

# ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 2 (28)

И Н Н О Т Р А Н С

июнь 2018

**Выбор беспересадочного маршрута  
для высокоскоростного поезда сообщением  
Москва — Владивосток**

С.З



Формирование в России  
центров опережающей  
подготовки персонала

Автоматическая система  
поиска объектов  
на изображении

Предложения по улучшению  
алгоритма спрямления  
продольного профиля





## 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



**СКОРОСТНЫЕ  
МАГИСТРАЛИ**



# Инновационный транспорт

Научно-публицистическое издание

№ 2 (28), 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 30.06.2018. Печать офсетная.

Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–160). Заказ № 5449

© 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

№ 2 (28), 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 30.06.2018. 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

Фролов Н. О., Кузнецов А. И.

Выбор беспересадочного маршрута  
для высокоскоростного поезда сообщением  
Москва — Владивосток ..... 3

Журавская М. А., Михайлев Д. Е.

Возможность формирования мультимодального  
транспортно-логистического комплекса  
в Свердловском транспортном узле ..... 12

Самуйлов В. М., Дружинина Д. Н., Цяо Цун, Т. А. Карга-

польцева. Основные тенденции и перспективы развития  
российско-китайских торгово-экономических отношений. . . . 18

## Организация производства (транспорт)

Малыгин Е. А.

Формирование в России центров  
опережающей подготовки персонала ..... 23

Тарасян В. С., Колодкина В. Ю.

Применение нечеткой кластеризации  
к анализу географии высокоширотного региона. . . . . 28

Тарасян В. С., Карачев Д. К.

Автоматическая система поиска объектов  
на изображении на примере автомобильного номера ..... 34

Мыльникова М. А., Кияткина С. Ю.

Бализа как способ контроля за напряженным состоянием  
бесстыкового пути и движением поездов. . . . . 39

Аккерман С. Г., Мыльников М. М.

Предложения по улучшению алгоритма  
спрямления продольного профиля. . . . . 44

## Управление процессами перевозок

Пермикин В. Ю., Сурин А. В., Ковалев И. А.

Увязка локомотивных бригад и составов на станции  
на основе оптимизационных задач ..... 48

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Худояров Д. Л., И. М. Сабиров.

Анализ эффективности применения рекуперативного  
торможения с учетом разработки энергетического  
паспорта участка. . . . . 53

Шкодун П. К., Долгова А. В.

Совершенствование графоаналитической модели  
диагностирования технического состояния  
коллекторно-щеточного узла  
тяговых электродвигателей подвижного состава ..... 57

## Эксплуатация автомобильного транспорта

Неволин Д. Г., Котельников А. П.

Проектирование безопасного автомобильного кресла  
и силовых устройств для эвакуации людей  
из салона тонущего автомобиля ..... 61

# CONTENTS

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

Nikolay O. Frolov, Alexey I. Kuznetsov.

The choice of a non-stop service  
for a high-speed train between  
Moscow and Vladivostok ..... 3

Marina A. Zhuravskaya, Dmitriy E. Mihajlev.

The possibility of forming a multimodal  
transport and logistics complex  
in the Sverdlovsk transport hub ..... 12

Valeriy M. Samuylov, Daria N. Druzhinina, Qiao Cong, Tatyana

A. Kargapol'tseva. Main Trends and Prospects of Russian-  
Chinese Trade and Economic Relations Development ..... 18

## The organization of production (transport)

Evgeniy A. Malygin.

Formation of the centers of advanced training  
of the staff in Russia ..... 23

Vladimir S. Tarasyan, Victoria Y. Kolodkina.

Application of fuzzy clustering to the analysis  
of high-latitude region geography ..... 28

Vladimir S. Tarasyan, Denis K. Karachev.

Automatic search system of objects on the images  
on the example of a car number ..... 34

Maria A. Mylnikova, Svetlana Y. Kiyatkina.

Balise as a way of controlling of continuous welded  
rail track in the state of tension and train movement ..... 39

Sergey G. Akkerman, Maxim M. Mylnikov.

Suggestions for improvement of the longitudinal  
profile flattening algorithm ..... 44

## Management of transportation processes

Vadim Y. Permikin, Aleksandr V. Surin, Igor A. Kovalyov.

The coordination of locomotive crews of trains at the station  
on the basis of optimization ..... 48

## Rolling stock, hauling operation and electrification

Dmitriy L. Hudoyarov, Ilya M. Sabirov.

Analysis of the effectiveness of regenerative braking  
with allowance for the development of the energy  
performance certificate. . . . . 53

Pavel K. Shkodun, Anna V. Dolgova.

Improvement of graphic model  
diagnostics technical condition of the  
commutator-and-brush assembly of traction motors  
of rolling stock ..... 57

## Operation of motor transport

Dmitry G. Nevolin, Andrey P. Kotelnikov.

Design of a safe car seat and power devices  
for evacuation of people from the passenger compartment  
of a sinking car ..... 61





**Николай Олегович  
Фролов**

**Nikolay O. Frolov**



**Алексей Иванович  
Кузнецов**

**Alexey I. Kuznetsov**

## Выбор беспересадочного маршрута для высокоскоростного поезда сообщением Москва — Владивосток

### The choice of a non-stop service for a high-speed train between Moscow and Vladivostok

#### Аннотация

Одним из эффективных способов повышения мобильности населения является строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей как в мире, так и в России. В то же время нет precedентов организации беспересадочных маршрутов для высокоскоростных поездов на сверхдальние расстояния (около 10 тыс. км). В настоящей статье на примере сообщения Москва — Владивосток выполнен анализ возможных вариантов прокладки маршрута высокоскоростного поезда и обоснован выбор наилучшего из них по результатам сравнения эксплуатационных показателей движения для всех рассматриваемых маршрутов.

**Ключевые слова:** высокоскоростной наземный транспорт, дальнее сообщение, электроподвижной состав, маршрут движения.

#### Abstract

One of the most effective ways to increase the mobility of the population is the construction of high-speed railway lines both in the world and in Russia. At the same time, there are no precedents for the organization of non-stop routes by high-speed trains for long distances (about 10 thousand km). This article presents an example of the Moscow-Vladivostok report used to analyze the possible options for laying a high-speed train route. The article explains the choice of the best route based on the results of a comparison of the operational performance for the traffic for all the considered routes.

**Keywords:** high-speed ground transportation, long-distance route, electric rolling stock, traffic route.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-3-11

#### Авторы Authors

**Николай Олегович Фролов**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [nfrolov@usurt.ru](mailto:nfrolov@usurt.ru) | **Алексей Иванович Кузнецов**, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [Aleksey.kuzya123@yandex.ru](mailto:Aleksey.kuzya123@yandex.ru)

**Nikolay Olegovich Frolov**, candidate of technical science, associate professor of chair for "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia, e-mail: [nfrolov@usurt.ru](mailto:nfrolov@usurt.ru) | **Alexey Ivanovich Kuznetsov**, postgraduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekatherinburg, Russia, e-mail: [Aleksey.kuzya123@yandex.ru](mailto:Aleksey.kuzya123@yandex.ru)

В ближайшие годы в нашей стране планируется построить высокоскоростную магистраль (ВСМ) Москва — Нижний Новгород — Казань, маршрут которой уже проложен. В перспективе ВСМ будет продлена до Екатеринбурга и далее в восточную часть страны. Если крайней точкой маршрута станет Владивосток, то Россия выйдет на первое место в мире по наличию высокоскоростной магистрали самой большой протяженности. Учитывая, что в мире пока нет примеров регионального или международного сообщения высокоскоростными поездами на расстояние 10 тыс. км, полных ответов на вопросы об организации железнодорожного сообщения на дальние расстояния со скоростями до 400 км/ч нет. Например, актуальными являются вопросы о целесообразности беспересадочного сообщения на дальние расстояния (когда поезд следует несколько суток), о выборе варианта маршрута (прокладка ВСМ только по территории России или включая территорию сопредельных стран), разработке возможно спального вагона и др.

В настоящее время в нашей стране уже существует магистраль Москва — Санкт-Петербург, на которой обеспечено высокоскоростное движение до 250 км/ч электропоездами ЭВС1, ЭВС2 «Сапсан». Учитывая масштабы России, становится целесообразным внедрение ВСМ для связи разных частей страны. Это благоприятствует экономическому развитию России, повышению уровня жизни населения. Поэтому в статье предлагается концепция беспересадочного высокоскоростного сообщения на расстояние до 10 тыс. км на примере маршрута от Москвы до Владивостока.

Прокладка маршрута начинается с обоснования наиболее оптимального пути, по которому пройдет магистраль. Рассматривалось несколько вариантов: либо только по территории России, либо с частичным проходом маршрута через территории сопредельных стран, таких как Казахстан, Китай и Монголия. Если магистраль пойдет только по территории России, то будет обеспечиваться постоянность габарита приближения строений, таможенный контроль не понадобится и будет наблюдаться слабая зависимость от уровня развития политических отношений, влияющих на работу железнодорожного транспорта. С другой стороны, экономическая целесообразность высокоскоростного транспорта определяется значением пассажиропотока, поэтому магистраль, проложенная через Китай, будет явно выигрывать по этому показателю, так как население городов в этой стране превышает не только население сибирских и дальневосточных городов, но и численность населения всей России.

При обосновании и проектировании ВСМ необходимо исходить из прогнозных оценок пассажиропотока, составляющего платежеспособный спрос. Прогноз спроса выполняется с учетом потенциального суммарного пассажиропотока между крупнейшими городами — региональными центрами путем моделирования условий его трансформации в спрос на перевозки ВСМ [1].

Согласно логике гравитационной модели [1], пассажиропоток между крупнейшими соседними городами можно определить по формуле

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

где  $L_{ij}$  — пассажиропоток из города  $i$  в город  $j$ , пассажиров/км;  $\alpha$  — коэффициент размерности, определяемый статистически на основе ретроспективных фактических показателей для городов  $i$  и  $j$  либо по панельной выборке с включением других пар крупнейших городов страны с аналогичным взаимным положением;  $N_i, N_j$  — население городов  $i$  и  $j$ , млн человек [2];  $R$  — расстояние между городами  $i$  и  $j$ , тыс. км [2].

Поиск оптимального варианта производился среди четырех возможных маршрутов высокоскоростного сообщения от Москвы до Владивостока:

**Первый маршрут** — территория России через города: Москва, Нижний Новгород, Казань, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Тюмень, Омск, Новосибирск, Красноярск, Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Благовещенск, Хабаровск, Владивосток.

**Второй маршрут** — территория России, Казахстана и Китая через города: Москва, Нижний Новгород, Казань, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Челябинск, Костанай, Астана, Караганда, Мойынты, Актогай, Урумчи, Сиань, Пекин, Шэньян, Чанчунь, Владивосток.

**Третий маршрут** — территория России, Монголии, Китая через города: Москва, Нижний Новгород, Казань, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Тюмень, Омск, Новосибирск, Красноярск, Иркутск, Улан-Удэ, Наушки, Улан-Батор, Пекин, Шэньян, Владивосток.

**Четвертый маршрут** — территория России, Китая через города: Москва, Нижний Новгород, Казань, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Тюмень, Омск, Новосибирск, Красноярск, Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Забайкальск, Харбин, Владивосток.

Схемы движения от Москвы до Владивостока для каждого варианта маршрута указаны на рис. 1.

Все необходимые данные по численности населения в городах, расстояния между ними и результаты расчета пассажиропотока приведены в табл. 1–4.



Рис. 1. Схемы движения от Москвы до Владивостока для каждого варианта маршрута:  
 — маршрут № 1; — маршрут № 2; — маршрут № 3; — маршрут № 4

Таблица 1

**Определение среднего пассажиропотока  
 между крупными городами по первому маршруту**

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_1$ ), млн человек	Количество человек ( $N_2$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиропоток ( $L$ ), пассажиров/км
Москва	Нижний Новгород	12,198	1,268	0,402	9,781
Нижний Новгород	Казань	1,268	1,217	0,317	3,919
Казань	Ижевск	1,217	0,643	0,276	3,202
Ижевск	Пермь	0,643	1,042	0,217	3,765
Пермь	Екатеринбург	1,042	1,444	0,289	4,239
Екатеринбург	Тюмень	1,444	0,721	0,305	3,344
Тюмень	Омск	0,721	1,178	0,542	1,700
Омск	Новосибирск	1,178	1,584	0,609	2,243
Новосибирск	Красноярск	1,584	1,067	0,715	1,819

Окончание табл. 1

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_i$ ), млн человек	Количество человек ( $N_j$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиро-поток ( $L_{ij}$ ), пассажиров/км
Красноярск	Иркутск	1,067	0,623	1,088	0,749
Иркутск	Улан-Удэ	0,623	0,431	0,456	1,136
Улан-Удэ	Чита	0,431	0,343	0,554	0,694
Чита	Благовещенск	0,343	0,224	1,781	0,156
Благовещенск	Хабаровск	0,224	0,611	0,767	0,482
Хабаровск	Владивосток	0,611	0,607	0,765	0,796
Средняя сумма					2,536

Таблица 2

Определение среднего пассажиропотока между крупными городами по второму маршруту

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_i$ ), млн человек	Количество человек ( $N_j$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиро-поток ( $L_{ij}$ ), пассажиров/км
Москва	Нижний Новгород	12,198	1,268	0,402	9,781
Нижний Новгород	Казань	1,268	1,217	0,317	3,919
Казань	Ижевск	1,217	0,643	0,276	3,202
Ижевск	Пермь	0,643	1,042	0,217	3,765
Пермь	Екатеринбург	1,042	1,444	0,289	4,239
Екатеринбург	Челябинск	1,444	1,192	0,193	6,798
Челябинск	Костанай	1,192	0,232	0,260	2,023
Костанай	Астана	0,232	0,880	0,580	0,779
Астана	Караганда	0,880	0,508	0,188	3,556
Караганда	Мойынты	0,508	0,002	0,289	0,110
Мойынты	Актогай	0,002	0,006	0,173	0,020
Актогай	Урумчи	0,006	3,113	0,712	0,192
Урумчи	Сиань	3,113	7,270	2,116	2,248
Сиань	Пекин	7,270	21,705	0,911	13,789
Пекин	Шэньян	21,705	7,760	0,626	20,732
Шэньян	Чанчунь	7,760	7,674	0,280	27,560
Чанчунь	Владивосток	7,674	0,607	0,536	4,027
Средняя сумма					6,279



Таблица 3

**Определение среднего пассажиропотока  
между крупными городами по третьему маршруту**

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_i$ ), млн человек	Количество человек ( $N_j$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиро-поток ( $L_{ij}$ ), пассажиров/км
Москва	Нижний Новгород	12,198	1,268	0,402	9,781
Нижний Новгород	Казань	1,268	1,217	0,317	3,919
Казань	Ижевск	1,217	0,643	0,276	3,202
Ижевск	Пермь	0,643	1,042	0,217	3,765
Пермь	Екатеринбург	1,042	1,444	0,289	4,239
Екатеринбург	Тюмень	1,444	0,721	0,305	3,344
Тюмень	Омск	0,721	1,178	0,542	1,700
Омск	Новосибирск	1,178	1,584	0,609	2,243
Новосибирск	Красноярск	1,584	1,067	0,715	1,819
Красноярск	Иркутск	1,067	0,623	1,088	0,749
Иркутск	Улан-Удэ	0,623	0,431	0,456	1,136
Улан-Удэ	Наушки	0,431	0,003	0,191	0,188
Наушки	Улан-Батор	0,003	1,372	0,280	0,229
Улан-Батор	Пекин	1,372	21,705	1,168	4,672
Пекин	Шэньян	21,705	7,760	0,626	20,732
Шэньян	Чанчунь	7,760	7,674	0,280	27,560
Чанчунь	Владивосток	7,674	0,607	0,536	4,027
Средняя сумма					5,489

Таблица 4

**Определение среднего пассажиропотока  
между крупными городами по четвертому маршруту**

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_i$ ), млн человек	Количество человек ( $N_j$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиро-поток ( $L_{ij}$ ), пассажиров/км
Москва	Нижний Новгород	12,198	1,268	0,402	9,781
Нижний Новгород	Казань	1,268	1,217	0,317	3,919
Казань	Ижевск	1,217	0,643	0,276	3,202
Ижевск	Пермь	0,643	1,042	0,217	3,765
Пермь	Екатеринбург	1,042	1,444	0,289	4,239
Екатеринбург	Тюмень	1,444	0,721	0,305	3,344

Окончание табл. 4

Начальная станция	Конечная станция	Количество человек ( $N_i$ ), млн человек	Количество человек ( $N_j$ ), млн человек	Расстояние ( $R$ ), тыс. км	Пассажиро-поток ( $L_{ij}$ ), пассажиров/км
Тюмень	Омск	0,721	1,178	0,542	1,700
Омск	Новосибирск	1,178	1,584	0,609	2,243
Новосибирск	Красноярск	1,584	1,067	0,715	1,819
Красноярск	Иркутск	1,067	0,623	1,088	0,749
Иркутск	Улан-Удэ	0,623	0,431	0,456	1,136
Улан-Удэ	Чита	0,431	0,343	0,554	0,694
Чита	Забайкальск	0,343	0,013	0,379	0,176
Забайкальск	Харбин	0,013	10,636	0,823	0,452
Харбин	Владивосток	10,636	0,607	0,509	4,992
Средняя сумма					2,814

В табл. 1–4 вычислены значения среднеарифметического пассажиропотока (рис. 2), которые будут иметь приоритетное влияние на выбор маршрута движения.

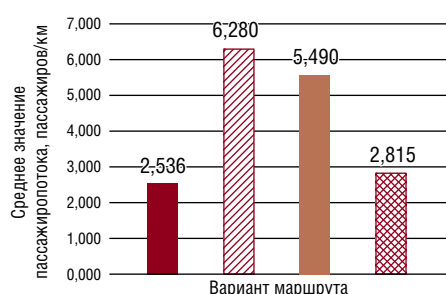


Рис. 2. Сравнение среднего пассажиропотока рассматриваемых маршрутов движения:

■ — первый; ▨ — второй; ■ — третий; ▨ — четвертый

Из рис. 2 следует, что самым большим пассажиропотоком обладает маршрут № 2, проходящий через Россию, Казахстан и Китай.

Определим общее расстояние магистрали ВСМ между Москвой и Владивостоком, которое проходит поезд:

$$S_{\text{общ}} = \sum S_i, \quad (2)$$

где  $S_i$  — расстояние между станциями, км.

Расстояние  $S_{\text{общ}}$  соответственно для первого, второго, третьего и четвертого маршрутов составит:

$$S_{\text{общ}1} = 9083 \text{ км}, S_{\text{общ}2} = 8365 \text{ км},$$

$$S_{\text{общ}3} = 8297 \text{ км}, S_{\text{общ}4} = 7481 \text{ км}.$$

Принимая во внимание большие расстояния, проходимые поездом, необходимо учесть, что должны быть предусмотрены остановки для посадки и высадки пассажиров, а также для проведения осмотров наиболее ответственных узлов поезда. На примере высокоскоростных поездов дальнего следования в Китае это время составляет  $t_{\text{ост}} = 30$  минут.

Ускорение и торможение играют немаловажную роль при подсчете времени движения, тем более для высокоскоростного поезда. Используя опыт эксплуатации высокоскоростных поездов, определим в качестве расчетного ускорения и замедления  $0,7 \text{ м/с}^2$  для более плавного разгона и торможения, исходя из создания комфортных условий для пассажиров поезда. Тогда время на разгон и торможение можно найти по формуле:

$$t_{\text{пр}} = \frac{V_k}{a_3}, \quad (3)$$

где  $V_k$  — конечная скорость движения при разгоне (конструкционная скорость), км/ч;  $a_3$  — ускорение электропоезда,  $\text{м/с}^2$ .

С учетом перевода скорости в  $\text{м/с}$  находим время разгона

$$t_{\text{пр}} = \frac{350}{0,7 \cdot 3,6} = 138,9 \text{ с} = 2 \text{ мин } 19 \text{ с}.$$

В качестве допущений принимаем, что поезд движется на перегонах с постоянной скоростью  $350 \text{ км/ч}$ . Расстояние, за которое поезд достигает скорости  $350 \text{ км/ч}$ , и его тормозной путь определяем следующим образом:



$$S_{\text{рт}} = \frac{V_k^2}{2a_3}, \quad (4)$$

$$S_{\text{рт}} = \frac{(350/3,6)^2}{2 \cdot 0,7} = 6752 \text{ м.}$$

При подсчете времени движения от Москвы до Владивостока учтем время стоянки на станциях, а также время на ускорение поезда и его торможение. Тогда полное время движения определяется по формуле

$$t_{\text{движ}} = \frac{S_{\text{общ}} - S_{\text{рт}} \cdot 2 \cdot n_{\text{пер}}}{V_k} + t_{\text{ост}} \cdot (n_{\text{пер}} - 1) + 2 \cdot t_{\text{рт}} \cdot n_{\text{пер}}, \quad (5)$$

где  $n_{\text{пер}}$  — количество перегонов на участке маршрута.

$$t_{\text{движ}1} = 33,531 \text{ ч} = 33 \text{ ч } 32 \text{ мин},$$

$$t_{\text{движ}2} = 32,556 \text{ ч} = 32 \text{ ч } 34 \text{ мин},$$

$$t_{\text{движ}3} = 32,362 \text{ ч} = 32 \text{ ч } 22 \text{ мин},$$

$$t_{\text{движ}4} = 28,954 \text{ ч} = 28 \text{ ч } 57 \text{ мин}.$$

Определим участковую скорость движения. Она будет определяться выражением

$$V_{\text{уч}} = \frac{S_{\text{общ}}}{t_{\text{движ}}}. \quad (6)$$

$$V_{\text{уч}1} = 271 \text{ км/ч}, V_{\text{уч}2} = 257 \text{ км/ч},$$

$$V_{\text{уч}3} = 256 \text{ км/ч}, V_{\text{уч}4} = 258 \text{ км/ч}.$$

Результаты расчетов пройденного расстояния по всем маршрутам, времени движения и участковой скорости приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Значения пройденного расстояния, времени движения и участковой скорости на рассматриваемых вариантах маршрута**

Вариант маршрута	Расстояние, км	Время движения	Участковая скорость, км/ч
1	9084	33 ч 32 мин	271
2	8366	32 ч 34 мин	257
3	8298	32 ч 22 мин	256
4	7482	28 ч 57 мин	258

Установим, что высокоскоростной поезд выезжает из Москвы в 09:00 ч. Зная техническую скорость и выбрав соответствующий маршрут движения, составим расписание движения поезда: время прибытия и отправления для каждой станции (табл. 6–9).

Таблица 6

**Расписание движения для первого варианта маршрута**

Станция отправления	Станция назначения	Время отправления	Время прибытия
Москва	Нижний Новгород	09:00	10:11
Нижний Новгород	Казань	10:41	11:38
Казань	Ижевск	12:08	12:58
Ижевск	Пермь	13:28	14:08
Пермь	Екатеринбург	14:38	15:30
Екатеринбург	Тюмень	16:00	16:55
Тюмень	Омск	17:25	19:00
Омск	Новосибирск	19:30	21:17
Новосибирск	Красноярск	21:47	23:52
Красноярск	Иркутск	00:22	03:31
Иркутск	Улан-Удэ	04:01	05:21
Улан-Удэ	Чита	05:51	07:28
Чита	Благовещенск	07:58	13:06
Благовещенск	Хабаровск	13:36	15:50
Хабаровск	Владивосток	16:20	18:32

Таблица 7

Расписание движения для второго варианта маршрута

Станция отправления	Станция назначения	Время отправления	Время прибытия
Москва	Нижний Новгород	09:00	10:11
Нижний Новгород	Казань	10:41	11:38
Казань	Ижевск	12:08	12:58
Ижевск	Пермь	13:28	14:08
Пермь	Екатеринбург	14:38	15:30
Екатеринбург	Челябинск	16:00	16:35
Челябинск	Костанай	17:05	17:52
Костанай	Астана	18:22	20:04
Астана	Караганда	20:34	21:08
Караганда	Мойынты	21:38	22:30
Мойынты	Актогай	23:00	23:32
Актогай	Урумчи	00:02	02:06
Урумчи	Сиань	02:36	08:41
Сиань	Пекин	09:11	11:50
Пекин	Шэньян	12:20	14:10
Шэньян	Чанчунь	14:40	15:30
Чанчунь	Владивосток	16:00	17:34

Таблица 8

Расписание движения для третьего варианта маршрута

Станция отправления	Станция назначения	Время отправления	Время прибытия
Москва	Нижний Новгород	09:00	10:11
Нижний Новгород	Казань	10:41	11:38
Казань	Ижевск	12:08	12:58
Ижевск	Пермь	13:28	14:08
Пермь	Екатеринбург	14:38	15:30
Екатеринбург	Тюмень	16:00	16:55
Тюмень	Омск	17:25	19:00
Омск	Новосибирск	19:30	21:17
Новосибирск	Красноярск	21:47	23:52
Красноярск	Иркутск	00:22	03:31
Иркутск	Улан-Удэ	04:01	05:21
Улан-Удэ	Наушки	05:51	06:26



Окончание табл. 8

Станция отправления	Станция назначения	Время отправления	Время прибытия
Наушки	Улан-Батор	06:56	07:46
Улан-Батор	Пекин	08:16	11:39
Пекин	Шэньян	12:09	13:59
Шэньян	Чанчунь	14:29	15:19
Чанчунь	Владивосток	15:49	17:22

Таблица 9

#### Расписание движения для четвертого варианта маршрута

Станция отправления	Станция назначения	Время отправления	Время прибытия
Москва	Нижний Новгород	09:00	10:11
Нижний Новгород	Казань	10:41	11:38
Казань	Ижевск	12:08	12:58
Ижевск	Пермь	13:28	14:08
Пермь	Екатеринбург	14:38	15:30
Екатеринбург	Тюмень	16:00	16:55
Тюмень	Омск	17:25	19:00
Омск	Новосибирск	19:30	21:17
Новосибирск	Красноярск	21:47	23:52
Красноярск	Иркутск	00:22	03:31
Иркутск	Улан-Удэ	04:01	05:21
Улан-Удэ	Чита	05:51	07:28
Чита	Забайкальск	07:58	09:05
Забайкальск	Харбин	09:35	11:58
Харбин	Владивосток	12:28	13:57

## Выводы

Исходя из логики гравитационной модели, оптимальным вариантом является маршрут № 2, так как среднее значение пассажиропотока на этом направлении составило 6,279 пасс./км.

Расписание движения поездов на всех маршрутах целесообразно формировать так, чтобы расстояние между соседними городами с большим значением плотности населения поезд проезжал либо за дневное время суток, либо за ночное, исходя из этого пассажирам будет предлагаться вагон с сидячими или спальными местами. **ИТ**

## Список литературы

1. Петров М. Б., Журавская М. А., Левченко М. А. Пути и возможности формирования дружественной сети регионального и городского общественного транспорта при создании ВСМ // Инновационный транспорт. — 2016. — № 4 (22). — С. 3–7. — ISSN 2311–164X.
2. Яндекс.карты — подробная карта России и мира [Электронный ресурс]. — URL: <https://yandex.ru/maps/?rl=60.605514%2C%2056.838607~3.02423300000000024%2C-0.75156500000000065&spn=5.8886718750000007%2C1.2650669207053156&ll=62.11763049999993%2C56.46469140929968> (дата обращения: 25.03.2017).

Объем статьи: 0,88 авторских листа



Марина Аркадьевна  
Журавская  
Marina A. Zhuravskaya



Дмитрий Евгеньевич  
Михайлев  
Dmitrij E. Mihajlev

## Возможность формирования мультимодального транспортно-логистического комплекса в Свердловском транспортном узле

### The possibility of forming a multimodal transport and logistics complex in the Sverdlovsk transport hub

#### Аннотация

В статье рассмотрена возможность формирования мультимодального транспортно-логистического комплекса в Свердловском транспортном узле. Изучены вопросы терминологии, определена роль терминально-складских центров при организации мультимодальных транспортно-логистических комплексов, намечены мероприятия для формирования таких комплексов в Свердловском транспортном узле в соответствии со Стратегией развития транспорта РФ до 2030 г. и Стратегией развития Свердловской области до 2030 г.

**Ключевые слова:** мультимодальный транспортно-логистический центр, мультимодальный транспортно-логистический комплекс, распределительный центр, региональная транспортно-логистическая система.

