

# ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 1 (27)

март 2018



Параметры платформ для перевозки  
крупнотоннажных контейнеров  
и пути повышения их эффективности

С. 23

Перспективы развития  
российско-китайских  
транспортных коридоров

Разработка стратегии  
обслуживания опор  
контактной сети

Перспективы создания  
турбопоездов на сжиженном  
природном газе





## Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА



Основана 26 июня 1991 года, насчитывает более 680 действительных членов, среди которых доктора и кандидаты технических наук, доктора транспорта.

Располагает девятью региональными и двумя функциональными отделениями, 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:

- «Концепция развития мультимодальных пассажирских перевозок в городе Перми»
- «Разработка макета информационно-аналитической системы выбора поставщиков и транспортных схем доставки нерудных строительных материалов при выполнении проектов капитального строительства»
- «Разработка предложений по концепции развития транспортного комплекса г. Красноярск в 2016-2025 гг.»
- «Проведение обследования процессов дистрибуции авиакомпанией «Аэрофлот» пакетированных туристических услуг с моделированием базовых функций, а также подготовка технических требований по автоматизации бизнес-процессов»

Все реализованные контракты представлены на сайте Российской академии транспорта: <http://rosacademtrans.ru/proektyi-akademii/>

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Центральное отделение:  
107078, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, блок 1  
Тел.: +7 (499) 399-98-72  
Сайт: [www.rosacademtrans.ru](http://www.rosacademtrans.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-Volinskaya@mail.ru](mailto:Anna-Volinskaya@mail.ru)  
Сайт отделения: <http://www.uralakademia.ru>

### С НАМИ СОТРУДНИЧАЮТ:



Минтранс РФ



Министерство транспорта  
и дорожного хозяйства  
Волгоградской области



АЭРОФЛОТ

**СКОРОСТНЫЕ  
МАГИСТРАЛИ**



# Инновационный транспорт

Научно-публицистическое издание

№ 1 (27), 2018 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](http://www.usurt.ru), e-mail: [innotrans@mail.ru](mailto: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.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета в типографии ООО «АЛЕКС ПРИНТ».

394007, г. Воронеж, Ленинский проспект, д. 94, кв. 52.

Тел.: (473) 290-45-17. E-mail: [alexey-print@mail.ru](mailto:alexey-print@mail.ru)

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022. Цена 382,6 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X.

Дата выхода в свет 30.03.2018. Печать офсетная.

Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–160). Заказ № 5341

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 2018

© Общероссийская общественная организация «Российская академия транспорта», 2018

## 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 Эпштайн**, доктор технических наук, Siemens (Германия).

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

**Маргарита 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

№ 1 (27), 2018

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](http://www.usurt.ru). E-mail: [innotrans@mail.ru](mailto: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. Price 382,6 rub.

Date of issue 30.03.2018. Offset printing.

Circulation 500 copies.

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2018

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2018

## 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

Миротин Л.Б., Ларин О.Н., Никулин А.А., Тарасов Д.Э. Перспективы развития российско-китайских трансграничных транспортных коридоров на Дальнем Востоке .....	3
Самуйлов В.М., Чернова Н.В. Перспективы образования транспортного коридора с Китаем и его экономическая оценка .....	8
Боярский С.Н., Ковалев Р.Н., Кузнецов В.А. Анализ методов определения показателей транспортного спроса агломерации .....	12

## Организация производства (транспорт)

Мыльникова М.А. Влияние отступлений в плане на поперечную устойчивость железнодорожного бесстыкового пути .....	16
Пышный И.М., Козлова А.А. Будущие инновации высокоскоростного транспорта .....	19
Смолянинов А.В., Давыдов А.Н., Волков Д.В., Чмирь Д.В. Параметры платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров и пути повышения их эффективности .....	23
Лисниченко М.О., Линькова Н.А. Проблематика образа жизни студентов-спортсменов железнодорожного вуза .....	32
Платонов А.А. Элементы моделирования сферического рабочего пространства железнодорожных транспортных средств с манипуляторными установками .....	37
Коваленко В.Н., Зернин Д.А. Обзор и анализ бесконтактной элементной базы для синтеза систем железнодорожной автоматики и телемеханики .....	41
Голиков Ю.В. Аппаратура для проектно- исследовательских работ в сфере транспорта на основе электрозондирования земли .....	50

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Полещук И.В., Скутин Д.А. Анализ мест возникновения максимальных поперечных сил на контакте «колесо — рельс» .....	54
Буйносов А.П., Стаценко К.А., Гузенкова Е.А., Пахомов А.П. Контроль натяга бандажа на ободе колесного центра у сформированных колесных пар электровозов .....	59
Окунев А.В. Разработка стратегии обслуживания опор контактной сети .....	63
Тарасов А.Э. Отладка и проверка пространственных динамических моделей локомотивов в Simpack Rail на верхнем уровне .....	67
Цихалевский И.С., Вахрушев К.А. Перспективы создания турбопоездов на сжиженном природном газе .....	76

## Эксплуатация автомобильного транспорта

Неволин Д.Г., Котельников А.П. Разработка и обеспечение алгоритмов срабатывания системы эвакуации людей из салона тонущего автомобиля .....	80
---	----

# CONTENTS

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

Leonid B. Mirotin, Oleg N. Larin, Alexander A. Nikulin, Dmitry E. Tarasov. Prospects for the development of Russian- Chinese cross-border transport corridors in the Far East .....	3
Valery M. Samuilov, Natalia V. Chernova. Prospects for the formation of a transport corridor with China and its economic evaluation .....	8
Sergey N. Boyarskiy, Rudolf N. Kovalev, Vladimir A. Kuznetsov. Analysis of methods for determining the indicators for transport demand of agglomeration .....	12

## The organization of production (transport)

Maria A. Mylnikova. Impact of deviationson the plan on the transverse stability of a rail-free track .....	16
Igor M. Pushnyi, Anastasia A. Kozlova. Future innovations in high-speed transport .....	19
Alexander V. Smolyaninov, Aleksey N. Davydov, Denis V. Volkov, Denis V. Chmir. Parameters of platforms for large-capacity containers transportation and ways to improve their efficiency .....	23
Natalia A. Linkova. The problematic of the style of life of students-sportsmen from university of railway transport. ....	32
Aleksey A. Platonov. Elements of modeling of the spherical working space for railway vehicles with manipulator installations .....	37
Vladimir N. Kovalenko, Denis A. Zernin. Overview and analysis of the contactless elemental base for the synthesis of rail automation and telemechanics systems .....	41
Yury V. Golikov. Equipment for design and survey works in the transport sector on the basis of electric earth sensing .....	50

## Rolling stock, hauling operation and electrification

Irina V. Poleshchuk, Dmitry A. Skutin. Analysis for the occurrence placesof the maximum transverse forces on the contact "wheel-rail" .....	54
Alexander P. Buinosov, Konstantin A. Statsenko, Elena A. Guzenkova, Alexander P. Pahomov. Control for the banding tightness on the rim of the wheel center at the formed wheelsets of electric locomotives .....	59
Alexander V. Okunev. Designing the maintenance strategy of the contact network supports .....	63
Anton E. Tarasov. Debugging and testing of spatial dynamic locomotive models in Simpack Rail at the top level .....	67
Igor S. Tsikhalevsky, Konstantin A. Vahrushev. Prospects for designing turbotrains on liquefied natural gas .....	76

## Operation of motor transport

Dmitry G. Nevolin, Andrey P. Kotelnikov. To develop and maintain algorithms for the operation of the system of evacuation of people from the saloon of a sinking car .....	80
--	----

УДК 339.94



**Леонид Борисович  
Миротин**

**Leonid B. Mirotin**



**Олег Николаевич  
Ларин**

**Oleg N. Larin**



**Александр Алексеевич  
Никулин**

**Alexander A. Nikulin**



**Дмитрий Эдуардович  
Тарасов**

**Dmitry E. Tarasov**

## Перспективы развития российско-китайских трансграничных транспортных коридоров на Дальнем Востоке

### Prospects for the development of Russian-Chinese cross-border transport corridors in the Far East

#### Аннотация

В статье на основе данных анализа китайского проекта «Экономический пояс Шелкового пути» рассмотрены приоритеты транспортного сотрудничества между Россией и КНР. Оба государства заинтересованы в согласованном развитии трансграничных транспортных коридоров, что позволит активизировать внешнеторговую деятельность двух стран, расширить географию их международной торговли и увеличить объемы транзитных перевозок между странами Европейского союза и Азиатско-Тихоокеанского региона. Россия определяет приоритетные направления сотрудничества с Китаем в сфере транспорта с учетом целей дальнейшего социально-экономического развития Дальневосточного и Байкальского регионов.

**Ключевые слова:** Транссибирская магистраль, Дальний Восток, экономический пояс Шелкового пути, международное сотрудничество, транспортные коридоры.

#### Abstract

Based on the analysis of the Chinese project “Silk Road Economic Belt”, the priorities of transport cooperation between Russia and the PRC have been considered in this article. Both countries are interested in coordinated development of cross-border transport corridors, that will allow to intensify the foreign trade activities of the countries, expand the geography of their international trade and increase the volumes for transit traffic between the countries of the European Union and the Asia-Pacific region. Russia considers the priority areas of cooperation with China in the field of transport, taking into account the goals of further socio-economic development of the Far Eastern and Baikal regions.

**Keywords:** Trans-Siberian Railway, Far East, Silk Road Economic Belt, international cooperation, transport corridors.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-3-7

#### Авторы Authors

**Леонид Борисович Миротин**, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», Москва, Россия | **Олег Николаевич Ларин**, действительный член РАТ, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центра экономических исследований ФГНБУ «Российский институт стратегических исследований», Москва, Россия | **Александр Алексеевич Никулин**, ведущий научный сотрудник Центра экономических исследований ФГНБУ «Российский институт стратегических исследований», Москва, Россия | **Дмитрий Эдуардович Тарасов**, ассистент, аспирант кафедры «Логистика и управление транспортными системами» ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва, Россия

**Leonid Borisovich Mirotin**, professor of FSFEI HE “Moscow Automobile and Road Construction State Technical University” (MADI), Moscow, Russia | **Oleg Nikolayevich Larin**, full member of the Russian Academy of Transport, doctor of technical science, professor, leading scientific member of Economic Research Centre FSFSI “The Russian Institute for Strategic Studies (RISS)”, Moscow, Russia | **Alexander Alexeyevich Nikulin**, leading scientific member of Economic Research Centre FSFSI “The Russian Institute for Strategic Studies (RISS)”, Moscow, Russia | **Dmitry Eduardovich Tarasov**, assistant, postgraduate student of chair for “Logistics and transport systems management”, FSFEI HE “Russian University of Transport” (MIIT), Moscow, Russia

В последние годы Россия значительно усилила акцент на «восточном векторе» регионального и международного сотрудничества. Одновременно руководство страны считает задачу социально-экономического развития Дальнего Востока одним из важнейших проектов государственного масштаба. Здесь создаются новые производства, которые способны стать ведущими экспортерами сырья и несырьевой продукции в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Однако экономический рост и повышение эффективности внешнеэкономической деятельности Дальневосточных регионов России (ДВР) в значительной степени будут зависеть от темпов развития транспортной инфраструктуры международного значения, интегрирующей автодорожные и железнодорожные магистрали и морские порты востока РФ с транспортными сетями сопредельных государств.

Наиболее активно ДВР развивают приграничное сотрудничество с северо-восточными приграничными регионами Китая (СВК). В число субъектов РФ, граничащих с СВК, входят Амурская область, Еврейская автономная область, Хабаровский и Приморский край, а также Забайкальский край, который хотя и не относится к Дальневосточному макрорегиону, однако его транспортные сети сопряжены с системой трансграничных коридоров СВК. С китайской стороны вдоль границы располагаются провинции Хэйлунцзян и Цзилинь (Гирин), а также часть автономного района Внутренняя Монголия. Из России в СВК перевозятся в основном руда, лес, уголь и другие первичные ресурсы. В обратном направлении следуют преимущественно продукты переработки минерального сырья (черные металлы, кокс и т.п.) и готовая продукция (строительные материалы, промышленные товары и пр.).

Руководство и деловые круги России придают большое значение ликвидации инфраструктурных ограничений для интеграции транспортных систем сопредельных территорий. Ряд проектов перешел в фазу практической реализации. Например, ведется строительство мостовых переходов через реку Амур: железнодорожного моста между селом Нижнеленинское (Еврейская автономная область) и городом Тунцзян (китайская провинция Хэйлунцзян), а также автомобильного моста и канатной дороги между Благовещенском (Амурская область) и Хэйхэ (Хэйлунцзян).

В свою очередь руководство КНР выстраивает транспортное сотрудничество с соседними странами в рамках проекта «Экономический пояс Шелкового пути» (Silk Road Economic Belt, ЭПШП). ЭПШП является составной частью более масштабной стратегической инициативы — «Один пояс — один путь» (One Belt One Road, «Пояс и путь»), в которую входит проект «Морской Шелковый путь XXI века» (21st-Century Maritime Silk Road, МШП).

В системе мероприятий инициативы «Пояс и путь» выделено пять основных сфер развития международно-

го сотрудничества: политическая координация, взаимосвязь инфраструктур, бесперебойная торговля, свободное обращение капитала и укрепление духовной близости между народами. Анализ структуры программы «Пояс и путь» показывает, что ее основными компонентами являются три блока — направления, проекты, коридоры, которые задают «высокоуровневые рамки» сотрудничества и взаимодействия между странами, участвующими в совместном строительстве шелковых путей [10].

Под направлениями инициативы «Пояс и путь» понимаются географические регионы, с которыми Пекин планирует развивать сотрудничество в указанных выше областях. В структуре программы «Пояс и путь» выделены три экономико-географических зоны: Азия, Европа и Африка. Приоритетность географических направлений обусловлена геоэкономическими интересами Китая в соответствующих регионах [4].

Что касается отдельных проектов, то их выделение в структуре программы «Пояс и путь» необходимо для эффективного планирования мероприятий по их реализации, рационального использования ресурсов на выполнение, а также организации действенного контроля над результатами. Совокупность географических направлений распределена между двумя основными проектами — ЭПШП и МШП. В последнее время Китай все более активно продвигает идею нового проекта — «Полярного Шелкового пути», который, по всей видимости, связан с амбициями Китая по расширению своего присутствия в Арктике [6].

Проекты ЭПШП и МШП отражают региональные и отраслевые особенности сотрудничества Китая со странами вдоль «Пояса и пути» и концентрируют усилия на развитии как сухопутных, так и морских транспортных сообщений, а также обеспечивают их взаимосвязанность.

Географическая направленность проекта ЭПШП определяется конфигурацией сухопутных маршрутов, которые соединяют Китай с тремя макрорегионами Евразийского континента:

- 1) Европа через Центральную Азию и Россию;
- 2) Ближний Восток через Центральную Азию;
- 3) Юго-Восточная и Южная Азия с выходом на побережье Индийского океана.

Проект МШП базируется на морских коммуникациях, которые соединяют Китай посредством морских портов на восточном побережье страны с двумя главными макрорегионами:

- 1) Европа через Южно-Китайское море и Индийский океан;
- 2) государства в южной части Тихого океана (включая группу АСЕАН) через Южно-Китайское море [12].

В рамках каждого проекта создается комплекс взаимосвязанных экономических и транспортных коридоров. Понятие «коридор» представляет собой пространственную концепцию, отражающую особенности организации каких-либо видов деятельности на определенной тер-

ритории. Формирование коридора приводит к увеличению объемов (плотности) и разнообразию соответствующего вида деятельности, расширению и усилению взаимодействия между сопредельными территориями [5].

Функциональная характеристика коридоров лежит в основе функционально-пространственной типологии, в рамках которой можно выделить три типа коридоров: транспортные, транзитные и экономические. Каждый из указанных типов выполняет соответствующие функции:

1) обеспечение транспортных связей внутри страны, с соседними и удаленными регионами;

2) обеспечение беспрепятственного пропуска транзитных грузопотоков по территории стран и через пограничные пункты пропуска;

3) расширение экономической деятельности между хозяйствующими субъектами сопредельных государств и регионов в целях создания новых рабочих мест, повышения производительности труда и т.п.

При этом все три типа коридоров функционально связаны между собой, так как формирование экономического коридора возможно только после создания надежных транспортных коридоров, обеспечивающих сообщения между экономически взаимосвязанными странами и регионами. В свою очередь транзитные коридоры базируются на инфраструктуре международных транспортных коридоров (МТК) и представляют собой единый маршрут, в отличие от обособленных сетей. Однако транзитные коридоры выделяют в отдельную категорию, чтобы обеспечить особые условия движения на маршрутах, предназначенных для пропуска транзитного потока [2].

Как правило, пограничные и таможенные процедуры могут создавать существенные препятствия для свободного перемещения транзитных грузов и пассажиров. В этих случаях необходима разработка особых правил в отношении условий прохождения транзитных потоков. Например, участники Всемирной торговой организации (ВТО) приняли Соглашение об упрощении процедур торговли. Одним из приоритетов данного соглашения является создание благоприятных условий для транзитных перевозок. Члены ВТО обязались обеспечивать «свободу транзита» для грузов международной торговли, ответственно относиться к обработке грузов, снижать пошлины и сборы, использовать прозрачные процедуры и упрощать документооборот, ограничивать объем досмотров транзитных грузов, исключать квоты на транзит. По оценкам экспертов, реализация Соглашения об упрощении процедур торговли позволяет снизить общие глобальные торговые издержки более чем на 14 %. Причем наибольший эффект могут получить развивающиеся страны, которые получают возможность расширить рынки сбыта и нарастить объемы экспорта своей продукции примерно на 20 % [13].

Экономический коридор представляет собой совокупность географически и экономически взаимо-

связанных отдельных стран и регионов, имеющих, как правило, устойчивую отраслевую, товарную или технологическую специализацию внешнеторгового взаимодействия. В контексте процессов региональной экономической интеграции создание экономических коридоров является одной из начальных стадий процесса формирования межрегиональных торговых партнерств [11].

Под транспортным коридором понимается совокупность магистральных путей сообщения и других инфраструктурных объектов разных видов транспорта, предназначенных для надежного и эффективного перемещения значительных по объемам грузопассажирских потоков между отдельными странами и экономическими центрами. При отборе магистралей для включения в состав транспортных коридоров и их дальнейшего развития используют различные критерии, в том числе объем международных грузоперевозок, стратегические или геополитические соображения, необходимость обеспечения связей внутренних районов страны с морскими портами и др. [8].

В проектах ЭПШП и МШП разработана система экономических коридоров, которая учитывает экономические, культурные и другие региональные особенности стран-партнеров вдоль «Пояса и пути». Транспортное сотрудничество России и КНР в рамках этой инициативы ведется по многим направлениям и экономическим коридорам (подробнее см. [6]). При этом совместные проекты в сфере транзита на Дальнем Востоке входят в число приоритетных, так как большая часть перевозок связана с Китаем. По итогам 2017 г. по коридору «Восток — Запад» перевезено 67 % от всего контейнерного транзита — 277 тыс. TEU (аббревиатура от Twenty-foot Equivalent Unit — стандартный двадцатифутовый контейнер). За этот же период объем транзитных перевозок в указанном направлении увеличился на 80 %. Максимальный прирост зафиксирован на станции Наушки (граница с Монголией) — почти в 2,9 раза. Через станцию Забайкальск (граница с автономным районом Внутренняя Монголия) проследовало на 66 % больше транзитных контейнеров. Как ожидается, рост транзитных перевозок через российско-китайскую границу продолжится [9].

Значительную часть транзитных грузопотоков из КНР российские железнодорожники обрабатывают совместно с морскими перевозчиками. Грузоотправители из СВК не имеют собственных выходов к морю, а отправка товаров из этих регионов через порты Поднебесной связана с большими затратами. Для них выгоднее выходить на мировые рынки через российские дальневосточные морские порты (ДМП). Поэтому Китай заинтересован в налаживании надежных и эффективных транспортных сообщений между СВК и ДВР по так называемым «Приморским» трансграничным МТК «Приморье-1» и «Приморье-2».



МТК «Приморье-1» в составе железнодорожных и автодорожных магистралей начинается в Харбине (провинция Хэйлунцзян), пересекает государственную границу в Суйфэньхэ и Дуннине (КНР) и в пос. Пограничный и с. Полтавка (РФ), проходит транзитом через Уссурийск и выходит на ДМП, через которые грузы отправляют морским путем в порты Китая и стран АТР. Транспортную инфраструктуру коридора составляют автодорожные и железнодорожные трансграничные сети двух стран, пункты пропуска через российско-китайскую государственную границу, морские порты Владивосток, Находка, Восточный.

МТК «Приморье-2» соединит крупные промышленные центры провинции Цзилинь по сети автомобильных и железных дорог с ДМП в Хасанском районе. Инфраструктуру коридора составляют автомобильные, железные дороги, пункты пропуска через госграницу, порты Славянка, Зарубино, Посыет.

В декабре 2016 г. Правительство РФ утвердило Концепцию развития международных транспортных коридоров «Приморье-1» и «Приморье-2». В июле 2017 г. Россия и КНР подписали меморандум о сотрудничестве в области развития коридоров. На создание МТК потребуются значительные объемы инвестиций — около 300 млрд рублей. Значительную часть средств готовы выделить частные инвесторы, в том числе из Китая, на условиях государственно-частного партнерства. Ожидается, что создание МТК обеспечит значительный экономический эффект для российских компаний и публичного сектора. К 2030 г. планируется прирост ВРП на 29 млрд руб., рост налоговых поступлений в бюджеты всех уровней составит 5,7 млрд руб., дополнительно будет создано несколько тысяч рабочих мест.

Перспективный объем грузопотока по МТК «Приморье-1» и «Приморье-2» на период до 2030 г. оценивается в 23 млн т зерновых и 22 млн т контейнерных грузов, что эквивалентно 1,8 млн TEU [7]. Такой потенциал основан на существенной экономии затрат времени и финансовых средств китайских компаний

при доставке грузов через российские ДМП. Экономия по автотранспорту составляет до 20 долл. за тонну, по железной дороге — до 10 долл. за тонну. Ежегодный эффект китайских транзитеров от использования МТК достигнет 700 млн долл. Эффективность и привлекательность коридоров обеспечивается как за счет использования более короткого плеча при доставке грузов, так и за счет упрощения трансграничных процедур, использования жестких графиков следования транзитных контейнерных поездов и оптимизации технологических процессов обработки грузов в транспортных узлах.

В то же время при разработке планов дальнейшего развития МТК следует обратить внимание на ряд факторов, которые способны оказать влияние на эффективность и окупаемость инвестиций в проекты. Например, развитие коридоров и масштабная модернизация Транссиба и БАМа могут привести к формированию нескольких конкурирующих между собой транзитных маршрутов, которые будут претендовать на перевозку одних и тех же грузов как из ДМП, так и в ДМП.

Приморские коридоры логично вписываются в систему транскитайских магистралей Северо-Восточных провинций страны, выходящих на российский Транссиб через станции Забайкальск и Наушки [3]. Поэтому на базе инфраструктуры этих МТК могут быть образованы новые транспортные коридоры между Приморским краем и южными регионами Восточной Сибири с транзитом по железным дорогам Китая [1].

Возможная конкуренция между транскитайскими маршрутами и российскими Транссибом и БАМом может привести к перераспределению транзитного грузопотока и, как следствие, повлиять на доходы транспортных компаний и социально-экономическое положение транзитных регионов. Кроме указанных факторов при оценке эффективности МТК «Приморье-1» и «Приморье-2» представляется целесообразным также учитывать их влияние на развитие приграничного сотрудничества между ДВР и СВК. **ИТ**

## Список литературы

1. Альметова З. В., Подрядова Т. Е., Шеремет А. А. Анализ грузопотоков по транспортным маршрутам «Китай — Западная Европа» через территорию стран Евразийского экономического сообщества (ЕАЭС) // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвузовский сборник научных статей (с международным участием) / отв. ред. О. М. Батищева. — Самара: Самарский государственный технический университет, 2016. — С. 63–68. — ISBN 978-5-7964-1919-9.
2. Альметова З. В. Перспективы развития транзитного потенциала России и международных транспортных коридоров / З. В. Альметова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 5-й Международной научно-практической интернет-конференции / под общ. ред. А. Н. Новикова. — Орел: Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2016. — С. 140–146. — ISBN 978-5-9929-0327-0.
3. В Приморье определили, как ускорить развитие транспортных коридоров. — URL: <http://primorsky.ru/news/108456/?type=original>
4. Ларин О. Н., Никулин А. А. Вопросы участия России в реализации китайской инициативы «Экономический пояс Шелкового пути» // Интеллект. Инновации. Инвестиции. — 2016. — № 6. — С. 115–119. — ISSN 2077–7175.
5. Операционализация развития экономических коридоров в ЦАРЭС: Исследование на примере коридора



- Алматы-Бишкек // ЦАРЭС. — 2014. — 26 сентября. — URL: [http://www.carecprogram.org/uploads/events/2014/NFP-Meeting-KGZ/Related-Materials/010\\_101\\_210\\_ECD-Study-Draft-ru.pdf](http://www.carecprogram.org/uploads/events/2014/NFP-Meeting-KGZ/Related-Materials/010_101_210_ECD-Study-Draft-ru.pdf)
6. Прокофьев И. В., Ларин О. Н., Каратаева К. Е. Инициатива «Один пояс — один путь» — новая платформа для расширения российско-китайского сотрудничества в транспортной сфере // Проблемы национальной стратегии. — 2017. — № 6 (45). — С. 11–48. — ISSN 2079–3359.
7. Приморье проложит новый путь для Китая. — URL: <https://rg.ru/2016/03/23/primore-prolozhit-novyj-put-dlia-kitaia.html>
8. Раскрытие потенциала железных дорог. Стратегия развития железнодорожного транспорта ЦАРЭС, 2017–2030 годы. — URL: [www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/231981/carec-railway-strategy-2017-2030-ru.pdf](http://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/231981/carec-railway-strategy-2017-2030-ru.pdf)
9. Рост доходов от транзита контейнеров может составить 7,2 млрд руб. — URL: <http://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1402828>
10. Совместное строительство «Одного пояса, одного пути»: идея, практика и вклад Китая, май 2017 г. — URL: <https://www.yidaiyilu.gov.cn/wcm.files/upload/CMSydylyw/201705/201705110545004.pdf>
11. Никулин А. А., Ларин О. Н. Структурно-содержательная характеристика программы «Один пояс — один путь» // Один пояс — один путь: ведущая стратегия внутренней и внешней политики Китая : сб. трудов. — М. : РИСИ, 2016. — С. 14–32.
12. The Belt and Road Initiative, 16 мая 2017 года. — URL: [http://china-trade-research.hktdc.com/business-news/article/One-Belt-One-Road/The-Belt-and-Road-Initiative/obor/en/1/1X3CGF6L/1X0A36B\\_7.htm?utm\\_source=weky\\_edm&utm\\_campaign=edm\\_promo\\_upd&utm\\_medium=edm&DCSext.dept=12&WT.mc\\_id=6176104](http://china-trade-research.hktdc.com/business-news/article/One-Belt-One-Road/The-Belt-and-Road-Initiative/obor/en/1/1X3CGF6L/1X0A36B_7.htm?utm_source=weky_edm&utm_campaign=edm_promo_upd&utm_medium=edm&DCSext.dept=12&WT.mc_id=6176104)
13. Trade facilitation — Cutting «red tape» at the border // World Trade Organization 2017. — 22 февраля. — URL: [www.wto.org/english/tratop\\_e/tradfa\\_e/tradfa\\_introduction\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/tradfa_e/tradfa_introduction_e.htm)



Валерий Михайлович  
Самуйлов

Valery M. Samuilov



Наталья Викторовна  
Чернова

Natalia V. Chernova

## Перспективы образования транспортного коридора с Китаем и его экономическая оценка

### Prospects for the formation of a transport corridor with China and its economic evaluation

#### Аннотация

В статье рассмотрены перспективы России как партнера и участника в реализации новой стратегии Китая. Проект «Новый Шелковый путь» [1] направлен на расширение транспортных коридоров, завоевание перспективных сбытовых рынков и насыщение их высокотехнологичной китайской продукцией. НШП позволит задействовать в реализации проекта основных партнеров и тем самым развить и обновить имеющуюся инфраструктуру, а также повысит уровень экономического развития всех участников проекта.

**Ключевые слова:** Новый Шелковый путь (НШП), партнерское сотрудничество, транспортные маршруты, экономические отношения, экспорт, рынки сбыта, высокотехнологичная продукция.

#### Abstract

The article examines the prospects for Russia as a partner and participant in implementing the new strategy of China. The project “New Silk Road” [1] is aimed at expanding transport corridors, getting promising supply markets and saturating them with high-tech Chinese products. The NSR will let the main partners be involved in the implementation of the project and thereby develop and update the existing infrastructure, as well as increase the level of economic development for all project participants.

**Keywords:** “New Silk Road” (NSR), partnerships, transportation routes, economic relations, exports, supply markets, high-tech products.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-8-11

#### Авторы Authors

**Валерий Михайлович Самуйлов**, действительный член РАТ, д-р техн. наук, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: vsamuilov@convex.ru | **Наталья Викторовна Чернова**, канд. экон. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: chernova-natasha@yandex.ru

**Valery Mikhaylovich Samuilov**, full member of the Russian Academy of Transport, doctor of technical science, professor of chair for “World Economy & Logistics”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia, e-mail: vsamuilov@convex.ru | **Natalia Viktorovna Chernova**, candidate of technical science, associate professor of chair for “World Economy & Logistics”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia, e-mail: chernova-natasha@yandex.ru

Китай сегодня, безусловно, является великой мировой державой. Китайская экономика считается первой экономикой мира по номинальному валовому внутреннему продукту (ВВП). Эта страна лидирует в производстве и эксплуатации высокоскоростных железнодорожных магистралей [2]. Китай — крупнейший мировой экспортер основных видов продукции («фабрика мира»). Что касается импорта товаров, то он значительно уступает экспорту, в основном в страну поступает сырье.

Успех Китая во многом зависит от производства и экспорта потребительских и телекоммуникационных товаров. Однако данная отрасль не способна поддерживать эффективность и лидерство для всей китайской экономики.

Стремительному экономическому развитию Китая способствует открытая внешнеэкономическая и торговая политика. Тем не менее темпы роста валового внутреннего продукта в стране недостаточны для компенсации потерь от внешнеторгового оборота в целом и экспорта в частности. Китайские товары, произведенные с учетом новых разработок и инноваций, в минимальном количестве появляются на рынках Европы и других развитых стран. Причиной является несоответствие китайских товаров имеющимся требованиям и стандартам развитых стран. В результате происходит сокращение потребительского спроса на рынках США и Европейского Союза (ЕС).

Для решения важных проблем стратегического развития Китая в современном мире принят к исполнению проект «Новый Шелковый путь» (НШП). НШП должен определить и реализовать самые удобные и быстрые транзитные маршруты через Евразию, что будет способствовать быстрому экономическому развитию отдельных регионов Китая, взаимодействию с приграничными странами и позволит открыть перспективные рынки сбыта для китайских товаров соответствующего качества. НШП для Китая не просто проект возрождения древнего Шелкового пути — транспортного маршрута между Востоком и Западом, но и возможность создания новой, перспективной торгово-экономической системы в Центральной и Средней Азии. Такая концепция получила название «Один пояс — один путь». Возможности инфраструктурных проектов Китая велики и в перспективе способны охватить все страны мира. Проект межконтинентальной системы транспортных коридоров включает Австралию и Индонезию, Среднюю и Восточную Азию, Ближний Восток, Европу, Африку, Латинскую Америку и США. Среди проектов в рамках НШП планируются глобальные инфраструктурные изменения. По оценкам экспертов, НШП охватит 4,4 миллиарда человек, что составляет более половины населения Земли [3].

Не случайно железнодорожный транспорт выбран в качестве основной отрасли в экономическом развитии Китая. Предполагается, что международное сотрудничество китайских железных дорог с другими железными дорогами мира своим примером привлечет произ-

водителей оборудования, программного обеспечения, провайдеров инжиниринговых и других услуг, а также банки, страховые и кластерные компании [4].

Развитие партнерских отношений железных дорог мира позволит реализовать проекты строительства высокоскоростных железных дорог, станет основой развития высокотехнологичного производства, а для Китая будет способствовать повышению потребительского спроса на товары, услуги, сервис на перспективу [5].

Международное сотрудничество с российскими железными дорогами (ОАО «РЖД») может способствовать созданию трансевроазиатского пояса развития, который позволит воплотить в жизнь проекты ОАО «РЖД» в ответ на китайские инициативы.

«Новый Шелковый путь», или евразийский сухопутный мост, — концепция новой межконтинентальной транспортной системы, продвигаемой Китаем. В качестве одного из важных путей сотрудничества рассматривается транспортный маршрут через Казахстан и Россию в Европу. Он включает в себя трансконтинентальную железную дорогу (Транссибирскую магистраль) и второй евразийский континентальный мост, проходящий через Казахстан [6]. По самому длинному в мире транспортному маршруту из Китая в Германию планируются грузовые и пассажирские перевозки продолжительностью 15 дней, что в два раза быстрее, чем по морскому маршруту через Суэцкий канал [7].

Кроме этого, Россия и Китай планируют построить высокоскоростную железнодорожную магистраль от китайского Харбина через Муданьцзян до Владивостока протяженностью 380 км с 12 станциями. Ориентировочная стоимость проекта — 19 млрд долларов. На этом отрезке проектируется и пассажирская линия со скоростью движения поездов до 250 км/час, и грузовая (контейнерные перевозки) в сотрудничестве с государственной компанией China Railway Dongfang Group. Реализация проекта строительства железнодорожной магистрали Харбин — Владивосток — это часть глобального проекта по сопряжению Евразийского экономического союза с экономическим поясом «Нового Шелкового пути», который рассматривается Китаем и нацелен на грузовой поток из Китая. За 2013–2016 гг. товарооборот Китая со странами, находящимися на маршруте Шелкового пути, уже достиг 3,1 трлн долларов, а объем вложений Китая в проект превысил 1,1 трлн долларов. В реализации мегапроекта и получении инвестиций заинтересованы 37 стран, но и территориальная конкуренция высока. За новый сухопутный транспортный маршрут, по которому китайские товары будут направляться в Европу, конкурируют, помимо России, Монголия, Казахстан, Белоруссия, Украина, Азербайджан, Киргизия, Таджикистан, Туркменистан, Иран, Турция, Болгария. Оказалось, что по одним транспортным маршрутам доставка грузов и пассажиров обойдется слишком дорого, а по другим она будет слишком длительной.



Рассмотрим транзитные маршруты возрождаемого НШП с использованием железнодорожного транспорта (табл. 1) [8]:

**Урумчи — Актау — Баку — Потти — ЕС** (через румынский порт Констанца или через болгарский порт Бургас). Теоретическая мощность порта Констанца равна лишь 50 тыс. TEU в год (TEU — единица измерения груза, равная объему одного 20-футового контейнера), что свидетельствует о слабой транспортной инфраструктуре. Стоимость доставки одного TEU до порта Констанцы железнодорожным транспортом в 2016 г. составила в среднем 5 тыс. долларов, что подтверждает высокую стоимость по сравнению с другими транспортными маршрутами.

Для этого маршрута потребуется выполнение большого объема работ, к которым относятся строительство контейнерных мощностей в городах Актау, Баку и Потти, модернизация и строительство новых железных и автомобильных дорог, туннелей и контейнерно-логистических центров, что требует огромных объемов инвестиций.

**Западный Китай — Казахстан — Туркменистан — Азербайджан — Турция — ЕС.** Главная сложность этого маршрута заключается в необходимости строительства новой инфраструктуры; кроме того, маршрут пересекает множество границ, и требуется несколько перевалок грузов с суши на море и наоборот. На данный момент такой маршрут отсутствует.

В 2010 г. началось обсуждение строительства скоростной железнодорожной магистрали Эдирне — Карс, связывающей запад и восток Турции. В 2012 г. китайцы заявили о готовности вложить в строительство этой магистрали 35 млрд долларов. Окончание строительства запланировано на 2023 г. Данная магистраль в перспективе может стать одним из звеньев трансконтинентальной железной дороги, связывающей Китай со странами ЕС.

**Западный Китай — Казахстан — Туркменистан — Иран — Турция — ЕС.** В феврале 2011 г. по данному маршруту был запущен первый пробный контейнерный поезд. За 9 дней поезд проехал от провинции Чжэньцзян до туркменско-казахстанской границы, а за 14 дней — до Тегерана. Срок доставки грузов из Китая в Тегеран оказался в два раза короче морского пути (примерно на 25–30 суток). Теоретически мощность маршрута Западный Китай — Казахстан — Туркменистан — Иран оценивается в 300 тысяч TEU. Стоимость перевозок грузов данным коридором оценивалась в 2016 г. в 1,7 тыс. долларов за 1 TEU при доставке железнодорожным транспортом.

