

# ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 1 (19)  
март 2016

I N N O T R A N S



## Перспективы сотрудничества УрГУПС с Пекинским объединенным университетом

Фан Цзяньцзюнь, директор института автоматизации  
Пекинского объединенного университета

С. 3

Транспортная система  
и экономическая среда

Совершенствование  
менеджмента качества  
в дорожном хозяйстве

Комплексная оценка способов  
определения поврежденного  
фидера в сетях 6–35 кВ





## Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА



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

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

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

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

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

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

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

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

### С НАМИ СОТРУДНИЧАЮТ:



Минтранс РФ

РИД



Министерство транспорта  
и дорожного хозяйства  
Волгоградской области



АЭРОФЛОТ

СКОРОСТНЫЕ  
МАГИСТРАЛИ

# Инновационный транспорт

Научно-публицистическое издание

№ 1 (19), 2016 г.

Издается с ноября 2011 г.

**Учредители:** Российская академия транспорта (РАТ), Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)

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

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

**Редактирование и корректура** — Елена Владимировна Чагина

**Верстка и дизайн** — Андрей Викторович Трубин

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

Веб-сайт: [www.usurt.ru](http://www.usurt.ru), e-mail: [innotrans@mail.ru](mailto:innotrans@mail.ru)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

Роскомнадзор ПИ № ФС 77-46984 от 14 октября 2011 г.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Роспечать» — 85022.

DOI: 10.20291/2311-164X.

Подписано в печать 31.03.2016. Печать офсетная.

Тираж 1000 экз.

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

© Общероссийская общественная организация

«Российская академия транспорта», 2016

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

# Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 1 (19), 2016

Published since November 2011

**Founders:** Russian Academy of transport (RAT), 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 "Rospechat" — 85022.

Released for printing on 31.03.2016. Offset printing.

Circulation 1000 copies.

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2016

© All-Russian Public Organisation "Russian Academy of Transport", 2016

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

## EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

## Организация производства (транспорт)

<i>Фан Цзяньцзюнь.</i> Перспективы сотрудничества с Пекинским объединенным университетом в сфере городского транспорта Пекина . . . . .	3
<i>Антропов В. А., Тарасян М. Г.</i> Формирование корпоративных компетенций ОАО «РЖД» во время обучения в вузе . . . . .	5
<i>Егоров В. Б., Васильев Г. С.</i> Ремонтно-оперативная радиосвязь как удобное средство связи для оперативных работников железнодорожного транспорта . . . . .	12
<i>Кочетков А. В., Карпеев С. В., Валиев Ш. Н.</i> Основные направления совершенствования менеджмента качества в дорожном хозяйстве и мостостроении . . . . .	16

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

<i>Аккерман Г. Л., Аккерман С. Г.</i> Транспортная система и экономическая среда . . . . .	22
<i>Ковалев А. А.</i> Развитие инфраструктуры железнодорожных транспортных коридоров Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД) . . . . .	25

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Ковалев А. А., Тарасовский Т. С., Чумаченко А. Ю.</i> Комплексная оценка способов определения поврежденного фидера в сетях 6–35 кВ . . . . .	29
<i>Пышкин А. А.</i> О возможности пропуска поездов повышенной массы и длины на действующих железных дорогах . . . . .	34
<i>Рожкин Б. В.</i> Оценка влияния реконструкции на параметры надежности обратной тяговой сети . . . . .	37

## Управление процессами перевозок

<i>Тарасян В. С., Мезенцев И. С.</i> Применение нечеткой логики для управления дорожным движением на перекрестке с большим числом транспортных потоков . . . . .	43
<i>Тарасян В. С.</i> Оптимизация системы ситуационного управления при помощи генетических алгоритмов . . . . .	46

## Эксплуатация автомобильного транспорта

<i>Плаксин А. М., Ларин О. Н., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю., Глемба К. В.</i> Повышение долговечности работы турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства . . . . .	53
<i>Куликова И. В.</i> Применение нечетких регуляторов для автоматического управления автомобилем при параллельной парковке . . . . .	58
<i>Захаров Н. С., Макарова А. Н.</i> Оперативное корректирование нормативов периодичности технического обслуживания автомобилей . . . . .	62
<i>Дрючин Д. А., Неволин Д. Г., Якунин Н. Н.</i> Распределение транспортных корреспонденций городского населения по видам общественного транспорта на примере города Оренбурга . . . . .	70

# CONTENTS

## The organization of production (transport)

<i>Fang Jianjun.</i> Prospects for cooperation with Beijing United University in the field of urban transport of Beijing . . . . .	3
<i>Vladimir A. Antropov, Mariya G. Tarasyan.</i> Development of corporate competences of Russian Railways JSC during university education . . . . .	5
<i>Valeriy B. Egorov, Georgiy S. Vasiliev.</i> Repair and operational radio communication as a convenient means of communication for operational railway staff . . . . .	12
<i>Andrey V. Kochetkov, Sergey V. Karpeyev, Sherali N. Valiev.</i> Main areas of improvement of quality management in road and bridge construction . . . . .	16

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

<i>Gennady L. Akkerman, Sergey G. Akkerman.</i> Transport system and economic environment . . . . .	22
<i>Aleksey A. Kovalev.</i> Infrastructure development of rail transport corridors of the Organization for Cooperation of Railways (OSJD) . . . . .	25

## Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Aleksey A. Kovalev.</i> Comprehensive assessment of methods to identify faulty feeder in 6–35 kV networks . . . . .	29
<i>Anatoliy A. Pyshkin.</i> Possibilities for operation of trains with increased weight and length on existing railways . . . . .	34
<i>Boris V. Rozhkin.</i> Assessment of the impact of reconstruction on reliability parameters of reverse traction network . . . . .	37

## Management of transportation processes

<i>Vladimir S. Tarasyan, Ilya S. Mezentsev.</i> Using fuzzy logic for traffic control at an intersection with multiple traffic flows . . . . .	43
<i>Vladimir S. Tarasyan.</i> Optimization of situation management system using genetic algorithms . . . . .	46