#### Abstract

The author considers the possibility of forming a multimodal transport and logistics complex in the Sverdlovsk transport hub. The questions of terminology are studied, the role of terminal and warehouse centers in the organization of multimodal transport and logistics complexes is determined, measures are planned for the formation of such complexes in the Sverdlovsk transport hub in accordance with the strategy of transport development of the Russian Federation until 2030 and the strategy of the Sverdlovsk region until 2030.

**Keywords:** multimodal transport and logistics center, multimodal transport and logistics complex, distribution center, regional transport and logistics system.

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

#### Авторы Authors

*Марина Аркадьевна Журавская*, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия | *Дмитрий Евгеньевич Михайлев*, аспирант кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия

*Marina Arkadevna Zhuravskaya*, Cand. of Tech. Sciences, Associate Professor of the Department "World Economy and Logistics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: MZhuravskaya@usurt.ru | *Dmitrij Evgenyevich Mihajlev*, postgraduate student of the Department "Stations, hubs and freight operation" Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia



Важной задачей современной России является ее устойчивое развитие в целом и всех отраслей в частности. На транспорте для достижения этой цели разработана идеология по формированию в крупнейших транспортных узлах мультимодальных транспортно-логистических комплексов (ММТЛК) при ведущей роли железнодорожного транспорта [1–4]. Ученые [5–7] полагают, что проводить данные мероприятия необходимо на основе создания крупных региональных транспортно-логистических систем (РТЛС), которые станут инструментом контроля логистических цепей от места зарождения грузопотоков до конечного потребителя и будут контролировать перемещение потоков между различными регионами и комплексами внутри региона.

Для четкого понимания места и роли мультимодальных комплексов, а также складских терминалов в понятийном пространстве ряд авторов [6, 8] предлагает иерархическую структуру транспортно-логистических определений:

- 1) региональные транспортно-логистические системы;
- 2) мультимодальные транспортно-логистические узлы;
- 3) транспортно-логистические центры (комплексы);
- 4) транспортно-торговые логистические комплексы;
- 5) станции, аэропорты, порты;
- 6) транспортные складские комплексы;
- 7) торговые складские комплексы;
- 8) выставочный объект розничной торговли.

Однако есть ученые [9], которые подвергают сомнению существование приведенной терминологии, основываясь на выводах стратегий развития различных регионов, поскольку наблюдается использование различ-

ных терминов для одного и того же определения и изолированность концепций.

Авторами проведен анализ использования существующей терминологии в различных регионах, результаты представлены в табл. 1.

В зарубежной литературе, как правило, не употребляются громоздкие определения и часто приоритет отдается понятию «терминал» [14–15]. Причем в США наименование «терминал» употребляется в сочетании с термином «интермодальный» или «мультимодальный» (как дань уважения более ранней идеологии американской логистики) [14–15].

Концепция ОАО «РЖД», в свою очередь, ввела и использует термин «терминально-логистический комплекс», который, на наш взгляд, наиболее полно отражает суть логистики и хорошо вписывается в концепцию мультимодального транспортно-логистического комплекса.

Для анализа терминально-логистической инфраструктуры в Свердловском транспортном узле авторами проанализировано более 100 предприятий, обладающих складской инфраструктурой (табл. 2), на основе электронных источников [16–18].

Главными проблемами поиска и отбора складской инфраструктуры стали:

- информационная закрытость (невозможность определения реальной принадлежности площадей к какой-либо организации);
- контрагентство (нахождение в одной складской зоне нескольких организаций, выдающих территорию за свою, но по факту арендующих ее часть);
- отсутствие четкой информации по показателям склада (рис. 1).

Таблица 1

## Терминология складских объектов

Термин	Источник
Интермодальный логистический центр Региональный логистический центр	Концепция развития транспортно-логистической системы Свердловской области на 2009–2015 годы (с перспективой до 2030 года) [10]
Интермодальный логистический центр Логистический комплекс Логистический центр	Стратегия социально-экономического развития Челябинской области до 2020 года [11]
Территориальный логистический центр Транспортно-логистический узел Логистический кластер Транспортно-логистический центр Логистический терминал	О стратегии социально-экономического развития Курганской области до 2020 года [12]
Мультимодальные транспортно-логистические комплексы Международный логистический центр	Инвестиционные предложения по развитию транспортно-логистического комплекса Тюменской области [13]

Таблица 2

Анализ складских объектов в Свердловском транспортном узле (фрагмент таблицы)

Название склада	Адрес	X	Y	Класс	Площадь	Нагрузка
Склад «PNK-Косулино»	Тюменский тракт, 32 км	49,6	11,6	A	120 000	8
Склад «Уральский»	г. В. Пышма, Индустриальный пр., 1	30,1	35,3	A	286 000	6
Склад «Гипсовый»	ул. Монтажников, 30	28,2	21,6	A	6926	—
...						
Склад «Малахит»	ул. Суходольская, 197	20,4	16,7	B+	24467	6
...						
Склад «Большеистокский»	ул. Победы, 2	35,3	6,0	B	7500	5
...						
Информационно-логистическая компания AVS Logistic	ул. Гоголя, 42	26,4	21,5	C	—	—
Склад «OCS-Екатеринбург»	ул. Студенческая, 1н	30,0	23,9	C	—	—
...						
«Автодор-люкс»	ул. Татищева, 100	23,2	21,2	C	—	—

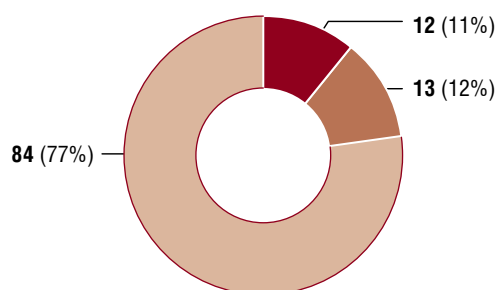


Рис. 1. Количество складов класса A, B и C в Свердловском транспортном узле:

■ — класс A; ■ — класс B; ■ — класс C

Анализ показал, что на территории Свердловского транспортного узла доля высокклассных терминалов (класса A, B и B+) составляет менее 25 % из общего числа складов. Однако при правильной организации транспортно-складского сервиса этого количества может быть вполне достаточно.

Проанализируем их положение на географической карте. Для этого определим границы транспортного узла, назовем точку — начало координатных осей, обозначим железнодорожные станции и все склады, функционирующие на территории (рис. 2).

Из построенной модели видно, что подавляющее большинство складских зон примыкает к железнодорожным станциям и имеет высокую концентрацию на сравнительно небольших территориях.

На основании данных табл. 2 для расчета необходимо произвести фильтрацию, основанную на классности склада. Для расчета месторасположения мультимодального терминала обычно применяют несколько методов [20–23]. Для решения задачи по методу «центра тяжести» или «пробной точки» используется показатель грузооборота каждой исследуемой точки (склада). Поскольку получить такую информацию невозможно, за грузооборот примем расчетную вместимость терминала.

В данной работе использован метод подвижной точки, который хорошо зарекомендовал себя для решения практических задач по определению оптимального местонахождения распределительного (базового) центра [24]. Главным достоинством этого метода является независимость полученного результата от таких факторов, как развитая сеть транспортных путей, геометрическая форма обслуживаемой территории и тариф на перевозку груза.

Из рис. 2 видно, что значимыми станциями Свердловского узла являются Седельниково, Гипсовая и Решеты. Определим места размещения терминально-логистических комплексов именно для этих станций.

Для этого необходимо упорядочить координаты складов в порядке возрастания сначала для  $x$  и затем аналогично для  $y$ .

Пусть  $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$ . Введем обозначения  $x_1 = a_0$ ,  $x_n = b_0$ .

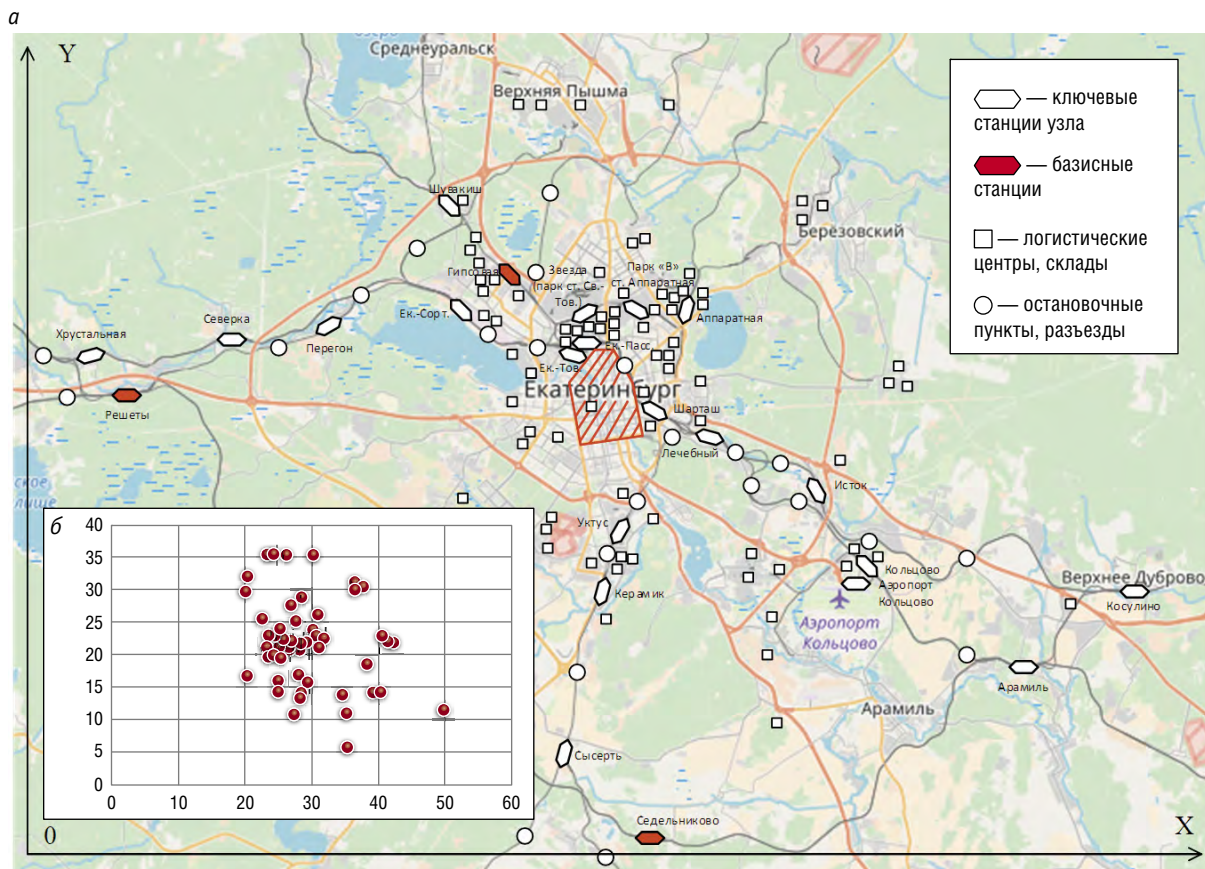


Рис. 2. Географическая карта Свердловского транспортного узла:  
а — транспортная инфраструктура [19]; б — складская инфраструктура

Пусть  $d_0$  — середина отрезка  $[a_0, b_0]$ ,

$$d_0 = \frac{a_0 + b_0}{2}. \quad (1)$$

Если  $Q_l(d_0)$  — суммарная вместимость терминально-логистического комплекса, расположенного слева от точки  $d_0$ , равна  $Q_r(d_0)$  — суммарной вместимости комплекса, расположенного справа от точки  $d_0$ , то задача решена:

$$Q_l(d_0) = \sum_{i=1}^k z_i; \quad Q_r(d_0) = \sum_{i=k+1}^k z_i, \quad (2)$$

где  $d_0 \in [k, k+1]$ , т.е.  $k$  — округление  $d_0$  с недостатком;  $k+1$  — с избытком.

Если  $Q_l(d_0) \neq Q_r(d_0)$ , то следует рассмотреть два сценария:

- 1)  $Q_l(d_0) > Q_r(d_0)$  — предположим  $a_1 = a_0$ ,  $b_1 = d_0$ ;
  - 2)  $Q_l(d_0) < Q_r(d_0)$  — предположим  $a_1 = d_0$ ,  $b_1 = b_0$ .
- Далее найдем среднюю точку отрезка  $[a_1, b_1]$ :

$$d_1 = \frac{a_1 + b_1}{2}.$$

Если  $Q_l(d_1) = Q_r(d_1)$ , то задача решена. Если вновь  $Q_l(d_1) \neq Q_r(d_1)$ , снова рассмотрим два отрезка  $[a_1, d_1]$  и  $[d_1, b_1]$  и снова выберем тот, для которого  $Q_l(d_1) > Q_r(d_1)$ . Выбранный отрезок обозначим  $[a_2, b_2]$ .

Если продолжать этот процесс, то он либо оборвется на некотором шаге  $n$  из-за того, что выполнится условие  $Q_l(d_n) = Q_r(d_n)$ , либо  $Q_l(d_n) = Q_l(d_{n-1})$ . В этом случае расчеты останавливаются и принимается

$$X_c = \frac{a_n + b_n}{2} = d_n. \quad (3)$$

Расчет второй координаты распределительного центра  $Y_c$  производится аналогично.

Точка  $[X_c, Y_c]$  находится в оптимальной области. Для того чтобы определить ее границы, следует найти абсциссы двух соседних комплексов  $X^*$  и  $X^*$ , между которыми лежит значение  $X_c$ , и ординаты двух соседних комплексов, между которыми лежит значение  $Y_c$ . Прямоугольник  $[X^*, X^*] \times [Y^*, Y^*]$  и будет являться оптимальной областью с точки зрения метода подвижной точки [20].

Внутри оптимальной области выбирается место для размещения базового терминально-логистического комплекса, исходя из развитости инфраструктуры.

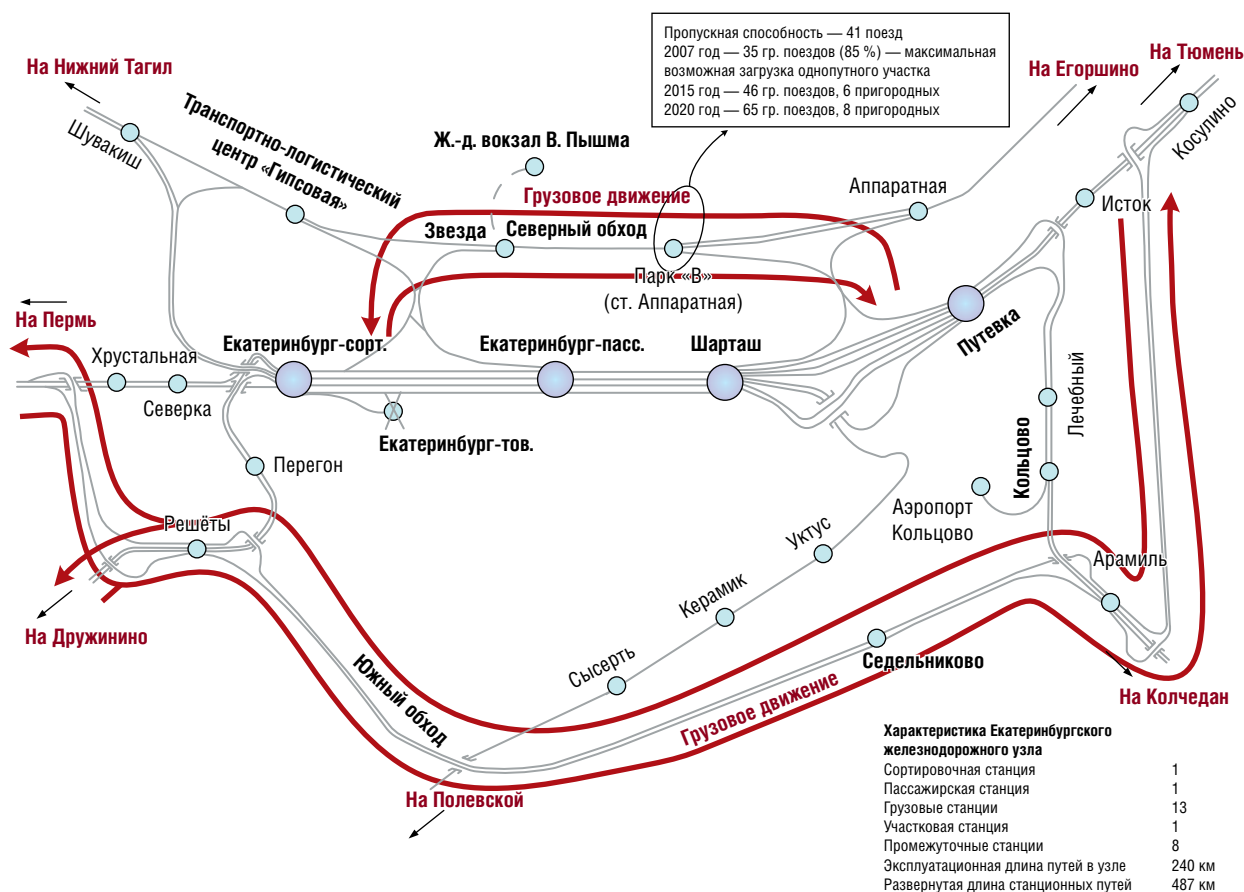


Рис. 3. Основные направления развития Екатеринбургского транспортного узла [16]

Свердловский узел — один из самых стратегически важных транспортных узлов на территории Российской Федерации, через него проходят железнодорожные, автомобильные и воздушные пути. Густота и загрузка железнодорожной и автомобильной транспортной сети выше среднего показателя по стране в основном за счет географического положения. Свердловский транспортный узел связывает между собой западную и восточную часть страны, находясь на границе Европы и Азии, пропуская и перерабатывая грузопотоки обоих направлений.

Таким образом, Свердловский транспортный узел обладает всем необходимым потенциалом для формирования в нем мультимодальных транспортно-логистических комплексов (ММТЛК) при ведущей роли железнодорожного транспорта, однако требуется провести реорганизацию работы и капитальную реконструкцию пассажирских и грузовых комплексов Свердловского

железнодорожного узла, чтобы вписаться в «Стратегию развития Свердловской области до 2030 года» [16]. Для этого необходимо:

- перевести грузовое движение на северный и южный обходы;
- изменить специализацию главного внутриузлового диаметрального соединения для организации пассажирских перевозок с развитием дальнего и пригородного сообщений;
- модернизировать вокзальный комплекс в интермодальный транспортно-пересадочный узел;
- вывести грузовую работу за пределы города и сосредоточиться на предузловых станциях с перспективой создания мощного мультимодального транспортно-логистического комплекса (рис. 3). **ИТ**

Работа проводилась при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты № 18-07-00604, 16-06-00464.



## Список литературы

1. Концепция создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации [Текст]. М. : ОАО «РЖД», 2012. — 79 с.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. [Электронный ресурс]. — URL: <http://doc.rzd.ru> (дата обращения: 13.01.18).
3. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года. [Электронный ресурс]. — URL: <http://government.ru> (дата обращения: 13.01.18).
4. Журавская М. А. «Зеленая» логистика — стратегия успеха в развитии современного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2015. — № 1 (25). — С. 38–48. — ISSN 2079–0392.
5. Булатова Н. Н. Формирование региональной транспортно-логистической системы Байкальского региона // Вестник транспорта. — 2010. — № 10. — С. 2–10.
6. Прокофьева Т. А., Лебедев В. Н., Якушев А. Ж. Стратегическая доктрина развития логистической инфраструктуры и формирования интегрированных транспортно-логистических систем на территории Дальневосточного федерального округа // Промышленный транспорт XXI век. — 2008. — № 5/6. — С. 33–37; 2009. — № 1. — С. 19–25.
7. Николаев Р. С. Пространственно-функциональная структура территориальной транспортно-логистической системы Пермского края : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Пермь : ПГНИУ, 2013. — 24 с.
8. Кородюк И. С. Развитие логистической инфраструктуры в мультимодальных транспортных узлах // Проблемы теории и практики управления. — 2003. — С. 69–72.
9. Калентеев С. В., Кузменко Ю. Г. О проблемах терминологии современной логистики в РФ // Вестник ЮУрГУ. — 2012. — № 30. — С. 156–160. — ISSN 1997–0129.
10. Официальный сайт Министерства экономики Свердловской области [Электронный ресурс]. — URL: <http://esopotu.midural.ru/> (дата обращения: 13.02.18).
11. Официальный сайт Министерства экономики Челябинской области [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.esopot-mchelreg.ru> (дата обращения: 13.02.18).
12. Официальный сайт Министерства экономики Курганской области [Электронный ресурс]. — URL: <http://kurganobl.ru> (дата обращения: 13.02.18).
13. Официальный сайт Министерства экономики Тюменской области [Электронный ресурс]. — URL: <https://admtumen.ru> (дата обращения: 13.02.18).
14. Wilson J., Piggyback & Container Traffic (Modern Railroader Books). — Kalmbach Publishing Company, 2017
15. DeWitt W., Clinger J. Intermodal Freight Transportation. — Committee on Intermodal Freight Transport, 1999
16. Официальный сайт «Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы» [Электронный ресурс]. — URL: <http://strategy2030.midural.ru/> (дата обращения: 13.01.18).
17. URL: <https://cremap.pro/ekaterinburg/rent/warehouse/class-a/>
18. URL: [https://dburg.ru/firm/logisticheskie\\_tsentryi\\_sklady/](https://dburg.ru/firm/logisticheskie_tsentryi_sklady/)
19. Официальный портал поисково-информационной картографической службы «Яндекс Карты» [Электронный ресурс]. — URL: <https://yandex.ru/maps/54/yekaterinburg/> (дата обращения: 13.01.18).
20. Журавская М. А., Макаренко И. О. Роль и задачи железнодорожного транспорта при организации мультимодальных перевозок (на примере лесных грузов) // Инновационный транспорт. — 2012. — № 3. — С. 47–52. — ISSN 2311–164X.
21. Журавская М. А., Шевцов А. А., Морозова О. Ю. Оценка значимости объектов мультимодальной транспортной сети на территориях с суровыми климатическими условиями // Инновационный транспорт. — 2017. — № 2 (24). — С. 28–34. — ISSN 2311–164X.
22. Казаков А. Л., Журавская М. А., Лемперт А. А. Вопросы сегментации логистических платформ в условиях становления региональной логистики // Транспорт Урала. — 2010. — № 4. — С. 17–20. — ISSN 1815–9400.
23. Петров М. Б., Тарасян В. С., Журавская М. А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // Экономика региона. — 2013. — № 4 (36). — С. 181–189.
24. Казаков А. Л., Поспелов А. М. Определение оптимального местонахождения базового контейнерного терминала // Транспорт Урала. — 2008. — № 2. — С. 57–64. — ISSN 1815–9400.

Объем статьи: 0,68 авторских листа



Валерий Михайлович  
Самуйлов

Valeriy M. Samuylov



Дарья Николаевна  
Дружинина

Daria N. Druzhinina



Цяо  
Цун

Qiao Cong



Татьяна Александровна  
Каргапольцева

Tatyana A. Kargapol'tseva

## Основные тенденции и перспективы развития российско-китайских торгово-экономических отношений

### Main trends and prospects of Russian-Chinese trade and economic relations development

#### Аннотация

В статье рассмотрены основные тенденции российско-китайских экономических отношений, проанализированы структура и объем торговли между двумя странами. Изучены характеристики грузоперевозок из Китая: рассмотрены основные маршруты доставки и проанализированы их достоинства и недостатки. Обозначены перспективы развития взаимоотношений Китая и России в сфере международных грузоперевозок.

**Ключевые слова:** Россия, Китай, грузоперевозки, маршруты доставки, железнодорожный транспорт, морской транспорт, автомобильный транспорт, воздушный транспорт.

#### Abstract

The main trends in Russian-Chinese relations are described in the article and the structure and volume of trade between the two countries is analyzed. The characteristics of cargo transportation from China are studied: the main routes of delivery are considered and their advantages and disadvantages are analyzed. The prospects of development of relations between China and Russia in the field of international cargo.

**Keywords:** Russia, China, cargo transportation, delivery routes, railway transport, sea transport, road transport, air transport.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-18-22

#### Авторы Authors

**Валерий Михайлович Самуйлов**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Дарья Николаевна Дружинина**, студентка группы ТД(э)-512 Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Цяо Цун**, научный сотрудник центра инноваций и технологий Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Татьяна Александровна Каргапольцева**, старший преподаватель Высшей школы экономики и менеджмента (ВШЭМ) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), Екатеринбург

**Valeriy M. Samuylov**, DSc in Engineering, Full member of the RAT, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Daria N. Druzhinina**, student group TD(e)-512 Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Qiao Cong**, Researcher, Center for Innovation and Technology, Ural State University of Communications (USURT), Yekaterinburg | **Tatyana A. Kargapol'tseva**, senior lecturer, higher school of Economics and management (HSE), Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (UrFU), Yekaterinburg

Современное развитие хозяйственной жизни России определило ускоренные темпы интеграции как национальной экономики в целом, так и экономических субъектов в мировые экономические процессы. Особое значение в настоящее время приобретают экономические и политические взаимоотношения России с Китаем. Имея развитую индустриальную экономику в европейской части, Россия заинтересована в развитии азиатской территории, богатой полезными ископаемыми, лесными массивами, малоосвоенными и малонаселенными областями. В этих условиях расширение и углубление отношений России с Китаем приобретают колоссальное значение. Важную роль в международных отношениях играет экономический фактор — взаимовыгодная торговля. За последние 15–20 лет Китай вышел на уровень передовых развитых стран, сделал огромный рывок в развитии экономики и перешел на уровень инновационной экономики. В настоящее время в стране хорошо развита легкая, химическая промышленность, электроника.

С 2000 по 2010 г. объем российско-китайской торговли вырос более чем в 10 раз, а в 2011 г. по сравнению с 2000 г. — более чем в 15 раз (с 5,72 до 79 млрд долл.) [1]. На рис. 1 представлена номенклатура перевозимых товаров.

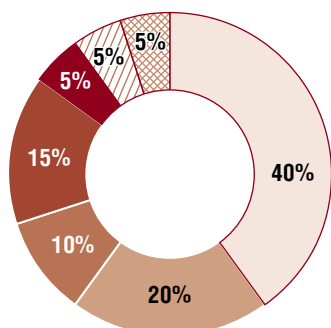


Рис. 1. Номенклатура грузов, перевозимых ООО «ТЭК «Желдоринтеграция»\*:

- — лесные грузы; ■ — прокат черных металлов;
- — машины и оборудование;
- — минерально-строительные материалы;
- — продукция целлюлозно-бумажной промышленности;
- — продукция химико-фармацевтической промышленности;
- — прочие

По данным рис. 1, 80 % ассортимента товаров, поставляемых из России в Китай, составляют товары производственного назначения — сырьевые товары, лес, прокат черных металлов, продукция целлюлозно-бумажной и химико-фармацевтической промышленности. Китай в основном экспортирует товары потребительского назначения с высокой добавочной стоимостью: электроника, химия, продукты питания, товары бытового назначения.

\*Составлено авторами по данным ООО «ТЭК «Желдоринтеграция».

Необходимо отметить важнейшие преимущества китайско-российского торгово-экономического партнерства.

Во-первых, это продолжительные и результативные политические отношения и налаженный механизм сотрудничества. Во время периодических встреч представителей власти обеих стран было создано 11 подкомиссий по главным отраслям для укрепления китайско-российского партнерства [2]. Подписано множество договоров, созданы нормативно-правовые акты и эффективная законодательная база стран. Все это способствует взаимовыгодному сотрудничеству России и Китая.

Во-вторых, благодаря тесному торгово-производственному сотрудничеству России и Китая происходит взаимообогащение, взаимодополнение преимуществ в развитии различных отраслей производства. Россия имеет преимущества в развитии энергетики, тяжелой промышленности, высоких технологий и космоса. В Китае развиты отрасли машиностроения, легкой промышленности и телекоммуникаций. Благодаря взаимодействиям эти страны могут достичь высоких успехов в конкуренции на международных и межрегиональных рынках.

В-третьих, у России и Китая большой рынок сбыта, что позволяет увеличивать производство и реализацию товаров, природных ресурсов, технологий и денежных средств.

Российско-китайские отношения характеризуются высокой динамикой развития, прочной правовой базой, разветвленной организационной структурой и активными связями на всех уровнях.

О развитии российско-китайского сотрудничества в области торговли свидетельствуют данные товарооборота России и Китая (рис. 2). Так, в 2013 г. товарооборот двух стран приблизился к отметке в 90 млрд долл., в 2016 г. составил 66,1 млрд долл., увеличившись на 4,02 % по сравнению с 2015 г. (63,5 млрд долл.), в 2017 г. также наблюдается рост товарооборота.