**Европа — Россия — Иран — Индия** с ответвлениями на Персидский залив, Центральную Азию. Международный транспортный коридор (МТК) «Север — Юг» ориентирован на привлечение транзитных грузопотоков из Индии, Ирана и других стран Персидского залива на российскую территорию (через Каспийское море) и далее в Западную и Северную Европу. Транзитный грузопоток с се-

вера на юг по МТК практически отсутствует из-за недостаточных портовых мощностей в России. В ближайшей перспективе будет завершено строительство порта Оля в Астраханской области с выходом на проектную мощность 8 млн тонн сухих грузов в год. Однако такие объемы не могут оказать сколько-нибудь серьезного влияния на перераспределение торговых потоков в регионе.

**Евразийские коридоры.** Наиболее предпочтительными для России считаются два коридора: Северный евразийский и Центральный евразийский. Северный задействует порт Владивосток, а в чисто сухопутном варианте магистраль выходит с китайской территории в Забайкальске, потом идет через Читу, Улан-Удэ и Иркутск на Транссиб. Доходит через Екатеринбург и Казань до Москвы и Санкт-Петербурга и далее морем в страны Европейского союза. Центральный евразийский коридор идет от Шанхая по центральному Китаю через Сиань, Урумчи и выходит в Казахстан через пограничный пропускной пункт Достык. Этот вариант считается частью высокоскоростной магистрали Пекин — Москва — Берлин.

Общая протяженность высокоскоростной магистрали (ВСМ) «Евразия» — 9,5 тыс. км, из них 2 тыс. 366 км по территории Российской Федерации. Общие капитальные затраты на строительство участка Брест (Белоруссия) — Достык (Казахстан) составляют 7,08 трлн рублей, участка Достык — Урумчи (Китай) — 0,76 трлн рублей. Первый участок строительства ВСМ, запланированный на 2018 год, — это магистраль Москва — Казань.

Нужно отметить, что текущая динамика грузопотока из Китая в Европу и обратно по железнодорожным маршрутам Северного евразийского коридора и Центрального евразийского коридора самая внушительная. После роста контейнерного оборота в 2015 г. на 43 % в 2016 г. было зафиксировано его удвоение до 148 тысяч контейнеров. В 2016 г. перевозки через Достык (Казахстан) и Наушки (выход через Монголию на Транссибирскую магистраль) увеличились более чем в два раза, через Забайкальск (выход с северо-восточных провинций Китая на Транссибирскую магистраль) — на 27 %.

**Хоргос — Восточные ворота,** созданный Китаем совместно с Казахстаном на территории последнего. По железным дорогам товары доходят из Азии в Европу быстрее, чем по морю, но стоимость перевозки остается довольно высокой. Цена транспортировки одного контейнера из Китая в Европу по железной дороге составляет около 6 тыс. долларов [7]. По итогам первого полугодия 2017 г., транзитом через территорию Казахстана в направлении Китай — Европа — Китай перевезено в два раза больше грузов по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Рост составил с 36 тыс. TEU до 73 тыс. TEU [8].

Какой из этих вариантов станет основным, можно только догадываться, так как правильная оценка рисков и своевременное обоснованное принятие решения за Китаем.

Таблица 1

**Стоимостная оценка транспортных маршрутов**

Транспортный маршрут	Мощность, в год, тыс. контейнеров	Цена перевозки 1 контейнера, тыс. долл.	Стоимость перевозки, всего в год, млн долл.
Урумчи — Актау — Баку — Поти — Констанца (или Бургас) — Европейский союз (ЕС)	50	5	250
Западный Китай — Казахстан — Туркменистан — Азербайджан — Турция — ЕС	Перевозка контейнеров по маршруту из Китая в ЕС по этому коридору сейчас не ведется. Требуется строительство новой скоростной железнодорожной магистрали Эдирне — Карс стоимостью 35 млрд долларов		
Западный Китай — Казахстан — Туркменистан — Иран — Турция — ЕС	300	1,7	510
ЕС — Россия — Иран — Индия с ответвлениями на Персидский залив, Центральную Азию	Транзитный грузопоток с севера на юг по МТК «Север — Юг» практически отсутствует, в основном из-за недостаточных портовых мощностей в России		
Евразийские коридоры	148	6	888
Хоргос — Восточные ворота (Китай — Казахстан)	до 146	6	876

Эксперты ЕАБР прогнозируют рост контейнерного оборота из Китая в Европу и обратно, по итогам 2017 г., на уровне 80–100 %. И в первую очередь этот рост возможен за счет перевозок по железнодорожным маршрутам Северного евразийского коридора и Центрального евразийского коридора.

В регионах осуществления проекта предполагается увеличение количества банковских продуктов, финансовых организаций и, следовательно, расширение зоны использования юаня.

Развитие экономических отношений Китая направлено на достижение следующих целей:

- поддержка экономического развития отстающих районов;
- завоевание новых перспективных рынков сбыта китайской продукции;

- обеспечение роста потребительского спроса на высокотехнологичную продукцию Китая и расширение ее экспорта;
- внедрение китайского рынка капитала в странах Центральной Азии, Центральной и Восточной Европы, Закавказья;
- реализация проекта НШП и обеспечение транзитных маршрутов в Европу;
- расширение интернационализации рынка капитала Китая в мировой финансовой системе;
- создание зоны действия китайских стандартов.

Сотрудничество с Китаем по проекту НШП является очень важным и перспективным с точки зрения оживления экономического роста стран. Но, как и в любых проектах сотрудничества, страны, участвующие в проекте, должны быть равноправными партнерами. **ИТ**

**Список литературы**

1. Samuilov V. M., Pokrovskaya O. D., Qiao Cong. Concept «New Silk road» (China, Russia, Germany) // Инновационный транспорт. — 2017. — № 4. — С. 26–28. — ISSN 2311–164X.
2. Развитие теории и практики инновационной деятельности на транспорте и в дорожном хозяйстве : монография / В. М. Самуйлов и др. — Екатеринбург : УрГУПС. — 2017. — С. 33–46. — ISBN 978-5-94614-394-3.
3. Тавровский Ю. В. Новый Шелковый путь. — М. : Эксмо, 2017. — 368 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.centrasia.ru> (дата обращения 29.11.17).
4. Самуйлов В. М., Покровская О. Д. Развитие региональных транспортно-логистических кластеров // Вестник УрГУПС. — 2016. — № 4. — С. 86–89. — ISSN 2079–0392.
5. Экономический пояс Шелкового пути: риски и возможности для России [Электронный ресурс] / С. А. Лукокин // Международная торговля и торговая политика. — 2015. — № 4 (4). — С. 18–29. — URL: <https://www.gazeta.ru/business/2017/11/03/> (дата обращения 29.11.17).
6. Тавровский Ю. В. Новый Шелковый путь [Электронный ресурс]. — URL: [volternews.ru](http://volternews.ru)
7. Китай запустил грузовой железнодорожный маршрут Харбин — Гамбург [Электронный ресурс] // РБК. — 15 июня 2015. — URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews> (дата обращения 29.11.17).
8. Россия — Китай: шелковая удавка вместо «Шелкового пути» [Электронный ресурс] / Р. Фалыхов // Газета. Ru. — 7 ноября 2017. — URL: <https://finance.rambler.ru/news/2017-11-07/ru> (дата обращения 29.11.17).



**Сергей  
Николаевич  
Боярский**

**Sergey N.  
Boyarskiy**



**Рудольф  
Николаевич  
Ковалев**

**Rudolf N.  
Kovalev**



**Владимир  
Александрович  
Кузнецов**

**Vladimir A.  
Kuznetsov**

## Анализ методов определения показателей транспортного спроса агломерации

### Analysis of methods for determining the indicators for transport demand of agglomeration

#### Аннотация

Оценка качества стратегического планирования развития агломераций невозможна без учета не только существующего, но и прогнозируемого транспортного спроса. В статье приведены результаты анализа существующих методов расчета показателей транспортного спроса агломерации. Результаты выполненного анализа показали, что данные методы применимы лишь для моноцентричных моделей агломерации. Вариант с разработкой транспортной модели в специализированных программных комплексах позволяет решить поставленную задачу моделирования транспортного спроса и его распределения, но не дает возможности выделить особенности, характерные для полицентрических моделей агломераций, и количественно оценить их воздействие.

**Ключевые слова:** агломерация, транспортные связи территорий, транспортный спрос, методы расчета.

#### Abstract

Assessment of the quality of strategic planning for the agglomerations' development is impossible without taking into account not only the existing, but also the predicted transport demand. The article presents some results of the analysis of existing methods for calculation of indicators of transport demand of agglomeration. The results of the performed analysis show that these methods are applicable only for monocentric agglomeration models. The variant with the development of a transport model in specialized software complexes allows us to solve the task of modeling transport demand and its distribution, but it does not make it possible to distinguish features typical for polycentric agglomeration models and quantify their impact.

**Keywords:** agglomeration, transport links in the territories, transport demand, calculation methods

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-12-15

#### Авторы Authors

**Сергей Николаевич Боярский**, канд. техн. наук, кафедра экономики транспорта и логистики ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург; e-mail: serg0761@yandex.ru | **Рудольф Николаевич Ковалев**, действительный член РАТ, д-р техн. наук, профессор, кафедра экономики транспорта и логистики ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург; e-mail: rkv@usfeu.ru | **Владимир Александрович Кузнецов**, директор ООО ГТК «Урал», Екатеринбург, Россия; e-mail: 79126001182@mail.ru

**Sergey Nikolayevich Boyarskiy**, candidate of technical science, world Economy & Logistics chair, FSFEI HE "Ural State Forest Engineering University", Ekatherinburg, Russia; e-mail: serg0761@yandex.ru | **Rudolf Nikolayevich Kovalev**, full member of the Russian Academy of Transport, doctor of technical science, professor of chair for "World Economy & Logistics", FSFEI HE "Ural State Forest Engineering University", Ekatherinburg, Russia; e-mail: rkv@usfeu.ru | **Vladimir Alexandrovich Kuznetsov**, director of OOO STC "Ural", Ekatherinburg, Russia; e-mail: 79126001182@mail.ru



Актуальность методов определения показателей транспортного спроса сформулирована в «Требованиях к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов», утвержденных постановлением Правительства РФ от 25 декабря 2015 г. № 1440 (Требования к программам) [1]. Транспортный спрос здесь определен как потребности населения в передвижении, субъектов экономической деятельности в перевозке пассажиров и грузов на территории поселений и городских округов.

В общем случае для прогнозирования интенсивности движения существует ряд следующих методов [2]:

**1. Гравитационный метод.** При расчете гравитационным методом предполагается, что сила связи между районами  $i$  и  $j$  пропорциональна потенциалам этих районов  $A$  и  $B$  и некоторой функции притяжения  $f(c_{ij})$ :

$$x_{ij} = A_i B_j O_i D_j f(c_{ij}). \quad (1)$$

При этом должны выполняться условия:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m x_{ij} &= O_i, \quad i = 1 \dots n, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} &= D_j, \quad j = 1 \dots m, \\ \sum_{j=1}^m O_i &= \sum_{i=1}^n D_j, \end{aligned}$$

где  $O_i$  — число трудового населения, проживающего в районе  $i$ ;  $D_j$  — число работающих жителей в районе  $j$ ;  $x_{ij}$  — корреспонденция из  $i$  в  $j$ .

На практике требуемые условия трудновыполнимы, и для сведения баланса используют некоторые коэффициенты, а саму задачу решают итеративным алгоритмом балансировки.

**2. Энтропийный метод.** Энтропийный метод предполагает, что реальное распределение корреспонденций возможно описать, исходя из максимума энтропии:

$$x_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln \frac{x_{ij}^0}{x_{ij}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $x_{ij}^0$  — частично обследованные корреспонденции.

Энтропийный метод может служить для статистического обоснования результатов, полученных гравитационным методом. Такой подход позволяет определять правильность выбора функции притяжения.

Спрос на передвижения в городских условиях описывается матрицей суточных корреспонденций. Такая матрица восстанавливается и для легкового, и для грузового транспорта. Таким образом, на основе матрицы корреспонденций возможно прогнозирование перемещений между транспортными районами города, коли-

чество которых определяется численностью населения и уровнем автомобилизации [5].

В действующей нормативной литературе методы прогнозирования транспортного спроса нашли реализацию в опытной методике прогнозирования транспортного спроса, определенной «Руководством по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах», утвержденным распоряжением Минтранса РФ от 19.06.2003 № ОС-555-р («Руководство по прогнозированию интенсивности движения») [2]. Здесь прогнозирование интенсивности движения представляет собой двухэтапную процедуру:

- на первом этапе происходит определение спроса на перемещение;
- на втором этапе определяется распределение транспортного спроса по улично-дорожной сети (УДС).

По результатам вычислений определяется интенсивность движения в часы пик. Таким образом, один из недостатков рассматриваемой методики руководства заключается в отсутствии предположений о распределении транспортного спроса в остальные часы суток.

Прогнозирование для легкового транспорта затрагивает следующие виды перемещений: трудовые внутригородские, деловые внутригородские, транзитные, рекреационные (поездки в садовые и дачные поселки, зоны отдыха), на связях города с другими населенными пунктами.

В «Руководстве по прогнозированию интенсивности движения» расчет и прогноз матрицы трудовых (дом-работа) и деловых корреспонденций на легковом транспорте осуществляют на основе развития энтропийного метода с использованием функции априорного предпочтения участников движения [2]. Поездки с рекреационными целями определяются здесь для пика таких поездок по матрице рекреационных корреспонденций. Для определения суммарного объема таких поездок выполняют прогноз на период вечера пятницы и субботы. Для того, чтобы определить матрицу корреспонденций возвращения в город, производят транспонирование.

Безусловно, количество рекреационных перемещений по тому или иному направлению распределяется по транспортным районам на основании данных об их численности. Таким образом, рекреационная корреспонденция  $x_{ij}$  городского транспортного района  $i$  в направлении  $j$  (измеряемая в тысячах автомобилей) будет определена как

$$x_{ij} = \frac{R_j k(a) M_i}{\sum M_i}, \quad (10)$$

где  $M_i$  — численность населения района  $i$ , жит.;  $a$  — уровень автомобилизации, индивидуальных легковых автомобилей на тысячу жителей;  $k(a)$  — коэффициент пропорциональности;  $R_j$  — рекреационный потенциал направления  $j$ , тысяч участков.

Для расчета транзитных корреспонденций в рамках «Руководства по прогнозированию пропускной способности» могут быть использованы матрицы транзитных по отношению к городу потоков, полученные в результате обследования, либо результаты прогнозирования интенсивности движения на автомобильных дорогах общего пользования. Аналогично рассчитываются и другие корреспонденции на внешних связях, не относящиеся к рекреационным. Суточные матрицы корреспонденций грузового транспорта прогнозируют отдельно для транспорта малой, средней и высокой грузоподъемности по следующим видам передвижений: внутригородским, на связях города с другими населенными пунктами, транзитным относительно города.

Необходимо отметить, что использование официальных данных при прогнозе грузовых передвижений не позволяет получить достоверного результата, так как они не относятся к данным статистической отчетности, поэтому имеет место искажение отчетности перевозчиками. Кроме того, значительная часть грузов перевозится неспециализированными предприятиями, мелкими транспортными предприятиями, не ведущими такой отчетности. Объемы корреспонденций в рамках вышеуказанных методик определяются в количествах транспортных средств.

К положительным сторонам «Руководства по прогнозированию интенсивности движения» в части оценки транспортного спроса необходимо отнести как ее применимость на уровне межгорода, так и наличие рекомендаций для оценки транспортного спроса в рамках малых городов. Отдельные же составляющие, например оценка параметров движения по УДС, несколько устарели и требуют доработки. Кроме того, в рамках агломерации действуют как факторы расстояния, так и факторы связанности ядра и сателлитов между собой, следовательно, при прогнозировании транспортного спроса малых городов агломераций необходимо использовать как методы, применимые для изолированных друг от друга населенных пунктов, так и ограниченные рамками одного населенного пункта.

В качестве дополнения к «Руководству по прогнозированию интенсивности движения» можно рассмотреть работу [5], которая предполагает уточнение матриц корреспонденции методом робастных оценок на основе данных о фактической интенсивности дорожного движения.

Градостроительный же подход, например [4], рассматривает перемещения в количествах человек, которые впоследствии формируют пассажиропотоки и на основе которых, в свою очередь, формируются оценки интенсивности легковых автомобилей и автобусов. Также в рамках города возможно существование так называемых циклов перемещений, которые включают в себя не только маятниковую миграцию (66 % суточных циклов для рабочих и 42 % для служащих), но и до-

полнительные перемещения к местам культурно-бытового тяготения [9].

Подобного рода циклы, безусловно, характерны и для агломераций крупнейших городов, однако они в настоящее время не учитываются ни градостроительной нормативно-правовой литературой, ни другими работами по прогнозированию транспортного спроса.

Также при исследовании выбора пассажиров между городским пассажирским и индивидуальным транспортом [8] установлено, что он зависит в основном от фактора времени и фактора стоимости перевозок.

Аналогично прогнозирование грузовых перевозок осуществляется на основании данных о грузооборотах в транспортных районах. На основании таких расчетов впоследствии вычисляются интенсивности грузовых потоков.

В научной литературе [7] также существует определение транспортного спроса как устойчивого объема совершаемых транспортных перемещений, сложившихся в результате социально-экономических процессов, проходящих на отдельной территории. Транспортный спрос учитывает транспортные потребности сообщества, даже если они удовлетворены частично или не удовлетворены совсем. Подобно транспортному предложению, транспортный спрос выражается в терминах, характеризующих число людей, объем или массу груза в единицу времени и места. В городах транспортный спрос определяется показателями транспортной подвижности населения (средней, часовой, километровой). Аналогично вышеуказанному транспортный спрос здесь также описывается транспортной корреспонденцией, т.е. устойчиво реализуемой при помощи транспорта перемещение человека (единицы груза) из одного места в другое. Дальнейший анализ параметров транспортного спроса аналогичен градостроительному и может быть автоматизирован с использованием программного комплекса Vissum. Построение модели агломерации с использованием программного комплекса Vissum [6] показало, что оценка качества стратегического планирования развития агломераций немыслима без учета не только существующего, но и прогнозируемого транспортного спроса.

Одним из аспектов анализа транспортного спроса агломераций и его распределения на УДС является последующее прогнозирование перспективной интенсивности движения. Сложность в данной ситуации вызывает наличие транзитных потоков, которые практически не рассматриваются «Руководством по прогнозированию интенсивности движения» и лишь для дорог федерального значения (1 и 2 технической категории) определяются в проекте «Методических рекомендаций по проектированию автомобильных дорог на подходах к крупным городам».

Кроме того, сбор статистических данных, необходимых для последующего восстановления матриц корреспонденции, регламентируют «Рекомендации по проведе-

нию обследований, характеризующих оценку транспортного спроса» («Рекомендации по проведению обследований»), утвержденные распоряжением Минтранса России от 28.12.2016 г. № НА-197-р [3]. Данные рекомендации включают в себя оценку как потребностей населения в передвижении, так и самой подвижности населения.

Все вышеперечисленные работы, несмотря на достаточно полный охват всех возможных составляющих, формирующих существующие и перспективные транс-

портные потоки агломерации, применимы лишь для моноцентричных моделей агломерации. Вариант с разработкой транспортной модели в специализированных программных комплексах, безусловно, позволяет решить поставленную задачу моделирования транспортного спроса и его распределения, однако не позволяет выделить особенности, характерные для полицентрических моделей агломераций и количественно оценить их воздействие. **ИТ**

## Список литературы

1. Требования к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов : утв. постановлением Правительства РФ от 25.12.2015 г. N 1440. — URL: <http://base.garant.ru/71296074/>
2. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах: утв. распоряжением Минтранса РФ от 19.06.2003 N OC-555-р. — М., 2003. — 68 с.
3. Рекомендации по проведению обследований, характеризующих оценку транспортного спроса : утв. распоряжением Минтранса РФ от 28.12.2016 г. № НА-197-р. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/456035205>
4. Курсовое проектирование по градостроительству / Г. Ф. Богацкий, А. И. Бондаренко, Т. Д. Дмитриенко, В. В. Леонтович, В. Ю. Моисеев, И. М. Сливак. — Киев : Будівельник, 1968. — 284 с.
5. Лагерева Р. Ю. Методика оценки матриц корреспонденций по данным интенсивности движения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Волгоград, 2007. — 17 с.
6. Михайлов А. Ю., Пресловская Е. С. Транспортное планирование: от города к агломерации // Энерго- и ресурсосбережение : Промышленность и транспорт. — 2014. — Т. 8, № 3 (130). — С. 86–90. — ISSN 2500–0586.
7. Трофименко Ю. В., Якимов М. Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов : монография. — М. : Логос. — 2013. — 464 с.
8. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок : пер. с чеш. — М. : Транспорт, 1987. — 239 с.
9. Яцукович В. И. Подвижность населения : учебное пособие. — М. : МГАДИ (ТУ), 1996. — 97 с.





Мария Александровна  
Мыльникова

Maria A. Mylnikova

# Влияние отступлений в плане на поперечную устойчивость железнодорожного бесстыкового пути

## Impact of deviationson the plan on the transverse stability of a rail-free track

### Аннотация

Для повышения безопасности движения поездов необходим постоянный контроль за температурно-напряженным состоянием бесстыкового железнодорожного пути, в частности за поперечной устойчивостью железнодорожного пути, а именно выбросом пути. Для достижения этой цели предлагается использование бализы, которую необходимо устанавливать в наиболее опасных участках нарушения геометрии и целостности пути. Методика определения таких мест представлена в статье.

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, рихтовка, отклонение в плане, поперечная устойчивость пути, выброс пути, удерживающая сила, закон Гука.

### Abstract

Improving the safety of train traffic requires constant monitoring of the temperature-stressed state of the continuous railway track. Particularly, the transverse stability of the railway track and the nominal ejection of the track are demanded. Engineers achieve this goal by using balises, which are proposed to be installed in the most dangerous areas geometry disruption and integrity of the track. The method for determining such places is presented in the article.

**Keywords:** continuous welded rails, realigning, plan deviation, transverse stability of the track, track buckling, retention force, Hooke's law.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-16-18

### Авторы Authors

Мария Александровна Мыльникова, аспирант, ассистент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: skutina\_m\_a@mail.ru

Maria Aleksandrovna Mylnikova, postgraduate student, assistant for "Railway Construction and Railway Track" chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: skutina\_m\_a@mail.ru

При проектировании, строительстве и эксплуатации высокоскоростных железнодорожных магистралей должное внимание уделяется конструкции верхнего строения пути. Наиболее подходящим является бесстыковой путь. В процессе использования рельсовых плетей под подвижным составом в рельсах возникают различные напряжения, одним из которых является температурное напряжение, вызванное резкими колебаниями температур как в течение дня, так и в течение нескольких часов. Для мониторинга температурных напряжений предлагается специальное устройство — бализа [1–8], позволяющая контролировать температурно-напряженное состояние бесстыкового пути. За счет заложенных алгоритмов электронной схемы бализы (сравнение скорости и ускорения изменения температурных напряжений в каждой отдельной точке пути) оценивается опасность выброса и угона пути.

Бализу предлагается устанавливать на наиболее опасных участках нарушения геометрии и целостности пути. Для определения этих мест было проведено моделирование в программном комплексе «Универсальный механизм». На основании расчетов полученной модели были сделаны выводы о влиянии отступлений в плане — рихтовок на устойчивость пути: чем больше скорость движения поезда, тем больше влияние отступлений в плане на поперечную устойчивость рельсошпальной решетки, в частности на выбросы пути.

Предлагается расчет продольных растягивающих усилий, вызванных поперечной сдвижкой пути, и прогнозирование поведения этого отклонения посредством определения сил при помощи закона Гука.

Результаты прохода путеизмерительного вагона фиксируются на путеизмерительной ленте, где отражены такие данные, как величина отступления  $f$  и его длина  $l$ , а также есть возможность определения направленности рихтовки. Для определения растягивающей силы по закону Гука предлагается аппроксимировать рихтовку параболой (1):

$$y = ax^2 + bx + c. \quad (1)$$

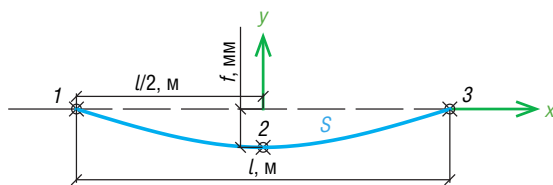


Рис. 1. Аппроксимация рихтовки параболой

При расположении осей согласно рис. 1 можно найти коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  при решении системы уравнений, полученной путем подстановки данных в точки 1, 2 и 3:

$$\begin{cases} a \cdot \left(-\frac{l}{2}\right)^2 + b \cdot \left(-\frac{l}{2}\right) + c = 0 \\ a \cdot 0^2 + b \cdot 0 + c = -f \\ a \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 + b \cdot \left(\frac{l}{2}\right) + c = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Отсюда  $a = \frac{4 \cdot f}{l^2}$ ,  $b = 0$ ,  $c = -f$ . Для рихтовки, используемой при моделировании в программном комплексе «Универсальный механизм», длиной  $l = 31$  м и величиной отклонения  $f = 21$  мм,  $a = 0,000087$ ,  $b = 0$ ,  $c = -0,021$ , следовательно, отклонение в плане имеет вид:

$$y = \frac{4 \cdot f}{l^2} \cdot x^2 - f = 0,000087x^2 - 0,021. \quad (3)$$

Длина дуги  $S$  определяется как

$$\begin{aligned} S &= \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \sqrt{1 + (y')^2} dx = \\ &= \left[ 0,5x \cdot \sqrt{1 + 4a^2 \cdot x^2} + \frac{1}{4a} \ln \left( 2a \cdot x + \sqrt{1 + 4a^2 \cdot x^2} \right) \right]_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} = \\ &= \int_{-15,5}^{15,5} \sqrt{1 + ((0,000087x^2 - 0,021)')^2} dx = 31,00004, \text{ м} \end{aligned} \quad (4)$$

По закону Гука, напряжения в поперечном сечении рельса определяются по формуле:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad (5)$$

где  $E$  — модуль упругости стали (модуль Юнга); для рельсовой стали  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа =  $2,1 \cdot 10^7$  Н/см<sup>2</sup>;  $\varepsilon$  — относительное удлинение.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{S - l}{l} = \frac{31,00004 - 31}{31} = 1,22 \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

где  $l$  — длина пути в месте образования рихтовки;  $S$  — длина дуги рихтовки.

Напряжения пересчитываются в продольные растягивающие силы стержня (рельсовой плети):

$$F = \sigma \cdot F_p = 1,22 \cdot 10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^7 \cdot 82,7 = 2125,241 \text{ Н}, \quad (7)$$

где  $F_p$  — площадь поперечного сечения рельса,  $F_p = 82,7$  см<sup>2</sup>.

Сравнением значений растягивающих сил  $F$ , рассчитанных по (7), с температурными продольными силами  $N_t$ , полученными по показаниям бализы, определяем поперечные удерживающие силы  $F_{уд}$ .

Для нахождения удерживающих сил  $F_{уд}$  вычитаем из значений растягивающих сил  $F$ , рассчитанных по закону Гука (7), температурные продольные силы  $N_t$ :

$$F_{уд} = F - N_t. \quad (8)$$

Где разница наименьшая, там наиболее опасное место для выброса пути, следовательно, необходимо устанавливать устройство — бализу.

Во избежание расчета для каждой рихтовки, отраженной на путеизмерительной ленте, определяем наиболее частые места возникновения отступлений в плане. Для этого находим скорость  $V$  и ускорение изменения рихтовки  $a$  от ее длины и величины путем дифференцирования функции  $y$  (3).

$$V_i = \frac{dy}{dx} = 2 \cdot \frac{4 \cdot f}{l^2} \cdot x - f = 0,000174x - 0,021, \quad (9)$$

$$a_i = \frac{d^2y}{dx^2} = 2 \cdot \frac{4 \cdot f}{l^2} = 0,000174. \quad (10)$$

Далее для одного и того же рассматриваемого участка необходимо сравнить ускорение изменения рихтовки  $a_i$  с аналогичными  $a_{i-1}$ , полученными из предыдущих путеизмерительных лент, где  $i$  — дата прохода путеизмерительного вагона, а  $(i-1)$  — дата предыдущего прохода подобного вагона. Если  $a_{i-1} > a_i$ , то для рассматриваемого места необходимо произвести расчет удерживающих сил.

Таким образом, на основании предложенных расчетов, зная результаты прохода путеизмерительного вагона, можно определять удерживающие силы. **ИТ**

## Список литературы

1. Аккерман Г. Л., Скутина М. А. Средства контроля за мониторингом рельсовых плетей // РСП ЭКСПЕРТ. — 2015. № 2. С. 17–18.
2. Аккерман Г. Л., Скутина М. А. Бализа как способ контроля напряженного состояния рельсовых плетей, выброса и разрыва пути // Инновационный транспорт. — 2015. — № 3 (17). — С. 34–37. — ISSN 2311–164X.
3. Скутина М. А. Определение напряженного состояния рельсовых плетей при помощи бализ // Повышение эффективности транспортной системы региона: проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : В 3 т. / под ред. С. М. Гончарука. — Хабаровск. 2015. — С. 88–93.
4. Аккерман Г. Л., Скутина М. А., Калинин А. В., Рыбинцев И. Е. Бализа как средство контроля температурно-напряженного состояния рельсовых плетей, прогнозирование выброса и разрыва плети // Инновационный транспорт. — 2016. — № 2 (20). — С. 54–61. — ISSN 2311–164X.
5. Скутина М. А. Прогнозирование выброса и разрыва рельсовой плети с использованием бализ, экспериментальное определение скорости изменения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей // Проектирование развития региональной сети железных дорог. — 2016. — № 4. — С. 360–365.
6. Аккерман Г. Л., Скутина М. А. Контроль температурно-напряженного состояния рельсовых плетей, выброса, разрыва и угона железнодорожного бесстыкового пути при помощи бализы // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2017. — № 1 (33). — С. 28–34. — ISSN 2079–0392.
7. Скутина М. А. Влияние изменения температуры по поверхности и сечению рельса на устойчивость бесстыкового пути // Транспорт Урала. — 2017. — № 1 (52). — С. 81–85. — ISSN 1815–9400.
8. Akkerman G. L., Skutina M. A. Control over transverse shifts of rail sleeper lattice which impact on deformation of ballast layer // Procedia Engineering. — 2017. — № 189. — P. 181–185. — ISSN 1877–7058.





**Игорь Михайлович  
Пышный**

**Igor M. Pushnyi**



**Анастасия Александровна  
Козлова**

**Anastasia A. Kozlova**

## Будущие инновации высокоскоростного транспорта

### Future innovations in high-speed transport

#### Аннотация

В статье представлены инновации, которые можно будет внедрить в сфере железнодорожного транспорта, а именно высокоскоростных поездов и магистралей. Необходимость преодолевать большие расстояния за короткие сроки и низкую стоимость стимулирует организации к созданию проектов по улучшению транспортной индустрии.

**Ключевые слова:** инновации, высокоскоростной транспорт, высокие технологии, проект.

#### Abstract

The article presents future innovations that can be introduced in the field of railway transport, namely high-speed trains and highways. The need to overcome long distances in a short time encourages organizations to create projects as a way to improve the transport industry.

**Keywords:** innovations, high-speed transport, high technologies, project.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-19-22

#### Авторы Authors

**Игорь Михайлович Пышный**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: igorkz45@mail.ru | **Анастасия Александровна Козлова**, студентка гр. ПСн-216 Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: nastasya1609@mail.ru

**Igor Mikhaylovich Pushnyi**, candidate of technical science, associate professor of chair for "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: igorkz45@mail.ru | **Anastasia Alexandrovna Kozlova**, student PSn-216 group (RSg-216), Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: nastasya1609@mail.ru

Современный мир высоких технологий дает возможность различным отраслям индустрии идти в ногу со временем и применять непосредственно на практике доступные инновации. Сфера железнодорожного транспорта не является исключением. Именно создание и развитие высокоскоростной железнодорожной сети стало толчком к переходу транспортной системы на более развитый, современный уровень. Уже сейчас во многих странах Европы и Азии активно эксплуатируются высокоскоростные магистрали (рис. 1), несмотря на то, что с момента запуска в общее пользование такого вида транспорта прошло всего 54 года [1]. Опыт прошедших лет показывает, что подобные нововведения улучшают экономическую ситуацию страны, делают ее более устойчивой. Это крайне важно для Российской Федерации, учитывая расстояния, которые приходится преодолевать поездам во время перевозок по стране.

На сегодняшний день технологии в своем стремительном развитии дают возможность улучшить свойства и технические характеристики скоростных поездов и путей. Помимо разработки проектов для создания новых высокоскоростных линий, необходимо учитывать научные достижения современности и стараться сделать наземный транспорт более удобным, технологичным, безопасным.

Данный вопрос довольно актуален в наши дни. Так, набирает скорость проект ВСМ Москва — Ка-



Рис. 1. Высокоскоростной поезд

зань — Пекин; такой глобальный торговый путь сможет «поднять с колен» экономику нашей страны. Если путь Москва — Казань (рис. 2) предназначен в основном для перевозки пассажиров, то связь этой линии с Пекином будет способствовать появлению множества скоростных грузовых поездов.

Строительство инфраструктуры и эксплуатация данного вида транспорта требуют применения высоких технологий. Для их освоения в компании ОАО «РЖД» была создана технологическая платформа «Высокоскоростной интеллектуальный железнодорожный транспорт», на базе которой разработана система мероприятий, способная впоследствии создать перспективные технологии.

Участниками технологической платформы являются по большей части вузы, на долю которых приходится 46 % от общего числа участников. Далее идут учреждения РАН,

научно-технический комплекс ОАО «РЖД» и прочие организации и учреждения.

Также ведутся активные работы по разработке новых технологий для самих путей. Например, использование безбалластных конструкций пути (рис. 3), которым не страшны высокие степени нагрузки, что способствует долгой службе без деформаций. Для подобного рода строительства необходимы инновационные материалы, современная техника, а также специалисты с довольно высоким уровнем квалификации.

Кроме того, в планах разработчиков создание высокоинтеллектуальной системы управления движением и мониторинга, с помощью которой человек сможет выбрать оптимальный вариант действий в какой-либо затрудненной ситуации. Такая система способна сама принимать решения в экстренных или близких к таким ситуациях.



Рис. 2. Карта агломераций Москва — Казань в рамках проекта «ВСМ Москва — Казань — Пекин»



Рис. 3. Безбалластный путь для высокоскоростного транспорта

Всё вышеперечисленное вполне возможно воплотить в реальность, чем сейчас и занимаются транспортные компании, в частности ОАО «РЖД». А вот набирающую популярность новость в Интернете об усовершенствовании высокоскоростного транспорта компании Sky Way [2] (рис. 4) пока еще нельзя назвать воплощающейся в жизнь. Академик А. Э. Юницкий (советский, белорусский и российский инженер) посвятил данной отрасли около сорока лет научной деятельно-

сти. Он стал основателем компании Sky Way и предложил (пока в теории) аэродинамичный подвижной состав с автоматической системой управления.

У такого транспорта есть большой ряд преимуществ: высокие скорости (до 500 км/ч и более), многофункциональность, небольшие энергетические затраты, расположение путей на расстоянии 1–50 м над землей, высокий уровень безопасности и пр. Не менее интересным является тот факт, что срок окупаемости строи-

тельства такой магистрали составит примерно 2–4 года, это достаточно недолгий период времени.

Также следует отметить, что по технологии, предложенной Юницким, магистрали для столь многофункционального и почти совершенного транспорта вполне возможно строить в труднодоступных местах, а также в зонах с тяжелой климатической обстановкой. Россия — страна немалого масштаба, охватывающая несколько климатических поясов и обладающая неравномерным рельефом территории. Такой тип современных технологичных конструкций — именно то, что смогло бы решить актуальную уже много лет проблему преодоления расстояний в труднодоступных местах нашей страны [3].

Для того, чтобы к реализации данного проекта приступили как можно быстрее, необходимы большие средства, инвестиции. Для этого руководством компании было решено, что инвестирование будет производиться по системе краудинвестинга. Это значит, что свои средства в реализацию и продвижение проекта сможет вложить любой желающий, впоследствии становящийся полноправным владельцем доли акций.



Рис. 4. Sky Way — транспорт будущего



А. Э. Юницкий — генеральный директор Sky Way



Уже сейчас установлены примерные сроки, в которые начнется строительство, в первую очередь демонстрационного центра. После чего будет открыт доступ для заказчиков, которые уже сейчас ждут своей очереди. Все это, по предварительным данным, предстоит реализовать примерно через три года.