## Operation of motor transport

<i>Aleksey M. Plaksin, Oleg N. Larin, Aleksandr V. Gritsenko, Aleksandr Y. Burtsev, Konstantin V. Glemba.</i> Increasing durability of diesel engine turbochargers using autonomous lubricating and braking device . . . . .	53
<i>Irina V. Kulikova.</i> Application of fuzzy controllers for automatic parallel parking of a car . . . . .	58
<i>Nikolay S. Zakharov, Anna N. Makarova.</i> Prompt adjustment of standard vehicle maintenance intervals . . . . .	62
<i>Dmitriy A. Dryuchin, Dmitry G. Nevolin, Nikolay N. Yakunin.</i> Distribution of transportation correspondence of urban population by means of public transport using the example of the city of Orenburg . . . . .	70



Фан Цзяньцзюнь

Fang Jianjun

## Перспективы сотрудничества с Пекинским объединенным университетом в сфере городского транспорта Пекина

### Prospects for cooperation with Beijing United University in the field of urban transport of Beijing

#### Аннотация

В статье освещены перспективы международного сотрудничества между Пекинским объединенным университетом и Уральским государственным университетом путей сообщения в сфере образования и науки.

**Ключевые слова:** Пекинский объединенный университет, Уральский государственный университет путей сообщения, образовательные и научные проекты, международное сотрудничество.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-3-4

#### Abstract

The article highlights the prospects of international cooperation between the Beijing United University and Ural state University of railway transport in the field of education and science.

**Keywords:** Beijing United University, Ural state University of railway transport, educational and scientific projects, international cooperation.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-3-4

#### Авторы Authors

Фан Цзяньцзюнь, директор Института автоматизации Пекинского объединенного университета, Пекин (Китай)

Fang Jianjun, Head of the Institute of automation of Beijing United University, Beijing (China)





Пекинский объединенный университет был основан в 1978 г. правительством города Пекина сразу после завершения культурной революции, институт автоматизации входит в состав университета. Институт является многопрофильным, в нем обучаются более 1600 студентов, обучение проводят высококвалифицированные профессора и преподаватели (по штатному расписанию 100 сотрудников).

Финансирование института осуществляется правительством города Пекина и в последние два года ориентировано на студентов из самого Пекина. Необходимо отметить, что в институте автоматизации проходят обучение и студенты, поступившие из других провинций Китая, зачисление которых производится только на основании самых высоких баллов.



Лаборатории Института автоматизации Пекинского объединенного университета

Особенность института в том, что мы обучаем и готовим специалистов непосредственно для работы в городе Пекине, поэтому для нашего института это очень большая ответственность. Обучение студентов в институте осуществляется по транспортным направлениям. Раньше было два направления — автоматизация и логистика, сейчас добавились еще два новых — строительство транспорта и менеджмент. Поскольку Уральский университет путей сообщения проводит обучение студентов по данным направлениям, мы договорились о возможности совместного обучения китайских и российских студентов.

Хотелось бы отметить два новых направления в сфере образования и в научном плане, над которыми работает наш институт. Первое — это робототехника для городской транспортной среды Пекина. Речь идет о применении роботов для комфортного и безопасного перемещения пожилых людей по городской территории Пекина, включая транспортную логистику, основанную на безопасности передвижения и оптимизации маршрута. Назовем условно данный проект «Электронный поводырь» или «Электронная собака». Второе направление — это движение автомобильного транспорта без водителей, которое в последнее время находит довольно широкое развитие не только на американском континенте, но и в азиатских странах.

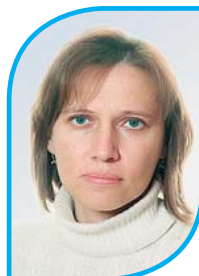
В качестве примера развития этого направления можно отметить научное соглашение по интеллектуальному транспорту, вопросам его проектирования и эксплуатации, подписанное институтом автоматизации Пекинского объединенного университета и рядом китайских производителей автомобилей. Нашей стороне было приятно увидеть достижения студентов вашего университета по проектированию и эксплуатации гоночных болидов. Китайская сторона очень заинтересована во взаимном сотрудничестве с Уральским университетом путей сообщения по данному направлению.

Считаю перспективной возможную реализацию данных проектов не только в учебном плане, но и в научном, а самое главное, что за такой короткий период визита нашим университетам удалось найти обоюдные направления взаимодействия и подписать соответствующие соглашения. Я считаю, что достигнутые соглашения между нашими университетами — это не только определенный шаг в сфере образовательного сотрудничества, но и стимул для дальнейшего развития взаимных отношений между Китаем и Россией. **ИТ**



**Владимир Алексеевич  
Антропов**

**Vladimir A. Antropov**



**Мария Георгиевна  
Тарасян**

**Mariya G. Tarasyan**

## Формирование корпоративных компетенций ОАО «РЖД» во время обучения в вузе

### Development of corporate competences of Russian Railways JSC during university education

#### Аннотация

Представлены результаты мониторинга формирования корпоративных компетенций у студентов целевого обучения — выпускников 2015 г. в УрГУПС. Используются тестовые методики и методы математической статистики.

**Ключевые слова:** мониторинг, образование, компетентностный подход, система менеджмента качества, корпоративные компетенции, модель специалиста.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-5-11

#### Summary

The results of monitoring of corporate competencies developed by USURT 2015 graduates of the relevant specializations are presented. Test methods and mathematical statistics methods are used.

**Keywords:** monitoring, education, competence-based approach, quality management system, corporate competence, model of a professional.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-5-11

#### Авторы Authors

*Владимир Алексеевич Антропов, д-р экон. наук, профессор кафедры «Управление в социально-экономических системах» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: antrvl49@yandex.com | Мария Георгиевна Тарасян, аспирант кафедры «Управление в социально-экономических системах», старший преподаватель кафедры «Философия и история» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Tarasyan.Mariya@yandex.ru*

*Vladimir Alekseyevich Antropov, DSc in Economics, Professor, Management in Social and Economic Systems Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: antrvl49@yandex.com | Mariya Georgievna Tarasyan, PhD student at Management in Social and Economic Systems Department, Senior Lecturer at Philosophy and History Department, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg; e-mail: Tarasyan.Mariya@yandex.ru*

### Введение

Одной из наиболее важных тем на сегодняшний день является тема модернизации системы образования и в первую очередь — системы высшего профессионального образования.

Минэкономразвития в 2010 г. представило проект «Стратегии инновационного развития до 2020 года» [1]. Стратегия разработана на основе положений «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (далее — Концепция) в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» [2]. В настоящее время принята Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы [3].