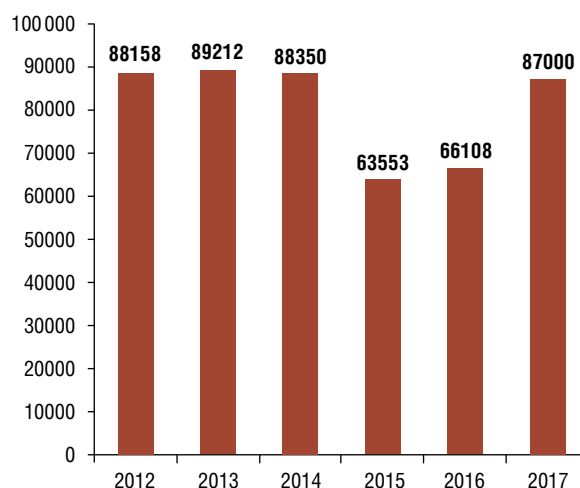


Рис. 2. Динамика товарооборота России и Китая в 2012–2017 гг., млн долл. [11]

Одним из недостатков российско-китайских отношений в современных условиях является несоответствие объема и содержания внешней торговли. Экономические интересы России заключаются в снижении продовольственной зависимости от Китая на основе реализации продовольственной программы в России. Наша страна постепенно уходит от стереотипа «Россия — сырьевая держава». Санкции США против Китая также повлияют на изменение структуры экспорта из Китая в Россию и другие страны.

Для развития международных торгово-экономических отношений России и Китая важной составляющей является транспорт. Основными видами доставки товаров из Китая в Россию являются железнодорожный, морской, автомобильный и воздушный транспорт. На рис. 3 представлена доля различных видов транспорта при перевозке грузов из Китая в РФ. Наибольшая доля (54 %) отведена железнодорожному транспорту [5].

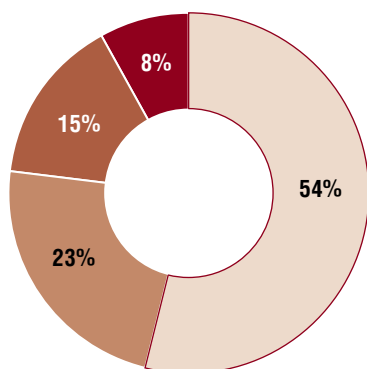


Рис. 3. Доля разных видов транспорта при перевозке грузов из Китая в РФ:

■ — ж.-д. транспорт; ■ — морской;  
■ — автомобильный; ■ — воздушный

Основные маршруты доставки грузов из Китая в РФ показаны на рис. 4. Рассмотрим сначала сухопутные пути.

Доставка грузов из Китая по железной дороге — достаточно востребованный способ грузоперевозки и осуществляется по нескольким маршрутам:

1. Груз поступает на север КНР, потом следует по Харбинской железной дороге, проходит через пограничные переходы Маньчжурия — Забайкальск, Суйфэнхэ — Гродеково и другие, до территории России. Далее по российской территории груз идет по Транссибирской магистрали до пункта назначения [7].

2. Транзит через Казахстан (пограничный переход Алашанькоу — Достык).

3. Транзит через Монголию через пограничный переход Эрлянь — Замын-Уудэ. Данный вариант приемлем для грузов, стоимость которых невелика: изделия из камня, различное сырье и руды и т.д. Это обуславливается экономией на размерах провозных платежей и сборов.

Рассматривая железнодорожные перевозки грузов и Китая в Россию, можно отметить как положительные, так и отрицательные моменты. Существуют недостатки, связанные со слаборазвитой железнодорожной инфраструктурой. Не во всех городах Китая есть станции, железнодорожные пути, что ведет к необходимости использования автотранспорта. При перегрузке товара из автомобиля в железнодорожные вагоны возникает риск повреждения товара. Другим недостатком является разница в ширине железнодорожной колеи на территории Китая и РФ, что ведет к дополнительным затратам на перегрузку по международному стыку.

Однако у железнодорожного транспорта есть и свои преимущества: осуществляются погрузо-разгрузочные работы, обеспечивается охрана товара, страхование грузов, работают высококвалифицированные сотрудники.

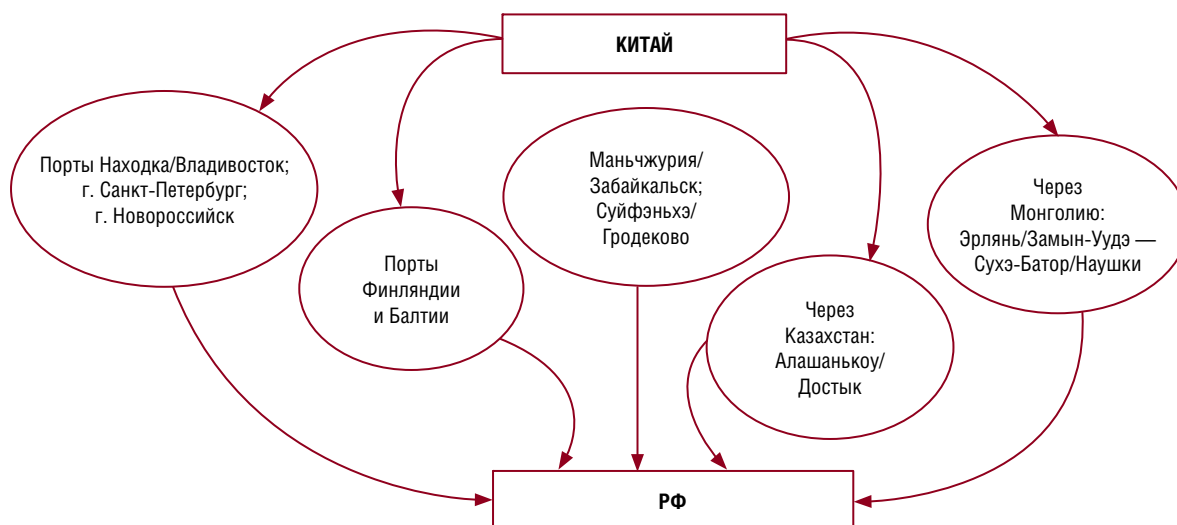


Рис. 4. Возможные маршруты доставки грузов из Китая в РФ



Автотранспорт, особенно скоростной, получил в последнее время достаточно широкое развитие за счет крупных инвестиций в инфраструктуру Китая. В России, на Дальнем Востоке, автоперевозки пока экономически невыгодны из-за значительных расстояний, проблем с доставкой грузов в города, находящиеся далеко от границы, и из-за недостаточной развитости автодорог. Чаще всего автотранспорт используется при перевозке товаров из Китая в города, находящиеся недалеко от границы или не имеющие железнодорожного сообщения. Далее товары перевозятся автотранспортом на российские таможенные терминалы и уже после процедуры таможенной очистки перегружаются в вагоны и следуют по железной дороге РФ.

Не менее популярны в настоящее время морские грузоперевозки. Их востребованность объясняется различными факторами:

- большое количество китайских отправителей находится в портовых городах;
- морская перевозка в контейнерах безопасна в плане сохранности груза;
- морская перевозка достаточно дешевая по сравнению с другими видами транспорта, но при этом наиболее долгая по срокам.

К основным морским портам Китая можно отнести: Шанхай, Шеньчжень, Гонконг, Сямьнь, Нинбо и многие другие. Основные порты назначения при перевозке грузов в РФ — это дальневосточные порты (порт Восточный, Владивосток, Находка); балтийские порты (порты Санкт-Петербурга), новороссийский порт. Из портов контейнеры вывозятся по железной дороге либо автотранспортом до пунктов назначения.

Ориентировочный срок доставки контейнера морем из порта Китая до дальневосточных портов — 7–10 дней (в зависимости от портов отгрузки и контейнерных линий), далее идет таможенное оформление (от 2 до 7 дней), затем контейнер следует по железной дороге по РФ (от недели до 25 дней, в зависимости от станции назначения). Таким образом, общий срок доставки от Шанхая до Москвы с таможенным оформлением в порту Восточном составляет от 35 до 45 дней. Из Шанхая до Москвы через Санкт-Петербург срок доставки может достигать до 55 дней, так как морем от порта Шанхай до Санкт-Петербурга контейнер плывет 35 дней, далее на таможенное оформление уходит до 7 дней, и потом 3–4 дня занимает доставка на автоплатформу с учетом согласований по вывозу из порта [7].

Авиатранспорт — самый дорогой, но быстрый способ доставки грузов. Он позволяет сэкономить время на доставку товара в несколько раз. Используется при доставке срочных грузов. К крупным международным аэропортам Китая относятся: аэропорт Бэйджин в Пеки-

не, Пудун в Шанхае, Байюнь в Гуанчжоу, Фэнхуан в Сяньи и другие.

Из всех перечисленных видов транспорта наиболее широкое применение имеет железнодорожный транспорт, который обеспечивает максимальное удобство транспортировки грузов.

Выстраивая логистику товарных потоков из Китая в Россию, важно помнить, что каждая перевозка требует индивидуального подхода. Место отправления и получения, характеристики груза, запланированный бюджет на перевозку и таможенное оформление, желаемые сроки доставки — на выбор оптимального маршрута влияют все эти факторы.

В России на железнодорожном транспорте постоянно разрабатываются новые услуги и сервисы для клиентов. Например, для оказания комплексных услуг уровня 3PL ООО «ТЭК «Желдоринтеграция» выбирает оптимальное сочетание транспортных средств, обеспечивая максимальное удобство транспортировки грузов клиентов:

1) железнодорожный транспорт:

- полувагоны;
- крытые вагоны;
- платформы;
- специализированные платформы;
- хопперы-дозаторы;
- железнодорожные контейнеры 20 и 40 футов;

2) автомобильный транспорт:

- автомобильные тралы;
- контейнеровозы.

Кроме организации перевозки грузов различными видами транспорта компания ООО «ТЭК «Желдоринтеграция» предлагает следующие услуги:

- оформление перевозочных и сопроводительных документов;
- погрузо-разгрузочные работы (в том числе разработка и согласование эскизов, чертежей, МТУ; предоставление аттестованных мастеров погрузки; закрепление груза в вагоне, хранение груза на открытых площадках и крытых складах);
- высококачественная и оптимальная упаковка и маркировка грузов;
- сюрвейерские услуги;
- страхование;
- согласование особых условий перевозок;
- сменная охрана и постоянное сопровождение груза;
- слежение за продвижением подвижного состава;
- предоставление рабочего места в автоматизированной системе ЭТРАН;
- переадресовка.

Статистические данные по грузоперевозкам ООО «ТЭК «Желдоринтеграция» показывают, что количество отправок увеличилось (рис. 5).

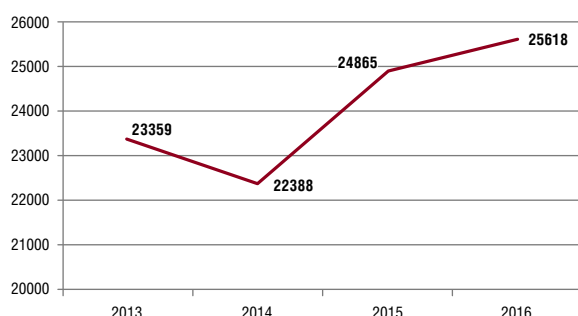


Рис. 5. Количество отправок грузов  
ООО «ТЭК «Желдоринтеграция»

В заключение нужно отметить, что российско-китайские отношения находятся в стадии конструктивного сотрудничества, и в ближайшие годы масштабы внешнеторгового сотрудничества стран будут увеличиваться и диверсифицироваться. Потенциал динамичного развития российско-китайских торгово-экономических связей не исчерпан. В перспективе намечается строительство новых высокоскоростных магистралей. Это даст России конкурентное преимущество в международном сотрудничестве с Китаем. **ИТ**

## Список литературы

1. Амиров В. Б., Михеев В. В., Потапов М. А. Россия — Китай и США — Китай: отношения нового типа. — М. : ИМЭМО РАН, 2010.
2. URL: <http://kuznetsovvn.ru/news/putinline/oborot-rossii-kitaya-sostavil-okolo-90-mlrd-dollarov.html> (дата обращения 29.03.2014).
3. «Expert Online» 2016. [Электронный ресурс]. — URL: <http://expert.ru/2016/04/15/kitaj/>.
4. Колесников А. Российско-китайский полюс. В чем смысл поворота официальной Москвы в сторону Пекина // Новая газета. — 20.05.2014. — URL: <http://www.povayagazeta.ru/columns/63640.html>
5. Проблемы организации и управления на транспорте : сб. науч. тр. / под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. В. М. Самуйлова; сост. А. Д. Неволлина. — Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. — Вып. 7 (205). — 235 с.
6. Официальный сайт компании ООО «ТЭК «Желдоринтеграция» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.zde.ru>
7. Доставка товара из КНР в РФ [Электронный ресурс]. — URL: <http://rusarticles.com>
8. Характеристика торгово-экономических отношений между Россией и КНР [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.lektsii.com>
9. Российско-китайские экономические отношения [Электронный ресурс]. — URL: <http://bibliofond.ru>
10. Внешнеторговые отношения России и Китая [Электронный ресурс]. — URL: <http://elib2.altstu.ru>
11. Федеральная служба государственной статистики. — URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/fttrade/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/fttrade/#)

Объем статьи: 0,53 авторских листа



Евгений Алексеевич  
Малыгин

Evgeniy A. Malygin

## Формирование в России центров опережающей подготовки персонала

### Formation of the centers of advanced training of the staff in Russia

#### Аннотация

В статье освещены проблемы кадрового обеспечения инновационных предприятий и центров опережающих технологий, сформулированы профессиональные компетенции кадров для инновационного производства и примерная структура формирования центров опережающей подготовки персонала.

**Ключевые слова:** инновационные предприятия, профессиональные компетенции, уровни подготовки персонала, инновационное и элитное техническое образование, целевая подготовка персонала.

#### Abstract

The article deals with problems of staffing of innovative enterprises and centres of advanced technologies, the professional competence of personnel for the innovative production and an exemplary structure for the formation of centers of advanced training of the staff.

**Keywords:** innovative enterprises, professional competences, levels of personnel training, innovative and elite technical education, targeted personnel training.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-23-27

#### Авторы | Authors

Евгений Алексеевич Малыгин, канд. техн. наук, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Evgenij Alekseevich Malygin, PhD. Tech., Professor at the Department «Automation, telemechanics and communication on railway transport», Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Инновационное развитие производственных процессов и технологий в развивающихся секторах экономики страны требует адекватного, а иногда и опережающего развития персонала модернизируемых предприятий и производств.

На встрече Президента Российской Федерации В. В. Путина в марте 2018 г. с представителями предприятий и образовательных учреждений Уральского федерального округа было отмечено, что уровень подготовки специалистов с высшим и средним образованием по ряду объективных причин не соответствует поставленной задаче. Новым предприятиям, инновационным технологиям производства продукции, опережающей время, нужен персонал, умеющий действовать в условиях инновационного производства. Профессиональное образование не в полной мере решает эту задачу. Во многом это обусловлено существенным старением учебной и производственной базы действующих образовательных организаций среднего профессионального и высшего образования, а также проблемами кадрового обеспечения инновационных образовательных программ.

Уральский государственный университет путей сообщения на протяжении всей своей истории обеспечивал предприятия железнодорожного транспорта специалистами по основным транспортным специальностям не только для Уральского региона, но и для страны в целом. Выпускники вуза строили, а сейчас эксплуатируют северные трассы в Тюменском регионе. Когда началось строительство Байкало-Амурской магистрали, туда направлялись как студенческие строительные отряды вуза, так и его выпускники, а на БАМе сейчас работают их дети.

В настоящее время в стране формируются территории опережающего развития (ТОР). Их можно рассматривать как локомотивы ускоренного развития экономики страны, но прослеживается тенденция отставания кадрового компонента предприятий, определяющих опережающее развитие экономики. Лозунг «Кадры решают все» не потерял своей актуальности, но для эффективного развития предприятий требуются специалисты нового уровня подготовки, нового мировоззрения, смелые в принятии решений, умеющие мыслить на опережение, планировать и развивать производство. Для ускоренного формирования нового поколения работников предприятий с опережающими технологиями и оборудованием целесообразно создавать центры опережающей подготовки персонала (ЦОПП), которые будут работать с новой техникой и технологиями.

Это в полной мере относится и к предприятиям железнодорожного транспорта, что особенно актуально в период развития в России высокоскоростных железных дорог и предприятий, выпускающих новую технику.

Задачей центра опережающей подготовки персонала на базе Уральского государственного университета путей сообщения может стать создание ресурсной базы образовательного процесса (включая кадровую состав-

ляющую), подготовка кадров, переподготовка граждан или получение новой квалификации по ряду инновационных профессий различных уровней квалификации и направлений деятельности для предприятий Уральского федерального округа и Пермского края.

Опережающее инженерное образование (в широком его понимании) характеризуется рядом компетенций, формирование которых в типовых формах подготовки персонала может проявляться в меньшей степени. При этом спектр требуемых компетенций различается по уровням подготовки. Можно выделить первые четыре компетенции, общие для всех уровней квалификации, но различающиеся уровнем их проявления в профессиональной деятельности.

В табл. 1 предложен примерный спектр профессиональных компетенций персонала различных уровней подготовки по традиционной системе их классификации.

Человек является ядром экономического развития предприятий, отраслей и страны в целом, что подчеркивает важность инвестиций в человеческий капитал. Для осуществления поставленной задачи требуется разработка содержания опережающей подготовки высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров с учетом современных стандартов и передовых технологий, что предусматривает изменение теоретической подготовки и формирование практических компетенций на уровне не ниже стандартов WorldSkills.

Опережающая подготовка персонала в ЦОПП УрГУПС апробирована на реализуемых в вузе программах инновационного и элитного технического образования, разработанных на опыте национальных исследовательских и федеральных университетов России (НИИУ ТПУ, Сколково, МВТУ им. Баумана, УрФУ и ряда других).

Анализ предложенных компетенций показывает, что для персонала, работающего на производствах, использующих опережающие технологии и виды продукции, вне зависимости от уровня квалификации персонала должны быть сформированы компетенции, близкие по характеру их направленности, но различающиеся уровнем квалификации персонала.

Для формирования требуемых общих компетенций целесообразно разработать комплексную программу конкретной компетенции и использовать активные ролевые формы работы с обучающимися.

### Организация деятельности центра опережающей подготовки персонала

В зависимости от спектра программ опережающей подготовки в УрГУПС, реализуемого в конкретном периоде времени, могут быть использованы три уровня подготовки в ЦОПП: программы высшего образования, программы среднего профессионального образования и программы профессиональной переподготовки персонала.



Таблица 1

**Требуемые компетенции персонала опережающей подготовки  
для работы с инновационным оборудованием**

Персонал с высшим образованием	Персонал со средним профессиональ- ным образованием	Профессиональная переподготовка и повышение квалификации
Умение ставить и решать технические и технологические проблемы, доводить разработки до совершенства, обеспечивать их конкурентоспособность	Умение доводить новые разработки до полного внедрения в производство	Готовность к изучению новой техники и технологий
Владение методами инновационной деятельности на базе междисциплинарного образования и культуры	Умение эксплуатировать инновационное оборудование технологических процессов	Умение эксплуатировать инновационное оборудование технологических процессов
Умение эксплуатировать инновационное оборудование технологических процессов	Владение навыками руководства малым коллективом	Владение основами экономических знаний и бережливого производства
Умение работать в команде	Умение работать в команде	Владение навыками работы в коллективе
Умение доводить новые разработки до полного внедрения в производство и привлекать инвестиции		
Высокая гуманитарная культура, позволяющая понимать, оценивать и учитывать интересы партнеров и конкурентов, в том числе зарубежных		
Владение иностранными языками		

На первом этапе, в соответствии с лицензией университета на проведение образовательной деятельности, возможна подготовка с использованием существующих форм инновационной образовательной деятельности. К таким формам относятся программы элитного технического образования по широкому спектру реализуемых в вузе **программ высшего образования**: «Мехатроника и робототехника (мобильная робототехника)», «Электроэнергетика и электротехника», «Информационная безопасность», «Информационные системы и технологии (с использованием оборудования и технологий Cisco)», «Технология транспортных процессов», «Техносферная безопасность», «Экономика инновационного предприятия», а также **программ среднего профессионального образования** по специальностям: «Электрооборудование», «Информационные технологии», «Программирование». Указанные программы входят в перечень ТОП-50 перспективных профессий, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 831 от 02.11.2015 г.

В ближайшей перспективе на базе колледжа УрГУПС возможен переход от дополнительной подготовки своих студентов по рабочим профессиям в структуре программ СПО к подготовке персонала по заказу предпри-

ятий, в том числе по опережающей подготовке персонала по профессиям развивающегося производства. При этом процесс целесообразно реализовывать с активным участием заинтересованных предприятий региона.

В структуре университета активно действует Институт дополнительного профессионального образования (ИДПО), который проводит профессиональную переподготовку и повышение квалификации с ежегодным обучением более 1000 специалистов с производства.

Примерная структура центра опережающей подготовки персонала на базе УрГУПС приведена на рис. 1.

Исходя из задач, для решения которых создается ЦОПП, можно определить основные требования, содержание и формы реализации программ опережающей подготовки персонала.

## Программы профессиональной подготовки

Для программ профессиональной подготовки содержание подготовки в основном будет определяться уровнем организационно-технического развития конкретного производства-заказчика.

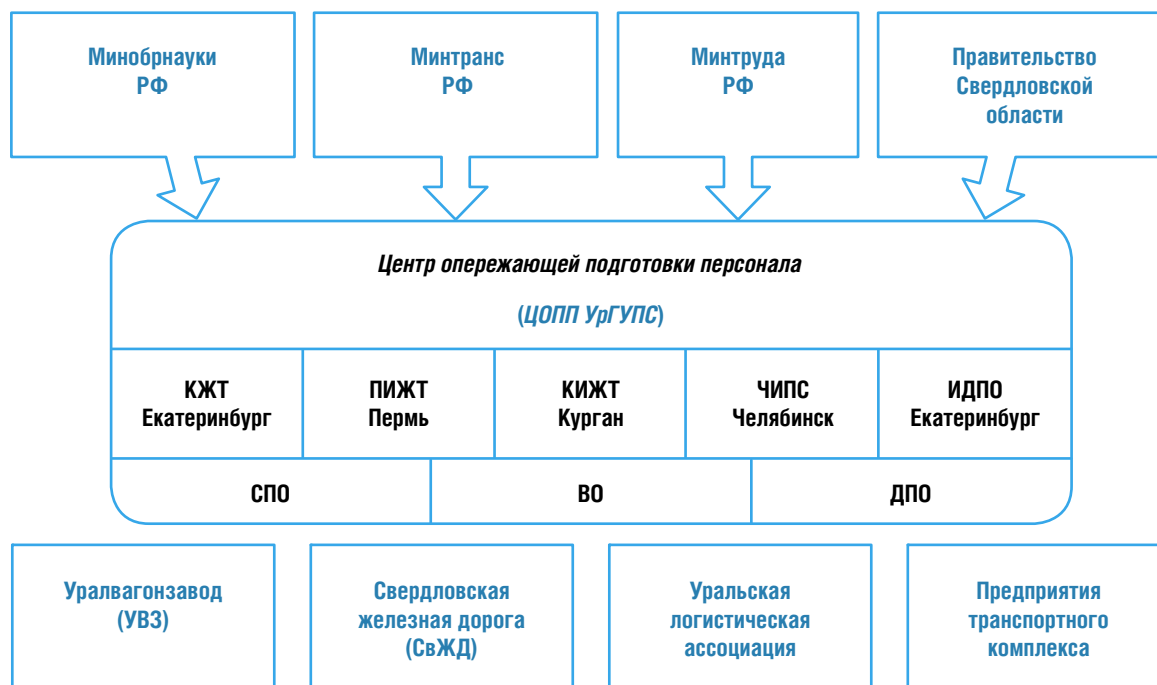


Рис. 1. Центр опережающей подготовки персонала на базе УрГУПС

Вместе с тем анализ происходящих и ожидаемых направлений развития производства и системы инженерного образования ближайшего будущего позволяет определить основные тенденции формирования содержания и формы опережающей подготовки персонала, к которым относятся: инновации на стыке с ИТ (умные сети, умное производство, умный транспорт и др.); инновации, меняющие характер деятельности внутри отраслей (сквозное проектирование и моделирование процессов на сокращающийся жизненный цикл, цифровые испытания, системы управления производством и сервисом, роботизация производств и др.) и, как следствие, развитие коротких образовательных программ, ориентированных на конкретные виды профессиональной деятельности.

При построении коротких образовательных программ целесообразно использовать модульный принцип обучения, легитимизацию и массовое применение сертификации уровня получаемой квалификации (в том числе с опорой на международные системы сертификации).

### Программы профессионального образования (высшее образование)

Для реализации в рамках ЦОПП программ профессионального образования должны быть использованы уровни подготовки прикладных бакалавров и магистров, позволяющие в достаточно короткие сроки (2–4 года) подготовить работников для конкретного производства, в том числе через длительную производ-

ственную практику и научную деятельность в интересах реального производства.

Основными тенденциями в развитии прикладных уровней образования можно считать уход от бюрократических форм контроля содержания и способов реализации целевых установок, предоставление вузам, имеющим аккредитацию, академической свободы выбора форм, объемов и содержания образовательных программ, согласованных с основными работодателями. При этом инновационные образовательные программы ВО от стандартных должны отличать следующие особенности:

- введение индивидуальных образовательных траекторий / асинхронности;
- обучение в период практики на реальных проектах работодателя, выполнение ВКР на материалах и по заказу реального производства;
- динамическая система применения профессиональных стандартов (дробление треков);
- формирование у обучающихся метакомпетенций;
- дальнейшая информатизация и цифровизация образовательного процесса, расширение источников получения информации;
- изменение образовательных технологий, отказ от системы начитки учебного материала, внедрение электронных образовательных технологий (BlackBoard), существенный рост самостоятельной работы студентов под руководством ППС;
- усиление языковой подготовки выпускников.

## Программы среднего профессионального образования

Для конкретных предприятий, реализующих программы опережающего развития производства и региона, подготовка рабочих кадров и специалистов среднего звена особенно актуальна, учитывая объемы кадровой подготовки и работу на реальном производстве.

Важнейшей составляющей процесса подготовки можно считать наличие соответствующей учебно-производственной базы и кадровое обеспечение реальной опережающей подготовки персонала.

С целью реализации указанных образовательных программ планируется:

- восстановление системы наставничества;
- быстрое обучение и переобучение (адаптация к разным рабочим контекстам и инструментам);
- формирование у обучающихся компетенции саморазвития и надпредметных профессиональных компетенций, навыков коллективной творческой работы в проектах, системного и алгоритмического мышления, а также коммуникативных компетенций.

Развитие системы опережающей подготовки персонала невозможно осуществить без наличия материально-технического и финансового обеспечения процесса.

УрГУПС имеет многолетний опыт реализации программ целевой подготовки для предприятий транспортного комплекса. В общем бюджетном контингенте студентов обучается порядка 3500 студентов-целевиков очной и заочной форм обучения по программам высшего и среднего профессионального образования.

Все виды практики студенты-целевики проходят на предприятиях, направивших студентов на обучение. При всех положительных моментах имеется проблема ознакомления целевиков с новой техникой и технологиями, используемыми на других предприятиях отрасли. Учитывая этот опыт, университет предлагает использовать аналогичную систему опережающей подготовки персонала с корректировкой условий реализации рассматриваемой задачи.

Предприятие, заказывающее обучение персонала инновационным профессиям и должностям, при реформировании своего производства предусматривает в финансово-хозяйственной программе инновационного развития передачу на временное использование экземпляров новой техники и программного обеспечения в ЦОПП. В исключительных случаях возможна организация практической подготовки персонала на своем предприятии, но это создает ряд дополнительных сложных проблем. Экономические аспекты организации опережающей подготовки могут быть решены в рамках договорных отношений предприятия и ЦОПП вуза. **ИТ**

## Список литературы

1. Малыгин Е. А. Научно-методологические основы формирования интегрированных образовательных программ непрерывного многоуровневого профессионального образования. — Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2007. — 180 с.
2. Малыгин Е. А. Практико-ориентированная подготовка специалистов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2014. № 1 (21). — С. 56–64. — ISSN 2079-0392.