Мир не стоит на месте, все пребывает в движении, при этом скорость с каждым годом растет. Появление различного рода инноваций и введение их в эксплуатацию в сфере железнодорожного транспорта может стать отправной точкой для улучшения не только экономиче-

ской и политической ситуации, но и жизни страны в целом. Сложно поверить в то, что еще 60 лет назад высокоскоростной транспорт был только в проектах у инженеров и в мечтах у всех остальных, а сейчас инновации и высокие технологии помогают улучшить до практического совершенства то, к чему мы пришли на сегодняшний день. Остается надеяться, что предложенные проекты по улучшению высокоскоростного транспорта в скором времени будут воплощены в жизнь, а обещанные при этом улучшения действительно создадут более комфортные и технологичные условия для перевозок. **ИТ**

### Список литературы

1. Инфраструктура высокоскоростного движения [Электронный ресурс] // Инновационный дайджест. — 2015. — № 1. — URL: <http://www.rzd-expo.ru> (дата обращения: 14.01.2018).
2. Актуальность RSW-технологий: новый шаг в развитии транспорта нужен именно сегодня [Электронный ресурс]. — URL: <http://ntdtv.ru/biznes-vozmozhnosti/aktualnost-rsw-tehnologii> (дата обращения 12.01.2018).
3. Киселев И. П. Развитие высокоскоростного железнодорожного подвижного состава // Материалы международного симпозиума «Электрификация и развитие железнодорожного транспорта России. Традиции, современность, перспективы». — СПб.: ПГУПС, 2002. — № 3. — С. 12–13.



**Александр  
Васильевич  
Смолянинов**

**Alexander V.  
Smolyaninov**



**Алексей  
Николаевич  
Давыдов**

**Aleksey N.  
Davydov**



**Денис  
Владимирович  
Волков**

**Denis V.  
Volkov**



**Денис  
Владимирович  
Чмир**

**Denis V.  
Chmir**

## Параметры платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров и пути повышения их эффективности

## Parameters of platforms for large-capacity containers transportation and ways to improve their efficiency

### Аннотация

В статье проведен анализ контейнерных перевозок специализированным подвижным составом.

Приведена история развития контейнеризации в России и за рубежом, а также рассматриваются пути совершенствования конструкций вагонов-платформ для перевозки контейнеров и увеличения количества перевозимых крупнотоннажных контейнеров на одной платформе и в составе.

**Ключевые слова:** платформа, параметры, крупнотоннажный контейнер, перевозка, эффективность.

### Abstract

The article analyzes container transportations by specialized rolling stock. The history of the development of containerization in Russia and abroad describes different ways to improve the construction of platform cars for the transport of containers and increase the number of transported large-capacity containers on one platform and in the composition.

**Keywords:** platform, parameters, large-capacity container, transportation, efficiency.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-23-31

### Авторы Authors

**Александр Васильевич Смолянинов**, действительный член РАТ, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [asmolyaninov@inbox.ru](mailto:asmolyaninov@inbox.ru) | **Алексей Николаевич Давыдов**, канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе Челябинского института путей сообщения — филиала Уральского государственного университета путей сообщения (ЧИПС УрГУПС), Челябинск; e-mail: [davydovan.chirt@gmail.com](mailto:davydovan.chirt@gmail.com) | **Денис Владимирович Волков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [dvolkov@usurt.ru](mailto:dvolkov@usurt.ru) | **Денис Владимирович Чмир**, магистрант кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [den4161@mail.ru](mailto:den4161@mail.ru)

**Alexander Vasilevich Smolyaninov**, full member of the Russian Academy of Transport, doctor of technical science, professor of chair for "Railway Cars", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [asmolyaninov@inbox.ru](mailto:asmolyaninov@inbox.ru) | **Aleksey Nikolayevich Davydov**, candidate of technical science, Deputy Director for scientific work, Chelyabinsk Institute of Railway — Branch of Ural State University of Railway Transport, (CIR USURT), Chelyabinsk, Russia; e-mail: [davydovan.chirt@gmail.com](mailto:davydovan.chirt@gmail.com) | **Denis Vladimirovich Volkov**, candidate of technical science, associate professor of chair for "Railway Cars", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [dvolkov@usurt.ru](mailto:dvolkov@usurt.ru) | **Denis Vladimirovich Chmir**, Master's Degree student for chair for "Railway Cars", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [den4161@mail.ru](mailto:den4161@mail.ru)

Значительный рост контейнерных перевозок железнодорожным транспортом наблюдается с 1980-х гг. и обусловлен их высокой эффективностью и внедрением специализированного подвижного состава и технических средств.

Первые специализированные платформы и первый большегрузный контейнер были изготовлены в Советском Союзе в 1977–1978 гг. на специально созданном производственном объединении «Абаканвагонмаш». Это единственное в России предприятие, производящее крупнотоннажные контейнеры различной модификации, которые используются в 35 странах мира. Сегодня проектные мощности предприятия составляют порядка двух тысяч специальных платформ и двадцати тысяч универсальных и специальных контейнеров в год (табл. 1, поз. 3).

В 1975–1989 гг. объемы перевозок грузов в контейнерах на всех видах транспорта увеличились с 66,6 до 122,1 млн т брутто. Большая их часть (79,4 %) была выполнена в универсальных контейнерах, в том числе в крупнотоннажных — 39,3 % (остальное — в среднетоннажных контейнерах грузоподъемностью 3 и 5 тонн). Доля объема перевозок в универсальных контейнерах, приходящаяся на железнодорожный транспорт, составила 55,3 %.

В 1990 г. парк крупнотоннажных контейнеров (20-футовые) превышал 170 тыс. физических единиц. В настоящее время около 60 % объема контейнерных перевозок составляют 40-футовые контейнеры. На них приходится 90 % российского импорта и 20–25 % экспорта [1, 2].

Транссибирский коридор является важнейшей составной частью сети международных транспортных коридоров, и его значение для мирового экономического сообщества в деле развития торговли, внешнеэкономических связей между странами Европы и Азии очевидно. Экспортный сегмент коридора в 2013 г. составил 685 тыс. TEU, с 2005 по 2013 г. объем перевозок вырос в 2,6 раза, или почти на 500 тыс. TEU. В 2009–2013 гг. экспорт в направлении морских портов вырос в 2,8 раз, а в направлении пограничных переходов — на 46 %.

Сегодня это самый быстрый и доступный путь для доставки товаров с Востока на Запад и с Запада на Восток, который может и должен стать катализатором кратного роста скорости товарообмена между странами Европы и Азии. По данным Координационного совета по транссибирским перевозкам, объем перевозок крупнотоннажных контейнеров по Транссибирской магистрали в международном сообщении в 2011 г. составил 564 тыс. TEU, что на 27,3 % больше, чем в 2010-м. В 2013 г. по Транссибу в составе контейнерных поездов перевезено 571,6 тыс. TEU, что на 39,9 % выше показателя 2012 г. Для сравнения: в 2002 г., по данным ОАО «ТрансКонтейнер», объем перевозок в ускоренных контейнерных поездах по всей России составлял 165 тыс. TEU.

Транзитные перевозки контейнерных грузов по Транссибу в 2014 г. выросли до 131 тыс. TEU, что в 7 раз больше, чем в 2009 г. Объем перевозок контейнеров по Транссибу по итогам 8 месяцев 2017 г. транзитом составил более 482 тыс. TEU. При этом транзитные перевозки выросли на 78 %, и направления перевозок выравниваются, составляя 65 % в направлении Азия — Европа и 35 % в противоположном. Годовой грузопоток контейнерных железнодорожных перевозок в направлении Азия — Европа оценивается до одного миллиона TEU. В то время как контейнерные перевозки между Европой и Азией морем выросли всего на 3 % при среднегодовом объеме свыше 11 млн TEU [3].

Рост объемов железнодорожных контейнерных перевозок, конкуренция со стороны автомобильного транспорта, необходимость сокращения времени доставки создают предпосылки для разработки вагоностроителями новых моделей контейнерных платформ, обладающих большей вместимостью. Анализ конструкций платформ для перевозки контейнеров за последние 20 лет показывает, что они развивались в направлении увеличения числа контейнеров, перевозимых на одной единице подвижного состава. Если первые перевозки контейнеров осуществлялись на типовой платформе мод. 13-401, позволяющей перевозить два 20-футовых контейнера, то на сочлененных платформах размещаются уже шесть таких контейнеров (табл. 1, поз. 1 и поз. 19).

Пути развития конструкций подвижного состава для перевозки контейнеров подсказывает опыт морских перевозок. Именно на море идея контейнеризации получила максимальное воплощение, с 1986 по 2013 г. контейнерный грузооборот портов мира вырос почти в 10 раз — до более чем 600 млн TEU. Объем мировых перевозок в 2013 г. составил около 181,8 млн TEU (при этом каждый контейнер перегружался в порту два или более раз) [1]. Рост числа контейнеров на одном корабле в период с 1956 г. по настоящее время выглядит следующим образом: 800 – 2500 – 3400 – 4500 – 5000 – 8000 – 12500 – 18000 TEU.

Крупнейший в мире контейнеровоз Maersk Mc-Kinney (рис. 1) вмещает 18250 TEU, и ожидается появление корабля вместимостью более 21000 TEU, так как объемы перевозок контейнеров из стран Юго-Восточной Азии в Европу составляют более 11 млн, между Азией и западным побережьем США — 8,8 млн и между Северной Европой и США — 2,6 млн TEU с ежегодным увеличением на 2,8–5 % [2].

Увеличение числа контейнеров на платформе осуществлялось путем увеличения размеров платформы (погрузочная длина) от одного 40-футового (длина платформы по осям сцепления  $2L_{сц} = 14,62$  м) до 80-футового ( $2L_{сц} = 26,22$  м). Вагоностроители разработали и поставили на производство ряд моделей с погрузочной длиной 80 футов. При этом основной парк платформ в России — это четырехосные платформы





Рис. 1. Maersk Mc-Kinney в Суэцком канале

с погрузочной длиной 60 футов. Доля таких моделей от общего количества составляет порядка 47 %. Основным недостатком данных платформ — избыточная погрузочная длина, в случае предъявления к перевозке только 40-футовых контейнеров. На платформе перевозится один контейнер с размещением по центру, и в половине случаев платформы загружены не полностью.

Платформы с погрузочной длиной 40 футов составляют 35 %, с погрузочной длиной 80 футов — 18 %. Наиболее эффективными для перевозки 40-футовых контейнеров считаются 80-футовые платформы. Недостатком таких платформ является невозможность одновременно перевозить четыре 20-футовых контейнера массой брутто 24 т. 40-футовая платформа обеспечивает наибольшую гибкость в выборе груза, поскольку может нести один 40-футовый или два 20-футовых контейнера и имеет наибольшую грузоподъемность по сравнению с 60- и 80-футовыми платформами. 60-футовая платформа может нести больше контейнеров, чем 40-футовая, но имеет определенные ограничения по грузоподъемности, а 80-футовая платформа используется главным образом для перевозки двух 40-футовых контейнеров.

В настоящее время на железных дорогах России находятся в эксплуатации порядка 40 моделей платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров производства заводов России и Украины (10 моделей). Такое разнообразие платформ особо не радует эксплуатационников, но, с другой стороны, это свидетельствует о быстром отклике производителей на потребности перевозчиков. В зависимости от потребностей и с учетом условий эксплуатации конструкции платформ должны отвечать следующим требованиям:

- перевозка не менее двух 40-футовых контейнеров;
- возможная перевозка не менее четырех 20-футовых контейнеров массой брутто не менее 16 т;
- погрузочная длина платформы должна составлять не менее 24,5 м, а база вагона 19 м [4].

В табл. 1 приведены наиболее значимые модели платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. Анализ параметров показывает, что имеющиеся огра-

ничения по перевозке четырех 20-футовых контейнеров массой брутто 24 т обусловлены применяемыми ходовыми частями. Частично ограничения могут быть сняты применением тележек с нагрузкой от оси на рельсы 245 кН (25 тс), как это сделано на платформе модели 13-6903 (табл. 1, поз. 11).



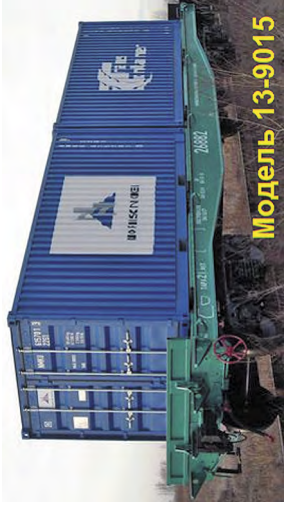

Важнейший показатель грузовых вагонов, оценивающий вес поезда, — погонная нагрузка, у длиннобазных платформ для перевозки контейнеров она меньше допустимого значения и не превышает величины 4,81 тс/м (табл. 1, поз. 17). В данном случае важным является не вес поезда, а количество контейнеров, находящихся в составе поезда. Поэтому нами введен показатель погонной нагрузки в размерности TEU/м (условный 20-футовый контейнер на метр длины платформы по осям сцепления). В таком случае, например, в поезде длиной 1000 м, сформированном из платформ мод. 23-469-07, будет находиться 158–159 TEU контейнеров. Это максимальное количество контейнеров, которое может быть размещено на 80-футовых платформах всех моделей. Это достигнуто конструктивным исполнением погрузочной площадки, а именно выносом крайних фитинговых опор за пределы рамы платформы (рис. 2).










Рис. 2. Вынос крайних опор за раму платформы мод. 23-469-07

Таблица 1

Параметры платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров





№ п/п	Модель платформы, изготовитель	Грузо- подъем- ность, тс	Число контей- неров, TEU*	Тара, тс	Нагрузка от оси на рельсы, тс	Длина: по осям сцепления / погрузочная, м/футы	База, м	Погонная нагрузка		Габарит	Вид платформы
								тс/м	TEU/м		
1	13-401 ОАО «СВСЗ»	70	2	20	22,7	$\frac{14,62}{13,4 / 40}$	9,72	6,22	0,137	0-ВМ	
2	13-9744-01 ОАО «Трансмаш»	70	2	22	23,0	$\frac{14,62}{13,4 / 40}$	9,72	6,29	0,137	1-Т	
3	13-9015 ПО «Абакан- вагонмаш»	72	2	22	23,5	$\frac{14,62}{13,4 / 40}$	9,72	6,43	0,137	0-ВМ	
4	13-1167 ОАО «ЗМК»	69	3	25	23,5	$\frac{19,59}{18,4 / 60}$	14,3	4,8	0,153	1-Т	






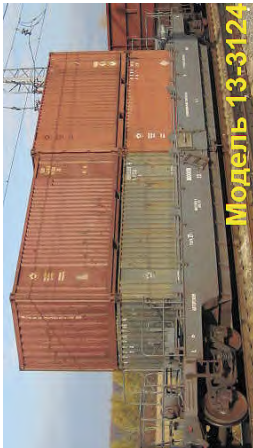
5	13-1172 ОАО «ЗМК»	72	3	22	23,5	$\frac{19,59}{18,4/60}$	14,3	4,8	0,153	1-T	
6	13-470 ПО «Абакан-вагонмаш»	60	2	22	20,5	$\frac{19,62}{18,4/60}$	14,72	4,18	0,102	0-BM	
7	13-9004 ПО «Абакан-вагонмаш»	65	3	24	22,75	$\frac{19,62}{18,4/60}$	14,72	4,64	0,153	0-BM	
8	13-1223 ОАО «Рузхиммаш»	72	3	22	23,0	$\frac{19,62}{18,4/60}$	14,72	4,79	0,153	02-BM	
9	23-469-07 ОАО «ЗМК»	69	4	25	23,5	$\frac{25,22}{24,0/80}$	19,0	3,73	0,1586	1-T	
10	13-9751-01 ОАО «Трансмаш»	69	4	25,5	23,5	$\frac{25,38}{24,83/81}$	19,0	3,72	0,1576	1-BM	
11	13-6903 АО «ТВЗ»	74,5	4	25	25	$\frac{25,62}{24,4/80}$	—	3,92	0,156	1-T	



Окончание табл. 1

Организация производства (транспорт)

№ п/п	Модель платформы, изготовитель	Грузо- подъем- ность, тс	Число контей- неров, TEU*	Тара, тс	Нагрузка от оси на рельсы, тс	Длина: по осям сцепления / погрузочная, м/футы	База, м	Погонная нагрузка		Габарит	Вид платформы
								тс/м	TEU/м		
12	13-9834-01 АО «ТВЗ»	69,5	4	24,5	23,5	$\frac{25,62}{24,4/80}$	19,0	3,67	0,156	1-Т	
13	13-9781 «Промтрактор- Вагон»	69	4	25,5	23,5	$\frac{25,7}{24,48/80}$	19,5	3,677	0,155	1-Т	
14	13-1281-01 ОАО «Рузхим- маш»	69	4	25,0	23,5	$\frac{25,72}{24,5/80}$	19,7	3,646	0,155	02-ВМ	
15	13-3115-01 ЗАО «УК БМЗ»	67	4	27,0	23,5	$\frac{25,866}{24,7/80}$	19,7	3,634	0,155	0-ВМ	

16	13-2118 ПО «Абакан- вагонмаш»	69	4	25,0	23,5	$\frac{26,22}{25,0/80}$	19,0	3,59	0,153	1-T	
17	13-1839 ОАО «Азовмаш»	109,5	4	31	23,5	$\frac{29,16}{213,622/240}$	24,0	4,81	0,137	1-BM	
18	13-9851 АО «Татра- вагонка»	106	4	32	23,5	$\frac{29,57}{212,22/240}$	2x 10,425	4,67	0,135	1-T	
19	13-470-01 ЗАО ВС «Балаково»	87	6	42	23,5	$\frac{37,996}{36,8/120}$	33,096	3,71	0,158	1-BM	
20	13-6954 ОАО «Трансмаш»	36	1: -40ф -45ф	24	15,0	$\frac{15,27}{14,0/40}$	8,92	3,93	0,131	1-BM	
21	13-3124 ЗАО «УК БМЗ»	66	27,6	23,5	4	$\frac{20,22}{12,2/40}$	16,0	4,63	0,198	1-T	

\* двадцатифутовый эквивалент — условная единица измерения вместимости грузовых транспортных средств, основана на объеме 20-футового (6,1 м) интермодального ISO-контейнера.

Такое же количество контейнеров может находиться в поезде, сформированном из сочлененных платформ модели 13-470-01 (табл. 1, поз. 19). Приведенные три модели сочлененных платформ имеют по две рамы, одному узлу сочленения и по три двухосных тележки. Сочлененные платформы для перевозки контейнеров стран Северной Америки состоят из трех или пяти секций. Расчеты, выполненные авторами работ [5, 6], по определению числа секций сочленения в зависимости от относительной стоимости вагона и вероятности отцепки в текущий ремонт показывают, что оптимальное количество секций составляет 4–5.

С 2011 г. на железных дорогах России эксплуатируется 70 сочлененных платформ модели 13-9851 постройки АО «Татравагонка». Платформы сформированы в два состава по 37 (длина 1094 м) и 33 (длина 976 м) единицы соответственно. Таким образом, в поездах находятся 148 и 132 TEU контейнеров.

Максимальное количество контейнеров числом 198 может находиться в поезде, сформированном из платформ, перевозящих контейнеры в два яруса (табл. 1, поз. 21).

Важным направлением совершенствования перевозок контейнеров является освоение новой технологии их транспортировки с погрузкой на платформы в два яруса. Для оптимизации времени хода поездов в 1960-е гг. в Северной Америке были введены в обращение специализированные контейнерные поезда [7]. В целях повышения эффективности и снижения затрат эти поезда перевозят контейнеры, устанавливаемые на платформы в два яруса. За счет этого провозная способность железных дорог увеличилась более чем на 50 %. Маршрутные контейнерные поезда Северной Америки состоят из платформ с двухъярусной погрузкой контейнеров, в том числе и сочлененные платформы (рис. 3). Такой поезд включает до 300 единиц вагонов, на которых перевозятся до 600 контейнеров. Обычный поезд состоит из 140 платформ с 280 контейнерами. Железные дороги Китая и Индии также пошли по этому пути и осуществляют перевозку контейнеров на железнодорожных платформах в два яруса. В отличие от железных дорог Китая, где используются платформы с пониженной площадкой, железные дороги Индии перевозят контейнеры в два яруса и используют стандартные платформы без понижения уровня пола. Для этого было решено поднять высоту контактного провода и использовать на локомотивах токоприемник повышенной высоты.

Однако сооружения и технические средства железнодорожного транспорта России не позволяют следовать лучшему мировому опыту. Ограничения накладываются мощностью верхнего строения пути и устойчивостью земляного полотна, ограниченностью размеров верхнего очертания габаритов на электрифицированных участках пути, мостами и туннелями. Преодолеть эти ограни-

чения можно другим путем, а именно использованием многоосного подвижного состава. При рассмотрении вопросов повышения производительности и эффективности железнодорожного транспорта на инновационной основе в работах [8, 9] наряду с другими типами вагонов предложена схема инновационной платформы для перевозки контейнеров (рис. 4). Схема платформы позволяет разместить шесть 20-футовых контейнеров. При этом погонная нагрузка будет равна 0,231 TEU/м, т.е. в поезде длиной 1000 м будет находиться 231 контейнер, что на 45,3 % больше, чем в поезде, сформированном из лучших образцов четырехосных платформ (мод. 23-469-07). Ходовые части платформы реализуют нагрузку от оси на рельсы 245 кН (25 тс), т.е. вес брутто платформы составит 200 тс. При tare платформы 50–55 т грузоподъемность составит 145–150 т, что позволяет максимально удовлетворить перевозчика в транспортировке 20-футовых контейнеров тарой 24 тс.



Рис. 3. Фрагмент контейнерного поезда с двухъярусной погрузкой контейнеров

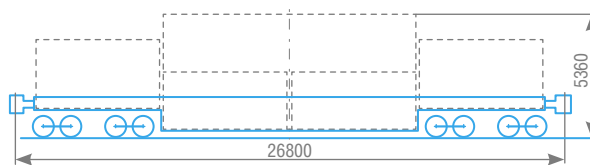


Рис. 4. Компоновка инновационной платформы

В последние годы на российском железнодорожном транспорте появился новый, современный способ доставки грузов — перевозка в ускоренном контейнерном поезде (например, транспортный продукт «Транс-сиб за семь суток»). Он обеспечивает ряд несомненных преимуществ по сравнению с остальными видами перевозки, а именно: на больших расстояниях перевозка ускоренный контейнерный поезд осуществляет скорость доставки, сопоставимую с перевозкой автомобильным транспортом, но при существенно меньшей стоимости, а также обеспечивает повышенную сохранность груза. Сегодня такие поезда связывают



крупнейшие города России: Москву, Санкт-Петербург, Новосибирск, Иркутск, Хабаровск, Владивосток и имеют немало точек отправления в Китае (Чэнду, Шилун, Далянь). Это позволяет охватить практически все основные экспортно ориентированные производственные районы страны. В связи с этим авторы подчеркивают, что все конструкции платформ, используемые для перевозки крупнотоннажных контейнеров, имеют конструкционную скорость 33 м/с (120 км/ч). Низкие скорости движения поездов (немного более 1000 км в сутки) ограничены отсутствием полигонов движения со скоростями 90 и более км/ч на всем пути следования.

Вагоностроителями создан скоростной вагон-платформа модели 13-6954 (табл. 1, поз. 20) с эксплуатационной скоростью 44 м/с (160 км/ч), предназначенный для перевозки одного контейнера 40 или 45 футов (включая рефрижераторные контейнеры с автономной дизель-генераторной установкой). Вагон разработан с применением ходовых частей и узлов пассажирского подвижного состава, включая скоростную двухос-

ную тележку с люлечным центральным подвешиванием. Тележку отличает (от грузовой) прогиб рессорного комплекта 160–190 (48–49) мм и гибкость рессорного комплекта  $8,77 \cdot 10^{-7}$  ( $1,19 \cdot 10^{-7}$ ) м/Н, поэтому ее применение предусматривается в составе скоростного поезда постоянного формирования (до 30 вагонов) с тягой пассажирскими локомотивами. Скоростные и динамические характеристики нового подвижного состава делают актуальным его применение на основных евроазиатских транспортных коридорах, включая перспективу железнодорожного развития международного транспортного коридора «Север — Юг».

Таким образом, в результате анализа основных тенденций грузового вагоностроения по разработке подвижного состава для перевозки контейнеров можно сделать вывод о том, что дальнейшее совершенствование конструкции грузовых вагонов для перевозки контейнеров следует сосредоточить на фитинговых платформах: длиннобазных платформах, платформах сочлененного типа и платформах для перевозки контейнеров в два яруса. **ИТ**

## Список литературы

1. Гопкало О. Тенденции и проблемы развития инфраструктуры для контейнерных перевозок в России / О. Гопкало // Логистика. — М., 2014. — № 12 (97). — С. 48–53. — ISSN 2219–7222.
2. Гончарова Т. В. Особенности железнодорожных контейнерных перевозок / Т. В. Гончарова // Novainfo.RU. — 2016. — Т. 4, № 56. — С. 280–283. — ISSN 2308–3689.
3. ОАО «РЖД» прогнозирует динамичный рост транзитных перевозок по Транссибу. — URL: <http://www.transportweekly.com/pages/ru/news/articles/136399>.
4. Бубнов В. М. Экспериментальные исследования шарнирно соединенного вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13–1839 / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Л. Гуржи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. — Днепропетровск, 2009. — Вып. 28. — С. 12–16. — ISSN 2307–3489.
5. Битюцкий А. А. Сравнительная оценка эффективности сочлененных контейнерных платформ / А. А. Битюцкий // Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. — Санкт-Петербург, 2013. — № 2 (6). — С. 10–13.
6. Бороненко Ю. П. Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов для колеи 1520 мм / Ю. П. Бороненко // Транспорт Российской Федерации. — Санкт-Петербург, 2013. — № 3 (46). — С. 3–9. — ISSN 1994–831X.
7. Морчиладзе И. Г. Совершенствование вагонов-платформ для международных перевозок контейнеров / И. Г. Морчиладзе, А. В. Третьяков, А. М. Соколов // Железные дороги мира. — 2006. — № 8. — С. 52–55. — ISSN 0321–1495.
8. Филиппов В. Н. Параметры и конструктивное исполнение высокопроизводительного подвижного состава / В. Н. Филиппов, А. В. Смольянинов, И. В. Козлов, А. Н. Давыдов // Транспорт Урала. — Екатеринбург, 2013. — № 1 (36). — С. 46–49. — ISSN 1815–9400.
9. Липидус Б. М. Повышение производительности и эффективности железнодорожного транспорта на инновационной основе / Б. М. Липидус // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2012. — № 5. — С. 3–6. — ISSN 2223–9731.





Марина Олеговна  
Лисниченко  
Marina O. Lisnichenko



Наталья Анатольевна  
Линькова  
Natalia A. Linkova

## Проблематика образа жизни студентов-спортсменов железнодорожного вуза

### The problematic of the style of life of students-sportsmen from university of railway transport

(Статья публикуется в авторской редакции)

#### Аннотация

В статье идет речь о том, как студенты-спортсмены совмещают учебную деятельность с тренировочным процессом. Рассмотрены основные моменты активной жизнедеятельности студентов железнодорожного вуза, которые помогают им достигать высоких результатов в спорте без отрыва от учебы. Необходимо отметить, что студенты Уральского государственного университета путей сообщения девятый раз подряд становятся чемпионами спортивных соревнований среди транспортных вузов России.

Кто такие студенты-спортсмены, могут ли они достигать высоких результатов в спорте, выбрав свой путь? Какие проблемы могут возникать перед ними, и как они их решают, чтобы повысить свой спортивный уровень? Эти вопросы рассмотрены в данной статье.

**Ключевые слова:** спорт, образ жизни, студенты, спортсмены, здоровье, результат, достижение.

#### Abstract

The article will discuss how students-athletes combine educational activities with the training process. The main moments of the active life of the students of the railway university are considered, which help them to achieve high results in sports without interruption of their studies. It should be noted that the students of the Ural State University of Railway Transport for the nine consecutive time become champions of sports competitions among transport universities in Russia.

What student sportsmen is and can him or her do their best in sport living their way? What problems can be met by students and how to solve them to increase their sport level? These and other questions will be answered in this letter.

**Keywords:** sport, lifestyle, students, sportsmen, wellness, results, achieving.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-32-36

#### Авторы Authors

Марина Олеговна Лисниченко, студентка гр. МР-315 механического факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия | Наталья Анатольевна Линькова, канд. пед. наук, доцент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), профессор РАЕ, Екатеринбург, Россия; Register Nurse, Brisbane, Australia

Marina Olegovna Lisnichenko, student, MR-315, mechanical faculty, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia | Natalia Linkova-Daniels, the candidate of pedagogical sciences, senior lecture, Ural State University of Railway Transport, professor RAE, Yekaterinburg, Russia; Register Nurse, Brisbane, Australia

## Actually

More and more young people understand the importance of body wellness: growing up the mind about themselves, positive opinion from the side of other people, career success — that and other reasons are pulling youngsters to develop their health skills. However, following only sport achievement cannot give all the ways of expressing beauty of body: the lifestyle of students -sportsmen is the main step of living in healthiness. If the student does not sleep enough, doesn't eat by basic rules, doesn't follow simple rules of wellness, no results will be achieved. Sport and lifestyle are two integrated definitions and if it is possible to follow lifestyle without sport, but doing sport without lifestyle is just wasting of a time. What are the rules of such way of living like student sportsman? Does it real to realize every point in similar conditions? What problems can be risen in that field of exploring? These and other questions are not answered by themselves and so no results are might be achieved. According that topic of lifestyle is very important and actual in nowadays.

## The goal

Understanding of basic lifestyle points of student sportsmen.

Questions: to analyze the functional feeling of student sportsmen, to study knowledge of students -sportsmen about their lifestyle and the correct one, study the practical knowledge in nutrition, sleeping, and other points of lifestyle and the linking between this all with sport.

## Methodic and organization of researching

There was created one test to check students-sportsmen in such fields as understanding lifestyle, following it, connection wellness with sport results, hearing about sport additive components, using them. There was one more question about impact of around information on students beliefs and how can it be seen in variable sport situations. The quiz contains 14 question and there was given 120 responses, on which letter is built. The people are students of University of Railway Transport in Yekaterinburg in different ages from 17 y.o. (first year of studying) to 25 (last year and magistrates). All the important results will be given in the sequence of describing topics.

Following that there were made very awesome explosions: researching of people who had a strong system of knowledge, showed that their sport or just fitness results were much higher and better than results of students, who had no ideas or at least didn't know so many facts about

good nutrition and whole lifestyle. That can be a signal for lectures to begin some special courses about lifestyle as well and about different interesting for students topics such as behavior and control in sport, impact of lifestyle on success and degradation in results and so on.

## Constituents of well lifestyle of sportsmen students rest

“Do not stand if you can sit; do not run if you can sit; and do not sit if you can lie” — says Randall Schtrossen and prove it with the real facts [1].

It is absolutely known that in sleeping time our body recharge itself: clearing the brain memory, building new muscles, working with nervous system and other important work is incredible. What is happening in training? There are injuries while feeling tension because of strength: muscles begin to hurt and micro gaps born. Night — is the time of filling those gaps by growing new nuclear linking. This process is named as muscle grows.

The important part of our sleeping is first two hours: the number of growth hormone is unbelievable high, so it is important to fall asleep and keep health dreaming for whole this cycle of restoring. Nevertheless, creating new nuclear is not only the goal of sleep. Increasing level of body energy is handy and very difficult process too.

What is the energy? It is destroyed connections that can give human strength and stamina to do something. By the time of training all the sources left the body and it is empty of any reserve. If there is no time to find or just create new reserve muscles starts to destroy. And what with students in real life: studying, working, training, going to party, walking... there is no a bit time for the main position of wellness — sleeping. No sleep — no energy — no results and it disappear. Moreover, youngsters continue to grow naturally, so, if students want to achieve great results, great rest is needed.

In fact, we need 8 hours sleeping per day for good conditioned body, ready for next training. Only for that time our brain can change phases of fast and deep sleeping, which contains different results on every psychological and physical point. To know how good your sleeping is enough to control you might to wake up by yourself. If student is disciplined, have good rest daily, he can do it without alarm as often as it needed. Moreover, it will happen at the same time day by day, what cannot be unseen in planning of a day and partly planning of training.

## Food

That moment is the second in the topic of constituents. Good food — good energy — good results. Moreover, there born different beliefs about nutrition. As it was men-

tioned, more than a half still be unknown that eating 5–6 time for a day (breakfast — snack — lunch — snack — dinner- snack) is the best way for keeping feet and be well-balanced. Why? Stuart MacRobert says that it is obvious to add two or three additive times for eating just because training student need more calories for synthesis of muscles [2]. It is impossible physically to eat whole chicken in breakfast, whole fish for a lunch and go to the bed with full stomach of cottage cheese. That is more comfortable to difference times and ways of eating: small portion of salad with a part of fish in the morning, 200 g. of cottage cheese before studying, vegetables with red meat for lunch, chicken with broccoli before training and protein after — that can give every vitamin and mineral in what human indeed and let stomach to do its work properly well. If you start mixing food to keep calories in the high level, there can start problems with compatibility of products, and the speed of digest reaction will go down.

There was mentioned such word as protein. And there is another stereotype which says to eat different adds as much as you can. In some situations this can go out of a control and normal food will not be added by student. Protein — is solution of problem when you need increase calories immediately in right way. Sure: not everyone ready to get to gym container with chicken, warm it and eat in locker room. Protein simplify that way: just add water — shake — drink. That is one of the snack, you need to balance 6 times nutrition, but is not substitution of normal food. It cannot contain minerals, vitamins, and the taste is not so delicious as other dishes.

What is more as it can be seen that a part of students still believe in magic properties of sport add. Stuart says that without advertisement hacks ordinary nutrition is just necessary point of sport (for students partly) and other additives are useful catalyst of muscle rising, but nor the main point. Feed your body properly and it will be enough for good results.

### Trainings

For idea, that topic should be the first placed, but there can be said so much words that here it stand in the last point only for analysis how the previous topics are beneficial.

“Concentrate and you will be achieved” is the main idea of Brooks Kubik [4]. Hard working with basic exercises is worth much more than doing big diversity of them to keep, as student thinks, every muscle in fit. As it known for ages between two stools one falls to the ground, so if you want to do triathlon with squat with a barbell on the shoulders, bench press laying and deadlift, do only this, not more and not less. Of course, with them you will not train every small muscle, but do not forget about rest: it can be used as time to catch up those moments you left.

Author says to do additive exercises to develop other muscles just to give some work to secondary anatomy of

sportsmen or student as well. If student thinks that doing bicycle regularly he has thick arm, why not to “play” with arm work in the free or rest time? Moreover are doing this first anatomy will recharging and additive anatomy developing. On the other hand, it is prohibited to forget about restoring all the body and mind as well, so at least one of the days (Sunday ordinary) has to be passive time. That is why firstly there was told about sleeping and rest.

Another point is hard training. Good rest integrated with good (read “hard”) work — they are two points of one medal for students-sportsmen. As it was researched that only less than one third of students didn't see the changes in sport results, connected with lifestyle. Nevertheless, for hard working that topic is absolutely irreplaceable. In case of results, students-sportsmen should follow hard plan of training and for hard plan you need in good nutrition and free time from working. Following that there have to be tracked again the linking between your wellness and sport results.

To end with, it can be copied Fallev with the words to learn how to lay a brick, you need to take a brick, prepare a mortar and try to lay a wall [4]. It is enough to follow simple in nutrition, rest and training to achieve the results that can be much better than in using difficult rules and breaking the brain how to progress yourself more comprehensive and in the end nothing good happens.

### Students knowledge in sport behavior and lifestyle

Now it is time to investigate what students think about their lifestyle, points on which they based it and how to correct mistakes if they are.

### Students opinion

Researching shows that biggest part of students believe in their broaden knowledge in right lifestyle, at the same time less than a half said about following this rules. But what is surprising that is by the time asking different questions, connected with wellness, there are enough mistaken answers. For example in the question about sleeping about one third gave incorrect answer. What is about amount of eating times per day around 40 % of students said that 3 times it is enough! Of course, the stereotypes work there. How to change the mind of so ancient and primitive beliefs?

### Help of university

In the part of Universities such as Ural State University of Railway Transport, there are so courses, talking about sport. Students are here starting to understand how human

body react on the different strength and stamina impact for example on the lessons of PE. How does it work: in the first part of lecture there is discussion of enough amount of information about one point of whole the reactions, for example, blood pressure. It is known that with rising physical loading the pressure starts to grow up and with it can be defined such problems as loosing orientation, headaches, rising temperature and so on. After this at the second part lecturer starts to show this reaction to students by themselves. For instance it may be counting of heart biting per one minute, and after little cardio load (jumping, leg lifts, etc.) the counting is repeating. The result is obvious: after a little warm-up, the second amount of biting is bigger.

What can give to students such experimentations? The answer is: very important step of learning sport lifestyle. The lecturer tries to study youngsters to control of themselves in every part of their life. Understanding the experiment, showed upper everyone should understand that a little reaction of human's body is a signal to our brain and chance to think about our lifestyle and behavior by the time of physical education.