В стратегии говорится, что ситуация в указанной сфере характеризуется рядом негативных тенденций.

Прежде всего, существуют проблемы достижения надлежащего качества образования на всех уровнях — от общего, начального и среднего профессионального образования до высшего и послевузовского профессионального образования. Согласно международным рейтингам, российские вузы практически не попадают в первую сотню мировых лидеров [4].

В связи с этим в последнее время Минобрнауки России объявлено о масштабной реорганизации всей системы профессионального образования с выделением ведущих университетов и их государственной поддержкой, формированием сети научно-образовательных центров.

Первые шаги уже реализованы: образованы федеральные университеты. Еще одним элементом образовательной сети с уклоном в науку станут специализированные вузы (отраслевые федеральные университеты), которые обеспечат инновационное развитие стратегических отраслей экономики.

В конечном итоге в результате преобразований в России должно остаться до 50 университетов и максимум 150–200 вузов из 1000. Остальные вузы (до 80%), по мнению Минобрнауки, будут преобразованы либо в филиалы университетов, либо в средние профессиональные учебные заведения или закрыты [4].

В. В. Путин на X юбилейном съезде ректоров в МГУ отметил: «Высшей школе нужна большая открытость, понятные механизмы, которые стимулировали бы перемены. Серьезную роль может сыграть внедрение объективных систем оценки качества обучения».

Таким образом, вопросы качества выпускаемой продукции являются на данный момент приоритетными для вузов в России и становятся, можно сказать, вопросами выживания в этот непростой период.

Одним из механизмов оценки качества обучения в вузе, на наш взгляд, является мониторинг качества подготовки кадров в вузе. В рамках компетентностной

парадигмы образования мы рассматриваем мониторинг в вузе как часть системы менеджмента качества (СМК). В данном случае место, задачи и суть мониторинга определяются существующей в вузе системой менеджмента качества.

Образовательное учреждение (или его подразделение) можно рассматривать с позиции СМК вуза как систему взаимосвязанных процессов. Процессы должны быть направлены на повышение степени удовлетворенности всех заинтересованных сторон, как внутренних, так и внешних [5].

СМК вуза должна содержать механизмы мониторинга потребностей и ожиданий потребителей и обеспечивать создание услуги востребованного или превосходящего качества для удовлетворения потребностей всех заинтересованных сторон.

Таким образом, уже на этапе обучения в вузе мы имеем возможность ориентироваться на требования потребителей и выстраивать систему подготовки в вузе, учитывая эти требования. Для эффективного решения данной задачи авторами разработана модель специалиста железнодорожного транспорта.

Так как основным потребителем продукции УрГУПС является ОАО «РЖД», в разработанной нами модели специалиста мы ориентируемся на разработанные холдингом корпоративные и профессиональные компетенции для сотрудников компании.

**Компетенция** определяется как совокупность знаний, навыков, деловых и личностных качеств, позволяющих работнику успешно действовать при реализации поставленных задач.

**Модель компетенций** — это набор компетенций, необходимых сотрудникам компании на различных уровнях должностей и в различных функциях для успешного выполнения своей деятельности ради достижения компанией своих стратегических целей [6].

Корпоративные компетенции соответствуют ценностям бренда ОАО «РЖД», отражают ценности бренда в поведении работников (табл. 1, 2).

Корпоративные и профессиональные компетенции вместе создают целостную систему требований компании к знаниям и навыкам работников. Описания корпоративных компетенций не дублируют профессиональные компетенции.

#### **Корпоративные компетенции:**

- 1) показывают, как ценности бренда и стратегические приоритеты холдинга «РЖД» должны проявляться в поведении сотрудников;
- 2) задают корпоративные требования ко всем сотрудникам компании в зависимости от уровня должности;
- 3) отражают требования к управленческому стилю руководителей на различных уровнях.

**Профессиональные компетенции** описывают специальные знания и навыки, необходимые для работников конкретной функции, профессии [6].



Таблица 1

**Модель корпоративных компетенций ОАО «РЖД»**

Ценности бренда	Модель компетенций 5К+Л
Мастерство	Компетентность
	Клиентоориентированность
Целостность	Корпоративность и ответственность
	Качество и безопасность
Обновление	Креативность и инновационность
	Лидерство

Таблица 2

**Краткое описание модели компетенций 5К+Л**

Модель компетенций 5К+Л	Краткое описание
Компетентность	Наличие профессиональных компетенций. Способность учиться и развиваться. Готовность делиться опытом и передавать знания
Клиентоориентированность	Ориентация на пользу для клиентов компании
Корпоративность и ответственность	Ориентация на интересы компании. Умение работать в команде. Нацеленность на результат
Качество и безопасность	Ориентация на качество и эффективность. Обеспечение безопасности
Креативность и инновационность	Выдвижение инициатив и внедрение инноваций. Поддержка инициатив других
Лидерство	Воодушевление и вовлечение других. Мотивирование и убеждение без административного давления

С другой стороны, нами учтены существующие государственные стандарты в области образования. Современные образовательные программы высшего образования ориентированы на государственные образовательные стандарты третьего поколения. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) выстроены на основе компетентного подхода.

Таким образом, в модели специалиста железнодорожного транспорта, с одной стороны, учтены корпоративные и профессиональные компетенции холдинга ОАО «РЖД», с другой стороны — требования ФГОС ВО (табл. 3). Выделяются общекультурные компетенции, общепрофессиональные, профессиональные, которые устанавливаются в соответствии с видами профессио-

нальной деятельности (например, производственно-технологическая, организационно-управленческая, научно-исследовательская, проектная) [7].

Таблица 3

**Модель специалиста ОАО «РЖД»**

Требования работодателя	Требования ФГОС
Корпоративные компетенции	Общекультурные компетенции
	Общепрофессиональные компетенции
Профессиональные компетенции	Профессиональные компетенции

Профессиональные компетенции во время обучения в вузе формируются при изучении специальных дисциплин. Формирование корпоративных компетенций требует дополнительной оценки и выстраивания определенной работы для достижения результатов (например, тренингов). Формирование компетенций, заложенных в ФГОС, происходит при изучении определенных дисциплин.