Объем статьи: 0,53 авторских листа



Владимир Сергеевич  
Тарасян

Vladimir S. Tarasyan



Виктория Юрьевна  
Колодкина

Victoria Y. Kolodkina

## Применение нечеткой кластеризации к анализу географии высокоширотного региона

### Application of fuzzy clustering to the analysis of high-latitude region geography

#### Аннотация

В статье приводится методика анализа географической информации о высокоширотном регионе. Рассматривается модификация процедуры нечеткой кластеризации, адаптированная к высоким широтам. Проведен анализ информации на примере Якутии.

**Ключевые слова:** нечеткая кластеризация, сферические координаты, транспортная сеть, высокоширотный регион, Республика Саха (Якутия).

#### Abstract

The article provides a method of analysis of geographical information about the high-latitude region. A modification of the fuzzy clustering procedure adapted to high latitudes is considered. The analysis of information on the example of Yakutia is provided.

**Keywords:** fuzzy clustering, spherical coordinates, transport network, high-latitude region, Republic of Sakha (Yakutia).

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-28-33

#### Авторы Authors

*Владимир Сергеевич Тарасян*, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VTarasyan@gmail.com | *Виктория Юрьевна Колодкина*, магистрант кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: victoria.kolodkina@gmail.com

*Vladimir Sergeevich Tarasyan*, PhD, Associate Professor of the Department "Mechatronics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: VTarasyan@gmail.com | *Victoria Yurievna Kolodkina*, postgraduate student of the Department "Mechatronics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: victoria.kolodkina@gmail.com



## Введение

В масштабах и условиях России невозможно переоценить роль транспортной инфраструктуры, необходимой как для эффективного развития экономики, так и для обеспечения национальной безопасности, сохранения и укрепления единства страны путем формирования межгосударственных, региональных, областных, внутрирайонных связей. Транспорт обеспечивает развитие и конкурентоспособность предприятий промышленности и сельского хозяйства, задает вектор в освоении новых экономических районов, существенно влияет на расширение экспортной торговли и повышение качества жизни населения, способствует увеличению производительности труда. Уровень развития транспорта в стране в определенной мере отражает уровень ее цивилизации. Географические, климатические, демографические особенности России определяют главенствующую роль транспорта на пути ее становления как ведущей мировой державы.

## 1. Республика Якутия. Исходная информация для моделирования

Республика Саха (Якутия) в этом отношении имеет благоприятный инвестиционный климат: развитию горнодобывающих и обрабатывающих комплексов, прокладке коммуникаций между населенными пунктами и подготовке квалифицированных кадров уделяют особое внимание. На данный момент круглогодичной транспортной связью обеспечено лишь 12,3 % населения, или 8,7 % территории. Основной объем производства находится в районах с ограниченной различными факторами (время года, состояние дорог) транспортной доступностью. В связи с этим издержки промышленных предприятий оказываются значительно больше, чем в регионах с развитой и эффективно используемой транспортной сетью.

Географические и климатические условия, в которых необходимо спроектировать, построить и эксплуатировать транспортную систему, не сопоставимы ни с какими другими регионами и требуют индивидуального подхода.

Объектом исследования выбран высокоширотный регион — Республика Саха, предметом — действующая транспортная сеть Якутии. Целью статьи является анализ оптимизационных алгоритмов создания эффективной транспортной сети на примере Республики Саха.

Для решения данной проблемы первостепенны следующие задачи: построение корректной цифровой модели высокоширотного региона и оптимальное разбиение исходного множества объектов на кластеры. Грамотно построенная цифровая модель Республики Якутия (Саха) станет основой при проектировании опти-

мальной транспортной сети, а кластерный анализ исследуемой выборки позволит адекватно оценить объекты, вовлеченные в транспортную сеть, и отношения (необходимость наличия связи) между ними.

К исходному множеству объектов относятся административные центры городских округов и районов (улусов). Согласно закону «Об установлении границ территорий и о наделении статусом городского округа муниципальных образований Республики Саха (Якутия)» [1] к 1 января 2016 г. в границах административно-территориальных единиц существуют 2 городских округа и 34 муниципальных района (в том числе 4 национальных: Анабарский долгано-эвенкийский, Жиганский эвенкийский, Оленекский эвенкийский, Эвено-Бытантайский).

## 2. Расчет расстояний в модели высокоширотного региона

Значительная часть Якутии находится за Полярным кругом, а это означает, что использование стандартных формул для определения расстояний между точками через их географические координаты создаст значительную погрешность. Добиться ее уменьшения позволит использование специальных выражений, выведенных для сферических координат.

Для нахождения кратчайшего расстояния между двумя точками на земной поверхности (если принять ее за сферу) необходимо вычислить:

$$\cos d = \sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B \cdot \cos(\lambda_A - \lambda_B), \quad (1)$$

где  $\varphi_A$  и  $\lambda_A$  — географические координаты (широта и долгота соответственно) первой точки в градусах;  $\varphi_B$  и  $\lambda_B$  — широта и долгота второй точки в градусах,  $d$  — расстояние между точками, измеряемое в радианах, называется длиной дуги большого круга.

Расстояние между пунктами на поверхности Земли в криволинейных координатах, определяется по формуле:

$$L = d \cdot R, \quad (2)$$

где  $R$  — средний радиус земного шара,  $R = 6371$  км.

## 3. Моделирование высокоширотного региона в среде MatLab

Используя полученные с помощью формул (1, 2) расстояния между объектами оптимизации, а также количество проживающих на их территории человек, получаем следующую карту (рис. 1). В данной модели в целях ее упрощения используются только координаты относительно крупных населенных пунктов. Также для

построения цифровой модели региона можно использовать и некоторые другие количественные показатели, к примеру ВВП, количество промышленных предприятий, потенциал объекта по наличию полезных ископаемых и другие.

Карта (рис. 1) представляет собой развертку сферической поверхности в декартовы координаты и имеет серьезные искажения, особенно заметные в верхней части. Это связано с тем, что Республика Саха (Якутия) расположена на высоких широтах и более 40 % ее территории находится за Полярным кругом.

Специальный пакет Mapping Toolbox среды MatLab содержит графические функции отображения и средства для визуализации геопространственных данных в 2D и 3D [2]. Для построения карт земной поверхности в 2D-проекции используется прямоугольная проекция (Plate Carree projection). Эта проекция лучше всего подходит для создания карт отдельных областей в довольно крупных масштабах. Помимо этого, при использовании такой проекции полярные регионы имеют меньшие искажения масштаба и площади, чем в проекции Меркатора [3].

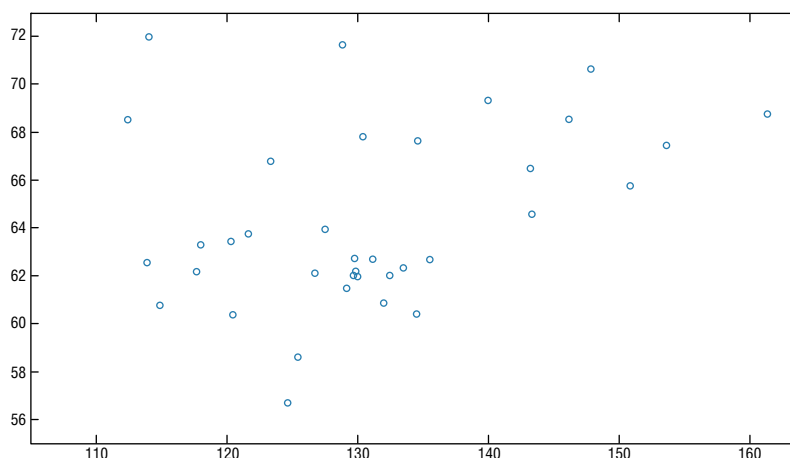


Рис. 1. Цифровая модель региона в декартовых координатах

Функция *worldmap* строит оси отображения для заданий части мира, *geoshow* отображает заданные координаты (широта и долгота) на карте. С помощью этих функций получена карта России и отмечены красными маркерами города, участвующие в транспортной сети Республики Саха (рис. 2).

Также построена 3D-модель, представляющая земной шар с некоторыми топографическими характеристиками и отмеченными точками проектируемой системы (рис. 3). Данные о реках, береговых линиях,

форме материков находятся в библиотеке MatLab. При построении приведенных цифровых моделей региона не учитывался рельеф местности. Это сделано сознательно, для отработки методики построения оптимальной транспортной сети. На последующих этапах моделирования возможен учет рельефа местности как в плане учета препятствий между точками модели (реки, озера, болотистая местность), так и с целью более точной прокладки дорог между точками.

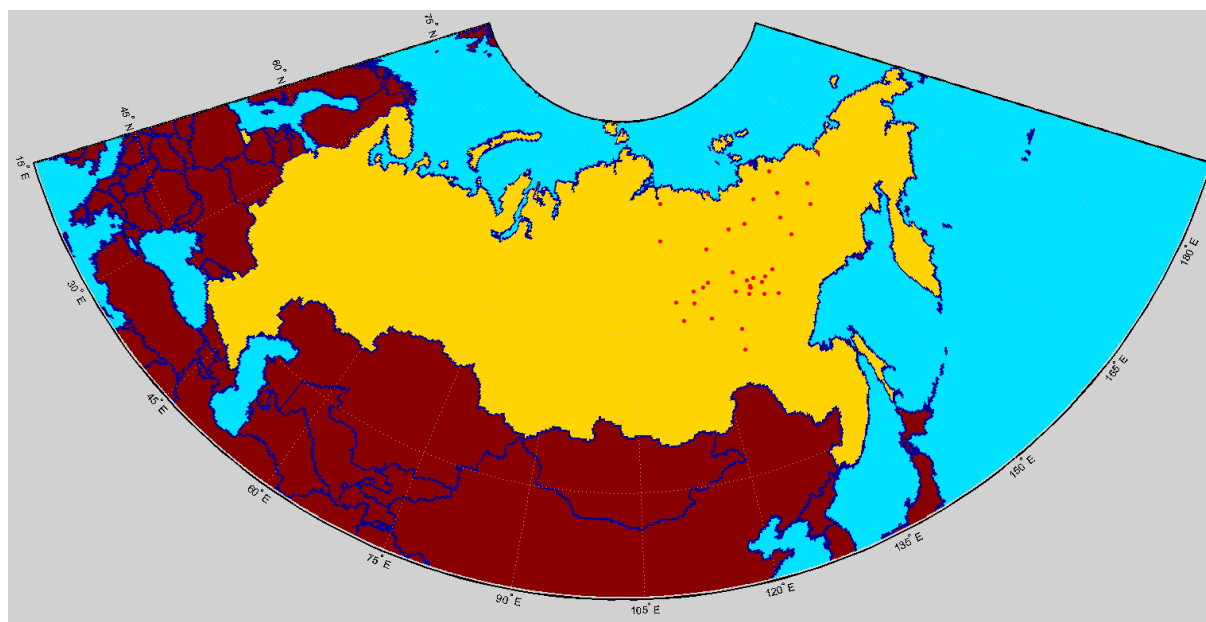


Рис. 2. 2D-модель, полученная средствами пакета Mapping Toolbox

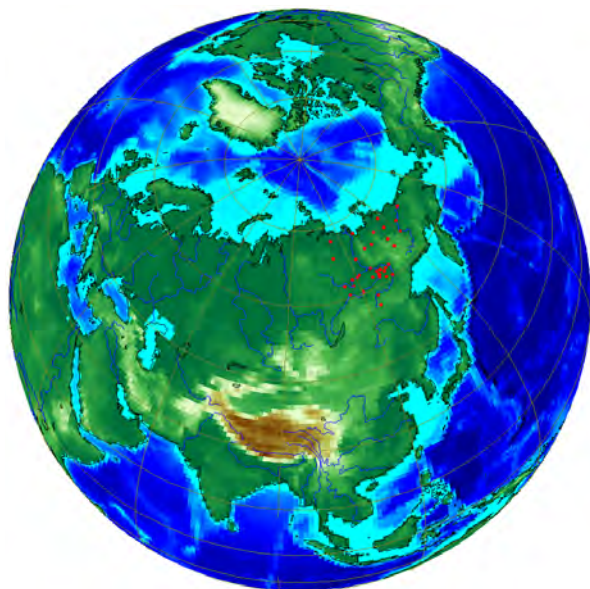


Рис. 3. 3D-модель, полученная средствами пакета Mapping Toolbox

#### 4. Нечеткая кластеризация. Постановка задачи в общем случае

Следующим этапом в решении поставленной проблемы является кластерное разбиение исследуемого множества объектов.

Термином «кластерный анализ» называется совокупность методов, разработанных для решения задачи формирования построения классов в произвольной проблемной области [4]. Среди методов анализа данных кластерный анализ играет значительную роль. С его помощью происходит разбиение исследуемой выборки на подмножества сходных между собой по каким-либо признакам объектов. Построение кластеров в совокупности исходных данных должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Каждый кластер состоит только из однородных объектов (в предлагаемой модели — населенные пункты).
2. Ни один из объектов исследуемого множества не может одновременно относиться к двум различным кластерам, то есть выделяемые подмножества должны быть непересекающимися.
3. Совокупность всех кластеров должна быть полной, т.е. должна включать все объекты исследуемой совокупности.

С точки зрения математики при выполнении этих требований совокупность объектов разбивается на некоторый набор непересекающихся подмножеств. В зависимости от критерия разбиения наборы могут различаться по составу, но в любом случае они не пересекаются между собой. Существует более ста разновид-

ностей алгоритмов кластеризации. Выбор конкретного алгоритма определяется в зависимости от задач и целей кластеризации.

Главное отличие нечеткого разбиения от четкого состоит в том, что при нечеткой кластеризации любой объект исследуемой выборки одновременно принадлежит к различным кластерам с разной степенью принадлежности. При этом учитывается мера близости, в качестве которой, как правило, используется расстояние между объектами.

Приведем формальную постановку задачи нечеткого кластерного анализа.

Пусть  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  — некоторая совокупность данных (множество объектов кластеризации),  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$  — признаки (численное представление свойств или характеристик элементов исходной совокупности данных). При этом  $n$  — общее количество исходных данных, а  $q$  — число измеряемых свойств объектов.

Для всех объектов кластеризации определяется значение каждого признака множества  $P$  в численной шкале. Иными словами, каждому из элементов  $a_i \in A$  ставится в соответствие массив  $x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_q^i)$ , где  $x_j^i$  — численное значение признака  $p_j \in P$  для рассматриваемого объекта. Совокупность векторов значений признаков удобно представить в виде матрицы данных  $D$  размерности  $n \times q$ , строки которой являются векторами  $x^i$ .

Задача нечеткого кластерного анализа состоит в следующем: на основе исходных данных  $D$  найти такое нечеткое разбиение  $R(A) = \{A_i \mid A_i \subseteq A\}$  множества  $A$  на заданное число  $c$  нечетких кластеров  $A_i$ ,  $i = \overline{2, c}$ , которое обеспечивает экстремум некоторой целевой функции  $f(R(A))$  среди всех нечетких разбиений.

#### 5. Нечеткий кластерный анализ данных на примере Якутии

На основе данных об объектах выполнен кластерный анализ с помощью функции *fcm* из пакета нечеткой логики Fuzzy Logic Toolbox.

Она реализована в среде MatLab на основе нечеткого *c-means*-алгоритма. Идею этого алгоритма кластеризации, названного F-ISODATA, предложил Дж. К. Данн в 1974 г. В 1980 г. Дж. К. Беджек теоретически доказал его сходимость, а в 1981 г. — обобщил его на случай произвольных нечетких многообразий и предложил для этого алгоритма название нечетких *c*-средних (FCM, Fuzzy C-Means).

В основе функции заложен алгоритм пошагового последовательного улучшения некоторого исходного нечеткого разбиения, которое строится пользователем либо формируется программно по некоторому эвристическому правилу. При этом на каждой из итераций при помощи рекуррентной процедуры пересчитываются значения функций принадлежности нечетких кластеров, а также их типичные представители [4].

Однако реализованная в функции *fcm* метрика кластеризации (евклидово расстояние) дает значительную погрешность применительно к поставленной задаче, поэтому внутренняя подфункция *dist* была изменена соответственно выражению (2), применение которого позволяет получать достоверные данные при расчете расстояний на сфере.

Для корректной работы функции *fcm* нужны обязательные входные данные (*data* — набор данных для кластеризации, *Nc* — количество кластеров), также можно задавать опциональные (*options* — параметры кластеризации). В результате работы функции рассчитываются следующие аргументы:

- *centers* — конечные центры кластеров;
- *U*-матрица, элементы которой указывают степень принадлежности всех точек данных для каждого кластера. Для одной точки сумма значений членства во всех кластерах равна единице;

- *objFunc* — значения функции принадлежности для каждой итерации.

Применительно к исходной задаче данного исследования городские округа и административные центры районов — это множество объектов кластеризации, а расстояние между объектами и численность населения — признаки, по которым проводится разбиение на подмножества.

Полученные с помощью программ разбиения на 4, 5, 6 и 7 кластеров представлены на рис. 4. Очевидно, что результаты различных разбиений существенно отличаются для различного числа кластеров.

Применение сферической геометрии при решении задач кластеризации и оптимизации применительно к высокоширотным регионам позволит построить более адекватные модели для решения реальных задач. В продолжение поставленной задачи предполагается построение оптимизированной транспортной сети региона с учетом его специфики [5–10]. [ИТ](#)

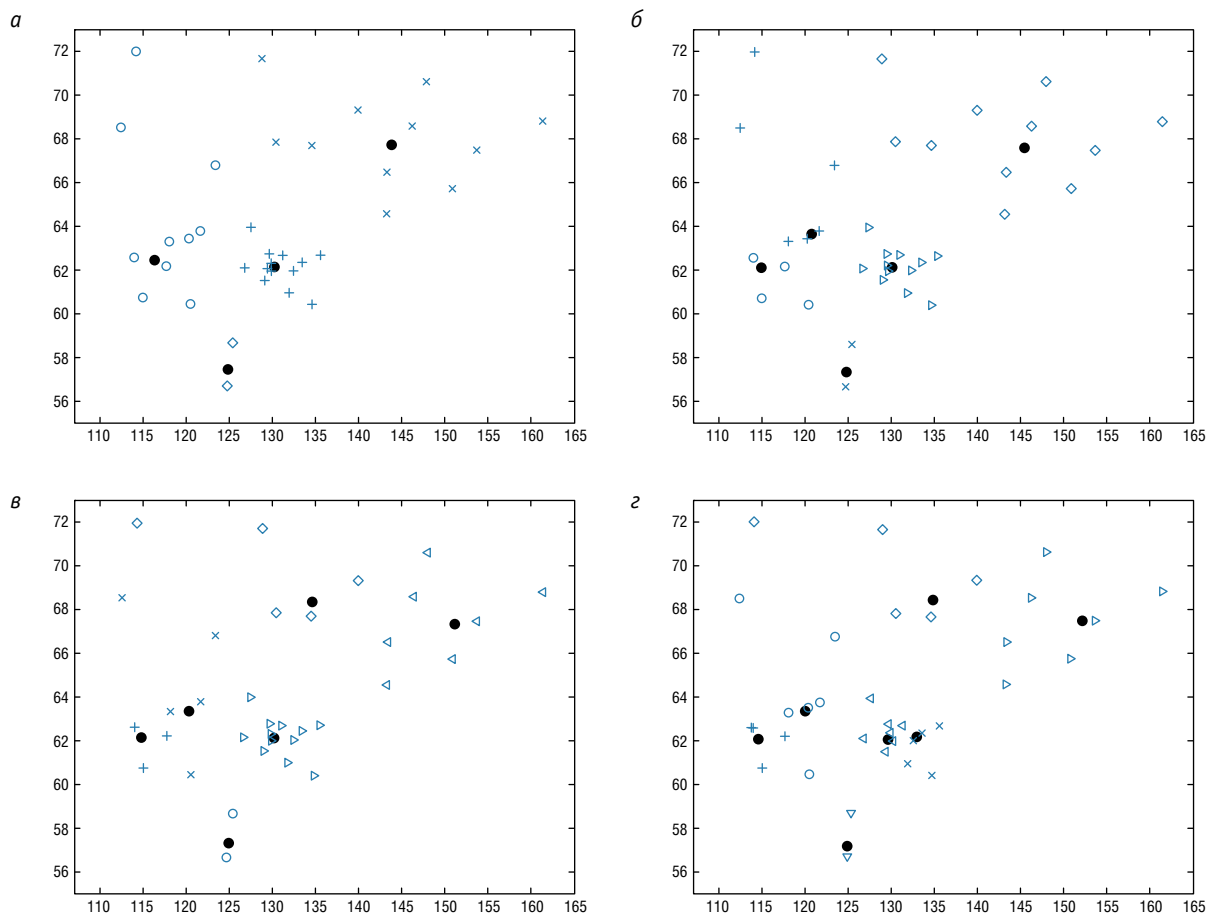


Рис. 4. Разбиение с применением *c-means*-алгоритма:  
а — на 4 кластера; б — на 5 кластеров; в — на 6 кластеров; г — на 7 кластеров



## Список литературы

1. Закон «Об установлении границ территорий и о наделении статусом городского округа муниципальных образований Республики Саха (Якутия)» [Электронный ресурс] : в ред. закона РС(Я) от 29.12.2008 641-3 N 177-IV, с изм., внесенными законом РС(Я) от 17.06.2015 1466-3 N 487-V.
2. Mapping Toolbox. — URL: <https://www.mathworks.com/help/map/index.html>.
3. Равнопромежуточная цилиндрическая проекция. — URL: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/guidebooks/map-projections/equidistant-cylindrical.html>.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 736 с. : ил.
5. Тарасян В. С., Полушкин А. Я. Оптимизация пути в неоднородной среде // Фундаментальные исследования. — 2017. — № 10–2. — С. 296–300.
6. Журавская М. А., Тарасян В. С. Обоснование оптимальной конфигурации региональной транспортной сети с учетом логистической инфраструктуры // Транспорт: наука, техника, управление. — 2014. — № 2. — С. 22–27.
7. Zhuravskaya M., Tarasyan V. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // Transport Problems. — 2014. — Т. 9, № 4. — С. 121–130.
8. Тарасян В. С., Тен Д. О. Оптимизация транспортной инфраструктуры при помощи генетических алгоритмов // Инновационный транспорт. — 2013. — № 3 (9). — С. 29–32. — ISSN 2311–164X.
9. Журавская М. А., Тарасян В. С. Искусственный интеллект в некоторых задачах моделирования и планирования логистических систем // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. — 2012. — № 3. — С. 89–96.
10. Журавская М. А., Тарасян В. С. Идентификация и сегментация логистических зон утилизации старых автомобилей на основе теории нечетких множеств // Транспорт Урала. — 2010. — № 3. — С. 29–33. — ISSN 1815–9400.

Объем статьи: 0,56 авторских листа



**Владимир Сергеевич  
Тарасян**

**Vladimir S. Tarasyan**



**Денис Константинович  
Карачев**

**Denis K. Karachev**

## Автоматическая система поиска объектов на изображении на примере автомобильного номера

### Automatic search system of objects on the images on the example of a car number

#### Аннотация

В статье рассмотрена проблема поиска объектов на изображениях. Отмечены особенности обработки изображений в реальном времени и отложенная обработка. Создан гибридный алгоритм, использующий интеллектуальные и оптические методы обработки. Показана эффективность использования нейронных сетей совместно с обычными алгоритмами в компьютерной обработке изображений.

**Ключевые слова:** обработка изображений, распознавание образов, нейронные сети, каскад Хаара.

#### Abstract

The article deals with the problem of finding objects in the images. The features of real-time processing and delayed processing are considered. The hybrid algorithm of using intelligent and optical methods for processing is developed. The efficiency of using neural networks in conjunction with conventional algorithms in computer image processing is shown.

**Keywords:** image processing, pattern recognition, neural networks, Haar cascade.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-34-38

#### Авторы Authors

*Владимир Сергеевич Тарасян, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Денис Константинович Карачев, магистрант гр. МРМ-216 кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: komedian@bk.ru*

*Vladimir Sergeevich Tarasyan, PhD., Associate Professor of the Department "Mechatronics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Denis Konstantinovich Karachev, master's degree student gr. MM-216 of the Department "Mechatronics" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: komedian@bk.ru*

## Введение

В настоящее время благодаря широкому распространению технологий получения изображений становится актуальной проблема их обработки. Особенно остро встает задача поиска объектов для получения ключевой информации с изображения. Если картинка получена на автомобильный видеорегистратор, то можно осуществить поиск номеров машин или информации указателей и знаков. Для беспилотных автомобилей это играет особую важную роль, так как обнаружение пешеходов и дорожных знаков — приоритетная задача для этой области.

Изображение представляет собой сложноструктурный цветовой объект, который может быть низко-контрастным или иметь различные искажения, например помехи или размытие. Для таких изображений невозможно применять обычные методы оптического распознавания (не позволяют достичь высокого качества) и интеллектуальные методы (осуществляют слишком долгую обработку). Поэтому для анализа изображений авторами [1, 2] предлагается использовать гибридный подход.

## 1. Современный подход для поиска объектов на изображении

Исторически сложилось так, что первыми появились алгоритмы, работающие с интенсивностью изображения (например, значение RGB в каждом пикселе). Предполагалось, что границу объекта можно найти по резкому перепаду цвета или яркости изображения. Такие алгоритмы интуитивно понятны, но имеют большую вычислительную сложность. Поэтому на втором этапе стали разрабатываться алгоритмы, выделяющие особые признаки объектов в изображениях, например фонтанное преобразование в системе распознавания текста FineReader и подобных системах. Авторам удавалось неплохо находить стандартные объекты вроде строк текста и выделять в них символы. Но пользователям приходилось очень аккуратно позиционировать изображение, чтобы строки текста шли почти параллельно границам изображения. На третьем этапе для анализа изображений разработчики стали применять методы искусственного интеллекта, например нейронные сети, различные самообучающиеся или предварительно обученные алгоритмы вроде каскада Хаара (Haar). В настоящее время одним из самых популярных методов для поиска различных объектов на изображении является метод Виолы — Джонса, имеющий высокую скорость и эффективность.

Метод был разработан и представлен в 2001 г. Полом Виолой (P. Viola) и Майклом Джонсом (M. J. Jones). Основу данного метода составляют примитивы Хаара (рис. 1).

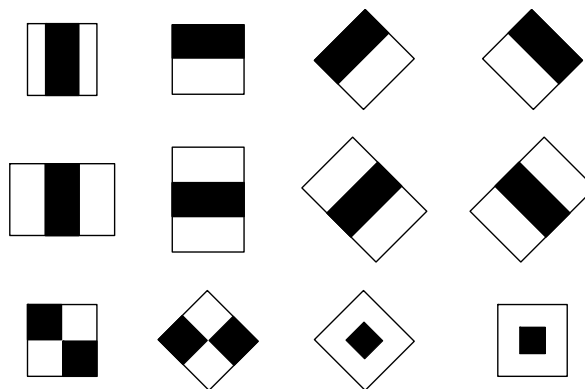


Рис. 1. Примитивы Хаара

В оригинальной версии алгоритма Виолы — Джонса использовались только вертикальные и горизонтально ориентированные примитивы без поворотов, а значение признака получалось вычитанием суммы яркостей пикселей одной подобласти из суммы яркостей другой подобласти [3]. Впоследствии были предложены примитивы с наклоном на 45 градусов и несимметричных конфигураций. Также вместо вычисления обычной разности было предложено приписывать каждой подобласти определенный вес и значения признака вычислять как взвешенную сумму пикселей разнотипных областей [4].

Данные усовершенствования позволили создать быстрый алгоритм поиска объектов, который пользуется заслуженным успехом. Для определения принадлежности к классу в каждом каскаде находится сумма значений слабых классификаторов этого каскада. Каждый слабый классификатор выдает два значения в зависимости от того, больше или меньше некоторого заданного порога полученное значение признака, принадлежащего этому классификатору. В конце сумма значений слабых классификаторов сравнивается с порогом каскада и выносится решение, найден объект данным каскадом или нет.

Универсальность алгоритма позволяет использовать его практически на любых фотографиях. Так, используя уже натренированный каскад Хаара, при обработке 250 изображений с автомобильными номерами были обнаружены 192 номера, что составляет 76,8 % точности обнаружения (рис. 2).

Однако данный алгоритм совершенно не устойчив к поворотам изображений, из-за чего даже при хорошем качестве изображения и чистом номере каскад не может его обнаружить.

## 2. Гибридный алгоритм

Для улучшения результатов существуют два варианта действий. Первый — увеличить размеченную выборку для его обучения, что в некоторых ситуациях просто невозможно. Так, например, обучающей выборки может вообще не быть, когда в программе используется уже готовый и обученный каскад, который предоставили другие разработчики.