However, why do not every sportsmen and fitness students gave positive answers about their lifestyles? The biggest part of responses mentioned about uselessness of such lections. In addition, there is a simple reason: there is infinity ways to describe the topic of lifestyles. The amount of hours giving for discussing this topic should be proportionally equal to amount of sport disciplines in our world. It is impossible to learn every position of bodybuilder's nutrition, about injuries and the ways of their solving of sport-fencers and so on. At the biggest part of happens it is just stupid to know everything and about everyone, but there are some common rules that lecturer just don't in time to describe.

## Information around

The second point of done researches results a very big amount of information from the Internet, willing of experimenting with body and words of trainers as well play main role in orientation of students sportsmen. Simple surfing in commonly used browser in the phone or laptop can give incredibly contradictory results. Did you know that there are more than a thousand diets in the world and no one works as well for whole the population? Was you informed that one specialists says to eat proteins before any type of training, second advice carbohydrates, and the third prohibiting eating as well? And what is about situations linking with techniques in gyms: on says one, second another... How to find the orientation if you are the sportsmen for ages but want to increase your power and develop your body more? Another question can give only insurance.

The third step that can't be unattended is advertisement and fashion. "One protein for increasing all the muscles", "Buying our BCAA you buy your strength and activity for every training!", "Drink our L-carnitine pills and you will left of overweighting!" these and other slogans pushing students to buy this placebo pharmacology and waiting something. Often this people want fast, progressive, beautiful results, one word — youngsters or students. Why people say that 25 is retirement age for sportsmen? Why there is at least one specialist in group of sportsmen? For what all this daily injuries cost a lot of money. Students do not understand every pill every injury should be bought not just in drug store near house and not for a quarter of scholarship.

There is an opinion in researches, that "sitting" on proteins and other adding integrated with hard training without rest, sleeping, normal food and other component of well-proportioned lifestyle, everyone can built body of their dreams. This part of people contains about 10 percent of asked students. In fact, there will no GOOD results: as it was said, rest is a part of training, sleeping and food is a part of rest. Therefore, believing bright words from TV or Internet is not suitable for smart student doing sport.

Faleev says that not only the first steps, but also professional sportsmen have to follow natural products. All the additives are good in their partly role-playing. Irreplaceable products should be honey, nuts and other — they are naturally the treasure because of rich composition of vitamins and minerals. For what waste student's money, if he can just open the encyclopedia of products and learn, which components where he can find and use them? To simplify sport life of student there is not so much time for researching, but it worth it. First interest in body building field can be rising to unbelievable knowledge that contains incredible helpful information.

As a result, there have to be done very handy rules: students have to study to control yourself, following their kind of sport; students have to try to filter information around them and believe only checked sources; students have to not believe about promising everything they want.

Conclusion is very interesting give us chance to think: but why most sportsmen buy big packs of that adds? Are they don't know, that it is bad? To answer this question it is much better to learn special courses of nutrient-scientists that lasts about 2 months and costs not so big amount of money if you are really interested in sport. Alternatively, such people as students can visit courses that are given very often, it is enough just to know, where are they happen. In the most of situations, there will be a very good discount for students. What is more, day by day there is growing of popularity of online sport games, which cost for 2000–2500 per month with individual coaches who study you personally to be professional sportsmen in your round — just try it! One scholarship will save your health and money that can be lost on dangerous.



### Conclusion

To sum up it can be said that students sportsmen (of USURT as well) are kept in a part of information about lifestyle at all and its connection with sport and results. Of course, not everyone knows every detail of such a broad question, but as it was described there are ways of solving this problem (for example activity of university).

There were written three postulates of good achievements in sport of student sportsmen (rest, sleeping, hard-working and concentration), which were found in books of successful sportsmen. This information concentrates every step, which can help students to do their best in sport.

All the questions and main goal were described, and the answers were given as full as it was possible. **ИТ**

### Список литературы / References

1. Schtrossen R. J. Super kniebeugen: book for bodybuilders / Dr. R. J. Schtrossen, Rodale Books. — 2009. — 464 P. — ISBN 978-1605295497.
2. Macrobert S. Brawn: handbook for athletes / S. Macrobert. — 3-rd edition. — 2007.
3. Kubik B. Dinosaur Training: Lost Secrets of Strength and Development: book for powerlifters / B. Kubik. — 1996.
4. Faleev A. V. School of your body: book for sportsmen / A. V. Faleev. — Phoenix redaction, 2004.



Алексей Александрович  
Платонов

Aleksey A. Platonov

## Элементы моделирования сферического рабочего пространства железнодорожных транспортных средств с манипуляторными установками

### Elements of modeling of the spherical working space for railway vehicles with manipulator installations

#### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы моделирования рабочего пространства манипулятора с рабочим оборудованием, установленного на железнодорожном транспортном средстве и используемого для удаления с его помощью с полосы отвода железных дорог нежелательной древесно-кустарниковой растительности.

**Ключевые слова:** железная дорога, рабочее пространство, манипулятор, моделирование.

#### Abstract

The article deals with the modeling of the working space of a manipulator with working equipment installed on a railway vehicle. This manipulator is used to remove undesired wood and shrub vegetation from the railroad outfeed with it.

**Keywords:** railway, workspace, manipulator, modeling.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-37-40

#### Авторы Authors

Алексей Александрович Платонов, канд. техн. наук, доцент Ростовского государственного университета путей сообщения (Воронежский филиал), Воронеж; e-mail: paa7@rambler.ru

Aleksey Alexandrovich Platonov, candidate of technical science, associate professor, Rostov State University of Transport and Railway Transport, Voronezh branch, Voronezh, Russia; e-mail: paa7@rambler.ru

В настоящее время для железных дорог России и мира продолжает оставаться актуальной проблема борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью (НДКР) в полосе отвода железных дорог.

Среди существующих методов управления ростом НДКР, применение которых на полосе отвода по отдельности или в совокупности зависит от целого ряда факторов, старейшим и традиционным является механический метод [1]. При таком методе удаление надземной части нежелательной древесно-кустарниковой растительности целесообразно производить рабочими органами, расположенными на конце стрелы-манипулятора транспортного средства [2].

При установке манипулятора с рабочим оборудованием на транспортном средстве и приведении его в действие для удаления с его помощью с полосы отвода железных дорог нежелательной древесно-кустарниковой растительности будет формироваться некоторая зона действия манипулятора, определяемая его кинематической схемой [3].

В общем случае рабочее пространство манипулятора с закрепленным на его конце рабочим органом можно представить в виде сферы, центр которой совпадает с центром вращения поворотной платформы манипулятора (рис. 1).

При моделировании фактического объема сферического рабочего пространства манипуляторных машин при их работе в полосе отвода железных дорог отдельное внимание следует уделить части данного объема, находящейся в так называемой «зоне балластной призмы»  $V_{\text{призм}}$ . Данная зона определяется углом сектора, расположенного в зоне балластной призмы, и ввиду фактической невозможности удаления в ней нежелательной растительности, а также конструктивных ограничений по углу опускания стрелы манипулятора, объем рассматриваемой зоны не включается в фактический объем сферического рабочего пространства.

Часть объема сферического рабочего пространства, находящегося в зоне балластной призмы,  $V_{\text{призм}}$  определим как объем шарового сектора (рис. 2, а) с учетом предельного профильного угла  $\varphi_{\text{пр}}$  наклона манипулятора.

Предельный профильный угол  $\varphi_{\text{пр}}$  определяется с учетом высоты балластной призмы  $H_{\text{бп}}$  и высоты проекции на плоскость  $O_0Y_0Z_0$  точки поворота манипулятора  $H_{\text{уст}}$  (рис. 3):

$$\sin \varphi_{\text{пр}} = \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\text{max}}} = \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2},$$

где  $\varphi_{\text{зем}}$  — угол сектора, расположенного под рельсовой колеей («сектор земли»);  $R_{\text{max}}$  — максимальный радиус работы характерной точки рабочего органа.

Максимальный объем сектора земли определится как

$$V_{\text{max}}^{\text{зем}} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_{\text{max}}^2 \cdot h_{\text{max}}^{\text{зем}}.$$

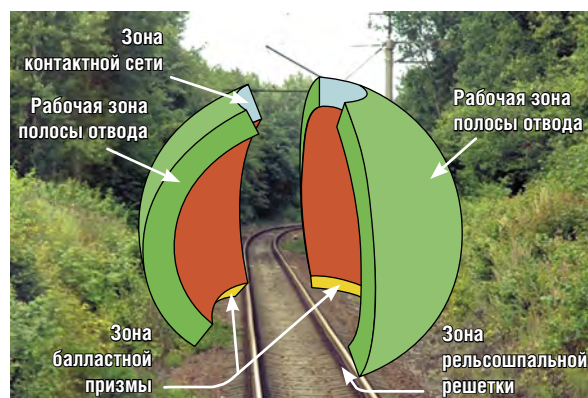


Рис. 1. Сферическое рабочее пространство манипуляторных машин в полосе отвода железных дорог

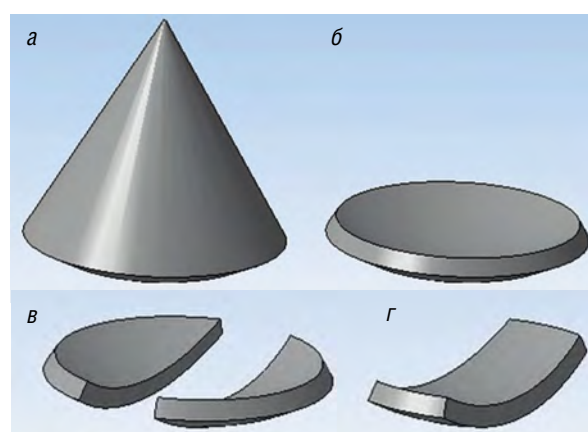


Рис. 2. Моделирование объема сферического рабочего пространства, находящегося в зоне балластной призмы

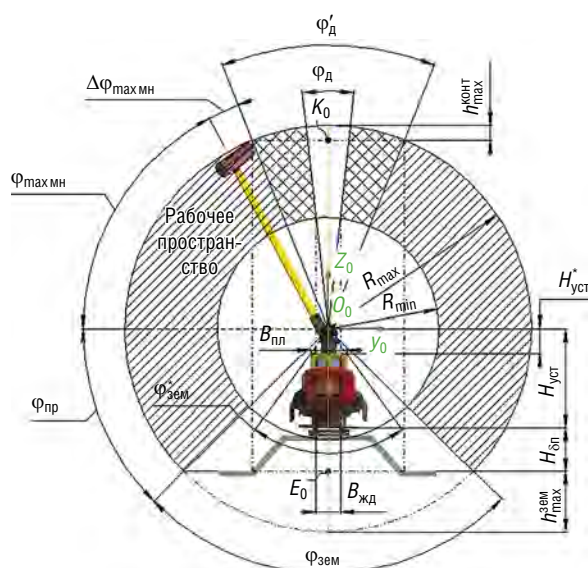


Рис. 3. Схема ограничений сферического рабочего пространства манипуляторных машин в полосе отвода железных дорог

Для определения высоты сегмента максимального сектора земли  $h_{\max}^{\text{зем}}$  выразим угол сектора земли  $\varphi_{\text{зем}}$  как

$$\cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} = \frac{O_0 E_0}{R_{\max}}.$$

Откуда  $O_0 E_0 = R_{\max} \cdot \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2}$ . Тогда

$$\begin{aligned} h_{\max}^{\text{зем}} &= R_{\max} - O_0 E_0 = R_{\max} - R_{\max} \cdot \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} = \\ &= R_{\max} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} \right). \end{aligned}$$

С учетом вышеизложенного максимальный объем сектора земли

$$\begin{aligned} V_{\max}^{\text{зем}} &= \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_{\max}^2 \cdot h_{\max}^{\text{зем}} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_{\max}^2 \cdot R_{\max} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} \right) = \\ &= \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_{\max}^3 \cdot \left( 1 - \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\max}} \right). \end{aligned}$$

Аналогично высота сегмента минимального сектора земли

$$h_{\min}^{\text{зем}} = R_{\min} - R_{\min} \cdot \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} = R_{\min} \cdot \left( 1 - \cos \frac{\varphi_{\text{зем}}}{2} \right).$$

Тогда минимальный объем сектора земли

$$V_{\min}^{\text{зем}} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot R_{\min}^3 \cdot \left( 1 - \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\max}} \right).$$

Кроме предельного профильного угла  $\varphi_{\text{пр}}$  наклона манипулятора при определении величины  $V_{\text{призм}}$  (а фактически его части; рис. 2, б) необходимо учесть, что в данный объем не должна входить часть сферического рабочего пространства, расположенного в зоне рельсошпальной решетки (рис. 2, в). Таким образом, часть объема сферического рабочего пространства  $V_{\text{призм}}$ , находящегося в зоне балластной призмы, найдется как

$$V_{\text{призм}} = V_{\max}^{\text{зем}} - V_{\min}^{\text{зем}} - V_{\text{реш}}^{'},$$

где часть шарового сектора сферического рабочего пространства  $V_{\text{реш}}^{'}$ , расположенного в зоне рельсошпальной решетки (рис. 2, г), определится следующим образом.

Первоначально представим данную часть как шаровой слой (рис. 4), симметрично расположенный относительно рельсошпальной решетки. При этом для большей

наглядности условно расположим предельный профильный угол  $\varphi_{\text{пр}}$  наклона манипулятора (который в большей степени определяет величину  $V_{\text{реш}}^{'}$ ) в первой четверти пространства и учтем угол дороги  $\varphi_{\text{д}}$ , определяемый точкой пересечения проекции оси симметрии манипулятора с внутренней гранью головки рельса и минимальным радиусом работы  $R_{\min}$ .

$$\sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} = \frac{B_{\text{жд}}/2}{R_{\min}} = \frac{B_{\text{жд}}}{2 \cdot R_{\min}},$$

где  $B_{\text{жд}}$  — ширина железнодорожной колеи.

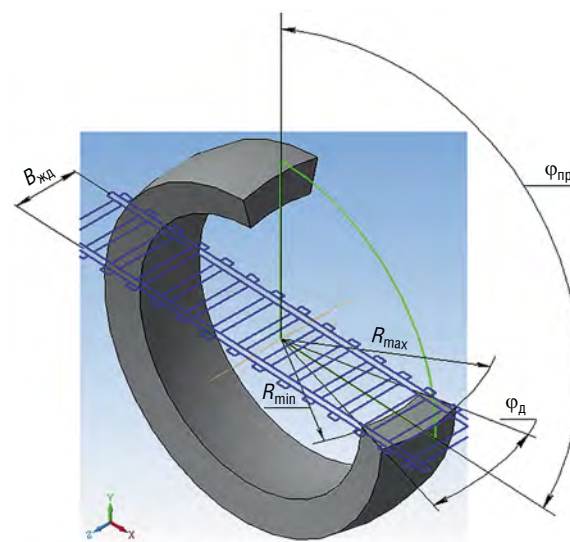


Рис. 4. Схема к определению части шарового сектора сферического рабочего пространства

Разобьем искомый объем  $V_{\text{реш}}^{'}$  на две части:  $V_{\text{реш}1}^{'}$  (внешняя часть шарового слоя, размер которой определяется максимальным радиусом работы  $R_{\max}$  манипулятора) и  $V_{\text{реш}2}^{'}$  (внутренняя часть шарового слоя, размер которой определяется минимальным радиусом работы  $R_{\min}$  манипулятора).

Объем  $V_{\text{реш}1}^{'}$ , входящий в объем части шарового слоя  $V_{\text{реш}1}^{'}$  и определяемый углом  $\varphi_{\text{пр}}$ , найдется как:

$$\begin{aligned} V_{\text{реш}1}^{'} &= \iiint dV = \iiint r^2 \cdot \sin \Theta dr d\Theta d\varphi = \\ &= \int_0^{R_{\max}} r^2 dr \cdot \int_0^{\pi} \sin \Theta d\Theta \cdot \int_0^{\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}} d\varphi = \\ &= \frac{R_{\max}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) \cdot (-\cos \Theta) \Big|_0^{\pi} = \frac{2 \cdot R_{\max}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}). \end{aligned}$$

Объем  $V_{\text{реш}2}^{'}$ , входящий в объем части шарового слоя  $V_{\text{реш}1}^{'}$  и определяемый предельными углами  $\varphi_{\text{д}}$  и  $\varphi_{\text{пр}}$ , найдется как:



$$\begin{aligned}
 V'_{\text{реш}12} &= \iiint r^2 \cdot \sin \Theta dr d\Theta d\varphi = \\
 &= \int_0^{R_{\text{max}}} r^2 dr \cdot \int_0^{\frac{\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}}{2}} \sin \Theta d\Theta \cdot \int_0^{\frac{\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}}{2}} d\varphi = \\
 &= \frac{(\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}) \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot (-\cos \Theta) \Big|_0^{\frac{\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}}{2}} - \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} = \\
 &= \frac{(\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}) \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot \left( -\cos \left( 90 - \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} \right) + 1 \right) = \\
 &= \frac{(\pi-2\cdot\varphi_{\text{пр}}) \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot \left( -\sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} + 1 \right).
 \end{aligned}$$

Тогда часть  $V'_{\text{реш}1}$  искомого объема  $V'_{\text{реш}}$  определится как:

$$\begin{aligned}
 V'_{\text{реш}1} &= V'_{\text{реш}11} - 2 \cdot V'_{\text{реш}12} = \frac{2 \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) - \\
 &- \frac{2 \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) \cdot \left( 1 - \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} \right) = \\
 &= \frac{2 \cdot R_{\text{max}}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) \cdot \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2}.
 \end{aligned}$$

Аналогично определится часть  $V'_{\text{реш}2}$ :

$$V'_{\text{реш}2} = \frac{2 \cdot R_{\text{min}}^3}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) \cdot \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2}.$$

Искомый объем  $V'_{\text{реш}}$  определится как разность объемов внешней и внутренней частей шарового слоя:

$$V'_{\text{реш}} = V'_{\text{реш}1} - V'_{\text{реш}2} = \frac{2}{3} \cdot (\pi - 2 \cdot \varphi_{\text{пр}}) \cdot \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} \cdot (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{min}}^3).$$

Анализ данной зависимости показывает, что предельный профильный угол  $\varphi_{\text{пр}}$  должен быть представлен в радианах. Кроме того, необходимо учесть, что одним из граничных условий угла  $\varphi_{\text{пр}}$  является выражение:

$$\varphi_{\text{пр}} = 90 - \arccos \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\text{max}}}.$$

Поэтому окончательно часть шарового сектора сферического рабочего пространства найдется как

$$\begin{aligned}
 V'_{\text{реш}} &= \frac{2}{3} \cdot \left( \pi - \frac{2 \cdot \pi \cdot \varphi_{\text{пр}}}{180} \right) \cdot \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} \cdot (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{min}}^3) = \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \left( 1 - \frac{\varphi_{\text{пр}}}{90} \right) \cdot \sin \frac{\varphi_{\text{д}}}{2} \cdot (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{min}}^3) = \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \left( -\frac{B_{\text{жд}} \cdot \arccos \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\text{max}}}}{180 \cdot R_{\text{min}}} \right) \cdot (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{min}}^3).
 \end{aligned}$$

С учетом вышеизложенного, после преобразования часть объема сферического рабочего пространства, находящегося в зоне балластной призмы,  $V_{\text{призм}}$  определится как

$$\begin{aligned}
 V_{\text{призм}} &= \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (R_{\text{max}}^3 - R_{\text{min}}^3) \times \\
 &\times \left( 1 - \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\text{max}}} + \frac{B_{\text{жд}} \cdot \arccos \frac{H_{\text{бп}} + H_{\text{уст}}}{R_{\text{max}}}}{180 \cdot R_{\text{min}}} \right).
 \end{aligned}$$

## Вывод

Рассмотренные выше зависимости позволяют определить часть фактического объема сферического рабочего пространства и предоставляют возможность создать обобщенную динамическую модель формирования рабочего пространства манипулятором с рабочим органом, установленным на транспортном средстве и приводимом в действие для удаления с его помощью с полосы отвода автомобильных и железных дорог нежелательной древесно-кустарниковой растительности. **ИТ**

## Список литературы

1. Казанский В. Д. Способы борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью при эксплуатации автомобильных дорог / В. Д. Казанский // Автомоб. дороги: обзорн. информ. Вып. № 4. — М. : Информавтодор, 1987. — 65 с.
2. Платонова М. А. Исследование кинематических схем манипуляторов лесных машин / М. А. Платонова, М. В. Драпалюк, А. А. Платонов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3, № 5–4 (16–4). — С. 157–161. — ISSN 2308–8877.
3. Конюх В. Л. Основы робототехники / В. Л. Конюх. — М. : Феникс. — 2008. — 281с.



**Владимир Николаевич  
Коваленко**

**Vladimir N. Kovalenko**



**Денис Алексеевич  
Зернин**

**Denis A. Zernin**

## Обзор и анализ бесконтактной элементной базы для синтеза систем железнодорожной автоматики и телемеханики

### Overview and analysis of the contactless elemental base for the synthesis of rail automation and telemechanics systems

#### Аннотация

В статье представлены обзор и анализ бесконтактной элементной базы, которая может быть использована для создания устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики с безопасными отказами. Рассмотрены принципы построения бесконтактных логических элементов с несимметричными отказами.

**Ключевые слова:** синтез, опасный отказ, защитный отказ, несимметричный отказ, микроконтроллер, безопасность, полностью самопроверяемый конечный автомат (ПСКА), логический элемент с несимметричными отказами (ЛЭНО), реле с несимметричными отказами, блокинг-генератор.

#### Abstract

The article presents an overview and analysis of the contactless element base, which can be used to design devices and railway automation systems and telemechanics with safe failures.

**Keywords:** synthesis, dangerous failure, safety failure, asymmetric failure, microcontroller, safety, fully self-checking finite state machine (PUKA), logic element with asymmetrical failures (LENO), relay with asymmetrical failures, blocking generator.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-41-49

#### Авторы Authors

**Владимир Николаевич Коваленко**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VKovalenko@usurt.ru | **Денис Алексеевич Зернин**, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: DZernin@usurt.ru

**Vladimir Nikolayevich Kovalenko**, candidate of technical science, associate professor, head of "Railway Automation, Telemechanics & Communication" chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: VKovalenko@usurt.ru | **Denis Alexeyevich Zernin**, postgraduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia, e-mail: DZernin@usurt.ru

Одним из главных требований, которому должны удовлетворять системы железнодорожной автоматики, является безотказность, безопасность, т.е. такое свойство, при котором при отказах система должна переходить в защитное состояние. Другим важным свойством этих систем является высокая ремонтпригодность, малое время восстановления.

Ограниченность функциональных возможностей релейных систем, трудности в использовании информационных технологий, большие эксплуатационные расходы, громоздкость систем, а также недостатки, присущие реле, привели к необходимости исследования бесконтактных элементов, используемых для построения систем управления движением поездов.

Бесконтактная элементная база, которая дает возможность решить ряд проблем, присущих релейным системам, ставит перед разработчиками ряд сложных задач. Поскольку типовые бесконтактные элементы имеют симметричные отказы типа «константа ноль» (К.0) и «константа единица» (К.1), то методы синтеза, которые используют при проектировании систем управления в промышленности, нельзя использовать для разработки систем управления движением поездов, так как они не позволяют создать системы управления движением поездов, реализующие стратегии безопасности [1].

Для построения систем управления движением поездов на бесконтактных элементах (интегральных схемах БИС и СБИС, ОмЭВМ и др.) с наличием только защитных отказов предложено несколько способов. Это специальные методы синтеза полностью самопроверяемых конечных автоматов (ПСКА) с использованием избыточности [2–4]; методы аппаратного резервирования со схемами сравнения, которые имеют только защитные отказы [5–7], а также проектирование одноканальных систем на элементах с однонаправленными отказами. Если первая группа методов синтеза предполагает использование элементной базы с равновероятными (К.0 и К.1) отказами, то уже вторая — частичное использование элементов с однонаправленными отказами, которые производят сравнение результатов функционирования двух или трех каналов резервированной системы. Последний метод построения уже требует создания функционально полного набора элементов с однонаправленными отказами, который обладал бы функциональной полнотой.

В настоящее время одним из современных направлений синтеза надежных систем является программируемое аппаратное резервирование (в связи с появлением больших и сверхбольших БИС и СБИС и мини-ЭВМ). Создание систем управления движением поездов полностью или частично на логических элементах с однонаправленными отказами (ЛЭНО) [8] является перспективной задачей, так как позволит уменьшить избыточность, а следовательно, повысит надежность, особенно при разработке интерфейсных схем сопряжения микропроцессорных систем с объектами управления.

В настоящее время в системах управления движением поездов, которые обеспечивают безопасность движения, применяются в основном реле первого класса надежности [9]. Они имеют однонаправленные отказы, т.е. наиболее вероятными у них являются отказы типа К.0, а отказы типа К.1 маловероятны. Следовательно, принимая эти особенности во внимание, схемы систем управления движением поездов реализуются таким образом, чтобы любой ответственный приказ формировался в них активным сигналом, т.е. когда участвующие в его формировании реле находятся под током. Специальная конструкция этих реле, а также условия эксплуатации и система технического обслуживания и ремонтов обеспечивают требуемую надежность и защищенность от опасных отказов [9, 10].

Анализ отказов, которые произошли при эксплуатации всех основных систем управления движением поездов, реализованных на реле I класса надежности [11], показывает, что опасные отказы у них возникали по одной из следующих причин:

- заклинивание якоря в верхнем положении;
- нарушение контактов в розетке штепсельного разъема в сочетании с образованием проводящего слоя между контактами;
- понижение сопротивления изоляции между выводами штепсельной розетки и наличие проводящих мостиков между контактами;
- индустриальное загрязнение контактов реле, установленных в настольных релейных шкафах, и примерзание якоря при попадании влаги под колпак реле.

Реле первого класса имеет следующие недостатки:

- большая металлоемкость, вес, а следовательно, и стоимость;
- небольшая наработка на отказ и, как следствие, большие затраты на техническое обслуживание и ремонт;
- низкая виброустойчивость, т.е. ограниченность области их применения стационарными системами;
- высокая износостойчивость, что требует частой регулировки;
- трудность реализации сложных функций, управления и контроля.

Все приведенные выше недостатки ограничивают реализацию современных систем управления движением поездов с расширенными функциональными возможностями на реле. Поэтому появились работы, связанные с исследованиями в области использования полупроводниковых элементов и интегральных схем различной степени интеграции при синтезе элементов с односторонними отказами.

Анализ работы типовых логических элементов, имеющих выходные сигналы двух уровней, один из которых нулевого уровня, показывает, что невозможно создать логический элемент с односторонними отказами.

Поэтому на основе этого анализа можно сформулировать вывод о необходимости использования для синтеза элементов логических сигналов различной формы и с уровнями, отличающимися от нулевого. При отказах в таких элементах выходной сигнал должен переходить в форму, отличную от формы сигналов логических единицы «1» и нуля «0».

Известно несколько систем входных и выходных сигналов логических элементов «НЕ» ненулевого уровня. Так, например, в работе [12] при синтезе логического элемента «ИЛИ» в качестве сигнала логической «1» используется постоянное напряжение положительной полярности, а сигналу логического нуля «0» ставится в соответствие напряжение отрицательной полярности.

Для построения логических элементов только с защитными отказами в работе [6] предлагается использовать генераторы с самовозбуждением, питанием которых служат входные сигналы «1» и «0», соответствующие напряжениям  $+U$  и  $-U$ . Безусловным является требование отсутствия возбуждения генератора при наличии питающего напряжения лишь на одном из входов, за исключением схемы, реализующей логическое отрицание «НЕ», генератор которой возбуждается по одному входу. На рис. 1 представлена структурная схема элемента «НЕ» с основными функциональными узлами.

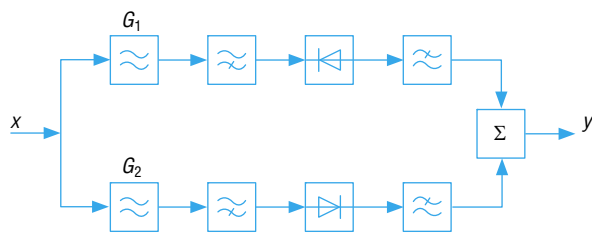


Рис. 1. Структурная схема логического элемента «НЕ»

Генераторы высоких частот  $G_1$  и  $G_2$  возбуждаются только при наличии сигналов положительной или отрицательной полярности на входе: генератор  $G_1$  — при сигналах положительной полярности, а  $G_2$  — при сигналах отрицательной полярности. Входные сигналы представляют собой импульсы постоянного тока положительной или отрицательной полярности. На выходах генераторов включаются фильтры. Эти фильтры (полосовые, верхних и нижних частот) должны быть выполнены по схемам без опасных отказов, например, предлагается использовать пьезоэлектрические фильтры.

В работе [6] также предлагается для построения логических элементов без опасного отказа использование активных или пассивных управляемых ключей. В качестве активного управляемого ключа, значение передаточной функции которого изменяется от 0 до некоторого конечного значения под действием входного сиг-

нала  $X$ , используются усилители на транзисторах или другие устройства. Структурная схема элемента «И-НЕ» (рис. 2) включает генератор высокочастотных колебаний и четыре усилителя. Генератор является общим для всего устройства обработки информации, содержащего несколько различных логических элементов.

В качестве пассивного управляемого ключа, например, может служить феррит-диодная ячейка.

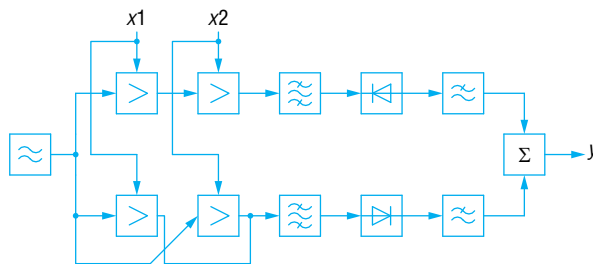


Рис. 2. Структурная схема элемента «И-НЕ» с управляемыми ключами

В работе [12] предложены принципы построения логических элементов с односторонними отказами, система логических сигналов у которых следующая: логической «1» соответствует наличие импульсов постоянного тока; сигналу логического «0» — отсутствие импульсов. У этих логических элементов питание промежуточного преобразователя осуществляется от динамических источников питания (ДИП). Энергия, которую накапливает ДИП, черпается из энергии сигналов обратной связи и входных логических сигналов.

Схемы с несимметричными отказами строятся таким образом, чтобы на всех возможных входных наборах значение функции, реализуемой неисправным элементом, было равно или функции исправного элемента, т.е.

$$(\forall x_j)(Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \mid f^*(x_1, x_2, \dots, x_k) = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (1)$$

или значению сигнала логического нуля, т.е.

$$(\forall x_j)(Y = 0 \mid f^*(x_1, x_2, \dots, x_k) \neq f(x_1, x_2, \dots, x_k) \in X, \quad (2)$$

где  $f^*(x_1, x_2, \dots, x_k)$   $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$  — соответственно функции, реализуемые неисправным элементом и исправным элементом;  $x_j$  — значение переменной на  $j$ -м входе;  $k$  — число переменных на входе элемента.

Структура схем такого типа элементов представлена на рис. 3.

Принципиальная схема логического элемента, реализующего функцию конъюнкции — двухвходовой схемы «И», приведена на рис. 4.





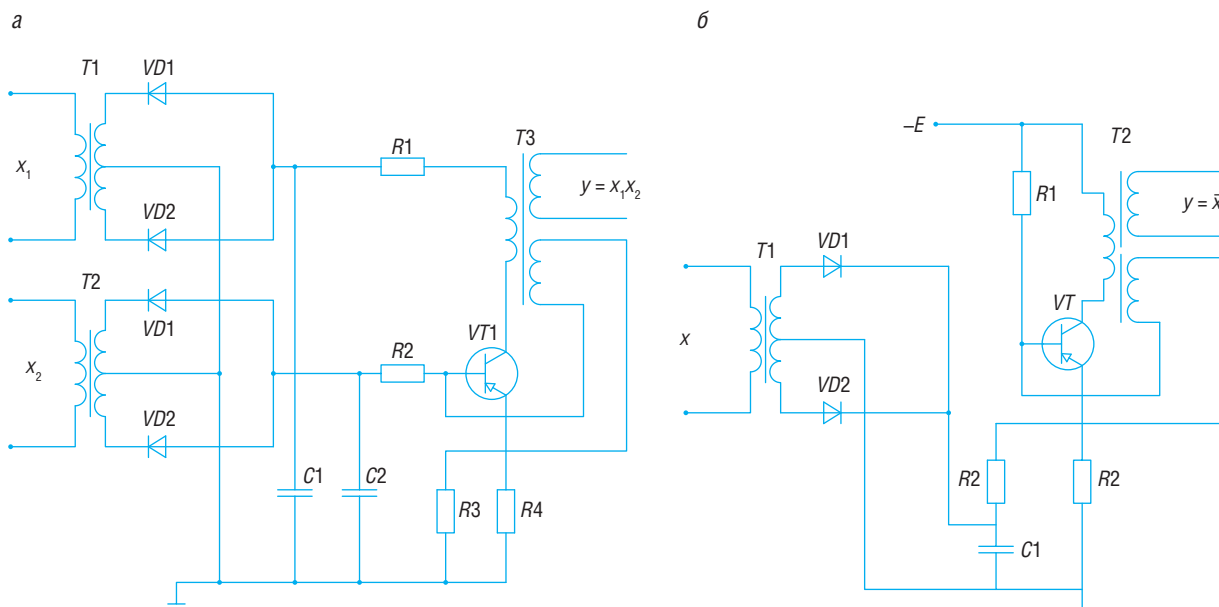


Рис. 6. Принципиальные схемы логических элементов «И» (а) и «НЕ» (б)

К достоинствам этих логических элементов следует отнести их высокую надежность. Для проверки условий работы этих элементов на безопасность были проведены специальные испытания. К недостаткам следует отнести то, что элемент, реализующий функцию «запрет», имеет опасный отказ.

Принципиальная схема безопасного логического элемента, реализующего логическую функцию конъюнкции, приведена на рис. 7 [20]. У этой схемы импульс постоянного тока определенного уровня принят за сигнал логической единицы, а логическому нулю соответствует сигнал нулевого уровня; тестовый сигнал  $x_T$  представляет собой последовательность импульсов положительной полярности, длительность и период повторения которых существенно меньше длительности сигналов  $x_1$  и  $x_2$ . На выходе этой схемы появляется сигнал логической единицы только при условии, если значения  $x_1$  и  $x_2$  также соответствуют логической единице и отсутствуют отказы элементов схемы транзисторных оптронов  $V1$ – $V3$ , резисторов  $R1$ – $R4$ , конденсаторов  $C1$ – $C4$  и обрывы соединительных проводников.

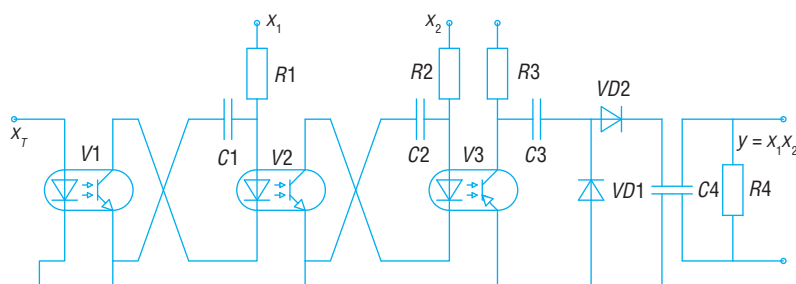


Рис. 7. Принципиальная схема логического элемента «И» со специальными тестовыми сигналами

При отсутствии импульса тестового сигнала на входе схемы светодиоды оптронов  $V1$ – $V3$  не излучают свет, фототранзисторы оптронов  $V1$ – $V3$  закрыты, конденсаторы  $C1, C2$  заряжены соответственно от источников сигналов  $x_1$  и  $x_2$  через транзисторы  $R1$  и  $R2$ , конденсатор  $C3$  заряжен от источника постоянного напряжения отрицательной полярности через резистор  $R3$ .

В таком состоянии сигнал на выходе схемы отсутствует, т.е.  $y = 0$ . После появления первого положительного импульса  $x_T$  на входе светодиода оптрона  $V1$  начинает излучать свет, под действием которого открывается фототранзистор оптрона  $V1$ , и напряжение на конденсаторе  $C1$  прикладывается к светодиоду

оптрона  $V2$ . Под действием этого напряжения светодиод облучает базу транзистора оптрона  $V2$ , который открывается, и в результате создается цепь разряда  $C2$  через светодиод оптрона  $V3$ . Под действием излучения этого светодиода открывается фототранзистор оптрона  $V3$ , и конденсатор  $C3$  разряжается через  $VD2$  на параллельное соединение конденсатора  $C4$  и сопротивления нагрузки  $R4$ . После положительного импульса  $x_T$  наступает пауза, в течение которой схема переходит в исходное состояние. Второй положительный импульс опять приводит к изменению состояний элементов схемы и в конечном счете — к очередному разряду конденсатора  $C3$  на нагрузку  $R4$ . Процесс разряда  $C3$  на нагрузку

повторяется с периодом тестовых сигналов, пока  $x_1 = 1$  и  $x_2 = 1$ . В результате того, что параллельно нагрузке  $R_4$  включен конденсатор  $C_4$ , на ней создается импульс постоянного тока с параметрами, аналогичными параметрам сигнала логической единицы.