Для мониторинга формирования корпоративных компетенций мы используем следующие шкалы психологических тестовых методик (табл. 4).

Таблица 4

**Шкалы психологических тестовых методик**

Модель компетенций 5К+Л	Шкала
Компетентность	Шкала 11ЛФ «Интеллектуальная сдержанность — любознательность»; шкала ТУР «Интеллект»; шкала СТМ «Интерес к процессу»
Клиентоориентированность	Шкалы 11ЛФ: «Замкнутость — общительность», «Недоверчивость — дружелюбие»; шкалы СТМ: «Помощь людям», «Общение»
Корпоративность и ответственность	Шкала 11ЛФ «Моральная гибкость — моральность»; шкалы СТМ «Включенность в команду», «Служение обществу»
Качество и безопасность	Шкала 11ЛФ «Импульсивность — организованность», шкала ТУР «Стабильность»
Креативность и инновационность	Шкала 11ЛФ «Традиционность — оригинальность», шкала СТМ «Творчество»
Лидерство	Шкала 11ЛФ «Независимость — конформизм», шкала СТМ «Руководство»

Ниже представлены результаты мониторинга формирования корпоративных компетенций у студентов целевого обучения — выпускников 2015 г. в УрГУПС (261 человек). Были использованы данные исследований по трем методикам (11ЛФ — 11 личностных факторов, ТУР — тест устойчивой работоспособности и СТМ — структура трудовой мотивации) на 1 и 5 курсах.

Тестовые баллы в данных методиках представлены в стенах — нормализованных стандартных баллах (на одномерной шкале ранжирования от 1 до 10). Средние значения (от 4,5 до 6,5 стенов) трактуются как условная норма выраженности фактора. Крайние значения (низкие и высокие) указывают на выраженность или сверхвыраженность черт, свойственных соответствующему полюсу.

Для выявления статистических различий показателей методик между выборками использовался *t*-критерий Стьюдента. Так как результаты представлены в стандартизированной шкале (стенах), то предварительной проверки на нормальность распределения не требовалось.

## Компетентность

Первая из рассматриваемых корпоративных компетенций — это «компетентность», и главное, на что мы должны обратить внимание из содержания компетенции во время обучения в вузе, на наш взгляд, — это «способность учиться и развиваться».

Таблица 5

Показатели компетентности студентов-целевиков УрГУПС

Компетентность				
шкала	1 курс	5 курс	<i>t</i> -статистика	<i>t</i> критическое
Любознательность	4,67	4,99	-1,64	1,97
Интеллект	5,87	6,09	-1,57	1,97
Интерес	5,46	6,08	-3,34*	1,97

\*Различия между выборками достоверны ( $p = 0,01$ )

Для оценки данной способности мы используем следующие шкалы методик (табл. 5):

1. Шкала 11ЛФ «Интеллектуальная сдержанность — любознательность» отражает выраженность потребности в получении новой информации.

2. Шкала ТУР «Интеллект». Данная шкала измеряет общий интеллектуальный показатель.

3. Шкала СТМ «Интерес к процессу». Высокие показатели говорят о том, что испытуемый предпочитает интересную и разнообразную работу, позволяющую постоянно получать новую информацию, обучаться, профессионально развиваться. Его будет мотивировать включение в процесс обучения (тренинги, занятия в учебном центре), деятельность, требующая приобретения новых знаний и навыков, повышающая его профессиональную квалификацию.

Можно заметить (рис. 1), что во время обучения в вузе происходит некоторый сдвиг тестовых показателей в положительную сторону. Студенты становятся более любознательными, растет их интеллектуальный уровень. Интересы к приобретению профессиональных навыков становятся более глубокими и устойчивыми.

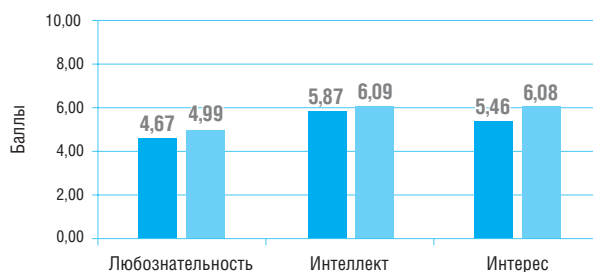


Рис. 1. Корпоративная компетенция «компетентность»  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

## Клиентоориентированность

Предпосылками для формирования данной компетенции во время обучения в вузе мы считаем следующие показатели (табл. 6):

1. Шкала 11ЛФ «Замкнутость — общительность». Данная шкала отражает меру социальной, коммуникативной активности человека — его активности, проявляемой в сфере общения с другими людьми.

2. Шкала 11ЛФ «Недоверчивость — дружелюбие». Результат по данной шкале говорит о привычном отношении к окружающим людям: о склонности проявлять требовательность, критичность, вплоть до враждебности, либо о наклонности к мягкому, миролюбивому и бесконфликтному стилю поведения.

3. Шкала СТМ «Помощь людям». Высокие результаты говорят о готовности понимать, оказывать поддержку, сочувствовать, заботиться. В организации такие люди благотворно влияют на моральный климат.

4. Шкала СТМ «Общение». Высокий полюс ориентирован на деятельность, наполненную взаимодействием с разными людьми (ведение проектов, организация мероприятий, работа с персоналом, переговоры с клиентами и т. д.).

Таблица 6

**Показатели клиентоориентированности студентов-целевиков УрГУПС**

Клиентоориентированность				
шкала	1 курс	5 курс	t-статистика	t критическое
Общительность	5,72	5,70	0,12	1,97
Дружелюбие	4,95	5,09	-0,86	1,97
Помощь людям	5,26	4,99	1,40	1,97
Общение	5,56	5,35	1,03	1,97

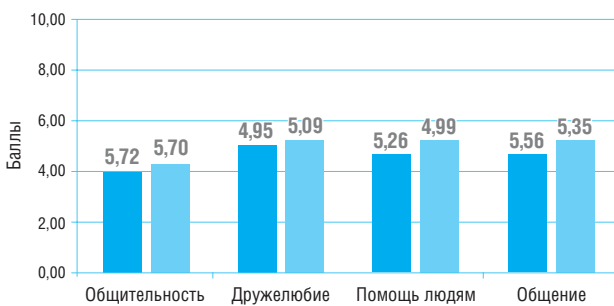


Рис. 2. Корпоративная компетенция «Клиентоориентированность»  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

Достоверных различий между студентами 1 и 5 курса по всем показателям не выявлено (рис. 2). Однако некоторые тенденции отметить можно. С одной стороны, студенты к 5 курсу становятся более дружелюбными, с другой, пятикурсники менее общительны и склонны к помощи.