Другой вариант представляет собой дополнительный алгоритм предобработки изображения. Например, найти горизонтальные линии с небольшим отклонением, повернуть изображение на определенный угол, чтобы номер имел горизонтальное положение и каскад Хаара смог бы обнаружить его. Однако в случае, когда номерная плата составляет небольшую часть от изображения, прямые могут быть обнаружены от остальных объектов — домов, деревьев, окон и т.д.

Было сделано предположение, что в области автомобильного номера большинство горизонтальных прямых параллельны с самим номерным знаком. Таким образом, узнав их наклон и повернув исходное изображение на этот угол, получим горизонтально расположенный номер.

Для поиска участка изображения с автомобильным номером было решено использовать искусственные нейронные сети, которые сейчас набирают все большую популярность.

Балансируя между применением оптических и интеллектуальных методов, авторы [5] отдают предпочтение использованию искусственных нейронных сетей с небольшим количеством нейронов, так как данные нейросети осуществляют обработку достаточно быстро. Была построена сверточная нейронная сеть, принимающая на вход изображение  $320 \times 240$  и выдающая на выходе приблизительные координаты номерного знака. Ее архитектура представлена на рис. 3.



Рис. 2. Автомобильные номера, обнаруженные каскадом Хаара

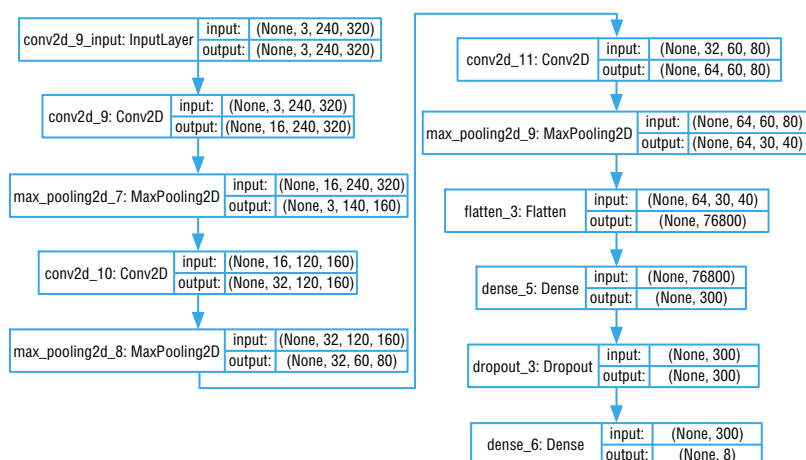


Рис. 3. Архитектура нейронной сети

Для обучения нейронных сетей необходима большая база данных по типу: входные данные — выходные данные. Поэтому была создана база данных из 4761 картинки с номерными платами, файлы которых проименованы в соответствии с координатами номерной платы. Таким образом, на вход нейронной сети подавалось изображение, а на выходе мы получали координаты номерной платы. Обучение происходило с разбиением в 5 этапов, каждый из которых был по 50 эпох.

Далее по полученным координатам изображение обрезается и обрабатывается для нахождения го-

ризонтальных прямых с помощью преобразований Хафа (Huff) [6], затем исходное изображение поворачивается на средний угол найденных прямых. Блок-схема итогового алгоритма приведена на рис. 4.

Данный алгоритм на 250 тестовых изображениях с номерами обнаружил 216 номеров против 192 номеров чистого каскада Хаара, что составляет 86,4 %. Благодаря гибричному алгоритму результат поиска номерной пластины был улучшен на 10 %. Пример номеров, не распознанных обычным алгоритмом, но распознанных гибридным, приведен на рис. 5.





Рис. 4. Блок-схема гибридного алгоритма

## Заключение

В результате проделанной работы был реализован и протестирован новый алгоритм для поиска объектов на изображениях. Благодаря синергии обычных методов обработки изображений и машинного обучения результат поиска объектов был улучшен на 10 %. Однако время работы алгоритма составляет примерно 0,3 секунды, что не является достаточным для использования его в обработке видеопотоков. Планируется увеличить скорость обработки за счет оптимизации кода и проводимых интеллектуальных операций, так как большинство времени (порядка 50 %) затрачивается именно на шаги, которые были реализованы самостоятельно, а также на обработку с помощью нейронной сети.

В настоящий момент ведутся разработки по распознаванию найденных номерных плат. Опираясь на предшествующие работы [7, 8], можно сделать вывод, что для этого также лучше использовать искусственные нейросети. **ИТ**

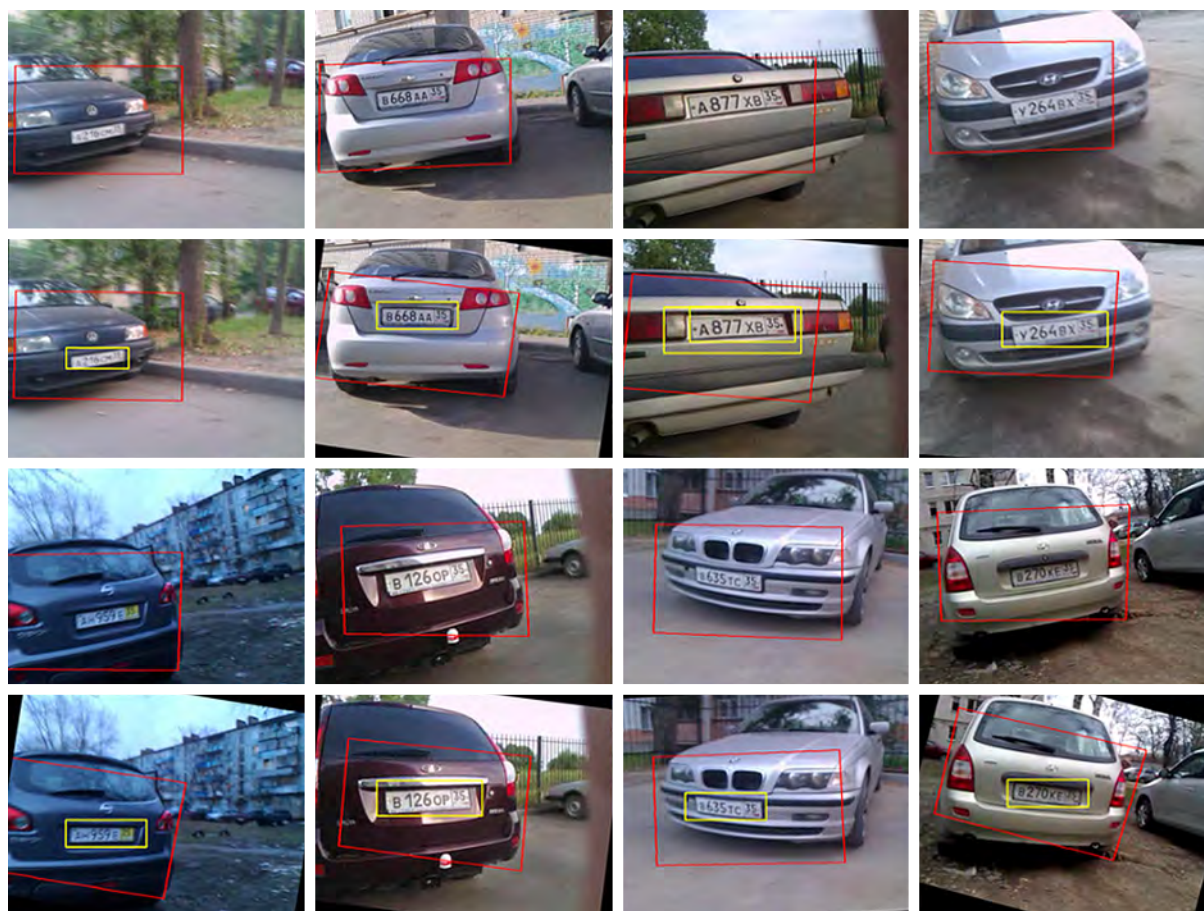


Рис. 5. Номерные платы, найденные с помощью гибридного алгоритма

## Список литературы

1. Geetha N., Samundeeswari E. S.. Image Text Extraction and Recognition using Hybrid Approach of Region Based and Connected Component Methods // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). — 2014. — Vol. 3, No. 6. — P. 1195–1200.
2. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Интеллектуальная система анализа и преобразования топографических карт // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2. — URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21614> (дата обращения: 18.05.2018).
3. P. Viola and M. Jones. Robust real-time face detection // IJCV. — 2004. — 57(2).
4. Lienhart R., Kuranov E., Pisarevsky V. Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object detection // PRS. — 2003. — P. 297–304.
5. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Сравнение методов сегментации пикселей топографических карт по типам объектов // Известия Тульского государственного университета : технические науки. — Тула : Тульский государственный университет, 2016. — № 3. — С. 97–106.
6. Волегов Д. Б., Гусев В. В., Юрин Д. В. Обнаружение прямых линий на изображениях на основе преобразования Хартли. Быстрое преобразование Хафа // Труды 16-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению ГрафиКон'2006. — Новосибирск, Академгородок, 2006. — С. 182–191.
7. Misra C., Swain P. K., Mantri J. K. Text Extraction and Recognition from Image using Neural Network // International Journal of Computer Applications. — 2012. — Vol. 40, No. 2. — P. 13–19.
8. Дмитриев Н. В., Тарасян В. С. Автоматизированная система распознавания символов на топографических картах // Концепт : научно-методический электронный журнал. — 2016. — Т. 11. — С. 1876. —1880. — URL: <http://e-koncept.ru/2016/86402.htm> (дата обращения: 18.05.2018).

Объем статьи: 0,49 авторских листа



Мария Александровна  
Мыльникова

Maria A. Mylnikova



Светлана Юрьевна  
Кияткина

Svetlana Y. Kiyatkina

## Бализа как способ контроля за напряженным состоянием бесстыкового пути и движением поездов

## Balise as a way of controlling of continuous welded rail track in the state of tension and train movement

### Аннотация

В статье представлено устройство «бализа», которое позволяет осуществлять контроль за напряженным состоянием рельсовых плетей и движением поездов. Описаны места закрепления устройства в рельсовой плети, которые были определены при помощи спектрального анализа и расчетов в программном комплексе «Универсальный механизм».

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, бализа, температура, температурные силы, спектральный анализ, моделирование.

### Abstract

The article proposes a device of Balise, which allows to control the continuous welded rail track in the state of tension and train movement. The places of fixing the device in the rail bar, which were determined by spectral analysis and calculations in the software complex "Universal mechanism".

**Keywords:** continuous welded rail track, Balise, temperature, temperature forces, spectral analysis, modeling.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-39-43

### 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 | Светлана Юрьевна Кияткина, студентка 5 курса кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kiyatkina2696@mail.ru

Mariya Aleksandrovna Mylnikova, graduate student, assistant of the Department "Road and railway construction" of the Ural state University of railway transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: skutina\_m\_a@mail.ru | Svetlana Yurievna Kiyatkina, 5th year student of the Department of "Railway construction" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: kiyatkina2696@mail.ru

В настоящее время конструкция бесстыкового пути является наиболее востребованной. На сети железных дорог России бесстыковой путь составляет 72,9 % от общей протяженности пути.

Существуют различные средства контроля за напряженным состоянием бесстыкового пути. Однако все они имеют недостатки. Кафедрой «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения было разработано уникальное устройство «бализа» [1–9], при помощи которого можно производить мониторинг за поперечной устойчивостью железнодорожной линии, выбросом и разрывом пути. При использовании бализы возможен контроль за угоном пути. Бализа определяет количество осей поезда и скорость их движения.

Для определения мест установки и закрепления бализы в программном комплексе «Универсальный механизм» был произведен расчет участков пути с радиусами 1500, 2000, 2500, 3000 м при различных скоростях движения поезда от 80 до 120 км/ч с шагом моделирования 25 см. При этом геометрия пути была ровной (табл. 1, рис. 1).

Результаты расчетов модели показали, что при увеличении скорости движения максимальные поперечные силы от взаимодействия колеса и рельса увеличиваются. Кроме того, проанализированы места возникновения наибольших поперечных сил при проходе подвижного состава в зависимости от плана линии. Наиболее часто максимальные поперечные силы от воздействия колеса на рельс возникают в начале круговой кривой и в середине входной переходной кривой.

Аналогичные действия были проведены с шагом интегрирования 1 см, проанализированы значения максимальных поперечных сил и места их возникновения. Как видно на рис. 2, результаты близки к предыдущим: наибольшие поперечные силы от прохода подвижного состава возникают в начале круговой кривой и в конце входной переходной кривой.

Необходимо отметить, что уменьшение шага интегрирования влечет за собой увеличение объема выходных данных более чем в 20 раз (рис. 3). Это приводит к достаточному увеличению времени обработки результатов и значительной нагрузке на оперативную память компьютера при обработке результатов моделирования.

В ходе обработки результатов было выявлено, что зависимость максимальных поперечных сил от расстояния можно описать в виде гармонических колебаний. Это означает, что колебательный процесс можно разложить на гармоники и выделить главную, которая определяет цикличность колебаний. Путем сравнения длин волн колебаний при моделировании с шагом интегрирования 25 см и 1 см можно сделать вывод о репрезентативности шага моделирования. Для этого проведен спектральный анализ для скорости движения 120 км/ч в программе TableCurve 2D v5.01 (рис. 4). Были определены колесные пары, под которыми возникала максимальная поперечная сила при разных радиусах кривых, для моделирования с шагом 25 и 1 см. После чего построены основные гармонические составляющие сложного периодического сигнала в виде зависимостей поперечной силы от расстояния.

Таблица 1

**Максимальная поперечная сила при шаге моделирования 25 см в зависимости от скорости движения и радиуса кривой**

Радиус, м	Максимальная поперечная сила, Н		
	Скорость, км/ч		
	80	100	120
1500	9210,42	9268,23	9490,99
2000	9294,23	9653,77	9686,19
2500	9215,82	9750,01	9983,28
3000	8757,19	9284,39	10563,71



Рис. 1. Место максимальных поперечных сил при шаге моделирования 25 см в зависимости от скорости движения



Рис. 2. Место максимальных поперечных сил при шаге моделирования 1 см в зависимости от скорости движения



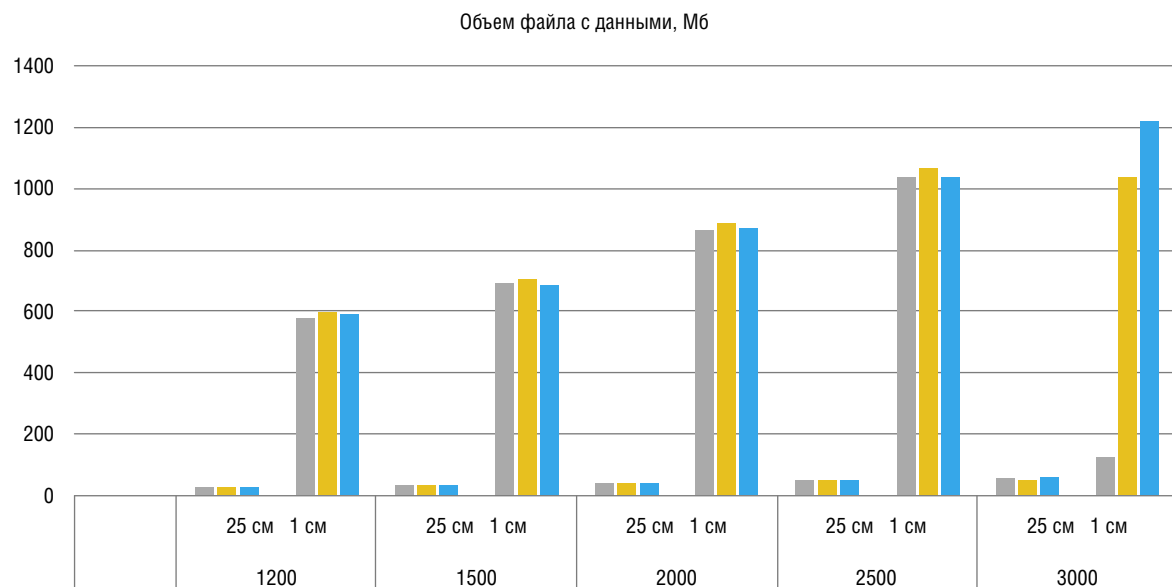


Рис. 3. Размер файла с данными получаемого по результатам моделирования:

■ — 80 км/ч; ■ — 100 км/ч; ■ — 120 км/ч

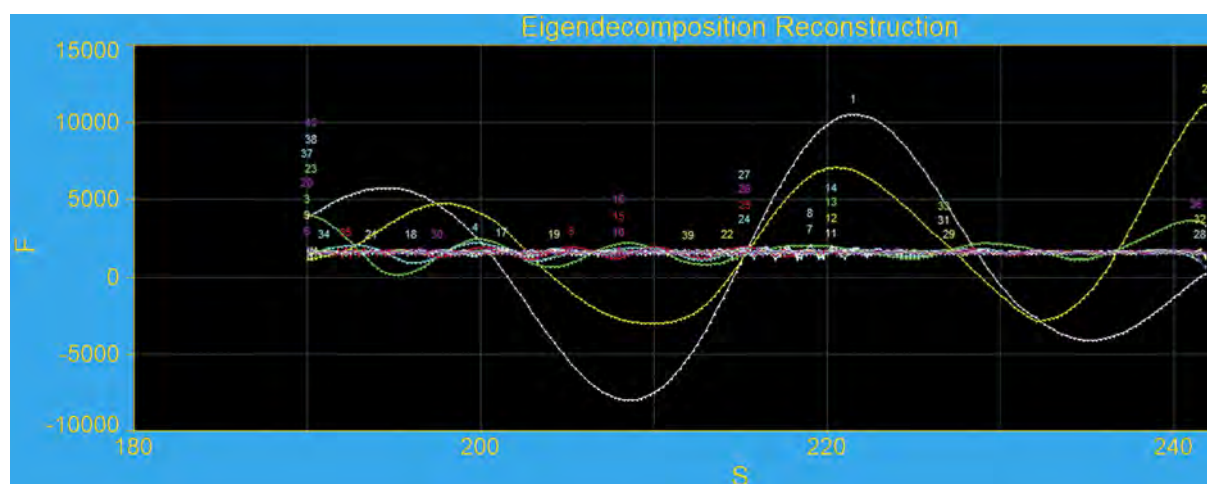


Рис. 4. Гармонические составляющие сложного периодического сигнала

На рис. 4 видно, что основную гармонику зависимости максимальных поперечных сил от расстояния можно описать синусоидой, а значит, возможно определить период и длину волны (табл. 2).

Данные табл. 2 доказывают, что длины волны основной гармоники при шаге моделирования 25 и 1 см примерно равны. Средняя разность величин составляет 5 %, что является допустимым при решении инженерных задач. Таким образом, очевидно, что модели с шагом интегрирования 25 см и 1 см близки по значению. При этом расчеты с шагом моделирования 1 см более точные, но, как говорилось ранее, небольшой шаг интегрирования приводит к значительной нагрузке на оперативную память компьютера. Поэтому было принято решение производить дальнейшие моделирования с шагом интегрирования 5 см.

Далее были проведены аналогичные моделирования при движении грузовых вагонов по тем же кривым при аналогичных скоростях движения, но с нарушением макрогеометрии пути.

По результатам моделирования (табл. 3) можно сделать вывод, что при увеличении радиуса кривой и скорости движения подвижного состава значения максимальных поперечных сил от воздействия колеса на рельс увеличиваются.

Проанализировав места возникновения наибольших поперечных сил при проходе подвижного состава в зависимости от плана линии, можно отметить, что наибольшие значения поперечных сил от прохода поезда возникают после того, как он прошел по отступлению в плане (рис. 5).

Таблица 2

Период колебаний и длина волны при разном шаге интегрирования

Радиус кривой, м	Скорость распространения волны, м/с	Шаг моделирования 25 см		Шаг моделирования 1 см	
		Период колебаний, с	Длина волны, м	Период колебаний, с	Длина волны, м
1200	33,33333333	0,449	14,98	0,470	15,66
1500		0,419	13,98	0,445	14,84
2000		0,427	14,24	0,445	14,85
2500		0,420	14,00	0,451	15,02
3000		0,367	12,25	0,614	20,45

Таблица 3

Максимальная поперечная сила в зависимости от скорости движения и радиуса кривой с отступлениями в плане

Радиус, м	Максимальная поперечная сила, Н		
	Скорость, км/ч		
	80	100	120
1200	17709,80	23697,12	28207,53
1500	17860,17	21707,59	26349,37
2000	19444,43	22206,32	26262,55
2500	21370,60	22785,58	28647,69
3000	21053,32	22586,71	26169,20

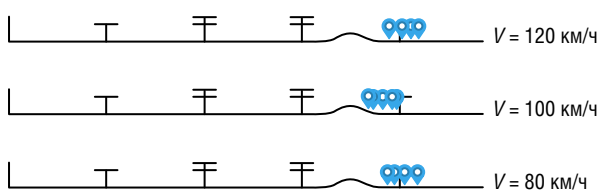


Рис. 5. Место максимальных поперечных сил в зависимости от скорости движения и местоположения отступления в плане

Таким образом, бализа устанавливается в отверстие на нейтральной оси рельса:

- каждые 100 метров в кривых участках пути;
- в прямых участках пути в начале и конце плети, а в случае если плеть длинная, датчик устанавливается в середине плети;
- в опасных сечениях по итогу прохода вагона-пути измерителя.

Необходимо отметить, что перед тем, как устанавливать бализу в места отступлений в плане, нужно рассчитать скорость и ускорение изменения отступления в пространстве и времени. Если скорость и ускорение изменения рихтовки возрастает, то это сечение является опасным и требует более внимательного контроля, в противном случае нет необходимости в более детальном мониторинге сечения [9]. [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, прогнозирования 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.
9. Мыльникова М. А. Определение наиболее опасных мест выброса бесстыкового пути с учетом влияния отступлений в плане на его устойчивость // Проектирование развития региональной сети железных дорог. — 2017. — № 5. — С. 192–195.
10. Мыльникова М. А. Влияние отступлений в плане на поперечную устойчивость железнодорожного бесстыкового пути // Инновационный транспорт. — 2018. — № 1 (27). — С. 16–18. — ISSN 2311–164X.

Объем статьи: 0,5 авторских листа



Сергей Геннадьевич  
Аккерман

Sergey G. Akkerman



Максим Михайлович  
Мыльников

Maxim M. Mylnikov

## Предложения по улучшению алгоритма спрямления продольного профиля

### Suggestions for improvement of the longitudinal profile flattening algorithm

#### Аннотация

В статье рассматриваются предпосылки использования и техника спрямления продольного профиля железнодорожного пути, предлагается алгоритм спрямления участков продольного профиля.

**Ключевые слова:** продольный профиль, спрямление, алгоритм, автоматизация.

#### Abstract

The prerequisites for the use and technique of straightening the longitudinal profile of the railway track are discussed in the article and the algorithm of straightening sections of the longitudinal profile is suggested.

**Keywords:** longitudinal profile, straightening, algorithm, automation.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-45-47

#### Авторы Authors

Сергей Геннадьевич Аккерман, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Максим Михайлович Мыльников, аспирант, ассистент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Sergej Gennadevich Akkerman, PhD. In Engineering Science, head of the Department "Railway construction" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Maxim Mikhailovich Mylnikov, PhD student, assistant of the Department "Road and railway construction" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



Продольный профиль — один из главных графических документов, входящих в состав технической документации железнодорожного пути. При съемке и составлении продольных профилей, чтобы оценить в целом геометрию профиля трассы, прибегают к спрямлению элементов профиля — объединению отдельных участков по заданным правилам в один участок. При проведении тяговых расчетов для поездной работы также прибегают к спрямлению участков продольного профиля — это необходимая мера, которая позволяет значительно минимизировать количество требуемых вычислений.

В настоящее время при наличии различного программного обеспечения, предназначенного для проектирования и расчетов участков элементов железнодорожной инфраструктуры, задача спрямления продольного профиля не реализована в полной мере с помощью компьютерных технологий. Ее можно решить, например, в комплексе задач по проектированию железнодорожной линии, однако такой метод нельзя применить при исполненной съемке пути (при проведении контроля и выявлении отклонений от технического проекта в процессе строительства и эксплуатации). В статье проведен анализ существующих способов спрямления элементов железнодорожного профиля и рассмотрена возможность их применения в системах автоматизированного проектирования.

В зависимости от типа работы правила спрямления участков различаются, но существует одна общая тенденция, согласно которой отметки начальной и конечной точки спрямленного участка совпадают с фактическими значениями отметок головок рельса до спрямления. Остальные условия, такие, например, как максимальная разница фактической и спрямленной отметки в пределах спрямленного участка, могут варьироваться или вовсе отсутствовать.

Технологию спрямления участков продольного профиля применительно к тяговым расчетам описывал в своих работах А. В. Горин [1], где приводил условие, согласно которому можно определить возможность спрямления  $k$ -го количества участков, а если это невозможно, то необходимо искать другую комбинацию спрямленных элементов. Однако принципы поиска и варианты возможных комбинаций до настоящего момента описаны не были.

Один из руководящих принципов объединения, используемый при составлении продольных профилей, — стремление получить комплексное представление об участке пути в целом, объединяя уклоны как можно большими участками [2]. В связи с этим можно выявить общую тенденцию при процессе спрямления и обозначить наиболее выгодные варианты.

Если трасса железной дороги имеет длину  $L$  и состоит из  $k$ -го количества участков длиной  $l_j$  и уклонами  $i_j$ , то справедливо равенство:

$$L = \sum l_j.$$

Примем ограничительные условия для спрямления, которыми, как правило, пользуются при выполнении работ по исполненной съемке железнодорожного пути:

1. Спрямление уклонов (объединение участков) следует производить, если разница фактической и спрямленной отметок точек профиля не превышает 5 см внутри спрямленного участка.

2. Если разность сопрягаемых уклонов более 3 ‰, то необходимо в месте сопряжения элементов устроить вертикальную кривую.

Как было сказано выше, количество и варианты ограничительных условий могут отличаться при разных видах работ (цели составления продольного профиля). Но все условия можно разделить на обязательные (в нашем случае условие 1), несоблюдение которых не допускается, и дополнительные (условие 2), по которым можно различить комбинации вариантов на более и менее выгодные.

Рассмотрим участок продольного профиля, представленный на рис. 1. На нем отмечены пять участков с различными уклонами, которые предполагается объединить. Каждый участок имеет начальную и конечную точки. Предлагается именовать участки, в том числе и объединенные по первой и последней точке, как «Н-К». Например, участок 3 назовем «3–4», а объединенные участки 3 и 4 будем называть «3–5».

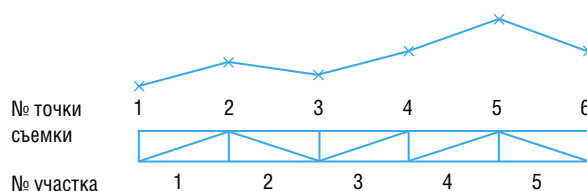


Рис. 1. Участок продольного профиля

Общее количество комбинаций объединения для данного участка будет следующее:

- 1) 1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6 (без объединения);
- 2) 1–6 (объединены все участки);
- 3) 1–3, 3–4, 4–5, 5–6 (объединен первый и второй участки);
- 4) 1–4, 4–5, 5–6 (объединены участки 1, 2 и 3);
- 5) 1–5; 5–6;
- 6) 1–2; 2–4; 4–5; 5–6;
- 7) 1–2; 2–5; 5–6;
- 8) 1–2; 2–6;
- 9) 1–3; 3–5; 5–6;
- 10) 1–3; 3–6;
- 11) 1–4; 4–6.

Количество вариаций объединения участков с различными точками «Н-К» в данном случае составит 15: 1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6, 1–6, 1–3, 1–4, 1–5, 2–4, 2–5, 2–6, 3–5, 3–6, 4–6. А в общем случае, зная количество точек съемки  $n$ , количество возможных вариаций  $V$  можно определить по формулам комбинаторики [3]:

$$B = \frac{n!}{(n-2)! \cdot 2!}$$

Так, для железнодорожной трассы, состоящей из 100 участков, количество комбинаций составит около 5000 возможных вариаций. Поэтому на начальном этапе следует обозначить наиболее выгодные варианты.

Для определения наиболее выгодного варианта предлагается исходить из того, что наиболее удачный вариант тот, при котором соблюдаются обязательные ограничительные условия и участок имеет наибольшую длину.