При любом виде отказа любого элемента схемы сигнал на выходе схемы  $y$  принимает значение «константа 0», которое воспринимается системой управления как команда на перевод движения в защищенное состояние. Действительно, при отказе какого-либо из элементов цепей оптронов  $V1-V3$  или элементов  $R3, C3, VD1, VD2, C4$  преобразователя сигналов прекращаются процессы зарядов и разрядов конденсаторов  $C1-C3$ , а следовательно, не создается напряжение на нагрузке  $R_4$ .

В работах [6, 23] рассматриваются логические элементы с односторонними отказами, которые имеют систему входных и выходных сигналов ненулевого уровня. Элементы этого типа имеют ряд недостатков — громоздкость и низкую надежность.

Тем не менее, имея ряд преимуществ, полупроводниковая аппаратура железнодорожной автоматики, в сравнении с релейной, имеет достаточно серьезные недостатки, которые проявились в процессе ее производства и эксплуатации [25], — высокую стоимость и др.

При сравнении интегральных схем (ИС) со схемами на дискретных полупроводниковых элементах выясняется, что они имеют более высокую надежность и при этом меньшую стоимость [25].

Основным требованием, которое предъявляется к микропроцессорным самопроверяемым устройствам, является включение исполнительного реле (УВИР), которое предназначено для исключения ложного включения объекта при возникновении в нем неисправности. Для этих целей предлагается использовать импульсные самодвойственные парафазные сигналы [26, 27].

Так, например, приведенная на рис. 8 принципиальная схема осуществляет контроль на парафазность входного сигнала  $Z_1$  и  $Z_2$ . В том случае, если условие парафазности входных сигналов соблюдается, т.е.  $Z_1 \neq Z_2$ , то включается реле  $K$  по одной из двух цепей:

$+U - VT1 - VD1 - \text{ф. контакт } K - VD4 - VT4 - \text{земля};$

$+U - VT2 - VD2 - \text{ф. контакт } K - VD3 - VT3 - \text{земля}.$

В противном случае, когда сигнал  $Z_1 = Z_2$ , закрыты транзисторы  $VT1$  и  $VT2$ , либо  $VT3$  и  $VT4$ , поэтому реле  $K$  выключается, фиксируя неисправности в контролируемой схеме.

Все возможные одиночные повреждения элементов схемы, такие как обрывы и короткие замыкания диодов и транзисторов, приводят к выключению реле  $K$ , которое, в свою очередь, приводит контролируемое устройство

в защитное состояние, например, к выключению питания контролируемого дискретного устройства (ДУ). Восстановление работы устройства осуществляется только с участием человека после проверки его исправности, путем искусственного включения реле  $K$ .

На рис. 9 приведена схема элемента с односторонними отказами, которая использует свойство насыщения магнитных материалов (Великобритания), т.е. дроссель насыщения ДН. Схема содержит дроссель насыщения ДН, намотанный на сердечник с высокой магнитной проницаемостью и имеющий две обмотки. На обмотку 1-2 подается переменное напряжение, а на обмотку 3-4 — постоянное напряжение логического сигнала. Все возможные отказы (в том числе и обрывы) приводят к отсутствию сигнала на выходе, т.е. к защитному отказу.

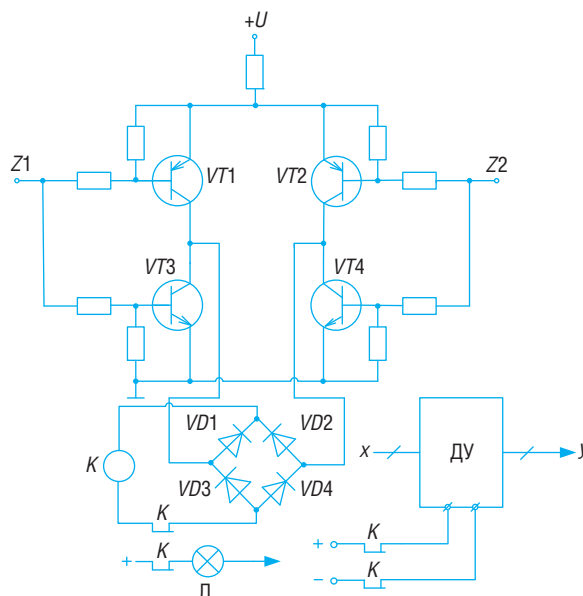


Рис. 8. Схема контроля сигнала на парафазном выходе

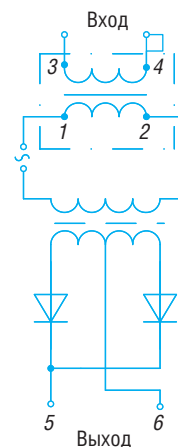


Рис. 9. Повторитель с усилением с односторонним отказом типа 1 → 0

На рис. 10 представлена принципиальная схема элемента «ИЛИ», предложенная французскими учеными, в которой также применено свойство постоянного магнита надежно насыщать железо трансформатора. Логический элемент состоит из трансформатора  $A$  с двумя обмотками  $P$  и  $R$ , постоянного магнита  $N-S$  и массивного магнитопровода  $FDG$ , на сердечнике  $D$  намотаны две входные управляющие обмотки  $W_1$  и  $W_2$  и обмотка обратной связи  $W_{OC}$ .

Вторичная обмотка  $R$  трансформатора  $A$  (рис. 10) через диодный мост подключена к выходу элемента по постоянному току. При отсутствии входных сигналов магнитный поток постоянного магнита замыкается через магнитную цепь трансформатора  $A$ , насыщая ее. Поэтому напряжение на обмотке  $R$  и на выходе элемента практически равно нулю.

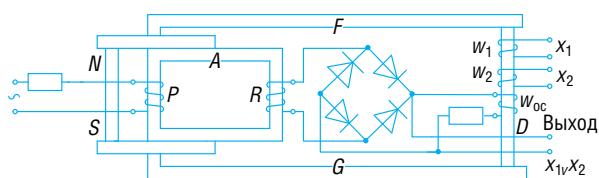


Рис. 10. Логический элемент «ИЛИ»

В том случае, если хотя бы на одном из входов  $x_1$  или  $x_2$  будет присутствовать сигнал логической «1», который создает ток определенной величины во входной обмотке, то в магнитной цепи  $FDG$  возникает магнитодвижущая сила, которая уменьшает ее магнитное сопротивление, в результате чего магнитный поток почти полностью ответвляется в эту цепь. Магнитопровод трансформатора  $A$  выходит из насыщения и на его вторичной обмотке  $R$ , а следовательно, и на выходе элемента появляется напряжение. Обмотка положительной обратной связи  $W_{OC}$  обеспечивает уменьшение времени перехода элемента из одного состояния в другое.

В качестве элемента памяти с несимметричным отказом может быть применен элемент, принципиальная схема которого приведена на рис. 11.

Работа элемента, приведенного на рис. 11, происходит следующим образом: на вход ТИ поступает непрерывная импульсная последовательность, и если на вход ПУСК подан импульс положительной полярности, то транзистор  $VT1$  открывается. Ток, протекающий через светодиод, открывает фотодиод (оптопара  $DD1$ ), который, в свою очередь, открывает транзистор  $VT2$ , и обкладка конденсатора  $C1$ , имеющая отрицательный заряд, соединяется с землей. Это приводит к заряду конденсатора  $C2$  положительным потенциалом, который является динамическим источником питания для транзистора  $VT1$ . Одновременно ток транзистора  $VT1$ , протекающий через оптопару  $DD2$ , открывает транзистор  $VT3$ . В результате чего на выходе логического элемента будет присутствовать импульсная последовательность, соответствующая логической единице «1».

Очевидно, что перспективным является использование приборов функциональной электроники (ФЭ), которые позволяют снять ряд проблем, свойственных обычным ИС, особенно высокой степени интеграции: проблему надежности контактов и т.д. [28]. Вполне очевидно, что использование ИС на S-приборах с объемным эффектом, у которых напряженность электрического поля на несколько порядков ниже, чем, например, на коллекторном переходе биполярных или диэлектрике МДП-транзисторов, повышает вероятность безотказной их работы.

Перспективным направлением создания логических элементов с однонаправленными (несимметричными) отказами также является построение их на оптоэлектронных элементах, таких, например, как оптопара светодиод и фотозлектрический преобразователь или светодиод и фоторезистор.

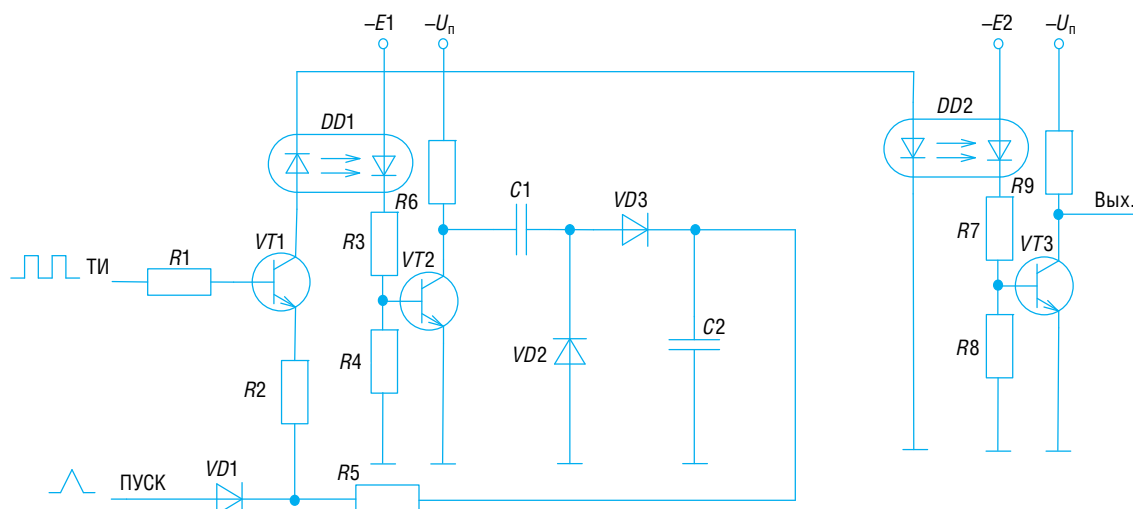


Рис. 11. Принципиальная схема элемента памяти с несимметричным отказом



## Выводы

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, синтез систем железнодорожной автоматики идет по пути применения программируемых микропроцессоров и микро-ЭВМ, реализованных в виде больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС), обладающих относительно высокой надежностью и относительно низкой стоимостью. Но поскольку эти элементы имеют симметричные отказы типа  $1 \rightarrow 0$  и  $0 \rightarrow 1$ , то для обеспечения безопасности используют различные методы введения избыточности: аппаратной, программной и информационной. Как правило, для обеспечения безопасности применяют общее структурное (аппаратное) резервирование, чаще всего используют две дублированные системы с проверкой корректности их работы на безопасной схеме сравнения, у которой наиболее вероятны несимметричные отказы типа  $1 \rightarrow 0$  (ЛЭНО) [29]. В этом случае для построения систем железнодорожной автоматики используют две дублированные системы. Такой принцип построения определяется тем, что в этих системах управления недопустимы перерывы в работе. Одна из дублированных систем реализует рабочий алгоритм функционирования системы, а вторая дублированная система находится в горячем резерве.

Также для синтеза систем железнодорожной автоматики и телемеханики используется мажоритарное резервирование, при котором число систем, работающих в рабочем режиме, нечетно и сравнение выходных сигналов производится на безопасном мажоритарном элементе с несимметричными отказами типа  $1 \rightarrow 0$ . Решения принимаются по большинству, в той системе, которая выдает управляющий сигнал, отличный от двух остальных; фиксируется ошибка, и безопасный элемент, если он управляющий, перезагружается, а остальные принимают решение по дублированной системе (так как чаще других применяется мажоритарный метод «2 из 3»).

Для защиты от одинаковых сбоев в резервированных системах, у которых алгоритмы управления реализуются с помощью программ, применяется диверситетное программирование для резервируемых систем [29].

Таким образом, конечным элементом, выдающим команду от резервированной системы управления на исполнительный элемент, является элемент с несимметричными отказами.

На данный момент активно внедряются системы релейно-процессорной и микропроцессорной централизации, в которых применяются БИС и СБИС как с дублированным, так и с мажоритарным резервированием. **ИТ**

## Список литературы

1. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Талалаев и др.; под ред. Вл. В. Сапожникова. — М.: Транспорт, 1997. — 288 с.
2. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В. Дискретные автоматы с обнаружением отказов. — Л.: Энергоатомиздат, 1984. — 112 с.
3. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В. Методы синтеза надежных автоматов. — Л.: Энергия, 1980. — 96 с.
4. Мазнев В. И. Синтез полностью самопроверяемых последовательностных схем // Автоматика и телемеханика. — 1977. — № 6. — С. 167–175.
5. Свешников В. И. Устройства числового кода — на новую элементную базу // Автоматика, телемеханика и связь. — 1987. — № 2. — С. 18–23.
6. Лисенков В. М. Теория автоматических систем интервального регулирования. — М.: Транспорт, 1987. — 150 с.
7. Методы построения безопасных систем железнодорожной автоматики / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Х. А. Христов и др.; под ред. Вл. В. Сапожникова. — М.: Транспорт, 1995. — 273 с.
8. Соколов В. И., Коваленко В. Н. Импульсно-потенциальная схема совпадения // Радиотехника. — 1984. — № 12. — С. 72–74.
9. Аркатов В. С., Офенгейм Х. Г. Новое поколение электромагнитных реле для железнодорожных систем автоматики. Экспресс-информация\_ЦНИИТЭИ МПС. — Сер. Автоматика и связь. — Вып. 3. — М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1985. — 22 с.
10. Горский А. В., Воробьев А. А. Оптимизация системы ремонта локомотивов. — М.: Транспорт, 1994. — 208 с.
11. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Шаманов В. И. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / под ред. Вл. В. Сапожникова. — М.: Маршрут, 2003. — 263 с.
12. А. с. 900456 СССР. МКИ<sup>3</sup> Н 03 К 19/20. Элемент ИЛИ / В. М. Лисенков, В. С. Аркатов, А. А. Сахнин, В. И. Сироткин. — № 2667012/18–21; заявл. 25.09.78; опубл. 23.01.82, Бюл. № 3.
13. Соколов В. И., Коваленко В. Н. Принципы построения безопасных электронных систем автоматики // Идентификация систем интервального регулирования движения поездов: межвуз. сб. науч. тр. ОМИИТа. — Омск, 1987. — С. 48–51.
14. Акопов А. А., Розенберг Е. Н., Лобынцев Г. И. Струйные элементы в устройствах железнодорожной автоматики // Автоматика, телемеханика и связь. — 1976. — № 7. — С. 12–14.
15. Зекцер Д. М. Контактроны в аппаратуре автоматики и телемеханики // Автоматика, телемеханика и связь. — 1976. — № 11. — С. 15–16.
16. Кондратенко Л. Ф., Прынцев В. А., Сусоев В. Н. Импульсное путевое реле ИВГ // Автоматика, телемеханика и связь. — 1986. — № 3. — С. 8–11.

17. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. для вузов / А. С. Переборов, А. М. Брылеев, В. В. Сапожников и др. ; под ред. А. С. Переборова. — М. : Транспорт, 1984. — 384 с.
18. Huet I., Weber O. Les pastes de signalization. Evolution et tendances actuelles // Rev. gen. chemins fer. — 1972. — Oct. — P. 91.
19. Yensch W., Lots A., Schiwiek L. Das Sicherheits Beustein system LOGISAFE 33 // Signal and Drant. — 1978. — № 12. — С. 275–276, 278–284.
20. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов : учебник для вузов ж.-д. транспорта. — М. : ВИНТИ РАН, 1999. — 332 с.
21. Cross P., Rose J. Fail Safe Signalling and Electronic System. The Conventional Alternative to the Micro-processor // Jnt. Conf. Railway in the Electron. Age. London, 17–22 Nov. 1981. — London, New York, 1981.
22. Сапожников В. В. Синтез схем электрической централизации с исключением опасных отказов // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа. — 1969. — Вып. 293. — С. 234–243.
23. А. с. 915238 СССР, МКИ Н 03 К 19/02. Логический элемент, исключающий ложный логический сигнал на выходе / В. М. Лисенков, В. С. Аркатов, В. И. Сироткин и др. (СССР). — № 296000/18–21 ; заявл. 18.07.80 ; опубл. 27.08.82, Бюл. № 11.
24. Борисенко Л. И. Исследование возможности применения интегральных схем в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1975. — 21 с.
25. Чернышов А. А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. — М. : Радио и связь, 1988. — 256 с.
26. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Валиев Р. Ш. Синтез самодвойственных дискретных систем : монография. — СПб. : Элмор, 2006. — 224 с.
27. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В. Основы технической диагностики : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта. — М. : Маршрут, 2004. — 318 с.
28. Нейристорные и другие функциональные схемы с объемной связью / В. И. Стафеев, К. Ф. Комаровский, Г. И. Фурсин. — М. : Радио и связь, 1981. — 112 с.
29. Микропроцессорная система централизации стрелок и сигналов EBILOCK 950 : пособие / Г. А. Казимов, В. Н. Алешин, А. Б. Деревянко и др. ; под общей ред. Казиева Г. Д. — М. : ТРАНИЗДАТ, 2008. — 368 с.



Юрий Владимирович  
Голиков

Yury V. Golikov

## Аппаратура для проектно-изыскательских работ в сфере транспорта на основе электрозондирования земли

### Equipment for design and survey works in the transport sector on the basis of electric earth sensing

#### Аннотация

В результате 40-летних исследований автором статьи разработаны технология и оборудование, позволяющие выполнять электрозондирование с измерением удельного электрического сопротивления на глубину 600 км с шагом квантования по глубине 10 см. Теоретически глубина зондирования неограниченна [1].

**Ключевые слова:** оборудование, проектно-изыскательские работы, транспорт, электрозондирование земли.

#### Abstract

As a result, 40-year-old works, the author developed the technology and equipment that enables electric earth sensing with the measurement of the electrical resistivity to a depth of 600 km with a step of quantization at the depth of 10 cm. Theoretically, the depth of sounding is unlimited [1].

**Keywords:** equipment, design and survey works, transport, electric earth sensing.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-50-53

#### Авторы Authors

Юрий Владимирович Голиков, д-р геол.-мин. наук, профессор кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: p12252@yandex.ru

Yury Vladimirovich Golikov, Dr. of geol.-min. Sci., professor of «Bridges and Transport Tunnels» Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: p12252@yandex.ru

Человечество всегда стремилось познать строение Земли. В этом процессе исследователями пройдено два этапа:

1. Электрондирование на постоянном токе, в результате которого получено удельное электрическое сопротивление на глубину до 60 км при разносах до 500 км [2].

2. Бурение сверхглубоких скважин. В мире в период с 1962 по 1990 г. пробурено 12 скважин. Самая глубокая из них — Кольская скважина СГ-3 — 12 262 м.

Полярный радиус Земли — малая полуось эллипсоида Красовского, равная 6 356 863 м. Экваториальный радиус Земли — большая полуось эллипсоида Красовского, равная 6 378 245 м. Средний радиус Земли — 6 371 302 м.

Измерения выполнены комплектом аппаратуры АНП-4 [1]. На рис. 1 приведены технические характеристики аппаратуры АНП-4 (аппаратура нестационарного поля). На аппаратуру получен сертификат Государственного унитарного предприятия «Центр метрологических исследований «Урал-Гео» (Республика Башкортостан, г. Уфа).

## Сертификат о калибровке средства измерений № 115-06/17

**Объект калибровки:** аппаратура нестационарного поля АНП-4, заводской № 12.

**Заказчик:** Институт геофизики УрО РАН (620077, РФ, г. Екатеринбург, ул. Амундсена 100).

**Измеряемая величина:** удельное электрическое сопротивление (УЭС) жидкости, Ом·м.

## Результаты калибровки

**Индивидуальная калибровочная функция:**

$$y = A \cdot x + B,$$

где  $y$  — УЭС, измеряемое прибором, Ом·м;  $x$  — выходной сигнал прибора; коэффициенты:  $A = 3,66$ ;  $B = 28,28$  (на момент калибровки 02.06.2017 г.)

**Методика калибровки:** АНП-4 «Аппаратура нестационарного поля». Методика калибровки», утвержденная ГУП ЦМИ «Урал-Гео» в 2014 г.

**Условия калибровки:** температура воздуха: 13,5 °С.

Единица УЭП передана стандартному образцу УЭП (диэлектрическому бассейну) от кондуктометра КЛ-С-№ 142 (Свидетельство о поверке ФБУ «Алтайский ЦСМ» № 101323 до 22.12.17 г.).

Калибровка выполнена с помощью стандартного образца удельного электрического сопротивления жидкости (диэлектрического бассейна) № 002 (Сертификат калибровки № 1354–2017 до 28.04.2018 г., выдан ГУП ЦМИ «Урал-Гео»).



- Максимальный выходной ток в импульсе: 30 А
- Максимальное выходное напряжение в импульсе: 300 В
- Напряжение питания: 220 В АС, 3 кВт или аккумуляторы
- Длительность импульса: 10–100 мс
- Длительность переднего фронта импульса тока: не более 30 мкс
- Длительность заднего фронта импульса тока: не более 30 мкс
- Форма импульсов тока: разнополярная прямоугольная с паузой
- Синхронизация с измерителем: GPS-приемник
- Диапазон рабочих температур: –20...+30 °С
- Масса: 5,2 кг
- Габариты: 480×350×133



- Диапазон измеряемых напряжений: +/– 5 В
- Динамический диапазон измерения ЭДС переходного процесса: не менее 80 дБ
- Минимальное время измерения переходного процесса: 10 мкс
- Максимальное время измерения переходного процесса: 300 мс
- Объем энергонезависимой памяти данных: 4 Гб
- Подавление периодической помехи 50 Гц: не менее 80 дБ
- Синхронизация с генератором тока: GPS-приемник
- Точность синхронизации с генератором тока: +/–900 нс
- Связь с компьютером регистратора: USB 2.0
- Питание от источника постоянного тока напряжением: +/–12 В
- Потребляемая мощность (без подзарядки аккумуляторов): 18 часов
- Диапазон рабочих температур: –20...+30 °С
- Масса: 1,1 кг
- Габариты: 240×190×100 мм

Рис. 1. Аппаратура АНП-4:

а — генератор; б — измеритель

Дата калибровки: 02.06.2017 г.

Рекомендуемая дата проведения следующей калибровки: 02.12.2018 г.

Зав. отделом эталонов к.т.н. В. Д. Святохин.





Рис. 2. Уральская скважина СГ-4, измерения выполнены с использованием аппаратуры АНП-4



Рис. 3. Измерения на устье скважины СГ-4

Подана заявка на патент с приоритетом от 17 августа 2017 г. Заявка прошла формальную экспертизу и направлена в отдел 28 для прохождения экспертизы по существу под номером 2017129411/28 (051064).

В качестве одного из примеров рассмотрим сопоставление наших работ с результатами измерений на уральской скважине СГ-4 (рис. 2–5). Скважина бурилась 5 лет. Измерения с аппаратурой АНП-4 выполнены в ноябре 2017 г. до глубины 600 км.

Одним из примеров эффективного использования предложенной аппаратуры может послужить диагностика состояния железнодорожной насыпи и ее основания бесконтактным электромагнитным методом, подробно описанная в статье [3].

## Выводы

Представленная технология и аппаратура должны заменить все геологические и геофизические методы и обеспечить глубинное изучение Земли, поиски и разведку месторождений руд и углеводородов, а также решение инженерно-геологических задач до глубины 600 км.

В настоящее время ведется разработка технологии и аппаратуры электророндирования Земли до глубины 8000 км.

Предложенная аппаратура должна в значительной мере повысить эффективность проектно-изыскательских работ в транспортной сфере. **ИТ**

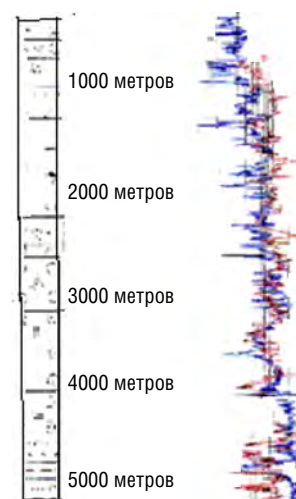


Рис. 4. Результаты измерения по скважине СГ-4: красная кривая — наши измерения, синяя кривая — результаты измерения керна по скважине



Масштаб, м	Стратиграфия					Глубина, м	Краткое описание
	Система. Отдел	Ярус	Свита	Толща	Подтолща		
1000	СИЛУРИЙСКАЯ. НИЖНИЙ	Венлокский	Именовская	Эффузивная		430	Лавовые потоки базальтов, андезито-базальтов и андезитов, перемежающиеся с маломощными прослоями вулканогенно-осадочных пород, горизонтами подушечных брекчий и гиалокластитов, дайки пикробазальтов
2000					Вулканокластическая	Верхняя	1026
				1633			Глыбово-агломератовые тефроиды и туффиты базальтового и андезито-базальтового состава
				1872			Псаммитовые, псефитовые туфы, тефроиды, туффиты Рх-Рl-базальтов
				2398			Туфы и туффиты от псаммитовых до глыбово-агломератовых базальтового и андезитобазальтового состава с тонкими прослоями туфопесчаников, туфоалевролитов
3000				Переходная	Нижняя	2640	Туфы и тефроиды базальтового состава
						2965	Туфы базальтов и андезитобазальтов
4000				Флишидная	Верхняя	3487	Туффиты и туфоосадочные породы с литокластами базальтов, андезитобазальтов, кремнистых алевролитов, известняков. Тела диоритов
						4617	Туффиты от алевропелитовой до псефитовой и агломератовой размерности, редко туфы, дацитового, андезито-дацитового, андезито-базальтового, базальтового составов, кремнисто-глинистые сланцы. Дайки пикритов и пикробазальтов
5000				Кабанская			Нижняя
							

Рис. 5. Геологический разрез по скважине СГ-4

## Список литературы

- Голиков Ю. В. Импульсная электроразведка методом заряда / Ю. В. Голиков. — Екатеринбург : Изд-во УГГТА, 2002. — 273 с.
- Краев А. П. Первый опыт сверхглубокого электрозондирования земной коры / А. П. Краев. — Л. : Вести ЛГУ, 1948.
- Голиков Ю. В. Диагностика состояния железнодо-рожной насыпи и ее основания бесконтактным электромагнитным методом / Ю. В. Голиков // Инновационный транспорт. — 2017. — № 4. — С. 34–37. — ISSN 2311–164X.



Ирина Васильевна  
Полещук

Irina V. Poleshchuk



Дмитрий Александрович  
Скутин

Dmitry A. Skutin

## Анализ мест возникновения максимальных поперечных сил на контакте «колесо — рельс»

### Analysis for the occurrence places of the maximum transverse forces on the contact “wheel-rail”

#### Аннотация

При движении поезда по криволинейным участкам железнодорожного пути возникают дополнительные силы на контакте «колесо — рельс». Выявление наиболее вероятных мест возникновения данных сил позволит заблаговременно принять меры по усилению данных участков для поддержания их в нормативном состоянии.

**Ключевые слова:** криволинейные участки, моделирование, поперечные силы, железнодорожный путь, радиус, переходная кривая, круговая кривая, место возникновения максимальной поперечной силы.

#### Abstract

When the train moves along curvilinear sections of the railway track, additional forces appear on the wheel-rail contact. The identification of the most probable places for occurrence of these forces will allow taking measures in advance to strengthen these sites in order to maintain them in the normative state.

**Keywords:** curvilinear sections, modeling, shear forces, railway track, radius, transition curve, circular curve, the place where maximum transverse force occurs.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-54-58

#### Авторы Authors

**Ирина Васильевна Полещук**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортное строительство» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва | **Дмитрий Александрович Скутин**, старший преподаватель кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

**Irina Vasilevna Poleshchuk**, candidate of technical science, associate professor of chair for “Transport construction”, “Russian University of Transport” (MIIT), Moscow, Russia | **Dmitry Alexandrovich Skutin**, senior lecturer of chair for “Railway Construction and Railway Track”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia

Таблица 1

**Поперечные силы на контакте «колесо — рельс»  
при движении поездов по криволинейным участкам пути**  
( $a_{np} = 0,3 \text{ м/с}^2$ ;  $q = 22 \text{ т/ось}$ )

Радиус кривой, м	Поперечные силы при скорости		
	80 км/ч	100 км/ч	120 км/ч
500	18542	18768	17512
600	17879	18018	17018
700	14095	15717	16947
800	13752	13422	15806
900	13133	13258	13686
1000	13722	13328	13450
1200	14900	14390	14033

В рамках ранее проводимых исследований были определены значения максимальных поперечных сил на контакте «колесо — рельс», которые возникают при движении подвижного состава по криволинейным участкам пути с радиусами круговых кривых 500, 600, 700, 800, 900, 1000 и 1200 м и скоростями движения 80, 100 и 120 км/ч, а также места возникновения этих сил (входная переходная кривая, круговая кривая, выходная переходная кривая). Для всех вариантов прохода поездов подбирались параметры макрогеометрии плана линии таким образом, чтобы непогашенное ускорение, возникающее в пределах круговой части кривой, составляло  $0,3 \text{ м/с}^2$ , а крутизна отвода возвышения равнялась  $0,8 \text{ ‰}$ .

Результаты численных экспериментов представлены в табл. 1.

По результатам анализа табл. 1 были построены изополя поперечных сил на контакте «колесо — рельс», позволяющие оценить значения горизонтальных поперечных сил, возникающих при движении поезда по круговой кривой определенного радиуса с постоянной скоростью (рис. 1), был произведен анализ мест возникновения максимальных значений силы при движении подвижного состава по криволинейным участкам пути (табл. 2) [1, 2].

В целях более точного определения мест возникновения максимальных поперечных сил каждый из элементов кривой: входная переходная кривая, круговая кривая и выходная переходная кривая — были разделены на 5 участков, каждый составлял 20 % от протяженности этого элемента, таким образом, каждая кривая была разделена на 15 участков (рис. 2).

На основе полученных данных были сделаны выводы, что при движении поездов по участкам кривых с радиусом круговой кривой от 500 до 1200 м со скоростью 80 км/ч, при возникновении максимальной поперечной силы в пределах входной переходной кривой во всех случаях

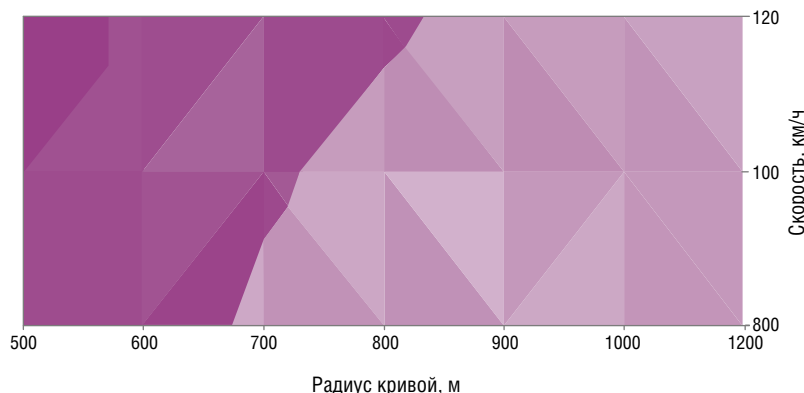


Рис. 1. Изополя поперечных сил на контакте «колесо — рельс»  
( $a_{np} = 0,3 \text{ м/с}^2$ ;  $q = 22 \text{ т/ось}$ ):

■ — 10000–15000; ■ — 15000–20000

ях место появления максимальной силы располагается на участке от 40 до 60 % от длины входной переходной кривой. Аналогичная ситуация в пределах выходной кривой: во всех случаях место максимальной силы располагается на участке от 40 до 60 % от длины выходной переходной кривой. При возникновении максимальной поперечной силы в пределах круговой кривой во всех случаях место расположения силы находится в пределах от начала круговой кривой и до 20 % от длины круговой кривой (рис. 3, 6, табл. 3).

При движении поездов по участкам кривых с радиусом круговой кривой от 500 до 1200 метров со скоростью

100 км/ч, при возникновении максимальной поперечной силы в пределах входной переходной кривой во всех случаях место максимальной силы располагается на участке от 60 до 80 % от длины входной переходной кривой, при расположении максимальной поперечной силы в пределах выходной кривой, место максимальной силы располагается на трех участках с равной вероятностью:

- от 20 до 40 % от длины выходной переходной кривой;
- от 40 до 60 % от длины выходной переходной кривой;
- от 60 до 80 % от длины выходной переходной кривой.



Таблица 2

Место возникновения максимальных поперечных сил на контакте «колесо — рельс» при движении поездов по криволинейным участкам пути ( $a_{нп} = 0,3 \text{ м/с}^2$ ;  $q = 22 \text{ т/ось}$ )

Радиус кривой, м	Поперечные силы при скорости		
	80 км/ч	100 км/ч	120 км/ч
500	круговая кривая	круговая кривая	круговая кривая
600	круговая кривая	круговая кривая	круговая кривая
700	круговая кривая	круговая кривая	круговая кривая
800	кон. переход. кривая	кон. переход. кривая	круговая кривая
900	кон. переход. кривая	кон. переход. кривая	кон. переход. кривая
1000	нач. переход. кривая	кон. переход. кривая	кон. переход. кривая
1200	нач. переход. кривая	нач. переход. кривая	нач. переход. кривая



Рис. 2. Границы участков разбиения кривой

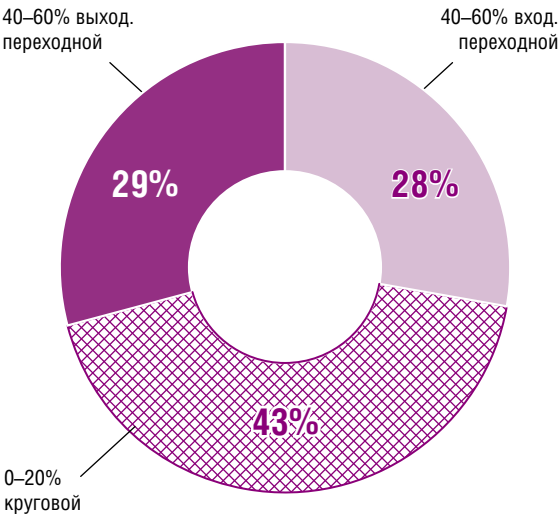


Рис. 3. Места возникновения максимальной поперечной силы при скорости движения подвижного состава 80 км/ч

При возникновении максимальной поперечной силы в пределах круговой кривой во всех случаях место расположения силы находится в пределах от начала круговой кривой и до 20 % от длины круговой кривой (рис. 4, 6, табл. 3).

При движении поездов по участкам кривых с радиусом круговой кривой от 500 до 1200 м со скоростью 120 км/ч, при возникновении максимальной поперечной силы в пределах входной переходной кривой во всех случаях место максимальной силы располагается на участке от 80 до 100 % от длины входной переходной кривой. При расположении максимальной поперечной силы в пределах выходной кривой — во всех случаях место максимальной силы располагается на участке от 60 до 80 % от длины выходной переходной кривой. При расположении максимальной поперечной силы в пределах круговой кривой — место максимальной силы располагается на двух участках с равной вероятностью:

- от 0 до 20 % от длины круговой кривой;
- от 20 до 40 % от длины круговой кривой (рис. 5, 6, табл. 3).