**Корпоративность и ответственность**

Здесь мы отслеживаем следующие параметры (табл. 7):

1. Шкала СТМ «Включенность в команду». Высокий полюс ориентирован на командный стиль взаимодействия. Характерна социальная потребность быть включенным в состав сильной и сплоченной команды, имеющей общую цель и способной обеспечить свое собственное продвижение к этой цели, защиту, поддержку каждого своего члена, и дать, в свою очередь, ему возможность поработать на общее дело.

2. Шкала СТМ «Служение обществу». Высокий полюс — важно ощущение того, что деятельность, в которую включен человек, имеет большую общественную или государственную значимость, что может позволить ему чувствовать себя приобщенным к некоей общественной миссии.

3. Шкала 11 ЛФ «Моральная гибкость — моральность». Данная шкала показывает, насколько человек склонен соблюдать моральные и нравственные правила.

Таблица 7

**Показатели корпоративности и ответственности студентов-целевиков УрГУПС**

Корпоративность и ответственность				
шкала	1 курс	5 курс	t-статистика	t критическое
Моральность	5,41	5,04	2,09*	1,97
Служение	5,09	4,36	3,63*	1,97
Включенность	5,92	5,87	0,29	1,97

\*Различия между выборками достоверны (p = 0,01)

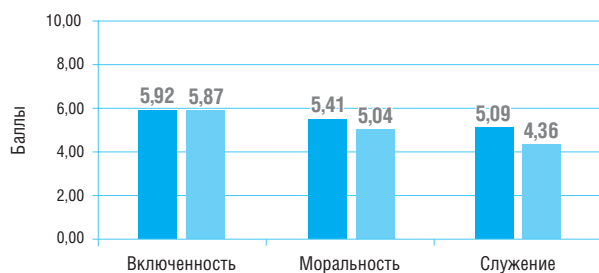


Рис. 3. Корпоративность и ответственность  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

Необходимо отметить наличие достоверных различий по шкалам «Моральность» и «Служение обществу» (рис. 3). Студенты старших курсов менее склонны действовать в соответствии с нормами морали, для них менее важна возможность быть полезным обществу. К пятому курсу также снижается ориентация на командный стиль взаимодействия. Можно сказать, что формирование предпосылок для данной компетенции не происходит, идет противоположный процесс.

**Качество и безопасность**

Данная компетенция отслеживается с помощью следующих шкал (табл. 8):

1. Шкала 11ЛФ «Импульсивность — организованность». Это оценка волевого компонента, готовности контролировать и планировать свое поведение.

2. Шкала ТУР «Стабильность». Шкала измеряет эмоциональную стабильность. Высокий полюс —



выраженная эмоциональная стабильность: спокойная уверенность в себе, преобладание эмоционально-позитивного настроения. Умение контролировать свои эмоции, подчинять себя намеченным планам, нести ответственность за свои поступки.

К пятому курсу мы видим изменение в эмоциональной стабильности (рис. 4). Студенты более уверены в себе и готовы брать на себя ответственность.

## Креативность и инновационность

1. Шкала 11ЛФ «Традиционность — оригинальность». Высокий полюс (оригинальность) означает, что респондент отличается выраженной оригинальностью в различных сферах жизни. В работу стремится вносить что-то новое, выполнять ее своим собственным, нестандартным способом.

2. Шкала СТМ «Творчество». Высокий полюс означает, что человек ориентирован на преобразовательную деятельность, которая может заключаться в разработке новых подходов в решении производственных, научных или экономических проблем, получает удовольствие от работы, связанной с решением сложных, комплексных задач.

По результатам мониторинга (рис. 5, табл. 9), у целевиков достоверно возрастает оригинальность мышления во время обучения в вузе, происходит также рост творческой составляющей в деятельности, что является предпосылкой для инновационной и рационализаторской деятельности в будущем.

## Лидерство

Формирование компетенции оцениваем по следующим шкалам (табл. 10):

1. Шкала 11ЛФ «Независимость — конформизм». В данном случае речь идет о том, какую позицию в общении человек склонен занимать: самостоятельную, возможно, со склонностью к доминированию, либо подчиненную, ведомую.

2. Шкала СТМ «Руководство». Высокий полюс — респондент стремится к принятию на себя лидерской роли, ответственности за людей, конкретные направления деятельности, проекты, принятие решений.

Результаты мониторинга показывают, что достоверных различий по данным показателям нет (рис. 6). Можно отметить лишь незначительные сдвиги. Лидерские качества в вузе формируются недостаточно.

Таблица 8

Показатели компетенции «Качество и безопасность» студентов-целевиков УрГУПС

Качество и безопасность				
шкала	1 курс	5 курс	t-статистика	t критическое
Организованность	6,52	6,56	-0,29	1,97
Стабильность	4,66	5,30	-4,62*	1,97

\*Различия между выборками достоверны ( $p = 0,01$ )

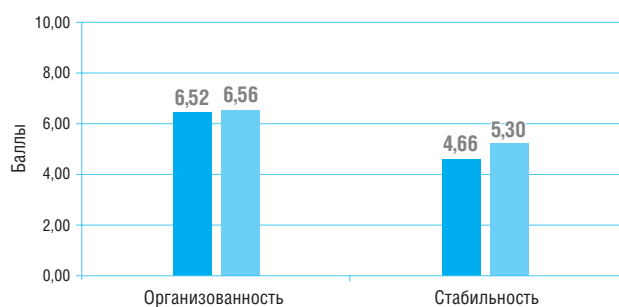


Рис. 4. Качество и безопасность  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

Таблица 9

Показатели компетенции «Креативность и инновационность» студентов-целевиков УрГУПС

Креативность и инновационность				
шкала	1 курс	5 курс	t-статистика	t критическое
Оригинальность	6,33	6,73	-2,30*	1,97
Творчество	4,86	5,09	-0,66	1,97

\*Различия между выборками достоверны ( $p = 0,01$ )

