буквы (*a, b, c, A, B, N* и пр.) – только курсивом.

6. Рисунки и таблицы.

Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру набора под рисунком. Расположение таблиц и рисунков — после ссылки на них. Условные обозначения в рисунках и таблицах, если они есть, должны быть расшифрованы в подписи или в тексте статьи.

Рисунки.

Цветные и черно-белые (если нет цветных) иллюстрации принимаются отдельными файлами в форматах *.jpg (от 300 Кб), *.tif, *.bmp (от 2 Мб). Недопустимо использование изображений, взятых из Интернета, размером 5–100 Кб, а также отсканированных версий плохого качества.

Диаграммы, схемы и таблицы

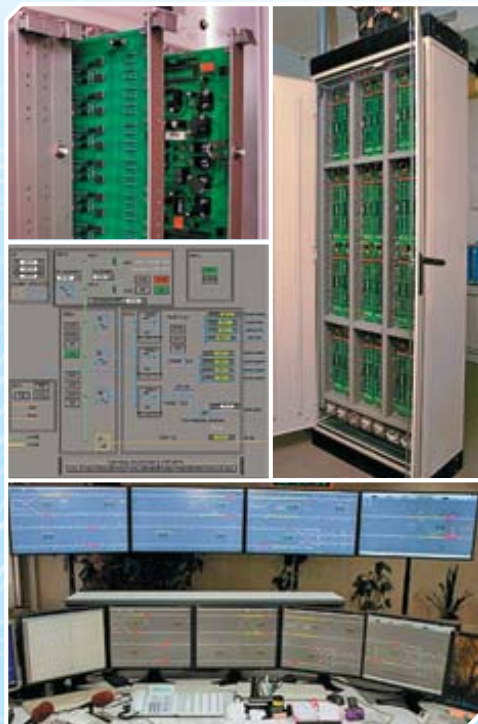
могут быть представлены в форматах MS Excel, MS Visio, MS Word (сгруппированные). Отдается предпочтение исходным файлам, которые допускают редактирование рисунка. Допускаются изображения, конвертированные в форматы *.cdr, *.cmx, *.eps, *.ai, *.wmf, *.cgm, *.dwg.

7. Материалы для очередного номера принимаются до 30-го числа первого месяца квартала.

**Подписной индекс издания
в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022.**



Научно-исследовательская лаборатория
«Компьютерные системы автоматики»
ФГБОУ ВО УрГУПС



**РАЗРАБОТКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ВНЕДРЕНИЕ
И СОПРОВОЖДЕНИЕ КОМПЛЕКСА СИСТЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

- ЭЦ-МПК — релейно-процессорная централизация
- МПЦ-МПК — микропроцессорная централизация
- ДЦ-МПК — диспетчерская централизация
- УЭП-МПК — устройства электропитания
- СТД-МПК — система технической диагностики
- АСУ АРЛМ — автоматизированная система учёта и анализа работы линий метрополитена
- КАС-ДУ — комплексная автоматизированная система диспетчерского управления



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, корпус Б
Тел./факс: (343) 221-25-23
E-mail: info@nilksa.ru. Веб-сайт: www.nilksa.ru



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

«СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ»

Основные направления работы

- Разработка проектов реконструкции и модернизации контактной сети железнодорожного транспорта.
- Сопровождение программного продукта «Автоматизированное рабочее место проектировщика контактной сети» АРМ КС.
- Проектирование внешнего электроснабжения до 1000 кВ включительно и внутреннего электроснабжения жилых, общественных и производственных зданий.
- Проведение электротехнической экспертизы оборудования.
- Расчет автоколебаний проводов контактной подвески и взаимодействия различных токоприемников с контактным проводом.
- Научно-исследовательские работы в области совершенствования системы токосяема железнодорожного транспорта.

Заведующий лабораторией: канд. техн. наук, доцент Ковалев Алексей Анатольевич.



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, корпус Б, оф. 303.
Для переписки: 620042, г. Екатеринбург, а/я 180. Тел./факс: (343) 221-25-27, 8-950-63-77-440.
E-mail: saprks@mail.ru. Веб-сайт: www.sapr-ks.usurt.ru