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

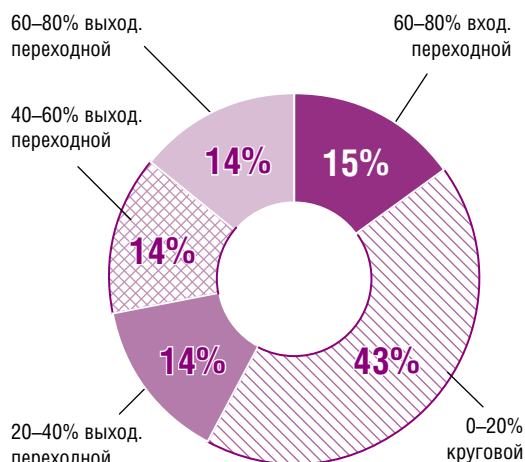


Рис. 4. Места возникновения максимальной поперечной силы при скорости движения подвижного состава 100 км/ч

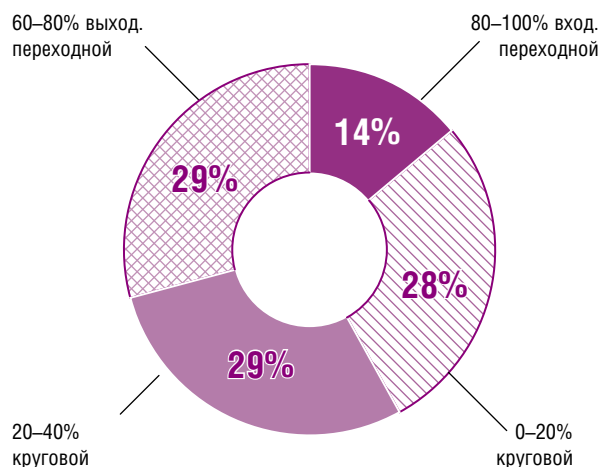


Рис. 5. Места возникновения максимальной поперечной силы при скорости движения подвижного состава 120 км/ч

Таблица 3

Место возникновения максимальных поперечных сил на контакте «колесо — рельс» при движении поездов по криволинейным участкам пути ( $a_{\text{нп}} = 0,3 \text{ м/с}^2$ ;  $q = 22 \text{ т/ось}$ )

Радиус кривой, м	Поперечные силы при скорости		
	80 км/ч	100 км/ч	120 км/ч
500	0–20 % круговой	0–20 % круговой	0–20 % круговой
600	0–20 % круговой	0–20 % круговой	20–40 % круговой
700	0–20 % круговой	0–20 % круговой	20–40 % круговой
800	40–60 % выход. переходной	20–40 % выход. переходной	0–20 % круговой
900	40–60 % выход. переходной	60–80 % выход. переходной	20–40 % выход. переходной
1000	40–60 % вход. переходной	40–60 % выход. переходной	20–40 % выход. переходной
1200	40–60 % вход. переходной	60–80 % вход. переходной	80–100 % вход. переходной

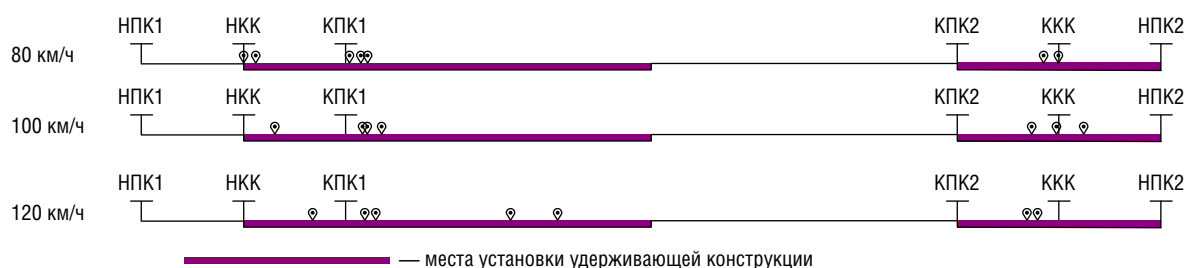


Рис. 6. Места возникновения максимальной поперечной силы при движении подвижного состава

При этом при увеличении радиуса круговой кривой и уменьшении длины переходной кривой, определенной в соответствии с [3], происходит смещение места возникновения максимальной поперечной силы в сторону переходных кривых, что может свидетельствовать о недостаточной длине переходной кривой.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что расположение места максимальной

поперечной силы на двухпутном участке при скоростях движения от 80 до 120 км/ч будет определено на участках от середины входной переходной кривой до середины круговой кривой, а также в пределах выходной переходной кривой. Именно эти места и требуют первоочередного усиления для поддержания пути в нормативном состоянии. **ИТ**

### Список литературы

1. Скутин Д. А. Анализ поперечных сил на контакте «колесо — рельс» // Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. — Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2016. — Вып. 4. — С. 8–17. — ISBN 978-5-262-00789-9.
2. Скутин Д. А. Определение мест возникновения наибольших поперечных сил при движении подвижного состава по кривой // Вестник УрГУПС. — 2017. — № 2 (34). — С. 101–110. — ISSN 2079-0392.
3. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути: распоряжение ОАО «РЖД» от 18 января 2013 г. № 75р. — URL: <https://studfiles.net/preview/2140950/>



**Александр  
Петрович  
Буйносов**

**Alexander P.  
Buinosov**



**Константин  
Алексеевич  
Стаценко**

**Konstantin A.  
Statsenko**



**Елена  
Алексеевна  
Гузенкова**

**Elena A.  
Guzenkova**



**Александр  
Павлович  
Пахомов**

**Alexander P.  
Pahomov**

## Контроль натяга бандажа на ободе колесного центра у сформированных колесных пар электровозов

## Control for the banding tightness on the rim of the wheel center at the formed wheelsets of electric locomotives

### Аннотация

В статье рассматриваются факторы, влияющие на прочность сопряжения «бандаж — колесный центр», проводится оценка возможности контроля натяга бандажа на ободе колесного центра у сформированных колесных пар.

**Ключевые слова:** колесная пара, бандаж, колесный центр, прочность посадки, натяг.

### Abstract

The article deals with the factors influencing the bonding strength of the “bandage - wheel center”. The article makes an assessment of the possibility of monitoring the bandage tension on the rim of the wheel center at the formed wheel pairs.

**Keywords:** wheel pair, bandage, wheel center, landing strength, interference.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-59-62

### Авторы Authors

**Александр Петрович Буйносов**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [abuinosov@usurt.ru](mailto:abuinosov@usurt.ru) | **Константин Алексеевич Стаценко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [kstatsenko@mail.ru](mailto:kstatsenko@mail.ru) | **Елена Алексеевна Гузенкова**, ст. преподаватель кафедры «Информационные технологии и защита информации» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [sato-hany@yandex.ru](mailto:sato-hany@yandex.ru) | **Александр Павлович Пахомов**, аспирант кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [appakhomov1992@mail.ru](mailto:appakhomov1992@mail.ru)

**Alexander Petrovich Buinosov**, doctor of technical science, professor of chair for “Electric Traction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [abuinosov@usurt.ru](mailto:abuinosov@usurt.ru) | **Konstantin Alexeyevich Statsenko**, candidate of technical science, associate professor of chair for “Electric Traction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [kstatsenko@mail.ru](mailto:kstatsenko@mail.ru) | **Elena Alexeyevna Guzenkova**, senior lecturer of chair for “Systems and Technologies of Information Security”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [sato-hany@yandex.ru](mailto:sato-hany@yandex.ru) | **Alexander Pavlovich Pahomov**, postgraduate student of chair for “Electric Traction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia; e-mail: [appakhomov1992@mail.ru](mailto:appakhomov1992@mail.ru)



Прочность посадки бандажа электровоза на ободе колесного центра непосредственно влияет на безопасность движения, вызывает необходимость простоя электровоза во внеплановом ремонте, а также приводит к преждевременному исчерпанию ресурса обоих бандажей колесной пары с такой неисправностью. На сегодняшний день на сети дорог Российской Федерации от 2 до 6 % колесных пар выходят из строя по причине ослабления прочности сопряжения «бандаж — обод колесного центра».

В ближайшей перспективе на сети дорог страны планируется увеличение скоростей движения грузовых поездов до 120 км/ч и пассажирских — до 160 км/ч, а также повышение массы поезда до 30 тыс. т, что приведет к значительному усилению давления тормозных колодок на бандажи, а значит, повысит вероятность проворотов и ослаблений посадки бандажей на колесных центрах.

По известному правилу, если масса охватываемой детали меньше массы охватываемой, то используется горячий способ формирования посадочных соединений, в обратном случае применяют холодный способ. Применительно к колесным парам электровозов это обуславливает применение теплового способа посадочных соединений внутренних колец буксовых подшипников с осью и бандажей с колесным центром, а также пресового способа для соединения колесного центра с осью колесной пары. Неэффективность болтового, заклепочного, сварного и других способов посадочных сопряжений рассмотрена в работе [1].

Кроме ослаблений посадки, другими основными неисправностями посадочных соединений являются трещины, вызванные чрезмерным натягом, и задиры на посадочных поверхностях, вызванные их взаимным проворотом.

В настоящее время установлены следующие технологические факторы, влияющие на прочность сопряжения «бандаж — обод колесного центра» [1–3]:

- величина натяга бандажа, влияющая на контактное давление в сопряжении;
- величины конусности и овальности посадочных поверхностей;
- температура нагрева бандажа при посадке. Установлено, что для посадки бандажа достаточно 150 °С (против максимального норматива по инструкциям [4, 5] в 320 °С, что может способствовать развальцованию);
- величина шероховатости посадочных поверхностей;
- фреттинг-коррозия посадочных поверхностей;
- наличие смазки и влаги в контакте бандажа с ободом.

Основными технологическими факторами, влияющими на прочность сопряжения бандажа с колесным центром, являются величина натяга бандажа, которая оказывает наибольшее влияние, а также макро- и микрогеометрические параметры соединяемых поверхностей.

Что касается эксплуатационных факторов, то, как установлено в работе [6] д.т.н. В. Г. Иноземцевым, тепловое расширение при экстренном торможении вызывает уменьшение натяга порядка 0,5 мм, а при длительном — порядка 0,8 мм.

В процессе эксплуатации с уменьшением толщины бандажа величина его натяга уменьшается. Так, при толщине бандажа 45 мм величина натяга уменьшается на 60–65 % от натяга при толщине бандажа 90 мм, что обуславливает актуальность исследований, связанных с разработкой методики численного периодического контроля величины натяга сформированных колесных пар.

В настоящее время, в соответствии с приложением 1 [4] и приложением Е [5], натяг бандажа на ободе колесного центра контролируется с помощью бандажного нутромера И727.00.00 и штангенциркуля И726.00.00 как разница диаметров посадочных поверхностей, измеренных перед горячей насадкой бандажей. После формирования колесной пары натяг бандажа не контролируют, а о его прочности судят аудиально после удара молотка массой 200 г о поверхность бандажа [5]. О субъективности аудиального органолептического способа контроля написано в работе [7].

В настоящей статье оценена возможность использования опорного буртика бандажа как информативного элемента для численного определения величины натяга бандажа электровоза после насадки бандажа на обод колесного центра.

Особенностью опорного буртика является то, что он не подвергается наклепу при эксплуатации колесной пары и имеет достаточные размеры для установки преобразователей штатных измерительных приборов неразрушающего контроля.

Для проведения исследования применялись ультразвуковой дефектоскоп УД2–102 и волны Рэлея [8]. При контроле деталей с размерами опорного буртика для частот  $f \geq 0,4$  МГц скорость распространения поверхностных волн не зависит от изменения частоты. Изменения частоты ультразвука для дефектоскопа УД2–102 могут составлять порядка 10 % [9].

Контролировалось время распространения волн Рэлея, и анализировались первые два сквозных сигнала. Ввиду того, что в ограниченном пространстве ультразвуковые волны расщепляются в волны разного типа, имеющие различные скорости, то в энергонезависимую память дефектоскопа УД2–102 записывались стоп-кадры, содержащие информацию обо всех типах волн, а также номер бандажа, номер плавки, диаметры посадочных поверхностей сопряжения бандажа с ободом колесного центра и температура бандажа. Объем выборки по каждой серии исследований составил более сотни стоп-кадров, подлежащих анализу.

Выявлена зависимость расположения импульсов от направления излучения ультразвука по или против

часовой стрелки. Возможно, это связано с асимметрией звукового поля пьезоэлектрического преобразователя, а также с отражением УЗК от неровностей поверхности [10]. В связи с этим было выбрано единое направление излучения ультразвука — против часовой стрелки. Кроме того, выбрано и определенное место установки излучателя на опорном буртике — у левого края клейма.

В ходе работы производился учет мешающих факторов, влияющих на результаты исследований при применении ультразвукового контроля.

Способ определения натяга бандажа основывается на зависимости скорости поверхностных ультразвуковых волн от механического напряжения в твердом теле. При уменьшении напряжений в объекте контроля скорость распространения волн Рэлея возрастает, а значит, время прохождения сигнала уменьшается.

Для исследования экспериментально полученных сигналов выбраны импульсы, обусловленные поверхностными волнами, ввиду неподверженности их скорости распространения дисперсии при изменениях частоты.

При изучении стоп-кадров, полученных перед насадкой бандажей и после ее, выявлена корреляционная зависимость между исследованными параметрами сигналов и натягом. Создан алгоритм, и написана компьютерная программа для обработки результатов измерений.

Выявлено, что функции

$$T_1 = \frac{\int_{t'}^{t'+65} (t - t_1) J_t dt}{\int_{t'}^{t'+65} J_t dt}; \quad (1)$$

$$T_2 = \frac{\int_{2t'-t_{\text{пэп}}}^{2t'-t_{\text{пэп}}+130} (t - (2t' - t_{\text{пэп}})) J_t dt}{\int_{2t'-t_{\text{пэп}}}^{2t'-t_{\text{пэп}}+130} J_t dt}, \quad (2)$$

где  $J_t$  — интенсивность импульса в момент времени  $t$ , характеризуют совокупность сквозных импульсов, соответственно первых и вторых. Их значения определяются только их координатами и относительной величиной и не зависят от абсолютной величины интенсивностей импульсов. По отношению соответственно к точкам  $t'$  и  $(2t' - t_{\text{пэп}})$   $T_1$  и  $T_2$  определяют положение «центра тяжести» интенсивностей серии первых и вторых сквозных сигналов на оси времени. «Плавающие» в зависимости от температуры точки начала отчета позволяют исключить ситуацию, когда после насадки бандажа в контролируемый интервал попадает импульс, находившийся вне интервала до насадки. Измерения показали, что время между сигналами на границах участков составляет порядка 10 мкс, а среднее увеличение времени их распространения, возникшее за счет натяга, меньше этой величины.

Функция

$$Z = T_1 - T_2 \quad (3)$$

не зависит явно от времени прохождения сигнала через пьезоэлемент  $t_{\text{пэп}}$  и должна находиться в корреляционной зависимости от натяга.

Для проверки этой гипотезы заменим интегрирование суммированием

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (t - t') J_i}{\sum_{i=1}^n J_i}, \quad (4)$$

$$T_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t - (2t' - t_{\text{пэп}})) J_i}{\sum_{i=1}^n J_i}, \quad (5)$$

где  $n$  — число импульсов на данном интервале;  $t$  — координата импульса интенсивностью  $J_i$ .

По определению

$$N = 10 \lg \frac{J}{J_0}, \quad (6)$$

где  $J_0$  — пороговое значение интенсивности ультразвуковой волны,  $J_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>;  $N$  — сила УЗК, Дб.

Из (6) получим

$$J = 10^{\left(\frac{N}{10} - 12\right)}. \quad (7)$$

Выразим интенсивность волны в формулах (4) и (5) через силу УЗК  $N$ :

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (t - t') 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}{\sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}, \quad (8)$$

$$T_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t - (2t' - t_{\text{пэп}})) 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}{\sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}. \quad (9)$$

Точность измерения амплитуд сигналов 0,1 Дб достигается или использованием дефектоскопа УДЗ-103 с такой дискретностью измерения, или, по рекомендации главного инженера компании «Алтек», измерением амплитуды в пикселях. В соответствии с данными, полученными непосредственно у главного инженера компании «Алтек», режим измерения «Лупа. Ручная метка»,

в котором осуществлялся контроль времени регистрации импульсов, дает погрешность 1,25 мкс.

В пределах указанных зон на частоте 0,4 МГц и усилением 80 Дб регистрировали шесть или семь первых сквозных сигналов или шесть вторых. Измерялась амплитуда  $N$  и время регистрации сигнала  $t$ , по формулам (8) и (9) определялись параметры  $T_1$  и  $T_2$ , затем по формуле (3) находили параметр  $Z_1$  до и  $Z_2$  после посадки бандажа.

Установлена хорошая корреляционная зависимость функции  $\Delta Z$  с величиной натяга,

$$\Delta Z = T'_1 - T_1, \quad (10)$$

где  $T_1, T'_1$  — параметры, определяющие положение «центра тяжести» интенсивностей серии первых сквозных импульсов перед насадкой бандажа и после ее.

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_0) 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}{\sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{N_i}{10} - 12\right)}}, \quad (11)$$

$$T'_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (t'_i - t_0) 10^{\left(\frac{N'_i}{10} - 12\right)}}{\sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{N'_i}{10} - 12\right)}}. \quad (12)$$

Полученное среднее значение  $\Delta Z$  существенно превышает погрешность измерений, на основании чего сделан вывод о возможности применения этого метода для контроля натяга бандажа. **ИТ**

## Список литературы

1. Буйносов А. П. Методы повышения ресурса бандажей колесных пар тягового подвижного состава : дисс. ... д-ра техн. наук. — Екатеринбург, 2011. — 455 с.
2. Стаценко К. А. Повышение долговечности колесных пар электровазов технологическими методами : дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07. — Защищена 11.02.05 ; Утв. 10.06.05. — Екатеринбург, 2006. — 159 с.
3. Буйносов А. П., Стаценко К. А. Повышение ресурса колесных пар электровазов технологическими методами : монография. — Саарбрюккен, Germany (Германия) : Изд-во «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2012. — 215 с.
4. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм: ЦТ/329. — М. : Транспорт, 1995. — 121 с.
5. Инструкция по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и моторвагонного подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.12.2016 № 2631р. — М. : Транспорт. — 104 с.
6. Иноземцев В. Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава: вопросы и ответы. — М. : Транспорт, 1987. — 272 с.
7. Буйносов А. П., Стаценко К. А., Бган Е. В. Повышение прочности посадки деталей с натягом сформированных колесных пар электровазов // Научно-технический вестник Поволжья. — 2012. — № 5. — С. 118–120.
8. Викторов И. А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике. — М. : Наука, 1966. — 168 с.
9. Выборнов Б. И. Ультразвуковая дефектоскопия. — М. : Металлургия, 1985. — 257 с.
10. Авербух И. И., Бобренко В. М., Кукшулей Л. М. Зависимость скорости волн Рэлея от напряженного состояния твердого тела // Проблемы неразрушающего контроля : сб-к трудов. — Кишинев, 1973. — С. 222–228.



Александр Владимирович  
Окунев

Alexander V. Okunev

## Разработка стратегии обслуживания опор контактной сети

### Designing the maintenance strategy of the contact network supports

#### Аннотация

Основной задачей железнодорожного транспорта в настоящее время является безопасная перевозка грузов и пассажиров с сокращением времени перевозочного процесса. Ко всем этапам эксплуатации предъявляются строгие требования по соблюдению надежности элементов системы с целью обеспечения безопасной работы устройств, обеспечивающих обращение железнодорожного транспорта. В хозяйстве электрификации и электроснабжения значительную роль играют поддерживающие конструкции. В связи с повышенными требованиями к осуществлению безопасности перевозочного процесса решаются задачи по обновлению подходов, применяемых при диагностировании опорных конструкций. Для упрощения обработки данных на объектах эксплуатации и выявления закономерностей в изменении состояний железобетонных конструкций в статье рассмотрены способы оптимизации методов прогнозирования оставшегося срока службы опор и определения интервалов проведения управляющего воздействия.

**Ключевые слова:** опора, контактная сеть, надежность, прогнозирование, безотказность, ток утечки, низкоомные опоры, электрокоррозионно опасные опоры, срок службы, Марковская аппроксимация, математические модели.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-63-66

#### Авторы Authors

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

**Alexander Vladimirovich Okunev**, assistant of chair for "Transport Power Supply", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia

#### Abstract

The main task of the railway transport at present is the safe transportation of cargo and passengers with the reduction of the time for the transportation process. All stages of operation requires observing the reliability for the elements of the system in order to ensure the safe operation of devices that ensure the circulation of the railway transport. Supporting structures play an important role in the electrification and power supply business. Thanks to the increased requirements for the safety of the transportation process, tasks are being performed to update the approaches used in diagnosing support structures. To simplify the processing of data at operation sites and to reveal regularities in changing the states of reinforced concrete structures, the article considers methods for optimizing methods for predicting the life span of supports and determining the intervals for carrying out the control action.

**Keywords:** support, contact network, reliability, forecasting, failure-free operation, leakage current, low resistance bearings, electrocorrosion-resistant supports, service life, Markov approximation, mathematical models.



Опоры контактной сети являются основными поддерживающими конструкциями узлов и деталей контактной сети, а также линий продольного электроснабжения. В процессе эксплуатации они подвергаются воздействию как статических нагрузок, возникающих от веса проводов, так и динамических, проявляющихся от воздействия ветровых нагрузок и вибраций, из-за движения поездов.

Расположение проводов контактной подвески в пределах нормативных значений напрямую зависит от угла наклона опор. При нарушении их исправного состояния происходит отказ системы электроснабжения подвижного состава, что приводит к задержке при движении поездов.

В связи с тем, что ежегодно увеличиваются объемы перевозок и весовые нормы пропускаемых поездов на участках железных дорог, любые перебои в организации перевозочных процессов влекут за собой существенные экономические затраты. Все это указывает на то, что очень важно правильно выбирать стратегии технического обслуживания, особенно опорных конструкций.

Стратегией технического обслуживания называется алгоритм или правило назначения мероприятий по поддержанию заданного технического состояния объектов [1]. Стратегии можно классифицировать по способу назначения сроков проведения управляющих воздействий. Под управляющим воздействием (УВ) понимается любое мероприятие, направленное на возвращение опоры в работоспособное или исправное состояние. Если УВ проводится по прохождению определенного срока, то такие стратегии принято называть стратегиями обслуживания по наработке.

По глубине УВ различают стратегии с полным и минимальным восстановлением. Под минимальным восстановлением понимается, например, пассивация коррозии в опоре. Это делает ее снова работоспособной, но через небольшой интервал времени интенсивность отказов опоры будет такая же, как непосредственно перед отказом. Вид стратегий обслуживания также изменяется в зависимости от типа отказов — полные или частичные.

Процесс технического обслуживания опор контактной сети и время проведения УВ стараются оптимизировать. Критериями оптимизации могут быть максимизация показателей готовности объектов или минимизация показателей затрат времени и материальных средств на обслуживание.

В стратегии обслуживания опор контактной сети объемы дефектности не имеют строго выраженной зависимости, особенно исследуемые параметры на определение их дефектности. Необходимо применение новых способов оценки и прогнозирования состояния участков эксплуатации.

Наибольшей проблемой опорного парка является эксплуатация опор со сроком службы более 40 лет в хозяйстве электрификации и электроснабжения, что составляет около 60 % от всего опорного парка. Опоры

со сверхнормативным сроком эксплуатации имеют наименьшую стойкость к прохождению всех коррозионных процессов и подверженность атмосферным влияниям.

В среднем за год на железной дороге выполняется 32,5 тыс. замеров сопротивлений опор и выявляется в среднем 642 низкоомных опоры. На основании статистики по железной дороге в эксплуатации находится 19 492 низкоомных опоры (рис. 1). На практике, в связи с большими объемами данных по объектам эксплуатации, анализ динамики изменения сопротивления опор проводить достаточно сложно.

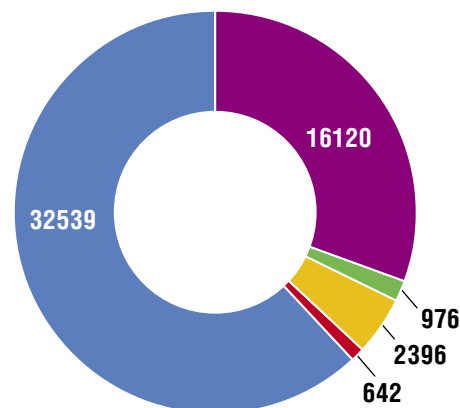


Рис. 1. Распределение объемов низкоомных опор:

■ — общий объем замера сопротивлений опор за год, шт.;  
 ■ — количество низкоомных опор с индивидуальным заземлением, шт.;  
 ■ — количество низкоомных опор в групповых заземлениях, шт.;  
 ■ — количество низкоомных опор в ЗОИР, шт.;  
 ■ — объем низкоомных опор, выявленных за год, шт.

Наличие низкоомных опор в групповых заземлениях особо опасно с точки зрения коррозии из-за перетекающих токов. Практика показывает, что число электрокоррозионно опасных опор, т.е. низкоомных и с током утечки более 40 мА, достигает около 22 тыс. опор (рис. 2). Такие цифры значительно снижают показатели обеспечения безопасности движения поездов на объектах инфраструктуры железной дороги.

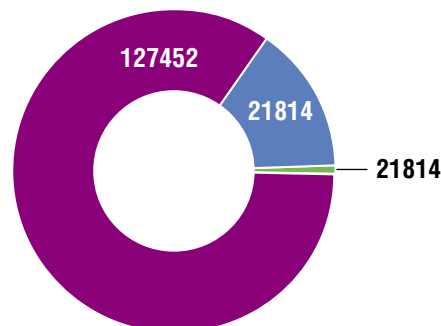


Рис. 2. Статистика электрокоррозионно опасных опор (ЭКО):

■ — общий парк эксплуатации опор, шт.;  
 ■ — количество ЭКО опор в эксплуатации, шт.;  
 ■ — объем ЭКО опор, выявленных в течение года, шт.

Обследование подземной части опор с откопкой. Планы за год по обследованию с откопкой железобетонных опор составляют 10,5 тыс. шт. По результатам обследования ежегодно выявляется 11 остродефектных железобетонных опор.

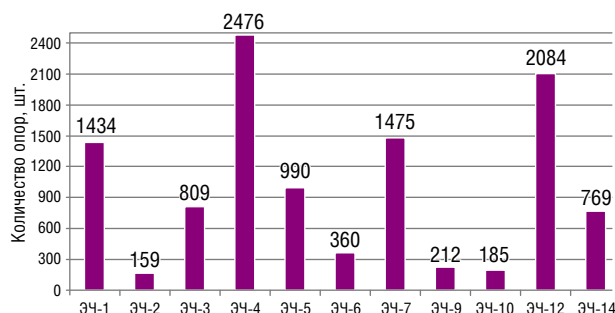


Рис. 3. Объемы обследований железобетонных опор с откопкой фундаментов

Отсутствие подходов к правильной постановке диагноза состояния опорных конструкций ведет за собой значительное снижение безопасности движения поездов, а также к увеличению средств на эксплуатацию и внеплановое выполнение работ на объектах эксплуатации.

Рассмотрим применение стратегии обслуживания опор контактной сети на основе Марковской аппроксимации процесса изменения тока утечки. Такая стратегия занимает промежуточное положение между стратегиями технического обслуживания по наработке и по состоянию. На основе модели процесса изменения параметра рассчитывается время проведения УВ. Само УВ (замена опоры) назначается априорно, без использования информации о фактическом состоянии опоры. В качестве критерия оптимизации выберем минимум параметра потока отказов. Для моделей с Марковской аппроксимацией можно не различать параметр потока отказов и интенсивность отказов. Тогда оптимальной будет такая организация технического обслуживания, когда средняя интенсивность отказов будет минимальна. Рассмотрим простую модель Марковской аппроксимации (рис. 4).

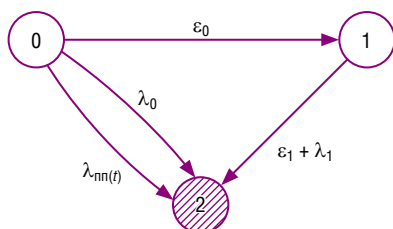


Рис. 4. Модель Марковской аппроксимации

Работоспособное состояние (например, значение тока утечки не превышает 40 мА) обозначено нулевым состоянием, предотказ (значение тока утечки 40 мА и более) — единицей. Состояние отказа опоры, когда невоз-

можна ее дальнейшая эксплуатация, обозначено цифрой 2. Стратегия учитывает внезапные отказы (с интенсивностями  $\lambda_0$  и  $\lambda_1$ ), две стадии развития постепенных отказов (с интенсивностями предотказов  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_1$ ).

Предположим, что интенсивности  $\lambda_0, \lambda_1, \varepsilon_0, \varepsilon_1$  известны и не зависят от времени. Интенсивность приработочных отказов

$$\lambda_{nn}(t) = \lambda_n \cdot \exp(-\xi_n \cdot t), \quad (1)$$

где  $\lambda_n$  — аргумент приработочных отказов;  $\xi_n$  — параметр приработочных отказов.

Уравнения Колмогорова запишутся в виде:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -[\lambda_0 + \lambda_{nn}(t) + \varepsilon_0] \cdot P_0(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \varepsilon_0 P_0(t) - (\varepsilon_1 + \lambda_1) \cdot P_1(t) \end{cases}, \quad (2)$$

где  $\lambda_0$  — интенсивность внезапных отказов из состояния работоспособности;

$\lambda_{nn}(t)$  — интенсивность приработочных отказов;

$\varepsilon_0$  — интенсивность постепенных отказов в состоянии предотказов;

$\varepsilon_1$  — интенсивность постепенных отказов из состояния предотказов;

$\lambda_0$  — интенсивность внезапных отказов из состояния предотказов.

Решив первое уравнение, получим:

$$P_0(t) = \exp[-(\varepsilon_0 + \lambda_0) \cdot t] + \frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot \exp(-\xi_n \cdot t) \cdot \exp(-\lambda_n / \xi_n). \quad (3)$$

Вероятность пребывания объекта в состоянии № 1 будет

$$P_1(t) = A(t) \cdot B(t), \quad (4)$$

где

$$A(t) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot t\right) \cdot \int_0^t \exp\left[\frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot \exp(-\xi_n \cdot t) + kt\right] dt, \quad (5)$$

$$k = \varepsilon_1 + \lambda_1 - \varepsilon_0 - \lambda_0;$$

$$B(t) = \exp[-(\varepsilon_1 + \lambda_1) \cdot t]. \quad (6)$$

Интеграл  $A(t)$  вычисляется разложением экспоненты в функциональный ряд:

$$A(t) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot t\right) \cdot [\exp(kt) \cdot M(t) + C_1], \quad (7)$$

где

$$M(t) = \frac{1}{k} + \frac{\gamma(t)}{k - \xi_n} + \frac{\gamma^2(t)}{2!(k - 2\xi_n)} + \dots + \frac{\gamma^n(t)}{n!(k - n \cdot \xi_n)} + \dots; \quad (8)$$

$$\gamma(t) = \frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot \exp(-\xi_n t). \quad (9)$$

Вид функции  $\gamma(t)$  обеспечивает ускоренную сходимость ряда  $M(t)$ , для практических расчетов достаточно использовать два или три члена. Постоянная  $C_1$  определяется из начальных условий, считая, что  $P_1(0) = 0$ .

Тогда

$$A(t) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n}\right) \cdot [\exp(kt) \cdot M(t) - M(0)], \quad (10)$$

где

$$M_0 = M[\gamma(0)];$$

$$\gamma(0) = \lambda_n / \xi_n.$$

Таким образом, решением второго уравнения будет:

$$P_1(t) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n}\right) \cdot \exp[-(\varepsilon_1 + \lambda_1) \cdot t] \times \\ \times [\exp(kt) \cdot M(t) - M(0)]. \quad (11)$$

Определим показатели надежности объекта.

Функция надежности (вероятность безотказной работы) объекта:

$$F(t) = P_0(t) + P_1(t); \quad (12)$$

$$F(t) = \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n}\right) \times \\ \times \left\{ \exp\left[-(\varepsilon_0 + \lambda_0) \cdot t + \frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot \exp(-\xi_n t)\right] + \right. \\ \left. + \varepsilon_0 \{M(t) \cdot \exp[-(\varepsilon_0 + \lambda_0) \cdot t] - \right. \\ \left. - M(0) \cdot \exp[-(\varepsilon_1 + \lambda_1) \cdot t]\} \right\}. \quad (13)$$

Плотность распределения времени безотказной работы:

$$q(t) = \exp\left(-\frac{\lambda_n}{\xi_n}\right) \cdot \left\{ [\varepsilon_0 + \lambda_0 + \lambda_n \cdot \exp(-\xi_n t)] \times \right. \\ \times \exp\left[-(\varepsilon_0 + \lambda_0) \cdot t + \frac{\lambda_n}{\xi_n} \cdot \exp(-\xi_n t)\right] - \\ - \varepsilon_0 [M'(t) - (\varepsilon_0 + \lambda_0)M(t)] \times \\ \times \exp[-(\varepsilon_0 + \lambda_0)t] - \varepsilon_0(\varepsilon_1 + \lambda_1) \times \\ \times M(0) \cdot \exp[-(\varepsilon_1 + \lambda_1)t] \left. \right\}. \quad (14)$$

Полная интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \frac{q(t)}{F(t)}.$$

Средняя интенсивность отказов

$$\Lambda_{cp}(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau \lambda(t) dt = -\frac{\ln F(\tau)}{\tau}, \quad (15)$$

где  $\tau$  — период времени проведения УВ.

Задача состоит в минимизации средней интенсивности отказов. Оптимальный интервал проведения УВ можно найти из условия  $d\Lambda_{cp}(\tau)/d\tau = 0$ . Дифференцируя выражение для средней интенсивности отказов, можно получить трансцендентное уравнение:

$$\lambda(\tau_{опт}) - \Lambda_{cp}(\tau_{опт}) = 0, \quad (16)$$

где  $\tau_{опт}$  — оптимальная периодичность УВ с опорами.

Расчеты на ЭВМ показали, что для опор со сроком эксплуатации 40 лет среднее время управляющего воздействия составляет 5 лет.

Такой подход позволит наиболее точно определить состояние опорного парка через интересующий промежуток времени, а также предотвратить какие-либо негативные последствия. Следует учитывать, что рассматриваемые методы принятия решений являются лишь инструментом, а окончательное решение, как и ответственность за его последствия, лежит на конкретном человеке [2]. **ИТ**

## Список литературы

1. Ефимов А. В., Галкин А. Г., Ковалев А. А. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог : учебник. — Екатеринбург : УрГУПС, 2012.
2. Ковалев А. А. Окунев А. В. Оценка состояния опор контактной сети на протяжении жизненного цикла // Инновационный транспорт. — 2015. — № 3 (17). — С. 23–29. — ISSN 2311–164X.



Антон Эдуардович  
Тарасов

Anton E. Tarasov

## Отладка и проверка пространственных динамических моделей локомотивов в Simpack Rail на верхнем уровне

### Debugging and testing of spatial dynamic locomotive models in Simpack Rail at the top level

#### Аннотация

Использование специализированных пакетов моделирования систем из многих тел для исследования динамических качеств рельсовых экипажей предполагает знание принципов работы с данными расчетными инструментами, при этом необходимость проверки моделей сохраняется. Возможные способы верификации: сравнение с аналитическими решениями и сопоставление с результатами расчетов в других программных комплексах. В данной статье представлена одна из методик поэтапной верификации модели горизонтальных колебаний локомотива.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, верификация, свободные колебания, спектральный анализ.

#### Abstract

Using specialized packages of modeling systems from many fields to study the dynamic qualities of rail vehicles requires knowledge of the principles of working with these calculation tools, while the need for model verification is preserved. Possible verification methods: comparison with analytical solutions and comparison with results of calculations in other software complexes. This article presents one of the methods for step-by-step verification of the horizontal locomotive oscillation model.

**Keywords:** mathematical modeling, verification, free oscillations, spectral analysis.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-67-75

#### Авторы Authors

**Антон Эдуардович Тарасов**, аспирант кафедры «Электропоезда и локомотивы» Российского университета транспорта РУТ (МИИТ), Россия, Москва; e-mail: tarasov@invent-ing.de

**Anton Eduardovich Tarasov**, postgraduate student of chair for "Electric trains and locomotives", "Russian University of Transport" (MIIT), Moscow, Russia; e-mail: tarasov@invent-ing.de



## 1. Введение

Программные пакеты динамического моделирования систем рельсовых экипажей (UM Loco, Adams/Rail, Simpack Rail и др.) сегодня находят распространение не только в промышленности, но и в академической сфере, поскольку на их базе возможны построения и исследования подвижного состава с расширенными возможностями, что повышает прикладную эффективность учебного процесса.

К достоинствам таких пакетов с академической точки зрения можно отнести их наглядность, гибкость параметризации при построении моделей, а также широкие возможности пост-процессинга (обработки результатов моделирования с помощью большого набора встроенных функций), что позволяет экономить время, поскольку нет необходимости экспорта данных в другие среды для их обработки.

Поскольку данные программы ориентированы прежде всего на промышленного пользователя, философия построения моделей в них схожа с принципами скорее трехмерного конструирования, чем математического моделирования в классическом его понимании. Поэтому вероятность появления численных ошибок на этапе задания параметров модели пользователем и, как следствие, в результатах моделирования остается довольно высокой.

Кроме этого, любая математическая модель обязательно должна проверяться на правильность построения и расчета, вне зависимости от того, с помощью каких программных средств она создана.

Стоит отметить, что в последних версиях пакетов вероятность допущения ошибок при построении моделей несколько снижена за счет использования подсистем (т.е. аналогично использованию стандартных изделий-деталей в сборках при CAD-конструировании), что позволяет, например, два раза встроить в локомотив как подсистему одну и ту же модель тележки. В свою очередь, в каждую тележку в качестве своей подсистемы дважды или трижды импортируется одна и та же колесная пара. В этом случае нет необходимости параметризации каждой колесной пары и каждой тележки, так как идентичная подсистема считывает один и тот же файл параметров, вне зависимости от ее координат расположения в более высокой структуре модели.