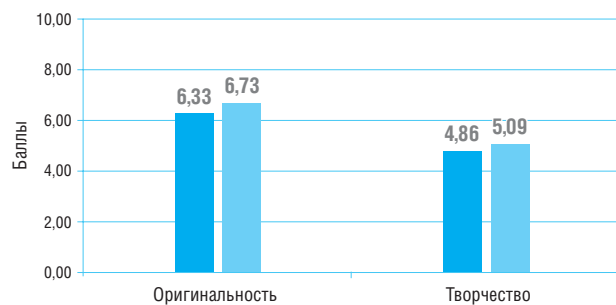


Рис. 5. Креативность и инновационность  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

Таблица 10

Показатели компетенции «Лидерство» студентов-целевиков УрГУПС

Лидерство				
шкала	1 курс	5 курс	t-статистика	t критическое
Конформизм	5,47	5,27	1,17	1,97
Руководство	5,49	5,70	-0,97	1,97

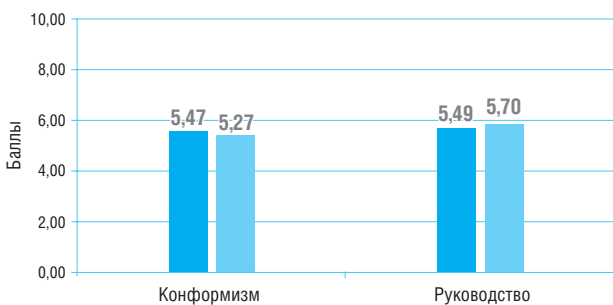


Рис. 6. Лидерство  
■ — 1 курс; ■ — 5 курс

Итак, результаты мониторинга показывают, что во время обучения в вузе предпосылки для становления отдельных корпоративных компетенций формируются (например, возрастает эмоциональная стабильность, оригинальность). По каким-то параметрам, наоборот, мы не дорабатываем, идет ухудшение показателей (например, падает моральность, общительность). Здесь очень важно отслеживать индивидуальную траекторию развития каждого студента, выстраивать работу, нацеленную на формирование будущего специалиста.

Таким образом, опираясь на разработанные ОАО «РЖД» корпоративные компетенции, система мониторинга помогает отслеживать и вносить корректировки в процесс подготовки молодых специалистов для холдинга. Это достигается как внедрением тренинговых программ для формирования личностных качеств, так и корректировкой образовательного процесса. Важной составляющей частью является также индивидуальная психологическая работа. **ИТ**

Список литературы

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 N 2227-р. [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант-Плюс». — URL: <http://www.consultant.ru/>
2. О науке и государственной научно-технической политике: Фед. закон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 03.12.2012) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». — URL: <http://www.consultant.ru/>
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования на 2013–2020 годы»: распоряжение Правительства РФ от 22.11.2012 N 2148-р [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». — URL: <http://www.consultant.ru/>
4. Антропов В. А. Проблемы модернизации и инноваций в российском профессиональном образовании / В. А. Антропов; Рос. акад. наук, Ур. отд-ние, Ин-т экономики. — Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2013. — 103 с. — ISBN 978-5-94646-420-8.
5. Никитина Н. Ш., Николаева Н. В. Мониторинг и оценка качества в образовании. Ч. 1. Методика мониторинга : учеб. пособие. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2008. — 32 с.
6. Лидерство как стиль руководства. Программа по развитию лидерского потенциала молодежи Западно-Сибирской железной дороги. — URL: <http://www.omgups.ru/news/2012/lider.pdf>
7. Антропов В. А., Тарасян М. Г. Мониторинг качества подготовки кадров в вузе // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1, ч. 1. — С. 814.



**Валерий Борисович  
Егоров**  
Valeriy B. Egorov



**Георгий Сергеевич  
Васильев**  
Georgiy S. Vasiliev

## Ремонтно-оперативная радиосвязь как удобное средство связи для оперативных работников железнодорожного транспорта

### Repair and operational radio communication as a convenient means of communication for operational railway staff

#### Аннотация

В статье рассматриваются возможности РОРС — ремонтно-оперативной радиосвязи, основанной на применении сети подвижной связи (СПС). Для ускорения соединений центральную АТС ОАО «РЖД» соединили с центральной АТС СПС цифровой линией класса E1, а абоненты РОРС были включены в общую нумерацию ЦЖАТС из пяти знаков. Доказано, что установка у абонентов двух аппаратов для исходящей и входящей связи с переадресацией входящего вызова на радиотелефоны РОРС исключает отказы в соединениях из-за неответа и занятости абонента. При этом повышается производительность труда у работников ОАО «РЖД», а также эффективность работы маневровых локомотивов.

**Ключевые слова:** сеть общетехнологической связи (СОБТС), автоматическая телефонная станция (АТС), сеть подвижной связи (СПС), телефонные аппараты (ТА), цифровая соединительная линия (ЦСЛ), входящий вызов, исходящий вызов, переадресация, неотвезд, занятость.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-12-15

#### Авторы Authors

*Валерий Борисович Егоров, старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Георгий Сергеевич Васильев, аспирант кафедры «Физика и химия» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Valeriy Borisovich Egorov, Senior Lecturer, Railway Automation, Telemechanics and Communication Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Georgiy Sergeevich Vasiliev, PhD student, Physics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg*

#### Summary

The article discusses the possibilities of RORC — repair and operational radio communication based on mobile network. To make the connections faster, central telephone exchange of Russian Railways JSC was connected to central exchange of mobile network using E1 digital line, and RORC users were included in the general five-digits numbering plan of the central telephone exchange. It has been proven that using two devices for outgoing and incoming calls and forwarding incoming calls to wireless RORC phones eliminates rejected connections resulting from failure to take a call or busy line. With that, the productivity of employees of Russian Railways JSC as well as the efficiency of shunting locomotive operation is improved.

**Keywords:** general engineering communication network, automatic telephone exchange, mobile communication network, telephones, digital interconnecting line, incoming call, outgoing call, call forwarding, failure to take a call, busy line.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-12-15



В последние годы оперативные и руководящие работники железнодорожного транспорта в своей повседневной деятельности все чаще используют, кроме обычных телефонных аппаратов, включенных в сеть общеслужебной телефонной связи (ТА СОБТС), еще и радиотелефоны сетей подвижной связи (РТ СПС). При этом соединения между ТА СОБТС и РТ СПС, равно как и соединения между РТ СПС и ТА СОБТС и между РТ СПС разных сотовых сетей, проходят достаточно сложным и дорогим путем, с набором 11-значных номеров, как это показано на рис. 1.