Можно разделить все комбинации участков на три группы, по степени выгодности, принимая во внимание условие максимальной длины. Принцип разделения представлен на рис. 2.

Первая группа — наиболее удачный вариант (1–6). Объединены все участки. Вторая группа — исходный участок объединен двумя участками большой длины. Третья группа — все остальные возможные комбинации.

Чтобы участок можно было объединить по установленным принципам, необходимо разделить все варианты комбинаций также на три группы по схожему признаку — принадлежности начальной и конечной точки. Первой группе объединения соответствует единственная комбинация: начальная и конечная точка исходного участка должна соответствовать начальной и конечной точке объединенного участка (1–6 в нашем случае.) Второй группе соответствуют вариации, имеющие в своем именном индексе одну точку, соответствующую начальной или конечной точке исходного участка. В третью группу войдут вариации, имеющие в именном индексе только промежуточные точки съемки. Разделение вариаций на три группы для участка, изображенного на рис. 1, представлено в табл. 1.

Разделение вариаций на наиболее удачные позволяет определить приоритетное направление — тенденцию, по которой следует производить проверку на возможность спрямления отдельных участков профиля.

Порядок действий при спрямлении участка профиля при известных исходных данных и выбранных условиях ограничения можно представить следующим алгоритмом:

1. Проверить комбинацию группы 1 на соответствие обязательным условиям:

- если не соответствует — шаг 2;
- если соответствует — шаг 4.

2. Проверить комбинации группы 2 на соответствие обязательным условиям:

- если соответствует, выбрать наиболее удачную комбинацию по дополнительным условиям и далее шаг 4;
- если не соответствует — шаг 3.

3. Проверить комбинации группы 3 на соответствие обязательным условиям:

- если соответствует, выбрать наиболее удачную комбинацию по дополнительным условиям и далее шаг 4;

б) если не соответствует — отсутствует возможность спрямления участка.

4. Спрямление завершено.

Представленный алгоритм удобно использовать вручную на профилях, имеющих небольшое количество участков, которые необходимо объединить, а также при работе в системах автоматизированного проектирования (САПР), используя функцию ручного проектирования профиля.

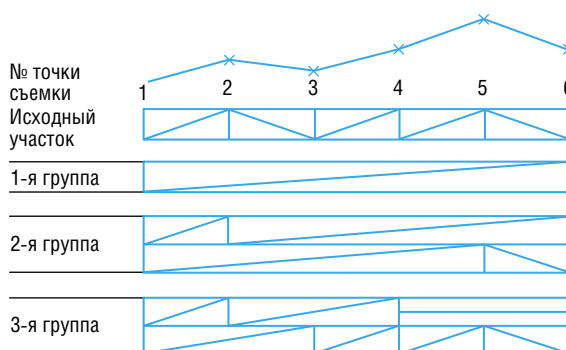


Рис. 2. Принцип группирования вариантов

Таблица 1

Разделение вариаций объединения на группы

Наименование группы	Именной индекс по точкам съемки (начальная — конечная)
1-я группа	1–6
2-я группа	1–5 1–3 1–4 1–5 1–6 2–6 3–6 4–6 5–6
3-я группа	2–3 3–4 4–5 2–4 2–5 3–5

Для работы с большим объемом данных настоящий алгоритм можно интегрировать в автоматизированные системы проектирования или использовать его в сторонних программных оболочках в качестве совместной работы с САПР.

В качестве примера использования алгоритма для спрямления участков продольного профиля разработано прикладное приложение для OS Windows, рабочее окно которого представлено на рис. 3.

Участки: Существующие Спряженные | Проектирование

**Существующие участки профиля**

№ участка	Длина участка	ПК начала	№ точки нача	Отметка в на	Уклон, %	Отметка в ко	№ точки в ко	ПК конца
5	20	80	5	297.93	5.5	298.04	6	100
6	20	100	6	298.04	3.5	298.11	7	120
7	20	120	7	298.11	0	298.11	8	140
8	20	140	8	298.11	0.5	298.12	9	160
9	20	160	9	298.12	-4.5	298.03	10	180
10	20	180	10	298.03	-5	297.93	11	200
11	14.5	200	11	297.93	0	297.93	12	214.5

**Спряженные участки профиля |  $dh_{max}$ , см = 5**

№ варианта	Длина участ	№ точки нача	Отметка в н	Уклон, %	Отметка в к	№ точки в к	Кол-во пром	Разница, см	Проходит
1	20	1	297.73	1	297.75	2	0	0 +	
2	40	1	297.73	1.7	297.8	3	1	1 +	
3	60	1	297.73	2.5	297.88	4	2	3 +	
4	80	1	297.73	2.5	297.93	5	3	3 +	
5	100	1	297.73	3.1	298.04	6	4	5 +	
6	120	1	297.73	3.2	298.11	7	5	6	

**Проектирование профиля |  $di$ , % = 3**

Начало / Промежуток / Конец	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
1 - 2	2 - 3
1 - 3	2 - 4
1 - 4	2 - 5
1 - 5	2 - 6
1 - 6	2 - 7
	3 - 4
	3 - 5
	3 - 6
	4 - 5
	4 - 6
	5 - 6

Правая панель: Пр. отм., м: 298.01  
Разница: -2  
т.11 (ПК 200):  
Фак. отм., м: 297.93  
Пр. отм., м: 297.97  
Разница: 4  
\*\*\* РЕЗУЛЬТАТЫ СПРЯМЛЕНИЯ \*\*\*  
Найдено вариантов спрямления - 21

Рис. 3. Пример использования алгоритма спрямления

Рабочая область приложения разделена на четыре зоны. В поле «Существующие участки профиля» заносятся участки рассматриваемого участка. Поддерживается как ручной ввод, так и возможность импорта данных из САПР путем указания текстового файла данных.

В поле «Спряженные участки профиля» программой автоматически заносятся возможные варианты спрямлений участков по обязательному условию разницы фактической и рассчитанной отметки на спрямленном участке.

В поле «Проектирование профиля» указываются наиболее удачные комбинации спрямления, которые могут

быть использованы при составлении продольного профиля. Все расчеты и их результаты отображаются в ведомости, расположенной в правой части рабочего окна.

Таким образом, использование предложенного алгоритма позволяет значительно снизить трудозатраты на составление продольных профилей и высвободить человеческие ресурсы на производство смежных работ. Перспективное направление оптимизации алгоритма спрямления продольного профиля состоит в поиске решений, направленных на снижение вычислительных мощностей и ускорение времени обработки ресурсов. **ИТ**

## Список литературы

- Горинов А. В. Изыскание и проектирование железных дорог : учебник для вузов ж.-д. трансп. / А. В. Горинов и др. — М. : Транспорт, 1979. — 319 с.
- ЦПТ-54/26. Методические указания по составлению продольных профилей станционных путей и перегонов. — URL: <http://www.tdesant.ru/info/item/66>
- Шведов А. С. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов. — М. : Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2005. — 254 с.

Объем статьи: 0,38 авторских листа



**Вадим  
Юрьевич  
Пермикин**  
Vadim Y.  
Permikin



**Александр  
Владимирович  
Сурин**  
Aleksandr V.  
Surin



**Игорь  
Александрович  
Ковалев**  
Igor A.  
Kovalyov

## Увязка локомотивных бригад и составов на станции на основе оптимизационных задач

### The coordination of locomotive crews of trains at the station on the basis of optimization

#### Аннотация

Рассмотрены вопросы рационального обеспечения составов локомотивными бригадами на станции. Формулируется строгая постановка задачи распределения локомотивных бригад и готовых составов с учетом различных факторов и гибкого перераспределения в меняющейся ситуации для сокращения суммарных непроизводительных простоев.

**Ключевые слова:** готовность составов, обеспечение бригадами, простои, рациональная увязка.

#### Abstract

The questions of rational provision of trains with locomotive crews at the station are considered. The strict formulation of the problem of distribution of locomotive crews and ready trains taking into account various factors and flexible redistribution in a changing situation to reduce the total non-productive idle hours.

**Keywords:** readiness of trains, provision of crews, idle hours, rational coordination.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-48-52

#### Авторы Authors

**Вадим Юрьевич Пермикин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: vprm@mail.ru | **Александр Владимирович Сурин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ASurin@usurt.ru | **Игорь Александрович Ковалев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: igora-kovalev@yandex.ru

**Vadim Yurievich Permikin**, PhD. In Engineering Science, Associate Professor of the Department "Management of operational work" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: vprm@mail.ru | **Aleksandr Vladimirovich Surin**, PhD. In Engineering Science, Associate Professor of the Department "Management of operational work" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ASurin@usurt.ru | **Igor Aleksandrovich Kovalev**, PhD. In Engineering Science, Associate Professor of the Department "Management of operational work" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: igora-kovalev@yandex.ru



В настоящее время проблема рационального использования локомотивов и локомотивных бригад окончательно не решена. В работе сортировочных станций значительные потери возникают при решении вопроса по обеспечению сформированных составов локомотивами и локомотивными бригадами. Причина потерь — несогласованность между моментами времени готовности составов и наличием локомотивных бригад. Возникают длительные интервалы ожидания локомотивами и бригадами составов и наоборот. Поэтому важной задачей для диспетчерского аппарата станции является планирование работы локомотивов и бригад. Моменты их готовности в рейс должны быть увязаны с моментами окончания накопления составов на соответствующие назначения [1, 2].

Одними из основных технологических результатов использования системы прогноза поездообразования являются сформированные на базе полученного прогноза поездообразования рациональные решения по выдаче под поезд локомотивов и бригад:

- подготовка вариантов управленческих решений по регулировке локомотивных бригад;
- подготовка вариантов решений по изменению явки бригад или отмены бригад.

В настоящее время функция увязки локомотивных бригад к готовым составам в системах прогноза поездообразования на сортировочных станциях либо не реализована и производится диспетчерским аппаратом «вручную», либо реализована нерационально с точки зрения простоя составов в ожидании локомотивных бригад. Алгоритм увязки локомотивных бригад и составов в одной из автоматизированных систем прогноза поездообразования представлен на рис. 1 [3]. Система прогнозирует время готовности составов и получает списки нарядов локомотивных бригад, сортирует их по времени. После чего проверяется наличие готового состава на кон-

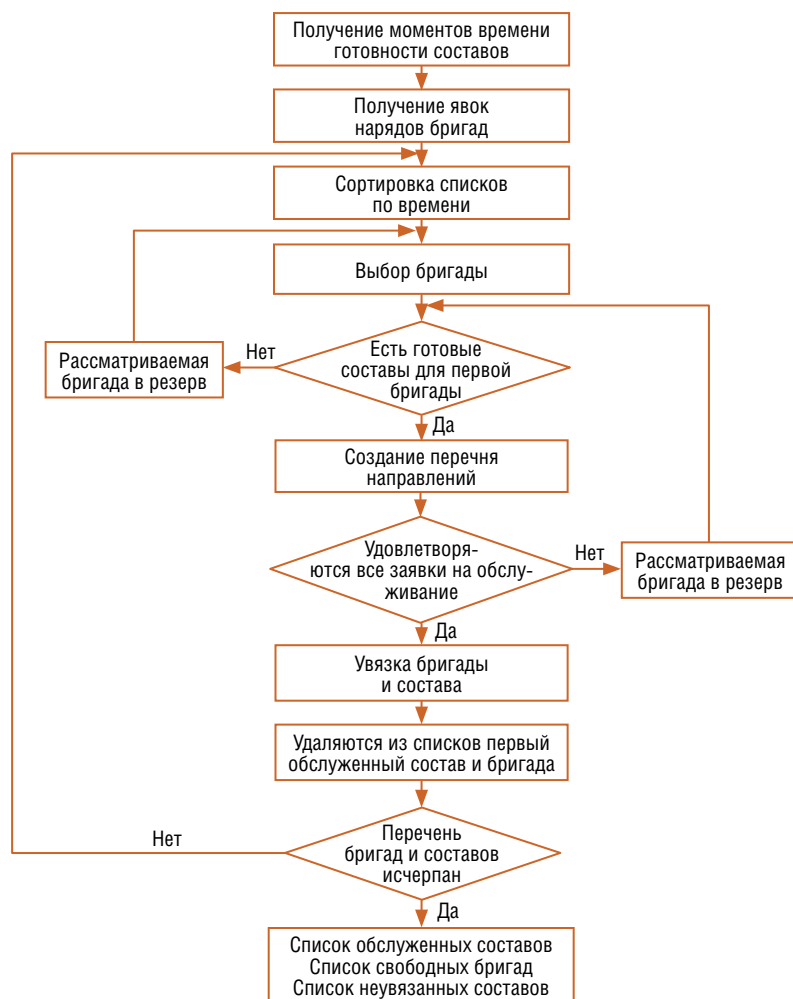


Рис. 1. Алгоритм увязки локомотивных бригад

кретное направление для первой локомотивной бригады из списка. При наличии состава выполняется увязка бригады и состава, система удаляет из списков и бригаду, и состав. Если же готового состава в ожидании бригады нет — система переносит бригаду в резерв. По сути, при таком подходе автоматизированы лишь действующие принципы «ручной» методики увязки, без каких-либо элементов оптимизации.

Для решения задачи увязки локомотивных бригад и готовых составов в автоматизированных системах прогноза поездообразования предлагается применять оптимизирующие методы на основе задачи линейного программирования. Постановка подобной задачи предлагается в данной статье.

## Постановка оптимизационной задачи

На периоде планирования  $T$  требуется увязать имеющееся в наряде количество бригад  $M$  с моментами готовности составов. Пусть к станции примыкает  $K$  направлений, на каждое из которых спрогнозирована готовность  $N^k$  количества составов. Каждая бригада может иметь обкатку на все примыкающие направления к станции или только на некоторые из них. В рамках принятого критерия необходимо увязать бригады с составами, а также определить свободные бригады и не обеспеченные бригадами составы. Критерии увязки бригад и составов обозначим  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ . Они будут отражать

способ или технологические особенности увязки (например,  $\alpha$  — увязка без просидок бригад;  $\beta$  — увязка с допустимыми просидками и без простоев составов в ожидании бригад и т.п.), которые будут напрямую влиять на эффективность принятой методики.

Подробнее рассмотрим постановку задачи для способа увязки бригад и составов без просидок бригад.

Обозначим через  $A_i, i = 1 \dots M$ , бригады наряда с моментами явки  $t_1, t_2, \dots, t_i$ , а через  $B_j^l, j = 1 \dots N, l = 1 \dots K$ , составы с моментами готовности  $t_j^l$ . Для каждого момента явки  $t_i$  объем производства  $a_i$  принимается равным единице. Для каждого момента готовности состава  $t_j^l$  объем потребления  $b_j^l$  также принимается равным единице.

Обозначим булевой переменной  $U_{ij}^l(t)$  возможность увязки бригады  $A_i$  и состава  $B_j^l$  на интервале времени  $[(t_i - t_{\text{прост}}^{\text{макс}}), t_i]$ , где  $t_{\text{прост}}^{\text{макс}}$  — максимальный простой состава в ожидании обеспечения локомотивной бригадой.

$$U_{ij}^l(t) = \begin{cases} 1 & \text{— если бригада увязана с составом;} \\ 0 & \text{— в противном случае} \end{cases}$$

В качестве стоимостного коэффициента в постановке  $c_{ij}^l(t)$  принимаются затраты, связанные с простоем состава в ожидании локомотивной бригады. В целом стоимостный коэффициент в данной задаче может выступать в качестве управления. Например, для составов, простой

которых следует минимизировать по различным причинам (срок доставки и т.п.), значение стоимостного коэффициента уменьшается. Увеличивая или уменьшая значение стоимостного коэффициента, можно отобразить ситуацию с учетом приоритетного направления увязки каждой бригады — задавая, например, стоимость увязки бригады на приоритетное направление меньше, чем на остальные направления обкатки.

На рис. 2 представлена принципиальная схема сети задачи для станции с пятью направлениями. Цветовой заливкой выделены возможные периоды увязки бригады определенной явки и готовых на данных периодах составов.

Как правило, на периоде планирования  $T$  задача будет являться не сбалансированной по объемам производства (количество явок бригад в наряде) и потребления (количество готовых составов по всем направлениям). Для устранения дисбаланса в каждый момент явки  $t_i$  введем балансовую переменную  $Y_i(t)$  со стоимостным коэффициентом  $c_i(t)$ , величина которого значительно превышает значение коэффициента  $c_{ij}^l(t)$ . В каждый момент готовности состава  $t_j^l$  введем балансовую переменную  $Y_j^l(t)$  со стоимостным коэффициентом  $c_j^l(t)$ , величина которого также значительно превышает значение коэффициента  $c_{ij}^l(t)$ . По сути, значения балансовых переменных, отличные от нуля, покажут свободные бригады и неувязанные составы.

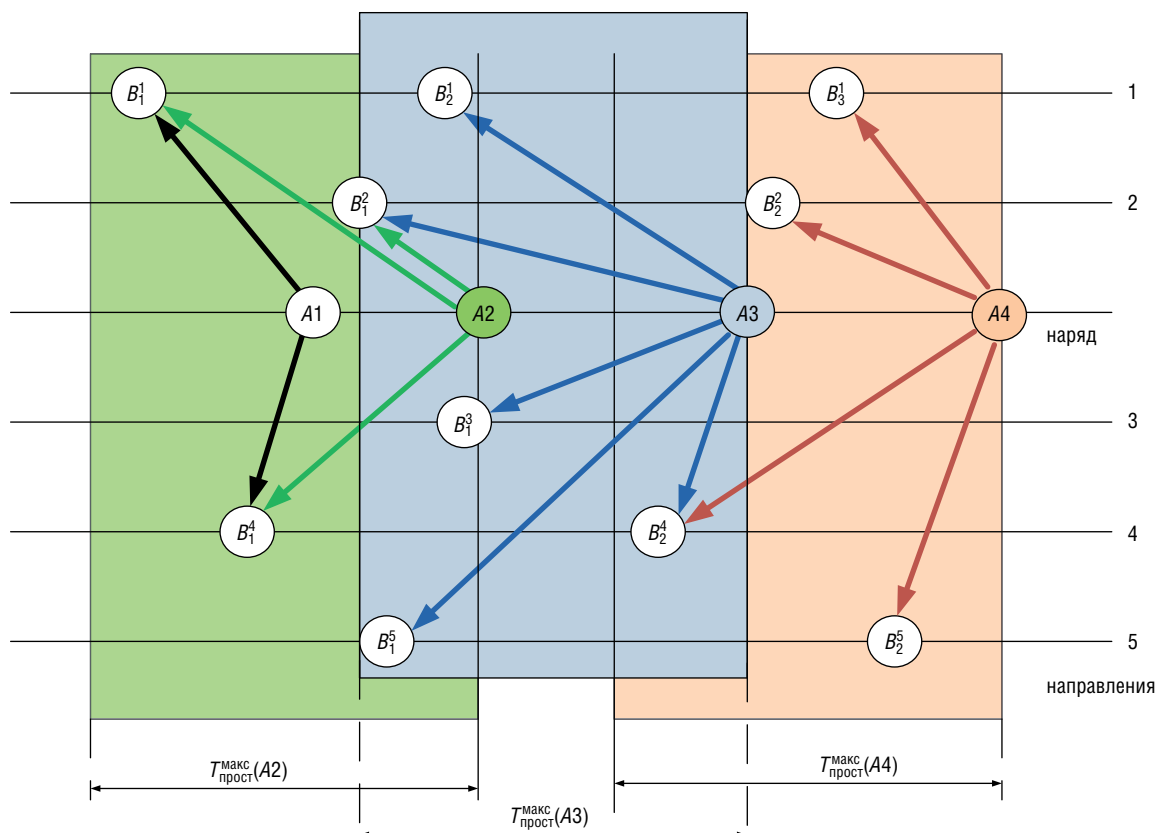


Рис. 2. Схема сети задачи

На рис. 3 приведен фрагмент постановки задачи с принятыми обозначениями.

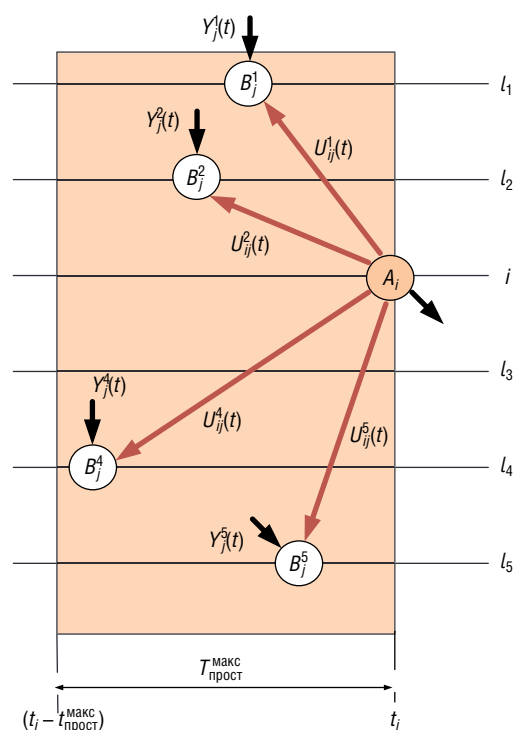


Рис. 3. Обозначения задачи

Целевая функция при такой постановке минимизирует затраты на простои составов в ожидании локомотивных бригад:

$$F = \sum_i \sum_j \sum_l U_{ij}^l(t) c_{ij}^l(t) + \sum_i Y_i(t) c_i(t) + \sum_j \sum_l Y_j^l(t) c_j^l(t) \rightarrow \min; \quad (1)$$

при ограничениях, накладываемых балансовыми уравнениями на узлы сети (явки бригад и моменты готовности составов) и типом переменных:

- для каждой явки наряда:

$$\sum_j \sum_l U_{ij}^l(t) + Y_i(t) = 1; \quad (2)$$

- для каждого момента готовности состава:

$$\sum_i U_{ij}^l(t) + Y_j^l(t) = 1; \quad (3)$$

- для каждой переменной:

$$U_{ij}^l(t) \in \{0, 1\}; \quad (4)$$

Подобная постановка может быть применена для отображения различных принципов увязки локомотивных бригад и составов. Управляя интервалом времени, на котором формируются переменные  $U_{ij}^l(t)$ , стоимостными коэффициентами  $c_{ij}^l(t)$ , можно реализовать следующие технологические решения:

- локомотивные бригады направляются только на приоритетное направление без «просидок» бригад;
- не учитывается приоритетное направление для локомотивных бригад без возможности «просидок»;
- возможность «просидок» локомотивных бригад при обеспечении составов (как с учетом приоритетного направления, так и без него) и т.п.

Практическая проверка предлагаемого подхода производилась на примере сортировочной станции с пятью примыкающими направлениями. На периоде 8 часов реализованы две методики обеспечения составов локомотивными бригадами:

- 1-й вариант — без «просидок» локомотивных бригад и с максимальным простоем составов в ожидании бригады 3 часа;
- 2-й вариант — с возможностью «просидки» локомотивной бригады не более 1 часа.

Фрагменты решения по вариантам представлены на рис. 4 и 5. В каждом из них приведено также отображение действующей методики увязки бригад и составов (черные дуги).

Эксперименты показали, что суммарный простой составов в ожидании локомотивной бригады по обоим вариантам ниже, чем при действующем подходе к планированию. Наименьший суммарный простой составов в ожидании локомотивных бригад достигнут во втором варианте. К сожалению, на практике этот вариант, как правило, не применяется в силу причин в большей степени организационного, нежели экономического характера.

В целом же эксперименты подтвердили возможность и эффективность применения оптимизационных методов для решения задач увязки локомотивных бригад и составов. Данные методики должны стать основой подсистемы обеспечения составов локомотивными бригадами в автоматизированных системах прогноза поездообразования и в АСУ станций. **ИТ**

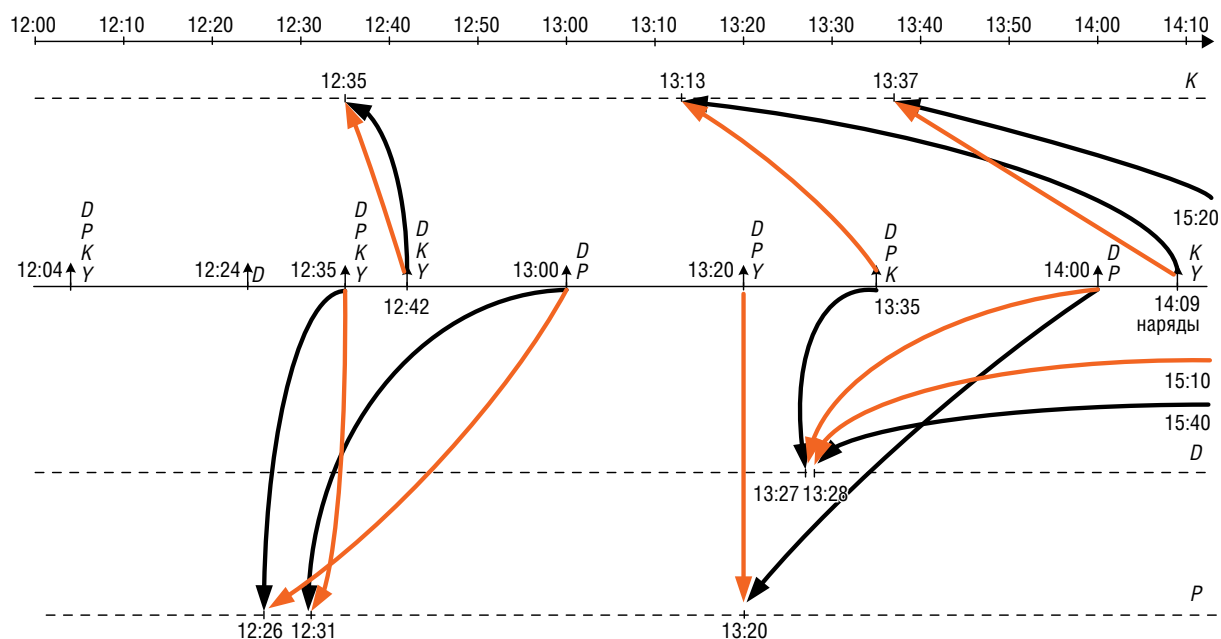


Рис. 4. Фрагмент увязки локомотивных бригад и готовых составов:

— увязка локомотивных бригад с составами при действующей технологии;  
— увязка локомотивных бригад с составами с применением оптимизационной задачи по принципу «без просидок» бригад

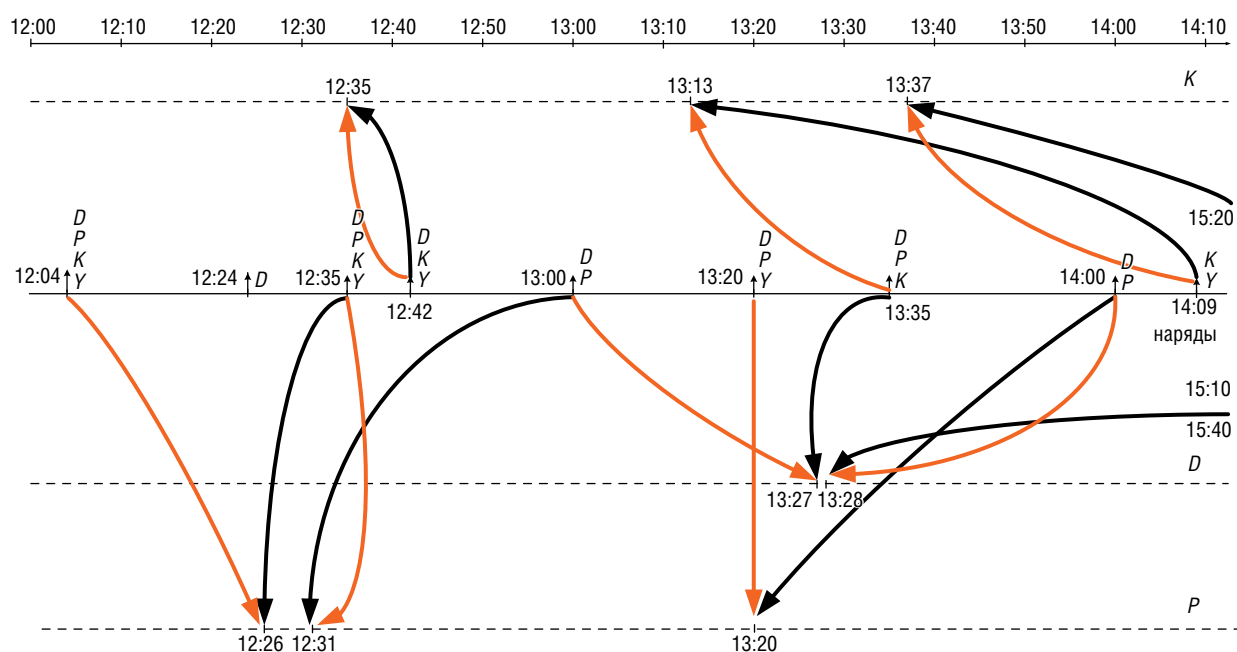


Рис. 5. Фрагмент увязки локомотивных бригад и готовых составов:

— увязка локомотивных бригад с составами при действующей технологии;  
— увязка локомотивных бригад с составами с применением оптимизационной задачи по принципу «просидки» бригад

## Список литературы

1. Александров А. Э., Пермикин В. Ю., Мишарин А. С., Шавзис С. С. Автоматизированная система планирования поездообразования на сортировочной станции // Труды ВНИИУП МПС России. Выпуск 1. — Москва : ВНИИУП, 2002. — С. 109–118.
2. Шавзис С. С. Планирование поездообразования: новые подходы и решения // Железнодорожный транспорт. — 2003. — № 5. — С. 43–47.
3. Александров А. Э. Планирование поездообразования в системе АСУ станции // Транспорт Урала. — 2008. — № 2 — С. 47–51. — ISSN 1815–9400.