## 2. Описание модели

В предыдущей работе по данной теме [1] были рассмотрены особенности проверки правильности моделирования колесных пар грузового электровоза с осевой формулой  $2_0-2_0$  в Simpack Rail. Отметим, что ввиду невозможности контроля процесса машинного синтеза уравнений колебаний в таких пакетах проверка прово-

дилась методом сравнения результатов моделирования либо с теоретическими выкладками аналитических решений, либо с результатами расчетов эквивалентных моделей в других программных средах. В данной работе описан один из возможных алгоритмов проверки всей модели полностью, с сохранением методологии проверки, использованной в [1]. Также уделено более глубокое внимание количественным критериям оценки таких проверок.

На рис. 1 изображена кинематическая схема модели локомотива.

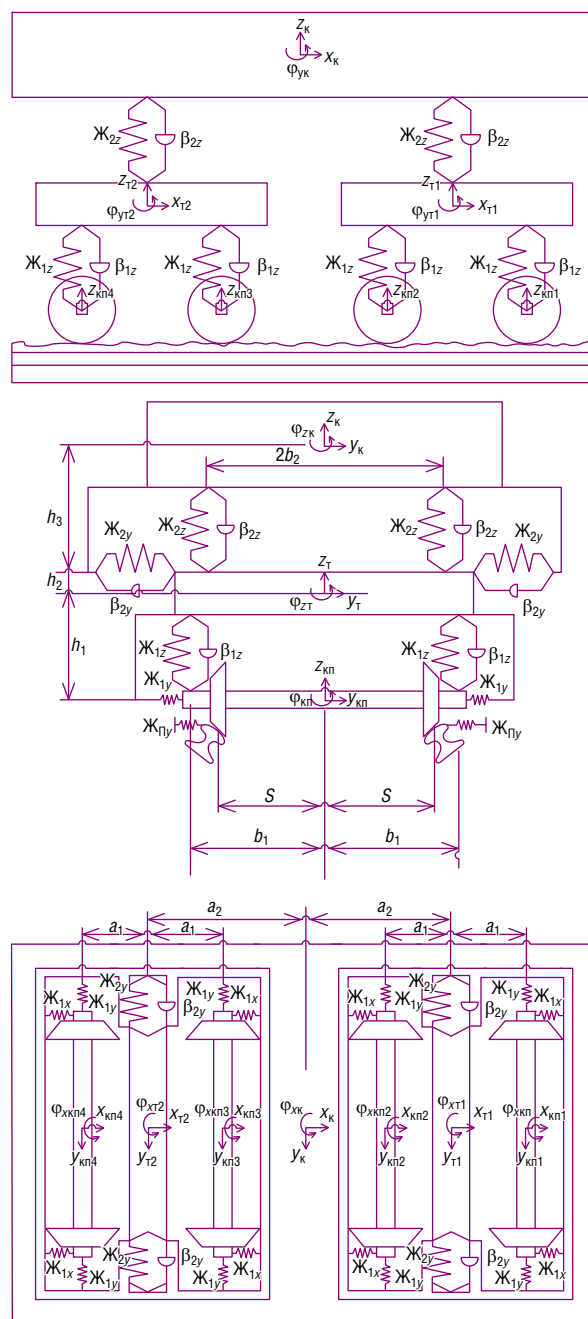


Рис. 1. Кинематическая схема модели локомотива

На рис. 1 обозначено:  $x, y, z$  — оси обобщенных координат кузова, тележек, колесных пар;  $\varphi_x$  — обобщенная координата боковой качки кузова, тележек;  $\varphi_z$  — обобщенная координата виляния кузова, тележек, колесных пар;  $J_{пу}$  — жесткость пути в поперечном направлении;  $J_{1x}$  — продольная жесткость буксового узла;  $J_{1y}$  — поперечная жесткость буксового узла;  $J_{1z}$  — вертикальная жесткость буксовой пружины;  $J_{2y}$  — поперечная жесткость кузовной пружины;  $J_{2z}$  — вертикальная жесткость кузовной пружины;  $\beta_{1z}$  — коэффициент демпфирования вертикального демпфера буксовой ступени подвешивания;  $\beta_{2z}$  — коэффициент демпфирования вертикального демпфера кузовной ступени подвешивания;  $\beta_{2y}$  — коэффициент демпфирования демпфера бокового отхода кузовной ступени подвешивания.

Параметры модели приведены в табл. 1.

Радиус колеса локомотива, жесткость пути, а также конусности колесных пар остались, как в [1], без изменения и соответствуют типовым нормативам для железных дорог колеи 1520 мм.

Упругие и диссипативные характеристики экипажа представлены в табл. 2.

Перед детальным описанием процесса верификации полной модели локомотива в Simpack Rail представлены самые общие сведения о принципах построения моделей во всех программных пакетах MBS (Multi-Body Simulation) моделирования динамики систем из нескольких тел.

Посредством абстракции реальной физико-технической системы в форме механической системы с идеализированными замещающими компонентами, такими как абсолютно твердые или эластичные тела, соединенные друг с другом через не имеющие массы шарниры (от англ. — *Joint*), упруго-диссипативные элементы или силовые элементы с активным регулированием (например, пневматические или гидравлические) самого общего характера [2], ее поведение анализируется через математическое описание в какой-либо инерциальной системе отсчета (рис. 2).

Таблица 1

Инерционные и геометрические характеристики локомотива

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Величина
Масса кузова	$m_k$	т	51,5
Масса тележки	$m_t$	т	17,6
Масса колесной пары	$m_{кп}$	т	2,8
Момент инерции кузова вокруг оси $z$	$J_{zk}$	т·м <sup>2</sup>	911,63
Момент инерции кузова вокруг оси $x$	$J_{xk}$	т·м <sup>2</sup>	484,41
Момент инерции тележки вокруг оси $z$	$J_{zt}$	т·м <sup>2</sup>	6,769
Момент инерции тележки вокруг оси $x$	$J_{xt}$	т·м <sup>2</sup>	2,103
Момент инерции колесной пары вокруг оси $z$	$J_{zp}$	т·м <sup>2</sup>	1,83
Расстояние от оси пути до основного круга катания колесной пары	$s$	м	0,79
Расстояние от шкворня тележки до оси колесной пары	$a_1$	м	1,5
Половина межшкворневого расстояния рамы кузова	$a_2$	м	4,7
Расстояние между комплектом упругих и диссипативных элементов буксовой ступени подвешивания и осью $z$	$b_1$	м	1,1
Расстояние между комплектом упругих и диссипативных элементов центральной ступени подвешивания и осью $z$	$b_2$	м	1,1
Расстояние от центра масс колесной пары до центра масс тележки	$h_1$	м	0,353
Расстояние от центра масс тележки до линии точек крепления поперечных упругих и диссипативных элементов центральной ступени рессорного подвешивания	$h_2$	м	0,557
Расстояние от центра масс кузова до линии точек крепления поперечных упругих и диссипативных элементов центральной ступени рессорного подвешивания	$h_3$	м	1,105

Упругие и диссипативные характеристики модели локомотива

Параметры (см. рис. 1)	Единица измерения	Величина
$Ж_{1x}$	кН/м	87540
$Ж_{1y}$	кН/м	2995,6
$Ж_{1z}$	кН/м	1669,6
$Ж_{2y}$	кН/м	284
$Ж_{2z}$	кН/м	1502
$\beta_{1z}$	кН·с/м	29,4
$\beta_{2y}$	кН·с/м	66,7
$\beta_{2z}$	кН·с/м	66,7

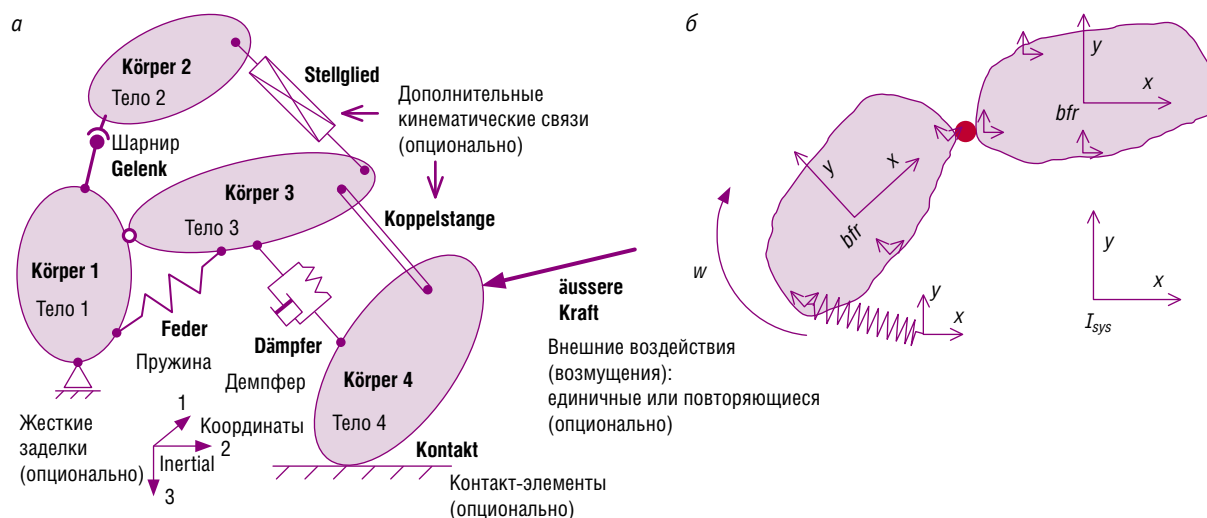


Рис. 2. Типовые элементы модели (а); принцип описания взаимодействия тел в MBS-системах (б)

Для описания каждого тела в таких системах необходимо следующее:

- определение жестко связанной с телом системы координат;
- описание постоянных параметров тела (масса, моменты инерции);
- описание переменных величин (координаты в инерциальной системе отсчета, скорость, ускорение);
- описание координат точек связи (маркеров) с другими телами (связями) [3].

Для получения в качестве результатов интегрирования значений обобщенных координат шарнир тела (а каждое тело может иметь только один шарнир) помещают между инерциальной системой отсчета модели  $I_{sys}$  и начальной системой координат, привязанной к телу, обычно обозначаемой в стандартной терминологии

данных пакетов как BRF (от англ. — *Body Reference System*) [4], и после интегрирования в пост-процессоре приводятся результаты положения этих шарниров (*Joint-states*) по всем степеням свободы, которыми располагает конкретный шарнир (от 1 до 6).

Проверка правильности построения и расчета верифицируемой модели в Simpack Rail выполнялась в три этапа.

### 3. Первый этап верификации модели

На первом этапе была проверена работа интегратора установленного программного пакета Simpack с помощью простейшей одномассовой модели вертикальных колебаний локомотива с одной степенью свободы (рис. 3).

Параметры одномассовой модели приведены в табл. 3.

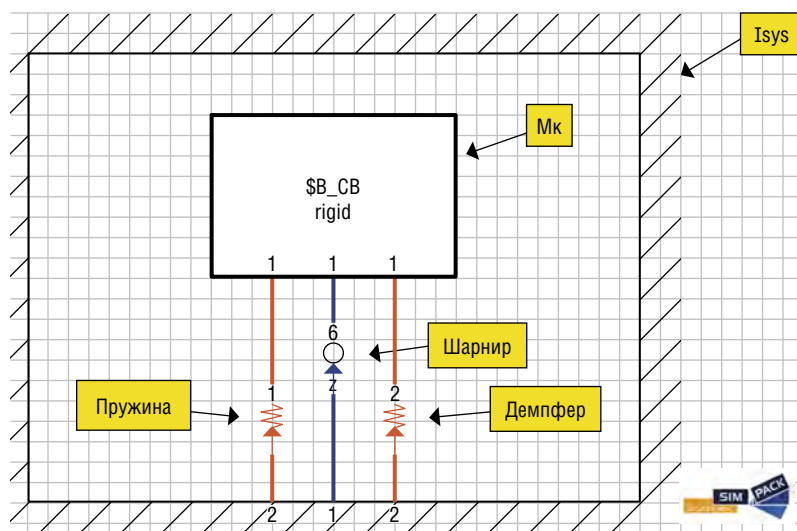


Рис. 3. Простейшая одномассовая модель локомотива в структурной схеме Simpack Rail

Таблица 3

Данные одномассовой модели локомотива

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Величина	Примечание
Масса локомотива	$m_k$	т	98	Начальные условия: при $t = 0$ , $z(0) = z_0$ ; $\dot{z}(0) = 0$
Суммарная вертикальная жесткость рессорного подвешивания	$J_{zk}$	кН/м	9613,8	
Коэффициент затухания системы	$\beta_{zk}$	кН·с/м	96,1	
Начальная координата	$z_0$	м	0,1	
Начальная скорость	$\dot{z}_0$	м/с	0	

В этом случае результаты численного интегрирования в Simpack Rail были сравнены с результатами аналитического решения дифференциального уравнения колебаний (эталона), которое для данной линейной модели с одной степенью свободы имеет вид:

$$m_k \ddot{z} + \beta \dot{z} + J_{zk} z = 0, \quad (1)$$

где  $m$  — масса, кг;  $\beta$  — коэффициент затухания, рад/с;  $J$  — жесткость;

Колебательные свойства такой системы полностью характеризуются двумя параметрами: собственной частотой недемпфированной системы  $\omega_c$  и относительным затуханием  $n$ :

$$\omega_c = \sqrt{\frac{J_{zk}}{m_k}},$$

$$n = \beta / (2\sqrt{m_k J_{zk}}) = \beta / \beta_{кр}.$$

Данные параметры вычисляются путем приведения уравнения (1) к форме Коши, т.е. деления всех его составляющих на обобщенный инерционный коэффициент  $m_k$ . Здесь  $\beta_{кр}$  — критическое затухание, т.е. наименьшее значение коэффициента затухания, при котором движение системы перестает быть колебательным.

Аналитическое решение уравнения (1) записывается как частное решение в виде:

$$z = Ae^{pt}.$$

Тогда характеристическое уравнение относительно неизвестного  $p$ :

$$p^2 + 2n\omega_c p + \omega_c^2 = 0,$$

откуда характеристические показатели

$$p = -n\omega_c \pm j\omega_c \sqrt{1 - n^2} = -\alpha \pm j\omega_{св},$$

где  $\omega_{св}$  — собственная частота колебаний демпфированной системы;  $\alpha$  — степень затухания.

С учетом зависимостей между показательными и тригонометрическими функциями мнимого аргумента общее решение свободных колебаний в амплитудной форме примет вид:

$$z_A = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega_{св} t + \varphi), \quad (2)$$

где  $A$  — начальная амплитуда колебаний, м;  $\varphi$  — начальная фаза колебаний — произвольные постоянные, которые находят из начальных условий [5].

Аналитическим решением по (2) в конкретном случае является функция:

$$z = 0,1 * e^{-0,49 * t} \sin \times (9,892 * t + 1,521). \quad (3)$$

Для корректности сравнения общее время интегрирования в 5 с и шаг интегрирования в 0,01 с в Simpack Rail был задан равным количеству точек массива с результатами аналитического решения по (3), которое в программном пакете Mathcad было сопоставлено с массивом решения в Simpack Rail [6].

Для количественной оценки двух массивов был использован модульный критерий разностей между аналитическим решением (рассматривается как первичные данные) и ре-



шением, выполненным в программном комплексе Simpack Rail (рассматривается как эксперимент). Этот критерий представляет собой функционал  $F(f, I_0)$ , показывающий отличие исследуемой математической модели, описываемой конкретным уравнением связи с конкретным видом функции  $f$ , от совокупности первичных данных  $I_0$  [7]:

$$F_{\text{мод}} = \sum_{j=1}^N |\rho_{\text{мин}j}|, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{мин}j}$  — разности между  $j$ -м элементом эталонного и экспериментального массивов. В данном случае  $F_{\text{мод}} = 0,002$ . То есть модуль интегратора Simpack дополнительных погрешностей в результаты расчета не вносит. Графические результаты этой проверки представлены на рис. 4.

## 4. Второй этап верификации модели

Второй этап — проверка правильности построения локомотива с кинематической схемой согласно рис. 1 в Simpack Rail. Для этого исследовались свободные боковые колебания кузова локомотива по всем его горизонтальным обобщенным координатам при поочередном задании начальных условий на боковой относительно 0,005 м первой и второй тележек. Сравнивая результаты гармонического анализа свободных колебаний кузова, можно окончательно проверить правильность составления дифференциальных уравнений, так как из-за симметрии результаты такого анализа при поочередном задании начальных условий под первую и вторую тележки должны совпадать.

Структурная схема модели локомотива в Simpack Rail, соответствующая кинематической схеме по рис. 1, изображена на рис 5.

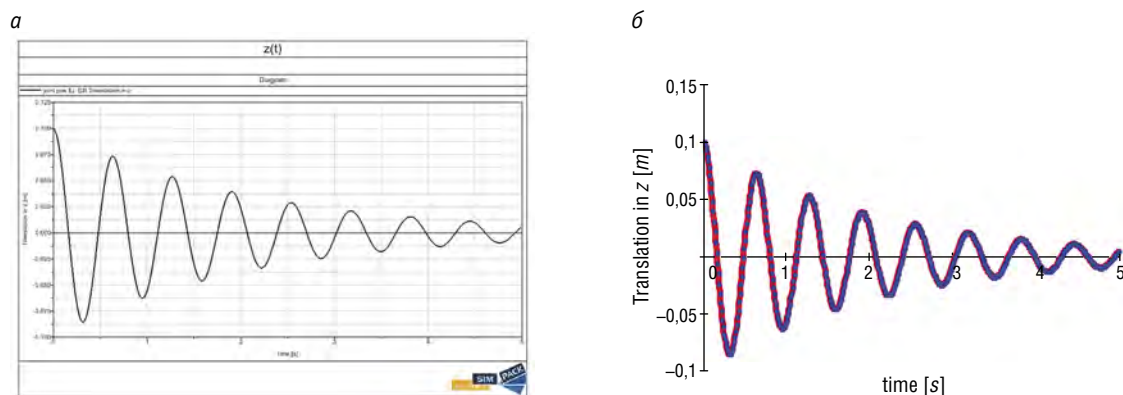


Рис. 4. Сравнение решения в Simpack Rail (а) с аналитическим решением для вертикальных свободных колебаний одномассовой модели и их графическое сопоставление (б)

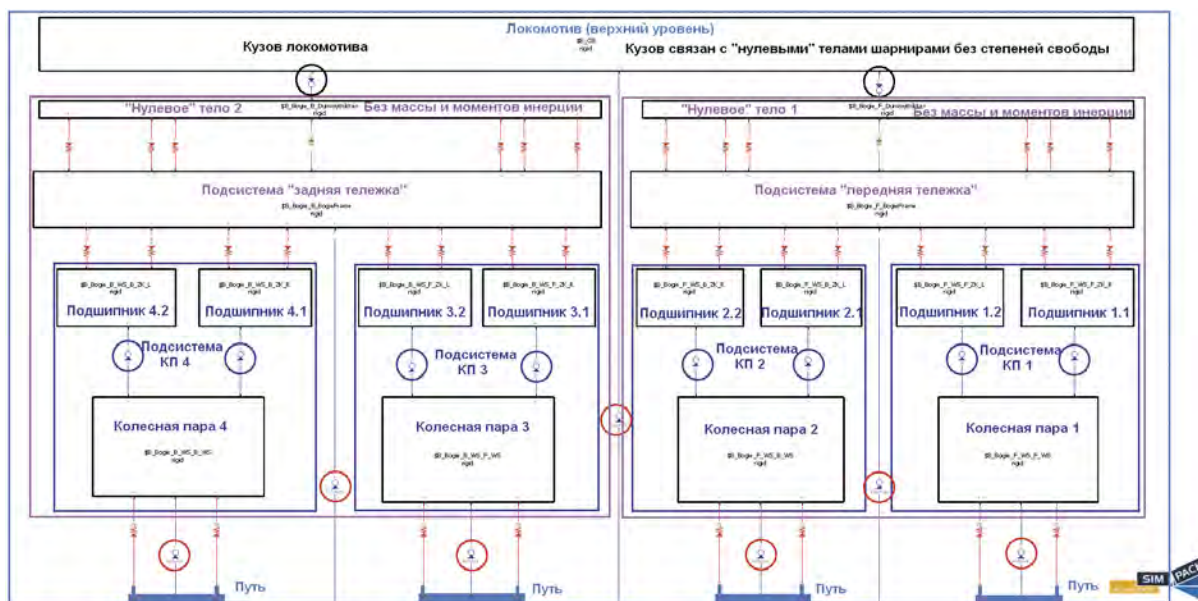


Рис. 5. Структурная схема модели локомотива в Simpack Rail

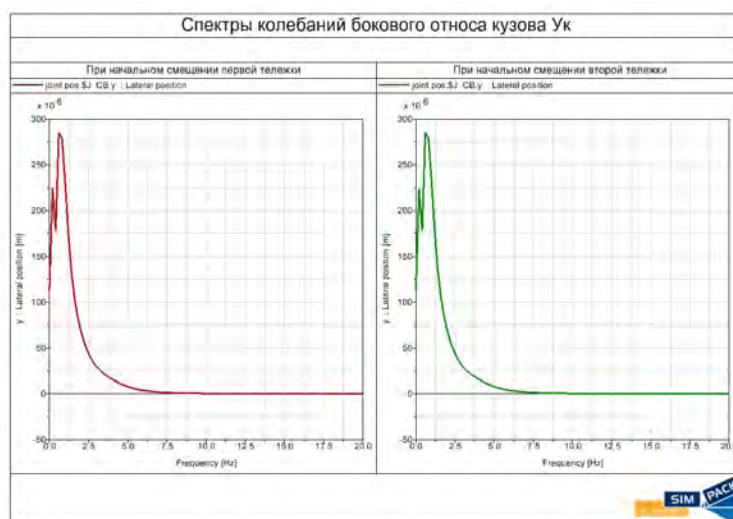
Полная упрощенная модель локомотива состоит из кузова (верхний уровень сборки), двух подсистем «тележка», каждая из тележек имеет две одинаковые подсистемы «колесная пара». Для удобства построения каждая тележка имеет также «нулевое», т.е. не имеющее массы и инерционных характеристик тело, которое несет в себе информацию о координатах связей силовых элементов «кузов — тележка» со стороны кузова. В полной модели каждое из этих тел соединяется с кузовом при помощи шарнира без степеней свободы (на структурной схеме такие шарниры обведены в черные окружности). Колесные пары, являясь телами вращения, соединены с рамой тележки через условные «подшипники» — тела, имеющие шарниры с одной степенью свободы — вращения вокруг оси  $u$  (обведены на схеме в синие окружности). Шарниры, обведенные в красные окружности, условно соединяют все исследуемые тела по всем обобщенным координатам с осью пути в инерциальной системе отсчета модели  $I_{sys}$  и поэтому имеют шесть степеней свободы.

Как и в [1], данный анализ проводился для скорости 100 км/ч на прямом участке пути без возмущений. Спектры горизонтальных колебаний кузова изображены на рис. 6.

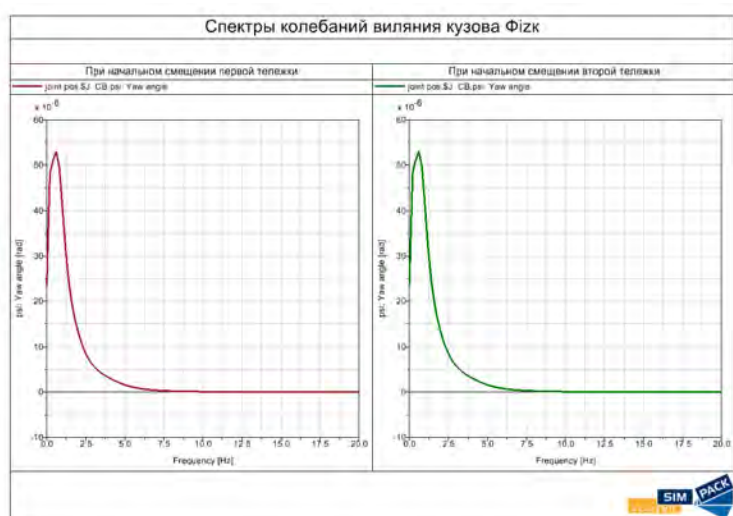
Кривые коричневого цвета на рис. 6 — результат спектрального анализа по координатам бокового отбоя  $a$ , вливания  $b$  и боковой качки  $v$  кузова при подаче начального возмущения отбоя 1-й тележки, а зеленого — то же, но при задании начальных условий координаты бокового отбоя 2-й тележки.

Внешняя идентичность кривых спектров не является достаточным подтверждением точности, необходимо проанализировать числа. Для этой цели пары ординат массивов спектров одного вида колебаний, соответствующие одной и той же частоте, в диапазоне частот от 0 до 20 Гц с шагом в 0,2 Гц (на больших частотах пики отсутствовали) сравнивались как по абсолютной величине, так и по процентному соотношению к максимальному значению в каждом массиве. Количественные оценки их симметричности представлены в табл. 4.

а



б



в

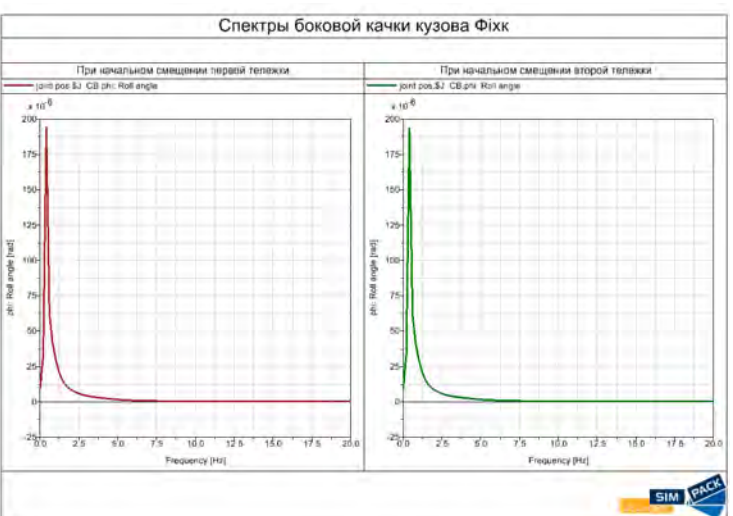


Рис. 6. Графики спектров горизонтальных колебаний кузова локомотива в Simpack Rail

Таблица 4

Результаты проверки симметрии модели локомотива

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Обобщенная координата	Величина
Максимальная по модулю разность ординат одной координаты в абсолютных значениях	$\max q_1^{B,1} - q_1^{B,2} $	м	$Y_K$	2,01E-09
			$\Phi_{ZK}$	2,8E-10
			$\Phi_{XK}$	1,59E-09
Максимальная по модулю разность ординат одной координаты в процентном отношении к максимальной величине в каждом массиве	$\max q_1^{B,1} - q_1^{B,2} $	%	$Y_K$	7,323E-04
			$\Phi_{ZK}$	6,05E-04
			$\Phi_{XK}$	3,455E-04
Модульный критерий разностей ординат по каждой координате в абсолютных величинах согласно (4)	$F_{\text{мод}}$	м	$Y_K$	1,264E-08
			$\Phi_{ZK}$	1,941E-09
			$\Phi_{XK}$	6,347E-09
Модульный критерий разностей ординат по каждой координате в их процентном соотношении к максимальной величине в каждом массиве согласно (4)	$F_{\text{мод}}$	%	$Y_K$	4,346E-03
			$\Phi_{ZK}$	4,069E-03
			$\Phi_{XK}$	2,753E-03

Таким образом, абсолютные значения ординат спектрального анализа по каждой координате отличаются друг от друга на величины 9-го порядка малости, а их нормированные значения в процентном соотношении от максимальной ординаты — на величины 4-го порядка малости. Модульные критерии разностей в обоих случаях не превышают величины, полученной на первом этапе проверки. Поэтому симметрию модели можно считать достаточной, а расчетные алгоритмы в конкретной модели — устойчивыми.

## 5. Третий этап верификации модели

Третий этап — сравнение результатов моделирования данной модели локомотива в Simpack Rail и в комплекте программ кафедры «Электропоезда и локомотивы» (бывшая «Электрическая тяга») РУТ (МИИТ). Цель данного этапа проверки — окончательно убедиться, что кинематическая и расчетная схемы пространственной модели в Simpack Rail воспроизводят аналитическую модель такой же структуры, созданную на основе прямого вывода уравнений горизонтальных колебаний и записи их в ЭВМ [8]. Результаты сравнительного спектрального анализа представлены на рис. 7 и в табл. 5.

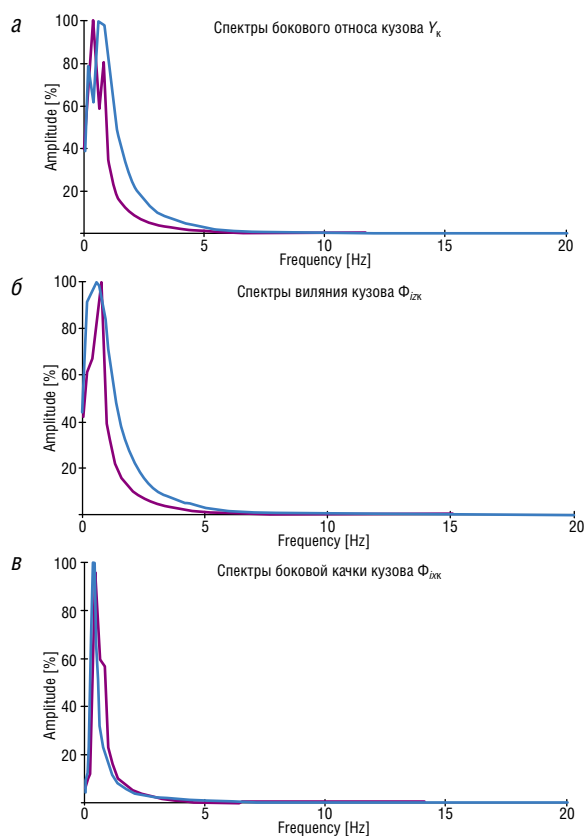


Рис. 7. Сравнительные спектры отбоя (а), влияния (б) и боковой качки (в) кузова локомотива. Синие кривые — Simpack Rail, красные — комплекта программ РУТ (МИИТ)

Результаты сопоставления спектрального анализа свободных колебаний кузова

Координата	Количество пиков	Частоты, Гц	Примечание
$Y_k$	2/2	0,35/0,4 и 0,75/0,8	В числителе — Simpack Rail; в знаменателе — комплекс программ РУТ (МИИТ)
$\varphi_{2k}$	1/1	0,75/0,8	
$\varphi_{жк}$	1/1	0,6/0,6	

## 6. Заключение

В результате трехступенчатой проверки выявлено следующее. Интегратор пакета Simpack при правильном построении моделей работает правильно, и сам процесс интегрирования с переменным автоматическим выбором шага дополнительных погрешностей в результаты расчетов не вносит. Упрощенная модель локомотива в Simpack Rail построена с соблюдением кинематической и структурных схем, представленных на рис. 1 и 5, и обладает необходимой расчетной устойчивостью

и точностью симметрии. Результаты спектрального анализа двух моделей с одинаковыми исходными данными в двух комплектах программ при исследовании их свободных колебаний с одинаковыми начальными условиями дают близкие, но не идентичные результаты, поэтому необходима дальнейшая работа по их унификации либо выявление и объяснение причин присутствующих незначительных несовпадений спектрального анализа исследуемой динамической системы. С учетом опыта по [1] прежде всего необходимо учитывать нелинейные зависимости, которые можно упростить. **ИТ**

## Список литературы

1. Сердобинцев Е. В., Тарасов А. Э. Верификация пространственных динамических моделей рельсовых экипажей в SIMPACK Rail при исследовании горизонтальных колебаний локомотивов // Транспорт Урала. — 2017. — № 4 (55). — С. 3–9. — ISSN 1815–9400.
2. Netter H. Rad-Schiene-Systeme in differential-algebraischer Darstellung. — Fortschr.-Ber. VDI Reihe 12. — Nr. 352. — Düsseldorf, 1998. — 152 S.
3. Naumann R. Dr.-Ing. Vorlesung Mehrkörpersimulation WS 17/18. — ISyM Bielefeld, 2017. — 43 S.
4. SIMPACK Documentation, Release 9.5. / Copyright by SIMPACK AG, 2013. — 3810 S.
5. Бирюков И. В. Механическая часть тягового подвижного состава : учебник для вузов ж.-д. трансп. / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др.; под ред. И. В. Бирюкова. — М. : Альянс, 2013.
6. Кирьянов Д. В. Mathcad 12. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 576с.
7. Рубичев Н. А. Измерительные информационные системы : учебное пособие. — М. : Дрофа, 2010. — 334 с.
8. Крушев С. Д., Сердобинцев Е. В., Званцев П. Н. Исследование свободных и вынужденных колебаний моделей подвижного состава : учебное пособие. — М. : МИИТ, 2012.





Игорь Станиславович  
Цихалевский

Igor S. Tikhalevsky



Константин Андреевич  
Вахрушев

Konstantin A. Vahrushev

## Перспективы создания турбопоездов на сжиженном природном газе

### Prospects for designing turbotrains on liquefied natural gas

#### Аннотация

На сегодняшний день есть все предпосылки для создания короткооставных турбоэлектропоездов на базе электропоезда ЭС2Г «Ласточка» для обслуживания неэлектрифицированных участков с небольшим пассажиропотоком. Это позволит заменить устаревшие модели дизель-поездов и вытеснить пригородные двух- и трехвагонные поезда с локомотивной тягой.

**Ключевые слова:** газовая турбина, турбопоезд, мощность, локомотив, сжиженный природный газ, инфраструктура.

#### Abstract

The article shows that today there are all the prerequisites for designing short-duration turbo-electric trains on the basis of the ES2G "Lastochka" electric train for maintenance of non-electrified sections with a small passenger traffic. This will replace obsolete models of diesel trains and drive suburban two- and three-wagon trains with locomotive traction.

**Keywords:** gas turbine, turbo train, power, locomotive, liquefied natural gas, infrastructure.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-76-79

#### Авторы Authors

**Игорь Станиславович Цихалевский**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: ITikhalevsky@et.usurt.ru | **Константин Андреевич Вахрушев**, ведущий инженер-конструктор, руководитель Сектора перспективных разработок ООО «Уральские локомотивы», Департамент конструкторских разработок и исследований (ДКРиИ), отдел научно-исследовательских работ и перспективных проектов (НИР); Екатеринбург, Россия; e-mail: VahrushevKA@ulkm.ru

**Igor Stanislavovich Tikhalevsky**, candidate of technical science, associate professor of chair for "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Russia; e-mail: ITikhalevsky@et.usurt.ru | **Konstantin Andreevich Vahrushev**, lead designer, head of Research Development Center, ООО "Ural locomotives", Engineering development and research department, (EDRD), scientific-research work and advanced projects department (SRW), Ekaterinburg, Russia; e-mail: VahrushevKA@ulkm.ru

Газовая турбина получила достаточно широкое распространение в транспортном машиностроении. Однако до недавнего времени о ней можно было говорить только как о вспомогательном агрегате тепловозных дизельных установок — элементе системы газотурбинного наддува. Современный транспортный дизель немислим без одной и даже двух газовых турбин. С повышением давления наддува растет мощность газовой турбины, и в ряде случаев оказывается целесообразным отбор избыточной мощности турбины на вал дизеля [1].

По своей природе газотурбинный двигатель (ГТД) является транспортной машиной, поэтому ему может и должна быть отведена не вспомогательная, а основная роль главного двигателя силовой установки железнодорожного подвижного состава. Опыт такого рода использования газовых турбин невелик. Вместе с тем уже сейчас проблема применения газовой турбины на железнодорожном транспорте просматривается не только на ближайшую, но и на отдаленную перспективу, причем и в том и в ином случае очевидны две области использования газотурбинных двигателей, имеющие существенные различия в техническом и технико-экономическом отношении: на грузовых локомотивах и в пассажирском движении, с учетом общих тенденций повышения скоростей движения поездов.

Применение газовых турбин на локомотивах в своей начальной стадии практически совпало с первыми самостоятельными шагами этих двигателей и началом внедрения их в авиацию. И если в авиации решающим в тот период оказались высокие удельные мощностные показатели турбин, то в условиях железнодорожного транспорта возникла проблема тепловой экономичности как одного из определяющих эксплуатационных факторов. Конкурировать с высокоэкономичным тепловозным дизелем газотурбинные двигатели не могли, и только этим объясняется то, что газотурбовозостроение не вышло еще за рамки экспериментальных конструкций или небольших промышленных партий.

В последние годы газотурбинные двигатели сделали заметный шаг вперед в части повышения тепловой экономичности. Лучшие образцы уже вплотную приблизились в этом отношении к двигателям внутреннего сгорания. Поэтому вновь возрос интерес к проблеме использования газотурбинной тяги на железнодорожном транспорте.