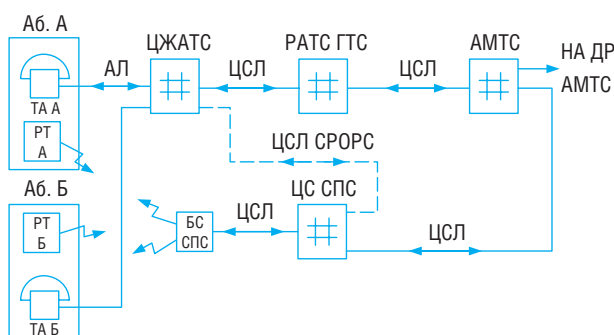


Рис. 1. Структурная схема связи между ТА Аб А и РТ Аб Б через АМТС ССОП и через СРОПС

Для оперативных и руководящих работников транспорта такой способ связи оказался слишком сложным и медленным, а потому и неудобным. Более того, работники транспорта часто имеют дело с закрытой информацией, и сложный путь передачи увеличивает вероятность ее утечки. Поэтому для взаимодействия этих работников между собой и была создана сеть ремонтно-оперативной радиосвязи (СРОПС).

СРОПС представляет собой систему сопряжения СОБТС и СПС, для чего центральную железнодорожную АТС (ЦЖАТС) каждого регионального центра связи (РЦС) соединили непосредственно с центральной станцией СПС региона (ЦС СПС) цифровой соединительной линией (ЦСЛ) класса Е1, как это штрихами показано на рис. 1. Для СРОПС ОАО «РЖД» в рамках СПС xxx было выделено определенное количество номеров  $N$ , которые, в соответствии с потребностями, были распределены по  $N_i$  номеров по всем РЦС всех дирекций связи (ДС) всех дорог ОАО «РЖД». Эти номера были введены в состав номерной емкости каждой из ЦЖАТС РЦС в рамках пятизначной системы нумерации xxxxx, применяемой на ЦЖАТС, но так чтобы  $\sum N_i = N$ .

Таким образом, абоненты, имеющие РТ СПС с номером определенного региона, становятся виртуальными абонентами ЦЖАТС РЦС, имеющими пятизначные номера в рамках нумерации абонентов этой ЦЖАТС. Однако при связи с ними эти номера в специальном шлюзе преобразуют в 10-значные номера СПС, которые по ЦСЛ затем и направляют в ЦС СПС. Чтобы для аabo-

нентов СРОПС сохранить единую пятизначную нумерацию, они и при связи с обычными абонентами ЦЖАТС, и при связи с другими абонентами СРОПС перед набором пятизначных номеров набирают знак \* (\*xxxxx). В этом случае процессор ЦССПС направляет этот номер непосредственно на ЦЖАТС РЦС (по ЦСЛ).

Таким образом, абоненты сети РОПС образуют на региональной СПС закрытую группу, в рамках которой могут общаться только друг с другом. Тем не менее, так как все работники ОАО «РЖД», имеющие ТА СОБТС, включены в единую СОБТС «РЖД» и охвачены единой системой нумерации из 8 знаков (0, АБ, xxxxx), в которой 0 — индекс выхода на СОБТС «РЖД», а АБ — номер ЦЖАТС РЦС, то и абоненты региональной СРОПС могут соединиться с любым абонентом «РЖД», в том числе и с абонентом другой региональной СРОПС, набрав 0, АБ, xxxxx. Причем эти соединения пройдут не по условиям роуминга между СПС (т. е. очень дорого), а через СОБТС «РЖД» (т. е. бесплатно). Так как все ЦЖАТС «РЖД» и все региональные ЦС СПС имеют современное оборудование коммутации, а вместе с этим и современные системы передачи-приема сигналов управления, то и на СОБТС, и на СРОПС вполне возможно использование дополнительных видов обслуживания (ДВО), таких как переадресация вызова, справка, конференцсвязь, а также и более специфических ДВО: запись разговоров, АОН, СОПМ и др. Организованная таким образом сеть РОПС оказалась очень удобной для работников ОАО «РЖД» и стала пользоваться все возрастающим спросом. Но поскольку общее число ее абонентов  $N$  и, следовательно, число абонентов в каждой региональной СРОПС —  $N_i$  ограничены экономическими возможностями «РЖД», то к настоящему времени возникла скрытая конкуренция за право обладания РТ СПС, включенным в сеть РОПС. Более того, трафик через эти РТ СПС поставлен на контроль, и если абонент использует свой РТ недостаточно активно, то его у него отбирают и передают другому абоненту из специального списка запросов на эту услугу. Из расспросов работников ОАО «РЖД» выяснилось, что, во-первых, потребность в РТ СРОПС явно превышает имеющуюся емкость СРОПС, а во-вторых, эффективность применения интегрированной системы связи из СОБТС и СРОПС можно существенно повысить.

Конечно, емкость систем нумерации, используемых на ЦЖАТС РЦС, избыточна, и, следовательно, число абонентов СОБТС и СРОПС можно увеличить. Однако для этого необходимо убедительное экономическое обоснование такого увеличения. Дело в том, что появление СРОПС было обусловлено прежде всего потребностями в быстрой связи при решении вопросов безопасности на железнодорожном транспорте. Имеющиеся на транспорте средства быстрой связи, например радиотелефоны поездной и станционной радиосвязи (ПРС и СРС), являются узкоспециализированными и охватывают небольшой круг

абонентов — ДНЦ, ДСП, машинистов и др. Руководителей служб разных рангов ранее приходилось оповещать о происшествиях в ОАО «РЖД» через СОБТС либо через РТ СПС обычным способом. Организация СРОРС позволила ускорить передачу экстренных сообщений значительно большему числу работников, так или иначе связанных с оперативными действиями при появлении негативных событий. Но в низовых подразделениях ОАО «РЖД» работает много сотрудников, которым также очень нужна быстрая связь в те периоды, когда они находятся далеко от рабочего места с ТА СОБТС. И СРОРС, несомненно, является очень удобным средством такой связи. Среди потенциальных абонентов системы все больше работников, согласных заплатить за номер и РТ СРОРС, но пока правил такого подключения не разработано. Этот вопрос стал настолько актуальным, что ему было посвящено отдельное выступление начальника службы МиАСС ЦСС М. В. Мельчакова на одном из общесетевых совещаний [1]. Более того, в процессе эксплуатации СРОРС выяснилось, что наличие РТ СРОРС у работников позволяет решить много других производственных вопросов. В частности, можно контролировать их работу на транспортных объектах, расположенных далеко от их рабочих мест (через систему ГЛОНАСС).