Объем статьи: 0,57 авторских листа





Дмитрий Леонидович  
Худояров  
Dmitrij L. Hudoyarov



Илья Максимович  
Сабиров  
Ilya M. Sabirov

## Анализ эффективности применения рекуперативного торможения с учетом разработки энергетического паспорта участка

### Analysis of the effectiveness of regenerative braking with allowance for the development of the energy performance certificate

#### Аннотация

В современных условиях повышение эффективности рекуперативного торможения является одним из ведущих направлений по решению вопроса, связанного с энергосбережением. В статье приводится оценка эффективности использования рекуперативного торможения на конкретных участках. Рассматривается энергоэффективность участков в плане расхода электрической энергии на тягу поездов и возврата электрической энергии в режиме рекуперативного торможения. Вводится понятие энергетического паспорта как средства описания энергетических свойств участка.

**Ключевые слова:** электроподвижной состав, электровоз постоянного тока, энергоэффективность, энергетический паспорт.

#### Abstract

In modern conditions, improving the efficiency of regenerative braking is one of the leading directions to address the issue of energy saving. The article provides an assessment of the effectiveness of the use of regenerative braking in specific areas. The energy efficiency of the sections in terms of electric energy consumption for train traction and electric energy return in the mode of regenerative braking is considered. The concept of the energy performance certificate as a means of describing the energy properties of the site is introduced.

**Keywords:** electric rolling stock, DC electric locomotive, energy efficiency, the energy performance certificate.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-53-56

#### Авторы Authors

Дмитрий Леонидович Худояров, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: khudojarovd@mail.ru | Илья Максимович Сабиров, студент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: sabirov.il@mail.ru

Dmitrij Leonidovich Hudoyarov, PhD. In Engineering Science, Associate Professor of Department "Electric traction" Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: khudojarovd@mail.ru | Ilya Maksimovich Sabirov, student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: sabirov.il@mail.ru

На электровозах постоянного тока рекуперативное торможение осуществлено достаточно просто, благодаря чему оно давно и успешно применяется на этих локомотивах. В результате длительного опыта эксплуатации электровозов постоянного тока с рекуперативным торможением схемы их силовых цепей стали практически типовыми.

В современных условиях повышение эффективности рекуперативного торможения является одним из ведущих направлений по решению вопроса, связанного с энергосбережением. Рекуперативное торможение позволяет не только экономить энергоресурсы, но и регулировать скорость движения поезда без применения пневматического тормоза.

Количество возвращенной энергии зависит от массы поезда, разности высот начала и конца участка торможения и режима работы электровоза. Последний выбирается в соответствии с заданными условиями движения и характеризуется скоростью движения и тормозной силой. Произведение этих двух величин определяет мощность рекуперирующего электровоза.

Экономия электроэнергии на один грузовой поезд в условиях средней полосы Российской Федерации составляет 10 %, а на горных участках достигает 25 %. Так как на горных участках экономия возрастает примерно в 2,5 раза, то в качестве наиболее показательных рассмотрены участки Златоустовского отделения Южно-Уральской железной дороги, которое характеризуется горным профилем.

Показателями оценки эффективности использования энергии рекуперации являются [1]:

- объем полезного использования энергии рекуперации, выработанной электроподвижным составом (ЭПС);
- относительная величина полезного использования энергии рекуперации, выработанной ЭПС;
- объем полезного использования энергии рекуперации, переданной ЭПС в контактную сеть;
- относительная величина полезного использования энергии рекуперации, переданной ЭПС в контактную сеть.

Методология оценки эффективности использования энергии рекуперации на участке железной дороги заключается в распределении ее объемов по составляющим полезного использования и потерь в устройствах электроснабжения и основана на расчете влияния ряда эксплуатационных факторов на такую эффективность.

Удельный возврат электроэнергии для разных серий локомотивов локомотивного эксплуатационного депо Златоуст Южно-Уральской железной дороги в 2016 и 2017 гг. представлен в табл. 1 [2]. Проведенный анализ показал, что основное влияние на снижение удельного возврата оказали серии электровозов ВЛ10, ВЛ10У, ВЛ10К и ВЛ10УК.

План удельного возврата электрической энергии в контактную сеть от применения рекуперативного торможения выполнен на 97,4 %, снижение к плану соста-

вило 0,5 кВт·ч (план — 20,1 кВт·ч, факт — 19,6 кВт·ч). В абсолютной величине возврат электрической энергии увеличен к плану на 2,3 % (план — 73,2 млн кВт·ч, факт — 74,8 млн кВт·ч).

Таблица 1

**Удельный возврат электроэнергии для разных серий локомотивов, кВт·ч**

Серия локомотива	2016 г.	2017 г.
ВЛ10	19,0	18,0
ВЛ10У	18,4	16,5
ВЛ10УК	24,0	22,1
ВЛ10К	24,0	23,1

К уровню аналогичного периода прошлого года удельный возврат электрической энергии в контактную сеть от применения рекуперативного торможения снижен на 5,2 % (на 1,0 кВт·ч), с 20,6 кВт·ч до 19,6 кВт·ч в 2017 г.

Анализ маршрутов грузовых поездов, следовавших без применения рекуперации, дает следующее распределение по сериям локомотивов:

- 16 поездов с электровозами серии 2ЭС6, что составляет 1,1 % от общего количества проведенных транзитных поездов без применения рекуперации;
- 61 поезд с электровозами серии ВЛ10УК (4,2 %);
- 232 поезда с электровозами серии ВЛ10 (15,8 %);
- 271 поезд с электровозами серии ВЛ10К (18,4 %);
- 889 поездов с электровозами серии ВЛ10у (60,5 %).

Основными причинами проследования транзитных поездов без применения рекуперативного торможения явились неисправные счетчики электроэнергии либо неисправность схемы. Рассматриваемая ситуация связана со старением парка электровозов серии ВЛ10 (срок эксплуатации электровозов серии ВЛ10 и ВЛ10У достигает до 40 лет), а также с неудовлетворительным сервисным обслуживанием и ремонтом локомотивов.

Также на эффективность использования рекуперативного торможения во II квартале 2017 г. повлияло большое количество «окон» и выполнение вариантного графика движения поездов «пакетами». Объем тонно-километровой работы по итогам II квартала 2017 г. в хозяйственном движении увеличился по отношению к аналогичному периоду прошлого года на 12,8 % в электрической тяге и на 8,7 % в дизельной тяге.

Необходимо отметить, что на эффективность рекуперативного торможения на электровозах серии ВЛ10 и ВЛ10У значительное влияние оказывает разница токов по кузовам, неисправность противобоксовочной защиты и невозможность применения рекуперации на ведомом электровозе по системе СМЕТ. При неправильно рабо-

тающей схеме резко возрастает вероятность возникновения выбоин на поверхности бандажей колесных пар. Для сравнения: в 2017 г. на электровозах серии ВЛ10У удельный возврат электроэнергии при следовании в голове состава одиночного локомотива был выше на 42,4 %, чем у локомотивов, объединенных по системе СМЕТ.

Помимо технического состояния локомотивов, еще одним немаловажным фактором является повышенное напряжение контактной сети. При следовании поездов друг за другом и несоблюдении парности поездов\* на затяжном спуске напряжение контактной сети достигает критических значений 4000 В. В свою очередь, в соответствии с рядом нормативных документов, запрещается применение рекуперативного торможения при напряжении контактной сети свыше 3700 В.

Высокое напряжение контактной сети 3800–4000 В свидетельствует о том, что вблизи рекуперирующего поезда отсутствуют потребители электроэнергии (не соблюдается парность поездов). Это приводит к тому, что энергия будет рассеиваться в атмосферу на реостатах тяговой подстанции, если последняя не оборудована накопителями энергии.

Для повышения эффективности рекуперативного торможения на электровозах приписки ТЧЗ Златоуст применялась система автоматического выравнивания тока рекуперации (АВТР). Эта система позволяла применять рекуперативное торможение на ведомом электровозе по СМЕТ. В дальнейшем перераспределение парка электровозов оказало негативное влияние на использование системы АВТР, поскольку ее исправная работа была только в интересах депо приписки, а при обороте локомотива по большому кольцу резко снижался контроль над техническим состоянием электровоза. В итоге это привело к выходу системы из строя и последующему снижению эффективности рекуперативного торможения на 20 %.

Основная проблема заключается в том, что на эффективность применения рекуперативного торможения влияет организация работы нескольких подразделений: дирекции тяги, дирекции электроснабжения, дирекции организации движения поездов, дирекции ремонта, дирекции путевого хозяйства.

Независимая оценка технического состояния локомотива при выпуске его из ремонта способствует повышению качества производимого сервисного обслуживания и ремонта. Так, например, в границах использования корпоративного парка существует возможность ввести порядок приемки с участием независимых представителей стыковых дорог.

Существенное влияние оказывает процедура обучения локомотивных бригад использованию рекуперативного торможения. При постоянных занятиях процент при-

менения рекуперативного торможения неуклонно возрастает. К значительному повышению эффективности рекуперативного торможения приводит обновление локомотивного парка. Техническое состояние современных локомотивов позволяет в большей мере использовать режим рекуперации независимо от профиля пути.

Для оценки потенциала применения рекуперативного торможения на конкретном участке требуется разработка для каждого участка железной дороги энергетического паспорта, по параметрам которого можно было бы оценить энергопотребление на тягу поездов.

Выбор основных параметров энергетического паспорта железнодорожного участка осуществляется следующим образом. Ориентировочный расчет расхода электроэнергии на тягу поезда  $A_{эпс}$  осуществляется по формуле [3]

$$A_{эпс} = 1000 \, \text{мг} \cdot (w_{0, \text{ср}} + i_3) \cdot S_{\text{уч}} / \eta_{\text{тэп}}, \, \text{Дж}, \quad (1)$$

где  $m$  — масса поезда, т;  $S_{\text{уч}}$  — длина участка, км;  $w_{0, \text{ср}}$  — среднее значение основного удельного сопротивления при движении поезда по всему участку, Н/кН;  $\eta_{\text{тэп}}$  — среднее значение КПД при преобразовании электроэнергии, полученной ЭПС из контактной сети, в механическую энергию движения поезда;  $i_3$  — эквивалентный по расходу электроэнергии уклон всего участка, ‰.

$$i_3 = (\sum i_{\text{п.и}} \cdot S_{\text{п.и}} - \sum i_{\text{б.и}} \cdot S_{\text{б.и}} - \sum i_{\text{в.и}} \cdot S_{\text{в.и}} + \sum (i_{\text{в.и}} - w_{0, \text{ср}}) \cdot S_{\text{б.и}}) / S_{\text{уч}}, \quad (2)$$

где  $i_{\text{п.и}}$ ,  $i_{\text{б.и}}$ ,  $i_{\text{в.и}}$  и  $S_{\text{п.и}}$ ,  $S_{\text{б.и}}$ ,  $S_{\text{в.и}}$  — величины подъемов, безвредных и вредных спусков, а также их длины соответственно.

В выражении (2) первая составляющая представляет собой эквивалентный уклон  $i_{3,0}$ , определяемый только геометрическими параметрами профиля пути участка:

$$i_{3,0} = (\sum i_{\text{п.и}} \cdot S_{\text{п.и}} - \sum i_{\text{б.и}} \cdot S_{\text{б.и}} - \sum i_{\text{в.и}} \cdot S_{\text{в.и}}) / S_{\text{уч}}, \quad (3)$$

а вторая составляющая представляет собой ту часть эквивалентного уклона, которая учитывает дополнительные потери энергии при всех видах механического торможения:

$$i_{\text{д}} = (\sum (i_{\text{в.и}} - w_{0, \text{ср}}) \cdot S_{\text{б.и}}) / S_{\text{уч}}. \quad (4)$$

Тогда

$$i_3 = i_{3,0} + i_{\text{д}}. \quad (5)$$

Таким образом, значение уклона  $i_{3,0}$  будем считать первым из основных параметров энергетического паспорта железнодорожного участка, параметром, который определяется только геометрией профиля пути участка.

Полный удельный расход электроэнергии определяется по следующему выражению.

\*Условие парности представляет собой такую ситуацию, когда часть поездов следует со спуска в режиме рекуперативного торможения, а часть следует на подъем в режиме тяги и поглощает энергию, вырабатываемую рекуперирующим электровозом

$$a = 27,25 \cdot (w_{o,cp} + i_3) / \eta_{тЭП}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км}. \quad (6)$$

Если в (6) вместо  $i_3$  подставить  $i_{3,0}$ , то можно получить второй основной параметр энергетического паспорта железнодорожного участка — базовый удельный расход электроэнергии  $a_0$ , определяемый только геометрией профиля пути участка:

$$a_0 = 27,25 \cdot (w_{o,cp} + i_{3,0}) / \eta_{тЭП}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км}. \quad (7)$$

Еще одним параметром, зависящим от геометрии профиля пути участка, является коэффициент рекуперации, с помощью которого можно оценить энергоэффективность использования рекуперативного торможения на любом железнодорожном участке.

Коэффициент рекуперации  $K_p$  определяется как отношение количества электроэнергии  $A_p$ , возвращенной в сеть при рекуперативном торможении, к количеству электроэнергии  $A_t$ , полученной из контактной сети при работе ЭПС в режиме тяги:

$$K_p = A_p / A_t. \quad (8)$$

Рассмотрим участок пути длиной  $S_{уч}$ , содержащий эквивалентный подъем величиной  $i_{п,3}$  и длиной  $S_{п,3}$ , а также эквивалентный вредный спуск величиной  $i_{в,3}$  и длиной  $S_{в,3}$  (рис. 1).

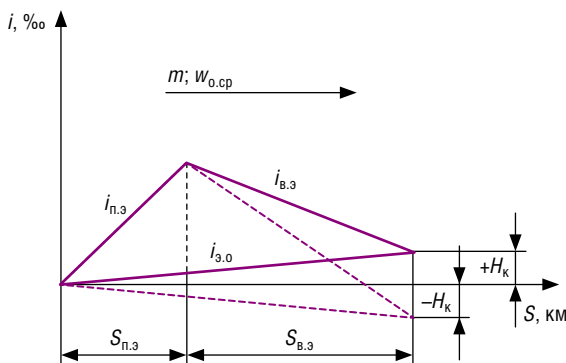


Рис. 1. Эквивалентный профиль участка

Здесь значение эквивалентного вредного спуска участка определяется по выражению

$$i_{в,3} = \frac{\sum i_{в,i} \cdot S_{в,i}}{S_{в,3}}, \quad (9)$$

где

$$S_{в,3} = \sum S_{в,i}, \quad (10)$$

а значение эквивалентного подъема участка будет определяться

$$i_{п,3} = \frac{\sum i_{п,i} \cdot S_{п,i} - \sum i_{в,i} \cdot S_{в,i}}{S_{п,3}}, \quad (11)$$

где

$$S_{п,3} = S_{уч} - \sum S_{в,i}. \quad (12)$$

Полный расход электроэнергии при движении поезда по эквивалентному подъему согласно (6) составит:

$$A_{т,i} = 27,25 (i_{п,3} + w_{o,cp}) \cdot m \cdot S_{п,3} / \eta_{эпс,т}, \quad (13)$$

где  $\eta_{эпс,т}$  — среднее значение КПД ЭПС в режиме тяги.

Аналогично для режима рекуперации на эквивалентном вредном спуске возврат электроэнергии в питающую сеть составит:

$$A_{р,i} = 27,25 \cdot (i_{в,3} - w_{o,cp}) \cdot m \cdot S_{в,3} \cdot \eta_{эпс,р}, \quad (14)$$

где  $\eta_{эпс,р}$  — среднее значение КПД ЭПС в режиме рекуперации.

Тогда согласно (8), (11) и (12) коэффициент рекуперации для рассматриваемого участка пути будет равен:

$$K_{р,i} = \frac{(i_{в,3} - w_{o,cp}) \cdot S_{в,3}}{(i_{п,3} + w_{o,cp}) \cdot S_{п,3}} \cdot \eta_{эпс,т} \cdot \eta_{эпс,р}. \quad (15)$$

В соответствии с вышеизложенным энергетический паспорт железнодорожного участка будет содержать следующие параметры:

а) основные:

$S_{уч}$  — длина участка, км;

$i_{3,0}$  — базовый эквивалентный уклон участка, ‰;

$a_0$  — базовый удельный расход электроэнергии кВт·ч/10<sup>4</sup> т·км;

$K_{р,0}$  — базовый коэффициент рекуперации.

б) дополнительные:

$i_{п,3}$  — эквивалентный подъем, ‰;

$i_{в,3}$  — эквивалентный вредный спуск, ‰;

$i_p$  — расчетный подъем, ‰;

$i_{п,нб}$  — наибольший подъем, ‰;

$i_{в,нб}$  — наибольший вредный спуск, ‰.

Таким образом, благодаря энергетическому паспорту участка можно выполнить предварительную теоретическую оценку расхода электроэнергии в режиме тяги, а также оценить потенциал рассматриваемого участка в части возврата электрической энергии. **ИТ**

## Список литературы

1. Тяговые расчеты : справочник / под ред. П. Т. Гребенюка. — М. : Транспорт, 1987. — 272 с.
2. Отчет о расходе электроэнергии на поездную работу по локомотивному депо Златоуст за сентябрь 2017 г. — Златоуст, 2017.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы. — М. : ОАО «Российские железные дороги», 2014. — 516 с.
4. Энергооптимальные методы управления движением поездов : сборник научных трудов / Л. А. Мугинштейн, А. Е. Илютович, И. А. Ябко; НИИ ж.-д. трансп. — М. : Интекст, 2012. — 79 с. : ил., 21 см. — Библиогр. : с. 75–77. — ISBN 978-5-89277-106-1.





Павел Константинович  
Шкодун

Pavel K. Shkodun



Анна Владимировна  
Долгова

Anna V. Dolgova

## Совершенствование графоаналитической модели диагностирования технического состояния коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей подвижного состава

### Improvement of graphic model diagnostics technical condition of the commutator-and-brush assembly of traction motors of rolling stock

#### Аннотация

В статье выполнено уточнение графоаналитической модели диагностирования технического состояния коллекторно-щеточного узла тягового электродвигателя подвижного состава за счет добавления диагностических параметров: отношения превышения температуры в исправном и диагностируемом контактах и предложенного параметра — отношения тепловой энергии, выделенной в контакте «коллектор-щетка» за время активного нагревания элементов контакта.

**Ключевые слова:** тяговый электродвигатель, диагностирование, граф-модель, нагревание, диагностический параметр.

#### Abstract

In the article the specification of the graphoanalytic model of diagnostics of the technical condition of the commutator-and-brush assembly of the traction motor of the rolling stock by adding diagnostic parameters: the ratio of excess temperature in the serviceable and diagnosed contacts and the proposed parameter — the ratio of thermal energy allocated in the contact “collector-brush” during the active heating of the elements of the contact.

**Keywords:** traction motor, diagnosis, graph model, heating, diagnostic parameter.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-57-60

#### Авторы Authors

Павел Константинович Шкодун, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические машины и общая электротехника» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) | Анна Владимировна Долгова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС)

Pavel Konstantinovich Shkodun, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Electrical machines and general electrical engineering», Omsk State Transport University (OSTU) | Anna Vladimirovna Dolgova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Computer science, applied mathematics and mechanics», Omsk State Transport University (OSTU)

Критериями работы современного тягового подвижного состава (ПС) железных дорог является надежность и безотказность, которые, в свою очередь, обеспечиваются бесперебойной работой тяговых электродвигателей (ТЭД). Развитие средств технического оснащения и их применение в ремонтном производстве, а также принятие рациональных технологических решений на сегодняшний день не снижает количества отказов ПС. Одной из главных причин внеплановых ремонтов ПС, по данным сети железных дорог России, остается отказ ТЭД. Среди распространенных причин неплановых ремонтов ТЭД по-прежнему остаются пробои и межвитковые замыкания обмотки якоря, а также неисправности коллекторно-щеточного узла (КЩУ) [1]. Таким образом, на сегодняшний день актуальной задачей является совершенствование методик и повышение достоверности технического диагностирования ПС [2].

Среди методов, позволяющих повысить точность технического диагностирования деталей и узлов ТЭД за счет выявления эффективных наборов диагностических параметров, следует выделить метод диагностирования на граф-моделях. Целью настоящей статьи является формирование эффективного множества диагностических параметров для оценки технического состояния КЩУ ТЭД.

Для выявления эффективного множества диагностических параметров, позволяющих оценивать техническое состояние КЩУ ТЭД, на основе граф-модели диагностирования КЩУ ТЭД в процессе приемо-сдаточ-

ных испытаний сформирована граф-модель [3]. Отличие предлагаемой граф-модели (рис. 1) от исходной заключается в учете предлагаемых диагностических параметров  $\zeta_{д/и}$  и  $\theta$ , контроль которых позволит повысить точность оценки технического состояния КЩУ ТЭД [4].

Физический смысл предлагаемого диагностического параметра  $\zeta_{д/и}$  заключается в отношении энергий, которые выделяются в диагностируемом и исправном коллекторно-щеточных контактах за интервал времени, равный пяти постоянным времени нагревания. Выбор интервала оценки диагностического параметра  $\zeta_{д/и}$  обусловлен тем, что при установившемся режиме работы ТЭД за рассматриваемый период процесс нагрева узлов КЩУ ТЭД полностью завершается. Расчетная формула для определения предлагаемого диагностического параметра  $\theta$  приведена в [4], а  $\zeta_{д/и}$  определяется по выражению:

$$\zeta_{д/и} = \frac{\int_0^{5T_n} \Delta\tau(t)_д dt}{\int_0^{5T_n} \Delta\tau(t)_и dt}, \quad (1)$$

где  $\int_0^{5T_n} \Delta\tau(t)_д dt$  — энергия, выделенная в диагностируемом контакте «коллектор-щетка» за интервал  $5T_n$ ;  $\int_0^{5T_n} \Delta\tau(t)_и dt$  — энергия, выделенная в исправном контакте «коллектор-щетка» за интервал  $5T_n$ .

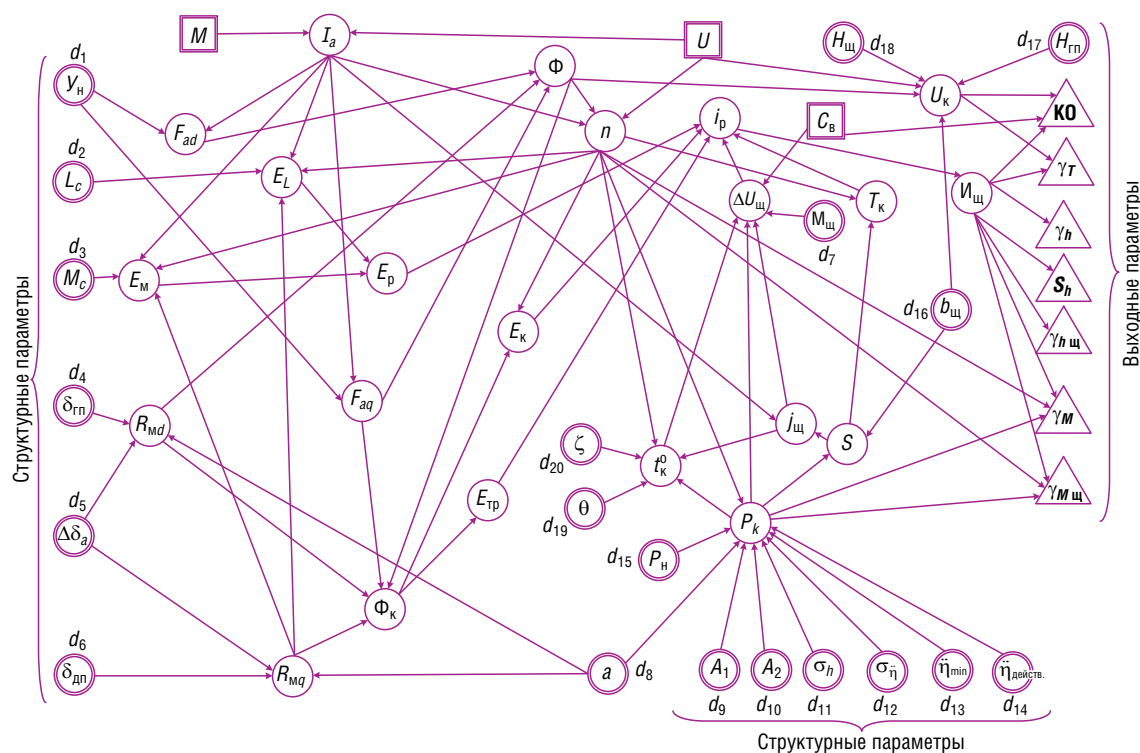


Рис. 1. Уточненная граф-модель диагностирования КЩУ ТЭД

Выбор эффективного множества диагностических параметров с применением графоаналитического метода выполняется в несколько этапов [5]. Первоначально формируется исходная матрица смежности, из которой выводится весовая матрица и матрица частных расстояний. По изложенному в [5] алгоритму рассчитываются синдромы структурных параметров и критическое расстояние, значение которого для рассматриваемой граф-модели составило  $\rho_{кр} = 15$ . Для каждого структурного параметра построены компоненты достижимости. При этом учитывалось условие, что длина каждого маршрута не может превышать критического расстояния. Совокупность вершин, входящих в усеченные формы компонент достижимости, формирует множество вершин рабочей граф-модели, анализ которой показал, что параметры  $\zeta_{д/и}$  и  $\theta$  оказывают влияние на выходные параметры граф-модели. Следующим этапом выявления эффективного множества диагностических параметров является декомпозиция рабочей граф-модели. При декомпозиции все структурные параметры были разделены на три подмножества:  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и  $\tau_3$  (табл. 1).

Для ряда функциональных параметров при декомпозиции граф-модели выделены симптомы. Для параметра  $\Phi$ : текущее значение магнитного потока  $\Phi_i(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$  и изменение магнитного потока при смене направления вращения якоря  $\Delta\Phi(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$ . Для параметра  $n$ : текущее значение частоты вращения  $n_i(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$  и изменение частоты вращения при смене направления вращения якоря  $\Delta n(\tau_1, \tau_2, \tau_3)$ . Для параметра  $I_{щ}$ : средний уровень искрения  $I_{ср}(\tau_1)$ , максимальное значение искре-

ния отдельных секций обмотки якоря  $I_{\max}(\tau_2, \tau_3)$ , СКО интенсивности искрения по коллектору  $\sigma_k(\tau_3)$ , СКО интенсивности искрения во времени  $\sigma_b(\tau_2)$ . Для параметра  $P_k$ : среднее контактное давление  $P_{кр}(\tau_1)$ , колебания нажатия в контакте  $\Delta P_k(\tau_2, \tau_3)$ .

Для каждого из выделенных подграфов выполнен расчет расстояний  $\rho$  и сформированы таблицы близости. Поскольку при декомпозиции граф-модель разбивалась на три связанных подграфа, то в дальнейшем, во избежание включения в множество избыточных параметров, все расчеты проводятся по объединенной таблице (табл. 2). Упорядочение вершин граф-модели выполнялось на основании расчета по объединенной таблице показателей информативности  $\Omega$ , различительной способности  $\Psi$  и эффективности  $Z$  [5]. Выполнена сортировка вершин граф-модели по убыванию значений  $Z$ .