При локомотивной тяге имеют место весьма существенные (30–40 %) энергетические потери на перемещение самих локомотивов, причем они резко растут с увеличением максимальной скорости. В этом отношении от тепловозов выгодно отличаются турбопоезда, у которых потеря мощности и, следовательно, экономичности составляет только 5–10 %. Указанное обстоятельство приводит к мысли о том, что применительно к скоростным турбопоездам могут быть существенно изменены, сравнительно с грузовой службой, требования

к газотурбинным двигателям: снижены в части экономичности на расчетной и долевых мощностях, а основное внимание уделено уменьшению их габаритов и веса.

Оценим с некоторым приближением уровень КПД газотурбинных двигателей, при котором турбопоезда и тепловозы будут иметь одинаковый расход средств на топливо при условии освоения заданного графика движения ( $\tau$ ) и пассажиропотока ( $\Pi$ ):

$$\eta_{\text{перт}} \frac{\Pi}{H_{\text{т}} Q_{\text{т}}} N_{\text{ед}} \bar{B}_{\text{д}} b_{\text{д}} \tau \bar{C}_{\text{д}} = \frac{\Pi}{H_{\text{тп}} Q_{\text{тп}}} N_{\text{етп}} b_{\text{т}} \tau \bar{C}_{\text{т}} \bar{B}_{\text{т}} \eta_{\text{пертп}}, \quad (1)$$

где  $H$  — удельная населенность поезда; при турбопоездах с сочлененными вагонами можно принять  $H_{\text{тп}} Q_{\text{тп}} = 1,15 H_{\text{т}} Q_{\text{т}}$ ;  $\bar{C}$  — цены на дизельное ( $\bar{C}_{\text{д}}$ ) и газотурбинное ( $\bar{C}_{\text{т}}$ ) топливо;  $N_{\text{ед}}$  — мощность на валу первичного двигателя:

$$\frac{N_{\text{ед}}}{N_{\text{тп}}} = \frac{1 - 2,9 \left( \frac{v_{\text{max}}}{100} \right)^2 \bar{P}_{\text{тп}}}{1 - 2,9 \left( \frac{v_{\text{max}}}{100} \right)^2 \bar{P}_{\text{т}}}; \quad (2)$$

$\bar{B}$  — коэффициент, учитывающий характер изменения расхода топлива при частичных нагрузках;  $\eta_{\text{пер}}$  — КПД передачи с учетом служебных нужд силовой установки ( $\eta_{\text{пертп}} \approx 1,075 \eta_{\text{перт}}$ ).

Вводим в расчеты относительные величины:

$$\bar{b} = \frac{b_{\text{т}}}{b_{\text{д}}}; \bar{C} = \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{д}}}; \bar{E} = \frac{\bar{B}_{\text{т}}}{\bar{B}_{\text{д}}}; \bar{H} = \frac{H_{\text{тп}} Q_{\text{тп}}}{H_{\text{т}} Q_{\text{т}}}; \bar{\eta}_{\text{пер}} = \frac{\eta_{\text{пертп}}}{\eta_{\text{перт}}}. \quad (3)$$

Используя приведенные выше зависимости, преобразуем уравнение и решим его относительно величины  $\bar{b}$ , характеризующей уровень сравнительной экономичности:

$$\bar{b} = \frac{\bar{H} \bar{\eta}_{\text{пер}}}{\bar{C} \bar{E}} \cdot \frac{1 - 2,9 \left( \frac{v_{\text{max}}}{100} \right)^2 \bar{P}_{\text{тп}}}{1 - 2,9 \left( \frac{v_{\text{max}}}{100} \right)^2 \bar{P}_{\text{т}}}. \quad (4)$$

На рис. 1 приведены результаты расчетов по уравнению при следующих значениях входящих величин:  $\bar{E} = 1,22$ , для тепловоза  $\bar{P}_{\text{т}} = 0,025$ , для турбопоезда  $\bar{P}_{\text{тп}} = 0,006$ .

Современные серийные авиационные двухвальные двигатели имеют удельный расход топлива на уровне 250 г/л.с.·ч. Дизельные двигатели имеют удельный расход 135 г/л.с.·ч, соответственно  $\bar{b} = 1,85$ . Как следует из анализа рис. 1, турбопоезда становятся рента-

бельнее тепловозов по стоимости энергозатрат на скоростях движения пассажирских поездов по дорогам общего пользования при цене топлива газотурбинного двигателя на уровне 57 % к цене дизельного топлива. Если использовать одинаковое топливо, то это достигается при  $v_{\max} = 250 \div 280$  км/ч.

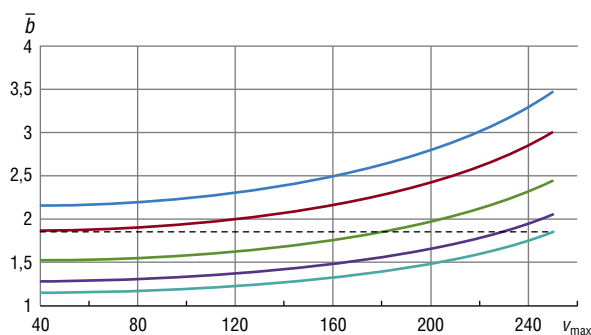


Рис. 1. Сравнительная топливная экономичность турбопоездов и тепловозов:

—  $C_t/C_d = 0,5$ ; —  $C_t/C_d = 0,57$ ; —  $C_t/C_d = 0,7$ ;  
—  $C_t/C_d = 0,8$ ; —  $C_t/C_d = 1,0$

Итак, мы приходим к важному выводу о том, что на сегодняшний день нет необходимости в создании специальных сложных всережимных ГТД для турбопоездов, с успехом могут быть использованы легкие и компактные авиационные машины. Этот вывод подтверждается зарубежным опытом постройки и эксплуатации скоростного газотурбинного подвижного состава.

При расчете технико-экономического обоснования эффективности применения газотурбовоза ГТ1h-002, работающего на сжиженном природном газе, цена топлива была принята на уровне 50 % от стоимости дизельного топлива [2].

Исходя из всего вышеуказанного, разработка турбопоезда, работающего на сжиженном природном газе, для эксплуатации на путях общего пользования с конструкционной скоростью 120 км/ч является наиболее целесообразной. Но из-за потребности в специализированной заправочной инфраструктуре применение таких поездов лучше всего начинать на участках эксплуатации газотурбовозов ГТ1h, таких как Войновка — Тобольск и Тобольск — Сургут — Лимбей (Коротчаево) Свердловской железной дороги, а также в перспективе на Северном широтном ходу [3]. Это предполагает развитие заправочной инфраструктуры на перспективном полигоне эксплуатации газомоторных локомотивов, а совместная эксплуатация подвижного состава на сжиженном природном газе значительно ускорит процесс окупаемости необходимых капиталовложений.

Эксплуатационная протяженность сети железных дорог общего пользования Российской Федерации составляет около 85,3 тыс. км, электрифицировано 43,4 тыс. км (50,8 %). Таким образом, примерно 50 % железных до-

рог предназначены для эксплуатации подвижного состава на автономной тяге. Как правило, это пригородные линии, соединяющие небольшие населенные пункты с региональными центрами и между собой, а также дороги в районах с суровыми климатическими условиями, усложняющими процесс электрификации, на таких участках, как Коноша — Воркута Северной ж. д., Войновка — Новый Уренгой Свердловской ж. д., Байкало-Амурская магистраль от ст. Таксимо и др. По разным оценкам, более 75 % пригородных перевозок по таким линиям выполняется или не предназначенными для этих целей поездами, состоящими из общих вагонов с тепловозами, или дизельными поездами, которые уже не отвечают современным требованиям. Речь идет о таких дизель-поездах, как Д1, ДР1 и др.

Разработка на базе электропоезда ЭС2Г «Пасточка», выпускаемого в ООО «Уральские локомотивы», короткосоставного турбоэлектропоезда с газотурбинной силовой установкой, работающей на сжиженном природном газе, размещаемой в отдельном силовом модуле, позволит обновить устаревший парк автономных пригородных поездов.

Такой поезд получится многосистемным, при необходимости можно будет осуществлять питание от контактной сети, а на станции окончания электрификации запустить ГТУ и продолжить движение в автономном режиме (рис. 2), время выхода газотурбинного двигателя на номинальную мощность занимает не более 5–6 минут. Это позволит оптимизировать расход топлива.

Силовой модуль должен обеспечивать питание силовых цепей тягового и вспомогательного оборудования поезда для реализации тяговых характеристик и поддержания комфорта пассажиров:

$$P_{\text{см}} = \frac{P_T}{\eta_{\text{тп}}} + P_{\text{сн}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{см}}$  — мощность силового модуля выходная, кВт;  $P_T$  — мощность тяговая на ободу колеса, кВт;  $P_{\text{сн}}$  — мощность, потребляемая поездом на собственные нужды, кВт;  $\eta_{\text{тп}}$  — КПД тягового привода 0,9.

При мощности на тягу  $P_T = 700$  кВт расчетная предельная тяговая характеристика турбоэлектропоезда пересекает характеристику сопротивления движению на нулевом уклоне после 120 км/ч (рис. 3).

Примем расход на собственные нужды поезда  $P_{\text{сн}} = 200$  кВт. В таком случае выходная мощность силового модуля составит около 980 кВт.

Принципиальным является выбор газотурбинного двигателя. АО «Климов» серийно выпускает авиационные двигатели в классе мощности до 2000 кВт. При расчете мощности газотурбинного двигателя  $P_{\text{гтд}}$  необходимо также учесть КПД синхронного тягового генератора  $\eta_{\text{сг}}$ . В таком случае потребная мощность ГТД составит  $P_{\text{гтд}} = P_{\text{см}}/\eta_{\text{сг}} \approx 1032$  кВт.

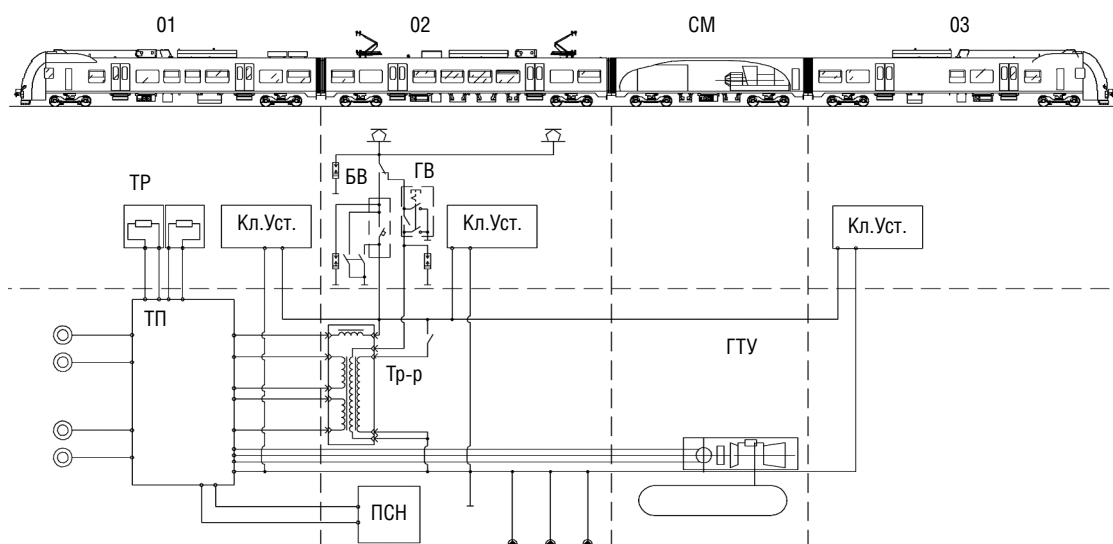


Рис. 2. Общий вид поезда с силовой схемой:

01, 02, 03 — вагоны 01, 02, 03; СМ — силовой модуль; БВ — быстродействующий выключатель; ГВ — главный выключатель; ГТУ — газотурбинная силовая установка; Тр-р — трансформатор; Кл. Уст. — климатическая установка пассажирского салона; ПСН — преобразователь собственных нужд; ТП — тяговый преобразователь; ТР — тормозной резистор

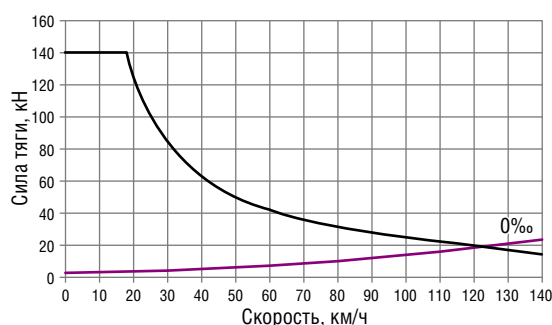


Рис. 3. Тяговая характеристика турбоэлектропоезда  
 $P_T = 700$  кВт

Наиболее подходящим по характеристикам является турбовальный двигатель ВК-1500В мощностью 1600 л.с. (1177 кВт).

Для хранения топлива используется специальная криогенная емкость, расположенная внутри кузова силового модуля. Объем криогенной емкости определяется с учетом необходимой продолжительности работы поезда без экипировки, расхода топлива на 1 кВт·ч и мощности ГТД. Время работы поезда на заданном участке обращения с условно заданным профилем составит

$$T = \frac{L}{v_{ст}}, \quad (6)$$

где  $T$  — время работы поезда на заданном участке, ч;

$L$  — длина участка оборота,  $L = 800$  км по ГОСТ 31666–2014;  $v_{ст}$  — среднетехническая скорость поезда на заданном участке, км/ч ( $v_{ст} = 85$  км/ч на расчетном участке).

Запас топлива при работе энергетической установки на номинальном режиме вычисляется по формуле

$$Q_T = k T g_e P_e, \quad (7)$$

где  $k$  — коэффициент запаса (резерв емкости) 1,1–1,2;  $g_e$  — удельный расход топлива, для авиационных ГТУ 0,25 кг/(кВт·ч);  $P_e$  — мощность силовой установки, кВт.

Необходимый объем криогенной емкости:

$$V_0 = \frac{Q_T}{\rho_T}, \quad (8)$$

где  $V_0$  — объем криогенной емкости, л;  $\rho_T$  — плотность топлива, для СПГ равна 0,41 кг/л.

Запас сжиженного природного газа составит  $Q_T = 2070$  кг, тогда объем криогенной емкости будет равен  $V_0 = 5050$  л.

Таким образом, на сегодняшний день есть все предпосылки для создания короткопоездов турбоэлектропоездов на базе электропоезда ЭС2Г «Ласточка» для обслуживания неэлектрифицированных участков с небольшим пассажиропотоком, это позволит заменить устаревшие модели дизель-поездов и вытеснить пригородные двух- и трехвагонные поезда с локомотивной тягой. **ИТ**

## Список литературы

1. Бартош Е. Т. Газотурбовозы и турбопоезда. — М.: Транспорт, 1973. — 308 с.
2. Коссов В. С. О технико-экономическом обосновании эффективности применения газотурбовоза ГТ1h-002 //

- Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 9. — С. 43–45. — ISSN 0044–4448.
3. Из решений Научно-технического совета ОАО РЖД // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 9. — С. 48–49. — ISSN 0044–4448.





Дмитрий Германович  
Неволин

Dmitry G. Nevolin



Андрей Петрович  
Котельников

Andrey P. Kotelnikov

## Разработка и обеспечение алгоритмов срабатывания системы эвакуации людей из салона тонущего автомобиля

### To develop and maintain algorithms for the operation of the system of evacuation of people from the saloon of a sinking car

#### Аннотация

В данной статье рассматривается проектирование одной из систем пассивной безопасности автомобиля — системы эвакуации людей из салона тонущего автомобиля. Предлагаемый проект практически не имеет аналогов и представляет собой автоматическую систему, что позволяет минимизировать участие человека в процессе работы и максимально исключить человеческий фактор.

**Ключевые слова:** легковой автомобиль, система эвакуации из салона тонущего автомобиля, алгоритм срабатывания.

#### Abstract

This article discusses the design of one of the passive safety systems of the car – the system of evacuation of people from the cabin of a sinking car. The proposed project has almost no analogues and is an automatic system that minimizes human involvement in the process and eliminate the human factor as much as possible.

**Keywords:** passenger car, the system of evacuation of the sinking car, the algorithm of operation of the system.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-1-80-85

#### Авторы Authors

**Дмитрий Германович Неволин**, действительный член Российской академии транспорта, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Андрей Петрович Котельников**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

**Dmitry Germanovich Nevolin**, full member of the Russian Academy of Transport, Dr. of Tech. Sciences, Professor, Head of the Department "Designing and Exploitation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | **Andrey Petrovich Kotelnikov**, Ph D. of Tech. Sciences, associate Professor of the Department "Designing and Exploitation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

Не секрет, что современный автомобиль является источником повышенной опасности. Неуклонный рост мощности и скорости автомобиля, плотности движения автомобильных потоков значительно увеличивает вероятность аварийных ситуаций. Для защиты пассажиров при аварии активно разрабатываются и внедряются технические устройства безопасности. В конце 50-х годов прошлого века появились ремни безопасности, предназначенные для удержания пассажиров на своих местах при столкновении. В начале 80-х годов были применены подушки безопасности.

Современные системы безопасности предусматривают как пассивную, так и активную безопасность автомобиля и включают в себя целый ряд устройств: антиблокировочную систему тормозов, противозаносную систему и др. Активная безопасность охватывает все те свойства конструкции автомобиля, при помощи которых предотвращается и/или снижается сама вероятность дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Благодаря таким свойствам водитель может менять характер движения, и автомобиль не станет неуправляемым в экстренной ситуации. В то же время пассивная безопасность автомобилей превратилась в один из наиважнейших элементов для производителей. В изучение данной темы и ее развитие инвестируются огромные средства, поскольку фирмы заботятся о здоровье своих клиентов [1]. Детализация показателей безопасности транспортных средств представлена на рис. 1.

Естественно, что разработки, направленные на повышение надежности и безопасности автомобиля, стремятся предупредить, предотвратить, уменьшить возможные катастрофические последствия для водителя и пассажиров в непростых условиях современных дорог.

Конструктивные особенности современного автомобиля являются залогом безопасности его эксплу-



Рис. 1. Детализация показателей безопасности транспортных средств

тации, поэтому существенное значение в наши дни имеют и «анатомические» сидения, повторяющие форму человеческого тела, и обогрев ветрового стекла и зеркал заднего вида во избежание их замерзания, и стеклоочистители на фарах, и противосолнечные козырьки.

Системы безопасности автомобилей совершенствуются с каждым годом, и аналитические отчеты показывают, что количество смертельных исходов при серьезных авариях уменьшается. Однако в некоторых ситуациях все электронные системы автомобиля, отвечающие за безопасность, становятся абсолютно бесполезными. При падении автомобиля в воду перед водителем стоит лишь одна задача — всплыть на поверхность как можно быстрее. Но сделать это непросто, так как электрические стеклоподъемники и механизм разблокировки дверей отказываются работать, и человек оказывается в замкнутом пространстве, которое постепенно заполняется водой.

В данной аварийной ситуации водитель чаще всего предпринимает попытку разбить стекла автомобиля, но их с каждым годом делают все крепче, и справиться с подобной задачей в стесненных условиях, не имея под рукой специальных приспособлений, достаточно сложно.

Голландские инженеры обеспокоились проблемой освобождения из затонувшего автомобиля и предложили систему, которая получила название Rescue and Escape Guidance System (REGS) [2–4]. Ее задача — позволить пассажирам и водителю выбраться из автомобиля, погружающегося под воду, в максимально короткие сроки. Освобождаться людям предлагается через боковые стекла, которые за счет внедрения в автомобиль системы REGS разрушаются сразу после его попадания в воду.

Конструктивно система спасения из затонувшего автомобиля REGS включает в себя несколько основных элементов:

1) датчики давления, встроенные во все двери транспортного средства;

2) активатор, закрепляющийся на нижнем торце каждого из боковых стекол;

3) пиропатрон и ударник, установленные в активатор.

Работает REGS следующим образом. Во время падения автомобиля в воду датчики давления срабатывают и выдают сигнал, который передается на активатор. Мгновенно после получения сообщения от датчиков срабатывает пиропатрон, придающий серьезное усилие ударнику, который бьет в торец стекла. За счет грамотного расположения ударника по стеклу начинают идти трещины, и для освобождения остается приложить минимальные усилия. При этом важнейшее значение имеет правильный расчет усилия, с которым наносится удар по стеклу. При излишне сильном разрушении стекла осколки могут ранить водителя.

Система спасения из затонувшего автомобиля может оснащаться специальной световой индикацией. По краям боковых стекол внедряется светодиодная полоса, которая активируется при срабатывании датчика давления. Подобное устройство необходимо для ориентации под водой в темное время суток или в условиях недостаточной видимости. На данный момент REGS активно тестируется на автомобилях Volvo, которые поставляются на голландский рынок. Инженеры утверждают, что ее эффективность уже доказана и осталось доработать лишь некоторые детали, к примеру, отладить более точное срабатывание датчика давления и определить оптимальное усилие ударника для различного рода стекол.

В данной статье рассматривается проектирование одной из систем пассивной безопасности автомобиля — системы эвакуации людей из салона тонущего автомобиля. Предлагаемый проект практически не имеет аналогов и представляет собой автоматическую систему, что позволяет минимизировать участие человека в процессе работы и максимально исключить человеческий фактор.

Приведем описание и анализ ситуации, для которой предлагается проектирование системы эвакуации людей из салона тонущего автомобиля. Рассмотрим три принципиально разные возможные модели затопления автомобиля, которые зависят от того, в каком положении автомобиль оказался в воде.

**Вариант 1.** Машина тонет крышей вверх, причем копотная часть автомобиля тонет быстрее, так как имеет большую массу и герметичность моторного отсека обычно отсутствует (рис. 2).

**Вариант 2.** Машина перевернута на крышу и тонет аналогично первой ситуации: капотом книзу. В результате возможно, что машина ляжет на дно крышей или останется в вертикальном положении из-за наличия воздуха в салоне. Сюда же можно отнести ситуации, когда машина тонет капотом вниз под прямым углом (рис. 3).



Рис. 2. Машина тонет крышей вверх

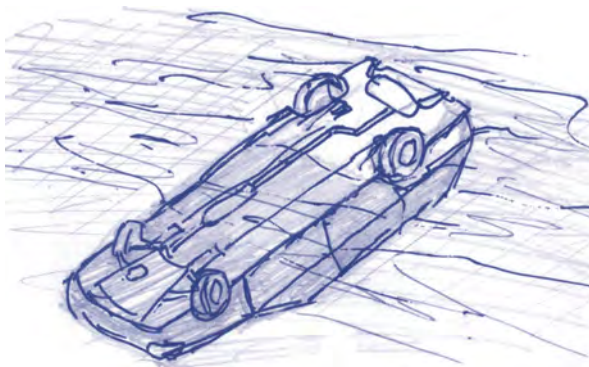


Рис. 3. Автомобиль тонет крышей вниз

**Вариант 3.** Автомобиль тонет левым или правым боком, при этом вероятнее всего, что будет больший крен в сторону (рис. 4).

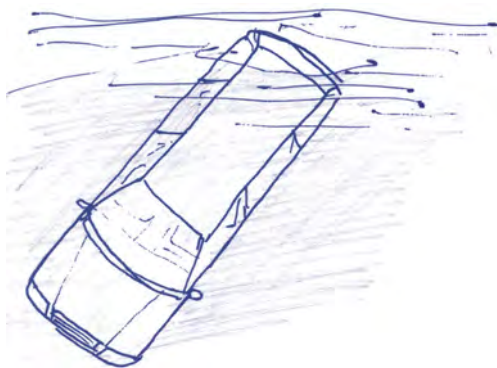


Рис. 4. Автомобиль тонет боком

При моделировании возможных ситуаций учитывались следующие условия:

- теплое время года;
- отсутствие погодных явлений (дождь, ураган, сильный ветер и т.д.);
- ровное дно;
- отсутствие сильного течения;
- автомобиль не получил существенных повреждений.

Требования к проектируемой системе пассивной безопасности:

- сохранение высокой прочности конструкции кузова при внедрении системы в конструкцию автомобиля;
- высокая работоспособность системы при повреждении автомобиля;
- быстрота срабатывания системы при возникновении чрезвычайной ситуации;
- возможность полностью автоматического функционирования;
- адаптация под разные ситуации;
- возможность автономной работы, без основного источника питания автомобиля;
- универсальность, использование элементов системы не только в аварийных ситуациях.

Предлагаемая к проектированию система эвакуации людей из салона тонущего автомобиля обусловлена работой нескольких взаимосвязанных узлов (рис. 5).

Система эвакуации состоит из следующих элементов:

1. Датчики, определяющие аварийную ситуацию:

- датчики давления;
- датчики положения и ориентации кузова в пространстве;
- датчики, которые определяют, что подвеска автомобиля находится в подвешенном состоянии.

2. Электронный блок управления системой.

3. Механизмы, освобождающие пространство для эвакуации:

- механизм, выбивающий стекла автомобиля;
- механизм смещения крыши;
- механизм, разбивающий крышу.

4. Гидросистема:

- компрессор;
- гидроаккумуляторы;
- клапаны, регулирующие подачу давления.

5. Сиденья особой конструкции с возможностью электронного управления регулировкой, оснащенные гидроцилиндрами.

Предполагается, что вся система должна быть автономной и независимой от основного источника питания, т.е. аккумуляторной батареи автомобиля, чтобы предотвратить отказ системы из-за возникновения короткого замыкания при попадании влаги на клеммы аккумуляторной батареи.

Рассмотрим подробно информационные элементы системы эвакуации. Начнем с датчиков данной системы. В устройстве системы безопасности предусмотрено три группы датчиков: датчики давления, расположенные по периметру кузова; датчики определения положения автомобиля в пространстве и датчики подвески.

Датчики, которые отвечают за определение положения автомобиля в пространстве, являются ключевыми при выборе алгоритма действия системы в аварийной ситуации. Они работают по принципу гироскопа, который считывает информацию с разных точек автомобиля и передает ее в блок управления. Датчик подвески устроен так, что может считывать положение узлов подвески относительно нормального, т.е. со средней нагрузкой, и определять, в какой момент подвеска находится в подвешенном состоянии, когда рычаги максимально свисают вниз и такие элементы, как стойки, вытянуты больше всего (рис. 6). Это значит, что на рычагах подвески есть концевые выключатели или же магнитные точки с соответствующими метками на узлах подвески, которые сигнализируют о положении подвески в данный момент.

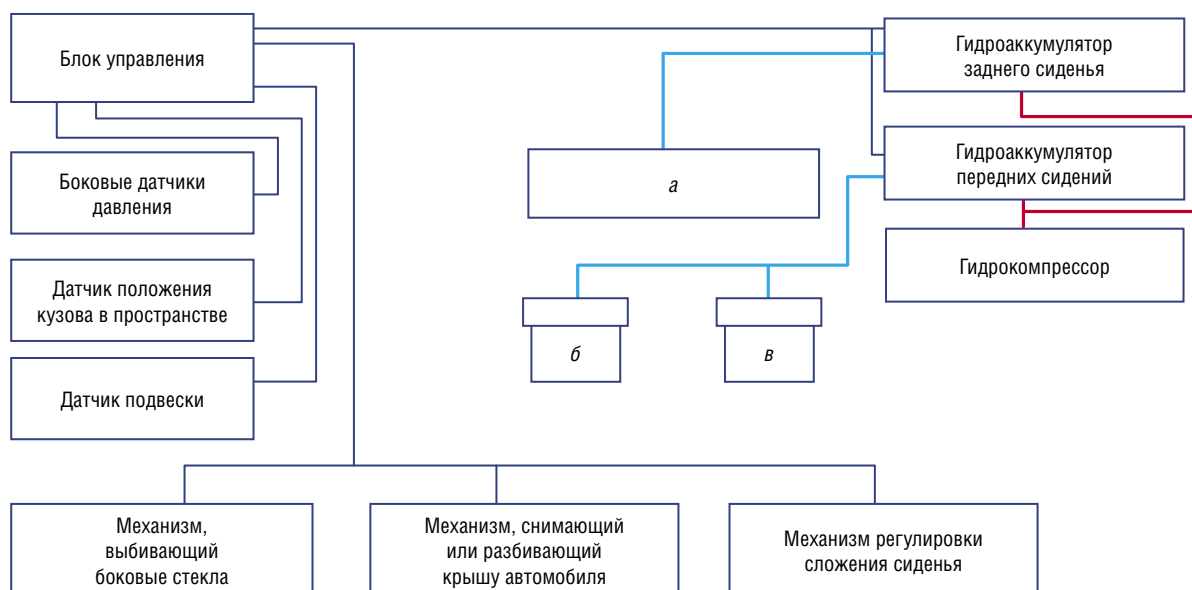


Рис. 5. Принципиальная схема работы системы эвакуации:  
а — заднее сиденье, б и в — передние сиденья



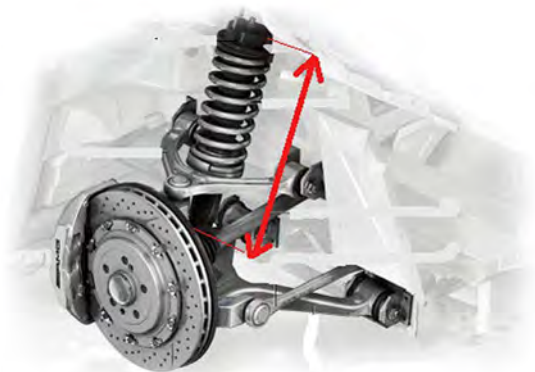


Рис. 6. Принцип действия датчика подвески

Предполагается два алгоритма действия системы в зависимости от поступающих сигналов с датчиков, установленных на кузове и внутри автомобиля. Рассмотрим обе ситуации более детально.

Машина падает в воду (рис. 7), срабатывают датчики давления, установленные по периметру автомобиля, датчик ориентации машины в пространстве и датчик определения положения подвески в пространстве. Со всех датчиков поступают сигналы на электронный блок управления (ЭБУ) системой эвакуации, который подает управляющий сигнал на узлы системы и электронный блок управления автомобилем. В зависимости от полученных данных ЭБУ системы эвакуации определяет, по какому сценарию работать. На данном этапе происходит выбор алгоритма действия для узлов системы эвакуации.

Рассмотрим первый алгоритм работы системы эвакуации для тех случаев, когда машина тонет сверху кры-

шей (рис. 8). В этом случае система использует алгоритм, который позволяет производить автоматическую эвакуацию пассажиров и водителя через крышу автомобиля.

Шаг 1. ЭБУ системы эвакуации дает управляющие команды элементам системы.

Шаг 2. Разбивается панорамная крыша или же запускается механизм снятия крыши авто, в зависимости от того, как укомплектован автомобиль.

Шаг 3. Начинает работать гидравлическая система, открываются клапаны гидроаккумуляторов, и давление поступает в гидроцилиндры, которые поднимают пассажиров и водителя за пределы салона автомобиля.

Шаг 4. Когда кресла с пассажирами и водителем оказываются за пределами автомобиля, срабатывает механизм, накачивающий надувные подушки, которые смогут удерживать кресла с людьми на поверхности воды.

Рассмотрим второй алгоритм срабатывания системы эвакуации людей из салона автомобиля для ситуации, если машина тонет крышей книзу, т.е. перевернута, или когда машина тонет боком.

ЭБУ системы эвакуации подает сигнал элементам системы на выполнение алгоритма эвакуации людей из салона автомобиля через боковые окна дверей. Активируется режим, который позволяет запустить механизм выбивания боковых стекол. Поскольку этот сценарий эвакуации людей не автоматический, предоставляется возможность отложенного пуска системы, чтобы люди были готовы к этому и могли сами запустить процесс. Когда находящиеся внутри утонувшего автомобиля люди активируют систему, ЭБУ системы эвакуации запускает механизмы, которые выбивают боковые стекла. После чего люди сами покидают салон автомобиля и всплывают на поверхность.



Рис. 7. Падение автомобиля в воду



Рис. 8. Автомобиль тонет крышей вверх

Во втором сценарии работы предусмотрен режим ручного управления системой для обеспечения максимальной выживаемости людей, чтобы они подготовились к самостоятельному выходу из салона автомобиля. Данная функция становится активной строго после

срабатывания группы датчиков, которые предусмотрены системой эвакуации. Важно отметить, что система эвакуации применима также в ситуации, когда машина попала в дорожно-транспортное происшествие, в результате чего оказалась перевернутой на крышу. Зачастую двери машины блокируются, и их невозможно открыть без использования специального оборудования. Тогда можно использовать устройство, которое будет разрушать боковые стекла автомобиля, чтобы облегчить эвакуацию людей из поврежденного автомобиля.

Кроме того, у данной системы эвакуации есть возможность перевода в постоянный режим ручного управления для чрезвычайных ситуаций. Например, если в результате природного катаклизма произошло наводнение, датчики системы будут улавливать давление воды и подвешенное состояние подвески автомобиля. Но в такой ситуации безопаснее оставаться внутри салона автомобиля и использовать автоматизированное управление системой эвакуации. **ИТ**

### Список литературы

1. Яхьев Н. Я. Безопасность транспортных средств. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 432 с.
2. Степанов И. С. Влияние элементов системы водитель — автомобиль — дорога — среда на безопасность дорожного движения : учебное пособие / И. С. Степанов, Ю. Ю. Покровский, В. В. Ломакин, Ю. Г. Москалева. — М. : МГТУ «МАМИ», 2011. — 171 с.
3. Ломакин В. В. Безопасность автотранспортных средств : учебник для вузов / В. В. Ломакин, Ю. Ю. Покровский, И. С. Степанов, О. Г. Гоманчук ; под общ. ред. В. В. Ломакина. — М. : МГТУ «МАМИ», 2011. — 299 с.
4. Хусаинов А. Ш. Пассивная безопасность автомобиля : учебное пособие / А. Ш. Хусаинов, Ю. А. Кузьмин. — Ульяновск : УлГТУ, 2011. — 89 с.
5. URL: [http://offroadclub.ru/faq/off-road\\_school/74966.html](http://offroadclub.ru/faq/off-road_school/74966.html);
6. URL: <https://ru.wikihow.com/выбраться-из-тонущего-автомобиля>

**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>

<b>Извещение</b>	<p><b>Получатель:</b> Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС <b>КПП:</b> 667001001 <b>ИНН:</b> 6670317893 <b>ОКТМО:</b> 65701000 <b>Р/сч.:</b> 40703810863010000192 <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> 046577795 <b>К/сч.:</b> 30101810900000000795 <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.  Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2018 г.</p>
<b>Квитанция</b>	<p><b>Получатель:</b> Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС <b>КПП:</b> 667001001 <b>ИНН:</b> 6670317893 <b>ОКТМО:</b> 65701000 <b>Р/сч.:</b> 40703810863010000192 <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> 046577795 <b>К/сч.:</b> 30101810900000000795 <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.  Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2018 г.</p>

**Подписка на 2018 год.**

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 85022.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1

**АБОНЕМЕНТ**

на ~~газету~~  
журнал

**85022**

(индекс издания)

**Инновационный транспорт**

(наименование издания)

Количество  
комплектов:

на 2018 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	руб. ____ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	руб. ____ коп.	

на 2018 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.

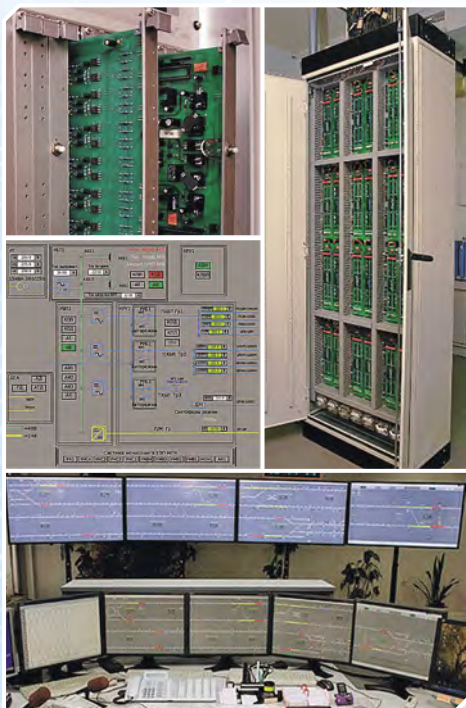
**6. Рисунки и таблицы.** Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по 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.**



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

- ЭЦ-МПК, ЭЦ-МПК-У — 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, оф. В3-7  
 Тел./факс: (343) 221-25-23  
 E-mail: [info@nilksa.ru](mailto:info@nilksa.ru). Веб-сайт: [www.nilksa.ru](http://www.nilksa.ru)



## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

### «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ»

#### Основные направления работы

- Разработка проектов реконструкции и модернизации контактной сети железнодорожного транспорта.
- 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 токосъема железнодорожного транспорта.

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



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, оф. Б3-03.  
 Тел./факс: (343) 221-25-27.

E-mail: [saprks@mail.ru](mailto:saprks@mail.ru). Веб-сайт: [www.sapr-ks.usurt.ru](http://www.sapr-ks.usurt.ru)