Таблица 1

Подмножества структурных параметров

Подмножество	Структурные параметры	Характеристика
$\tau_1$	$V_n, \delta_{гп}, \delta_{дп}, M_{щ}, P_n, b_{щ}, H_{гп}, H_{щ}, \theta, \zeta$	Средний уровень искрения
$\tau_2$	$a$	Неравномерность искрения во времени
$\tau_3$	$L_c, M_c, \Delta\delta_a, A_1, A_2, \sigma_h, \sigma_{\dot{n}}, \dot{n}_{\min}, \dot{n}_{\text{действ}}$	Неравномерность искрения по коллектору

Таблица 2

Фрагмент объединенной таблицы близости

Параметр граф-модели	$D(A_2)$	$D(A_1)$	$D(a)$	$D(M_{щ})$	$D(\zeta)$	$D(\theta)$	$D(P_n)$	$D(b_{щ})$	$D(V_n)$	$Z$	$N$
$Z_8$	$a$		15							0,66	1
$Z_9$	$A_1$	15								0,66	2
$Z_{10}$	$A_2$	15								0,66	3
$Z_{11}$	$\sigma_h$									0,66	4
$Z_{12}$	$\sigma_{\dot{n}}$									0,66	5
$Z_{13}$	$\dot{n}_{\min}$									0,66	6
$Z_{14}$	$\dot{n}_{\text{действ}}$									0,66	7
$Z_{42}$	$I_{щ}(I_{\max})$									0,66	8
$Z_{35}$	$t_k^\circ$				14	14				0,65	9
$Z_{41}$	$I_{щ}(I_{ср})$			10	8	8				0,64	10
$Z_{44}$	$I_{щ}(\sigma_k)$									0,66	11
$Z_7$	$M_{щ}$			15						0,62	12
$Z_{15}$	$P_n$						15			0,62	13
$Z_{16}$	$b_{щ}$							15		0,62	14
$Z_{19}$	$\theta$					15				0,62	15
$Z_{20}$	$\zeta$				15					0,62	16

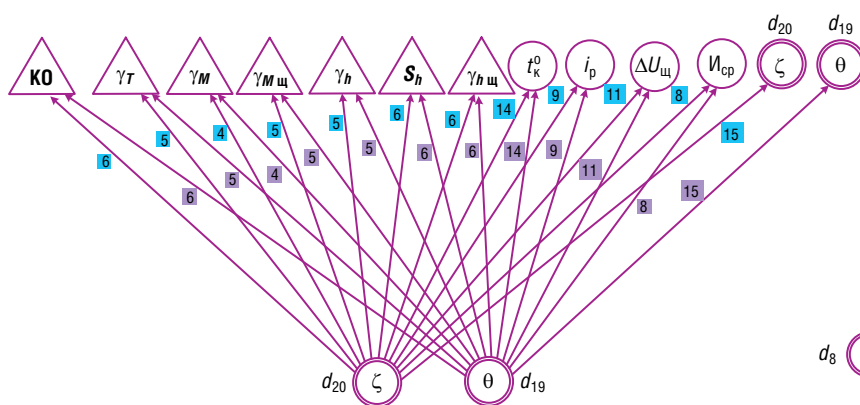


Рис. 3. Фрагмент двудольного графа подмножества  $\tau_1$

Для выявления эффективного множества диагностических параметров для каждого выделенного подграфа построены двудольные графы соответствия дефектов и диагностических параметров. Фрагменты двудольных графов для подмножеств  $\tau_1$  и  $\tau_2$  приведены на рис. 3, 4.

Следующим этапом выявления эффективного множества диагностических параметров является покрытие таблицы близости, т.е. определение такого минимального подмножества параметров, в которых наш-

ли бы отражение все дефекты. Покрытие таблицы близости выполнено по алгоритму, изложенному в [5].

## Выводы

Таким образом, получено множество диагностических параметров  $B = \{H_{гп}, H_{щ}, b_{щ}, P_h, A_1, A_2, \ddot{r}_{мин}, \ddot{r}_{действ}, \sigma_h, \sigma_{\ddot{r}}, \Delta\delta_a, \delta_{гп}, V_h, a, M_{щ}, I_{cp}, \sigma_k, t_k^0, \theta, \zeta\}$  для распознавания характерных дефектов КЩУ ТЭД в процессе приемо-сдаточных испытаний. Поскольку предлагаемые параметры  $\zeta_{д/и}$  и  $\theta$

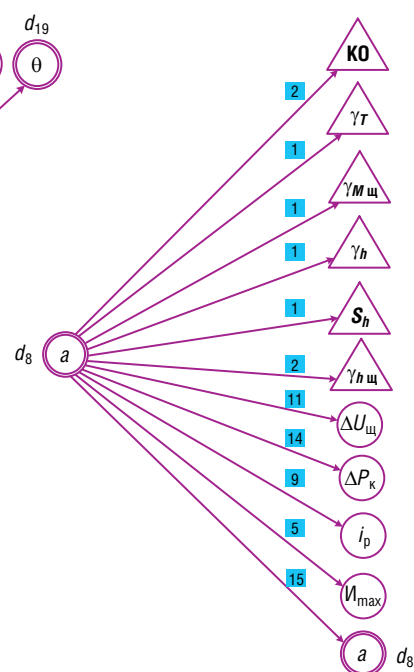


Рис. 4. Двудольный граф подмножества  $\tau_2$

включены в эффективное множество диагностических параметров, следовательно, их контроль позволит повысить точность оценки технического состояния КЩУ ТЭД. **ИТ**

## Список литературы

1. Шестаков И. В. Совершенствование технологии диагностирования изоляции тяговых электродвигателей подвижного состава [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Шестаков Игнат Валентинович. — Омск, 2017. — 19 с.
2. Стратегия научно-технологического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и на перспективу до 2025 года. «Белая книга». — М., 2015. — 63 с. — URL: [http://www.rzd-expro.ru/innovation/BelKniga\\_2015.pdf](http://www.rzd-expro.ru/innovation/BelKniga_2015.pdf), свободный (дата обращения: 21.03.2018).
3. Харламов В. В. Формирование граф-модели диагностирования коллекторно-щеточного узла тягового электродвигателя с учетом тепловых факторов [Текст] / В. В. Харламов, П. К. Шкодун, А. С. Хлопцов, А. В. Долгова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — Томск, 2016. — Т. 327, № 1. — С. 84–90.
4. Харламов В. В. Термографические исследования коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей постоянного тока [Текст] / В. В. Харламов, П. К. Шкодун, А. С. Хлопцов, А. В. Долгова // Известия Транссиба. — Омск, 2014. — № 3 (19). — С. 44–50.
5. Осис Я. Я. Диагностирование на граф-моделях: На примерах авиационной и автомобильной техники [Текст] / Я. Я. Осис, Я. А. Гельфандбейн, З. П. Маркович, Н. В. Новожилов. — М. : Транспорт, 1991. — 244 с.

Объем статьи: 0,44 авторских листа





Дмитрий Германович  
Неволин

Dmitry G. Nevolin



Андрей Петрович  
Котельников

Andrey P. Kotelnikov

## Проектирование безопасного автомобильного кресла и силовых устройств для эвакуации людей из салона тонущего автомобиля

### Design of a safe car seat and power devices for evacuation of people from the passenger compartment of a sinking car

#### Аннотация

Статья посвящена проектированию безопасного автомобильного кресла и силовых устройств для эвакуации людей из салона тонущего легкового автомобиля. Данная конструкция может быть использована и для эвакуации людей из маломерных прогулочных яхт и судов.

**Ключевые слова:** легковой автомобиль, система эвакуации из салона тонущего автомобиля, конструкция кресла, силовые устройства.

#### Abstract

The article is devoted to the design of a safe car seat and power devices for the evacuation of people from the interior of a sinking car. This design can also be used for the evacuation of people from small sized boats and ships.

**Keywords:** passenger car, evacuation system from the car interior, car seat design, power devices.

DOI:10.20291/2311-164X-2018-2-61-65

#### 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), Yekaterinburg, Russia | Andrey Petrovich Kotelnikov, PhD of Tech. Sciences, associate Professor of the Department "Designing and Exploitation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia*

Одними из наиболее конструктивно нагруженных элементов системы эвакуации людей из тонущего автомобиля являются автомобильные сиденья [1–4]. Данной системой может быть оборудована практически любая автомашина. Для этого необходимо использование сидений особой конструкции и некоторых конструктивных элементов кузова автомобиля: крыши со съемным устройством либо панорамной крыши, выполненной из стекла.

Особая конструкция сидений включает в себя подъемный механизм с гидроцилиндром (рис. 1), который обеспечивает подъем водителя и пассажиров за пределы кузова автомобиля. Сиденья оснащены ремнями безопасности, которые крепятся на само сиденье, а значит, фиксатор ремня расположен на ремне. Кроме того, в устройство сидений входят встроенные надувные подушки, которые срабатывают, как только гидроцилиндры заканчивают свою работу.

В конструкции передних или одиночных сидений предусмотрен механизм, который в процессе запуска системы эвакуации выравняет сиденье в максимально возможное вертикальное положение, чтобы не затруднять работу другим элементам системы эвакуации (рис. 2).

Для того чтобы обеспечить сиденья таким механизмом, нужно использовать внутреннее оснащение сидений, которые снабжены механизмами электронной регулировки положения спинки, высоты сиденья и расстояния до руля.

Также важно отметить, что для данной системы предполагается использовать задние пассажирские сиденья особой конструкции (рис. 3). Задние сиденья, как и передние, снабжены гидравлической системой, которая состоит из пары гидроцилиндров, расположенных внутри сидений, и гидравлических аккумуляторов давления с клапанами и магистралями, давление во всех гидравлических системах поддерживается гидрокомпрессором.

Для удобства использования салона автомобиля, в частности задних сидений автомобиля, предусмотрен механизм, который сохраняет жесткое соединение гидравлического подъемного устройства и кузова автомобиля, но при этом сохраняется возможность складывания спинок задних сидений. Таким образом, сохраняется функциональность салонов-трансформеров.

Рассмотрим более подробно принцип работы надувных подушек и их расположение внутри автомобиля (рис. 4). Надувные подушки в системе эвакуации предназначены для подъема и удержания сидений с пассажирами и водителем на поверхности воды. Их механизм основан на принципе работы спасательных плотов, которые используются при чрезвычайных ситуациях, наводнениях, крушениях кораблей, самолетов.

Также стоит отметить, что при срабатывании механизмов надувных подушек они формируют объединенный плот (рис. 5) посредством соединения передних и задних сидений между собой, чтобы обеспечить их устойчивость и плавучесть на поверхности воды.

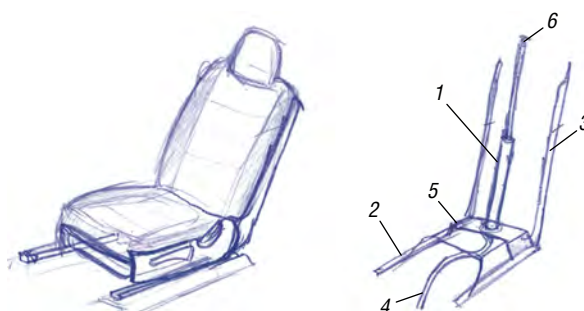


Рис. 1. Устройство переднего сиденья с гидроцилиндром: 1 — гидравлический цилиндр; 2 — стандартное крепление сиденья; 3 — направляющие для движения сиденья при работе системы эвакуации; 4 — гидравлическая магистраль для подачи давления; 5 — улучшенный каркас сиденья для крепления на нем гидроцилиндра и воздушных подушек; 6 — устройство разъединения штока гидроцилиндра и сиденья

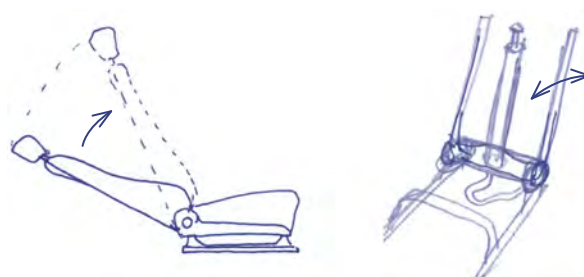


Рис. 2. Принцип работы механизма для подъема передних сидений

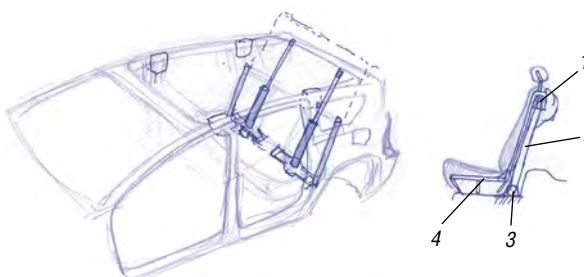


Рис. 3. Конструкция задних пассажирских сидений с гидроцилиндрами: 1 — механизм разъединения сиденья с гидравлической системой подъема; 2 — гидравлический цилиндр; 3 — подвижное крепление гидроцилиндра; 4 — внутренний каркас сиденья

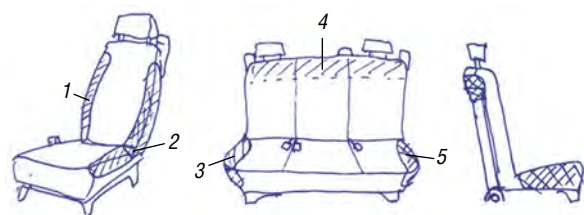


Рис. 4. Расположение надувных подушек в креслах: 1–5 — зоны расположения надувных подушек

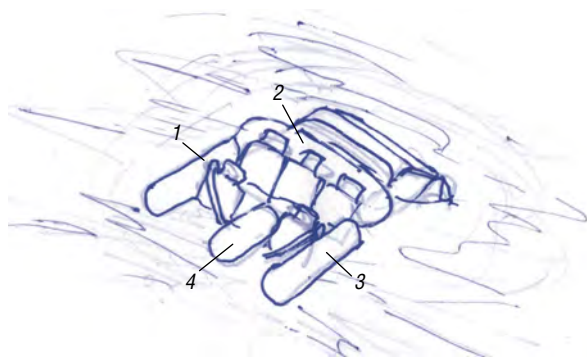


Рис. 5. Плот из надувных подушек и сидений:  
1-4 — зоны расположения надувных подушек

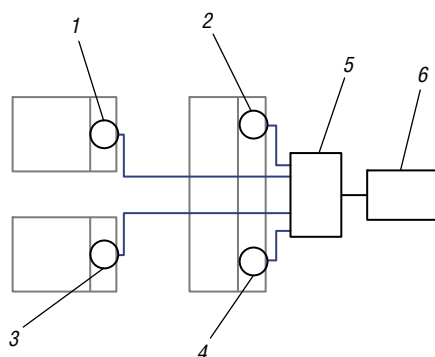


Рис. 6. Схема расположения узлов подъемного механизма:  
1-4 — гидравлические цилиндры; 5 — блок гидроаккумуляторов  
(на каждый гидравлический поршень — один аккумулятор);  
6 — гидравлический компрессор

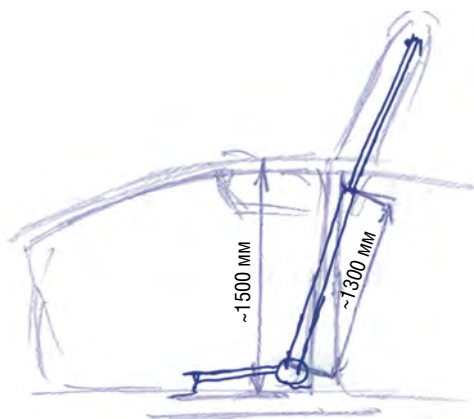


Рис. 7. Определение высоты штока  
гидравлического цилиндра

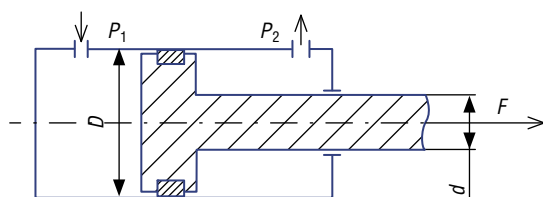


Рис. 8. Основные параметры гидравлического цилиндра

В проектируемой системе эвакуации используются гидроцилиндры, так как они обладают рядом преимуществ по сравнению с электромеханическими и другими приводами: высокой удельной мощностью гидропривода, высоким быстродействием гидропривода, высоким коэффициентом усиления, свободой компоновки агрегатов гидропривода, слабым воздействием вибрации и др.

Рассмотрим подробно расположение элементов гидравлического подъемного механизма, их размещение внутри автомобиля, особенности, количество. Схема подъемного механизма выглядит следующим образом (рис. 6). У каждого гидроцилиндра системы имеется свой электроклапан и аккумулятор давления, чтобы обеспечить надежность и безотказность системы. На гидроаккумуляторах установлены электронные датчики давления, которые обеспечивают постоянное рабочее давление в системе. Также в автомобиле предусмотрена индикация неисправности системы — на бортовом компьютере или на панели приборов.

Необходимо отметить, что рассматриваемая система эвакуации работает только на выталкивание сидений с пассажирами и водителем за пределы салона автомобиля и дальнейшая работа гидравлической системы не предусмотрена, поэтому в данном гидравлическом механизме будут использоваться гидравлические цилиндры одностороннего действия. Для расчета рабочего усилия на штоке гидроцилиндра необходимо учитывать как массу человека, так и массу кресла.

Проектирование гидравлического цилиндра начинается с определения нужных параметров, которые понадобятся для расчета, таких как длина хода поршня, скорость движения поршня.

Длина хода поршня ( $L$ ) взята из расчета высоты салона автомобиля. Было экспериментально вычислено усредненное значение высоты салона автомобиля до крайней точки кузова (рис. 7). Таким образом, длина  $L$  (длина штока гидравлического цилиндра) ориентировочно равна 1,3 м.

Скорость движения поршня под нагрузкой также получена из практических соображений. Скорость подъема кресел с пассажирами и водителем ( $V$ ) составляет 0,065 м/с. Тогда время подъема сидений из салона автомобиля равно 20 с. Этого вполне достаточно для данной системы эвакуации, так как среднее время затопления автомобиля по статистике составляет около 30–40 с.

Расчеты гидравлического цилиндра следует начать с его размеров и основных параметров [5] (рис. 8).

Находим диаметр цилиндра по формуле:

$$D = k_1 \cdot L, \quad (1)$$

где  $L$  — длина штока гидравлического цилиндра, м;  
 $k_1$  — коэффициент для вычисления внутреннего диаметра цилиндра,  $k_1 = \frac{1}{6}$ .

После расчета диаметра цилиндра  $D$  можно найти значение диаметра штока гидроцилиндра  $d$  по формуле:

$$d = k_2 \cdot D, \quad (2)$$

где  $k_2$  — коэффициент расчета наружного диаметра штока,  $k_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ .

Далее находим рабочее давление цилиндра по следующей формуле:

$$F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot P_1 \cdot \mu, \quad (3)$$

где  $\mu$  — коэффициент полезного действия гидравлического цилиндра, который составляет 0,97–0,99;  $P_1$  — давление в бесштоковой полости цилиндра, Н/м<sup>2</sup>;  $F$  — нагрузка, которая задается на шток гидравлического цилиндра, Н.

$$F = (m_q + m_c) \cdot g, \quad (4)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения, для удобства расчета  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>;  $m_q$  — средняя масса человека с запасом, кг;  $m_c$  — масса сиденья,  $m_c = 20$  кг.

Из формул (3) и (4) находим величину  $P_1$ :

$$P_1 = \frac{F}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \mu}. \quad (5)$$

Находим величину необходимого расхода жидкости для гидравлического цилиндра  $Q$  с полученными параметрами. Для этого воспользуемся формулой:

$$Q = \frac{V \cdot S}{\mu}, \quad (6)$$

где  $V$  — скорость перемещения штока гидравлического поршня, м/с;  $S$  — площадь цилиндра, м<sup>2</sup>.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}. \quad (7)$$

Подставляем в формулу (6) переменные из формулы (7) и определяем величину  $Q$ :

$$Q = \frac{V \cdot S}{\mu}. \quad (8)$$

Находим мощность гидронасоса  $N_{пр}$ :

$$N_{пр} = F_{тяж} \cdot U_{поршня}, \quad (9)$$

где  $F_{тяж} = F$  — сила тяжести, Н;  $U_{поршня}$  — скорость движения поршня, величина задаваемая 0,065 м/с.

Если для проектировочного расчета гидроцилиндра принять данные табл. 1, то можно получить основные расчетные характеристики проектируемого устройства, которые сведены в табл. 2.

Таблица 1

## Входные данные для проектировочного расчета гидроцилиндра

Ход штока, м	Усилие на штоке, Н	Скорость движения поршня, м/с
1,3	1666	0,065

Таблица 2

## Основные расчетные характеристики гидроцилиндра

Расход рабочей жидкости, м <sup>3</sup> /с	Давление в бесштоковой области, Па
0,2447	45989, 62

В проектируемой системе эвакуации людей из тонущего автомобиля крыша также относится к элементам особой конструкции и должна функционально и конструктивно отличаться от стандартных вариантов. Основная задача, которую будет решать данная конструкция, — освобождение пространства для эвакуации водителя и пассажиров из тонущего автомобиля.

Рассмотрим два способа освобождения пространства для эвакуации через крышу.

Первый способ в своей основе использует технологию панорамной крыши из стекла (рис. 9) и ударного механизма с пиропатроном.

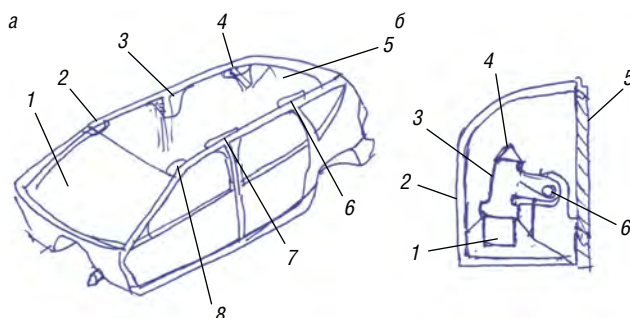


Рис. 9. Механизм панорамной крыши и активатор:  
а — схема панорамной крыши: 1 — лобовое стекло;  
2-4, 6-8 — активаторы; 5 — панорамная крыша;  
б — схема активатора: 1 — пиропатрон; 2 — корпус;  
3 — ударный механизм; 4 — металлический ударник;  
5 — стекло автомобиля; 6 — крепление ударного механизма к корпусу активатора с удерживающей пружиной



В данной конструкции важно использовать такие материалы панели крыши, которые можно разбить ударным механизмом. Стекло в аварийной ситуации развалится на мелкие осколки и не помешает дальнейшей эвакуации людей из тонущего автомобиля.

Второй способ заключается в механическом освобождении от элементов крыши автомобиля, при помощи электропривода (рис. 10). Этот вариант предусматривает возможность установки панорамной крыши в виде съемной панели из прозрачного материала.

Рассмотрим более подробно второй механизм, представленный на рис. 10. Его можно использовать в качестве люка для вентиляции салона автомобиля при его частичном открывании, все узлы и детали механизма прячутся под пластиковую обшивку салона (рис. 11).

Обе конструкции требуют увеличения прочностных свойств остальных частей кузова, так как крыша автомобиля защищает экипаж при дорожно-транспортных происшествиях и несчастных случаях. А использование стеклянной крыши или съемных частей, несомненно, ослабит целостность конструкции крыши и тем самым уменьшит ее прочностные свойства.

Боковые стойки кузова и вся боковая часть автомобиля должны быть рассчитаны с учетом того, что в случае переворота автомобиля на крышу эти элементы принимают весь удар на себя.

Среди возможных ситуаций затопления автомобиля были рассмотрены варианты, когда невозможно использовать эвакуацию людей через крышу автомобиля. Для таких ситуаций есть алгоритм самостоятельной эвакуации людей через боковые стекла. Данный алгоритм запускается исключительно вручную людьми, которые находятся в салоне затопленного транспортного средства.

Механизм, обеспечивающий открывание боковых стекол, представляет собой тот же активатор, который используется в механизме эвакуации через разбивающуюся панорамную крышу (рис. 11, б).

Рассчитаем мощность электромоторов  $N$  для механизма снятия крыши:

$$N = 0,5 \times m_{кр} \times g \times f_{тр}, \quad (10)$$

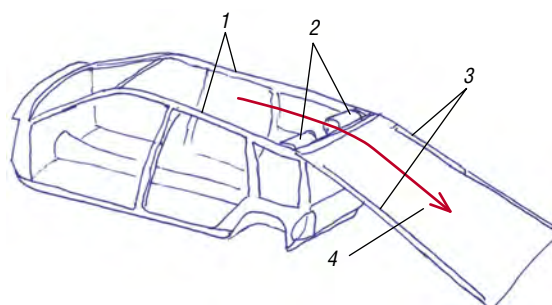


Рис. 10. Механизм снятия крыши, выполненной в виде стеклянной или пластиковой панели:

1 — направляющие, по которым осуществляется движение панели; 2 — пара электромоторов с редукторами, которые отвечают за движение крыши посредством зубчатого зацепления с дорожками; 3 — дорожки с зубчатым зацеплением под электромотор-редуктор; 4 — панель крыши, выполненная из стекла либо пластика

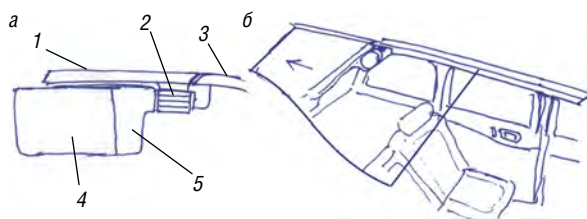


Рис. 11. Схема устройства съемной крыши:

а — схема мотор-редуктора: 1 — съемная панель крыши; 2 — зубчатая шестерня в зацеплении с зубчатым соединением дорожки; 3 — часть кузова автомобиля; 4 — электрический мотор; 5 — редуктор; б — схема расположения узлов механизма съемной крыши внутри салона

где  $m_{кр}$  — масса съемной части крыши, кг;  $g$  — ускорение свободного падения;  $f_{кр}$  — коэффициент трения.

Несмотря на обилие современных систем пассивной и активной безопасности, многое во время движения транспортных средств зависит от самого человека. Всегда есть вероятность, что человек в результате шока или травмы при дорожно-транспортном происшествии может оказаться без сознания или просто неспособным действовать самостоятельно. Именно для таких ситуаций предназначена автоматическая система эвакуации. **ИТ**

## Список литературы

1. Яхьев Н. Я. Безопасность транспортных средств — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 432 с.
2. Степанов И. С., Покровский Ю. Ю., Ломакин В. В., Москалева Ю. Г. Влияние элементов системы «водитель — автомобиль — дорога — среда» на безопасность дорожного движения : учебное пособие — М. : МГТУ «МАМИ», 2011. — 171 с.
3. Ломакин В. В., Покровский Ю. Ю., Степанов И. С., Гоманчук О. Г. Безопасность автотранспортных средств : учебник для вузов / 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. Бондаренко Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 304 с.

Объем статьи: 0,52 авторских листа



**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.  <b>Подпись:</b> _____ <b>Дата:</b> « ____ » _____ 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.  <b>Подпись:</b> _____ <b>Дата:</b> « ____ » _____ 2018 г.</p>

# 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.

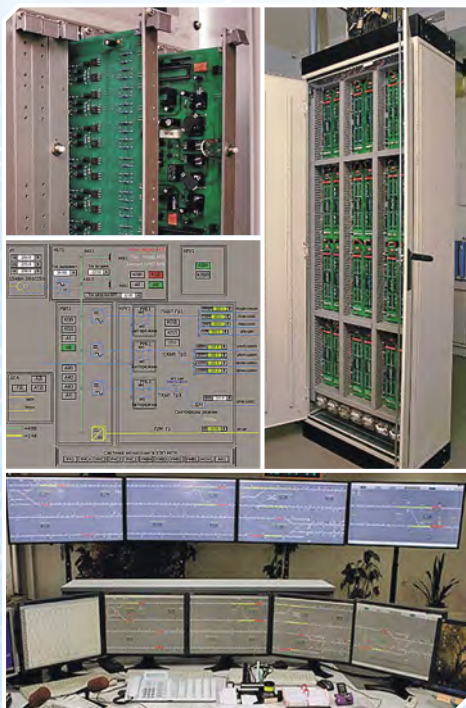
**6. Рисунки и таблицы.** Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по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