Среди потенциальных абонентов СРОРС следует выделить работников больших грузораспределительных станций. В 1990-е годы одному из авторов пришлось обследовать работу такой станции, обслуживающей подь-

ездные пути около 40 баз. ДСП этой станции 25–30 % рабочего времени тратил на набор городских номеров работников этих баз («примите вагон», «отдайте вагон»). Включив работников в СРОРС, можно не только существенно повысить производительность их труда, но более всего сократить простой вагонов и маневровых локомотивов.

При расширении сферы применения СРОРС следует учитывать и снижение влияния на быстроту соединения с нужным абонентом таких отрицательных факторов, как неответ абонента из-за его отсутствия на рабочем месте и занятость его абонентской линии (АЛ) и ТА на СОБТС. И если появление у работника ОАО «РЖД» РТ СРОРС и использование на его АЛ ЦЖАТС услуги «переадресация на номер РОРС» фактически снимает проблему неответа абонента (следует учесть, что на СОБТС доля таких вызовов составляет около 15 %, как это показано в [2]), то механизм снижения влияния отказов из-за занятости АЛ и ТА на работу сотрудника также заслуживает внимания. Дело в том, что работники секторов управления и коммерции — это очень активные абоненты СОБТС, производящие и получающие десятки вызовов за рабочий день, так что их АЛ и ТА оказываются часто занятыми. На рис. 2 приведена условная модифицированная схема прохождения соединения через сеть ОБТС, а ниже приведена условная диаграмма распределения времени занятий, составляющих нагрузку на участки сети и на АЛ в том числе.

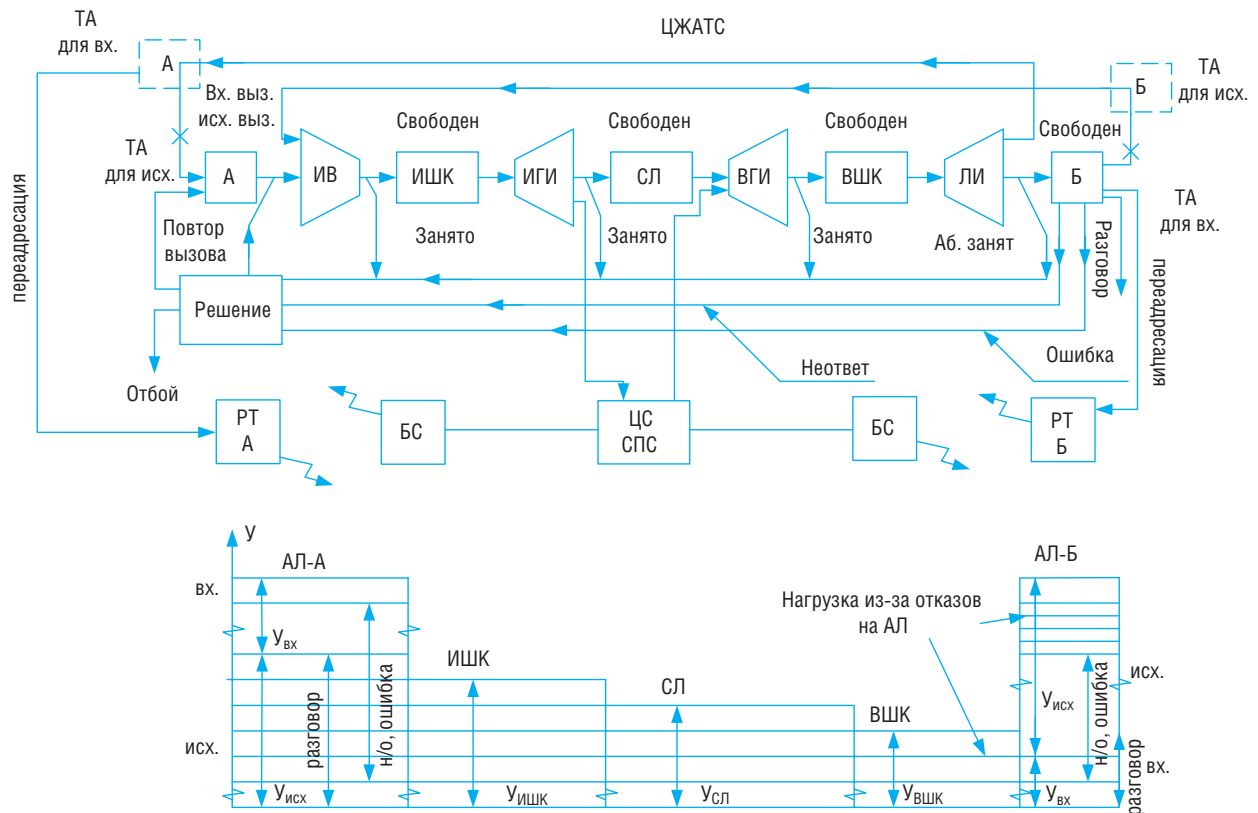


Рис. 2. Распределение нагрузки на участки сети ОБТС [2]

Из диаграммы видно, что при входящей связи вероятность получить отказ в соединении относится именно к входящим вызовам, а зависит от всей нагрузки через АЛ — и входящей, и исходящей. Говоря по телефону по своей инициативе или отвечая на вызов, абонент часто забывает о том, что в этот период времени ему могут позвонить и другие абоненты. Они получают отказ в соединении и будут вынуждены повторять свои попытки, теряя рабочее время и задерживая рабочий процесс, как уже было показано ранее на примере ДСП.

В работе [3] приведена функция плотности распределения нагрузки на АЛ абонентов ЦЖАТС в час с наибольшей нагрузкой (ЧНН) (с 9 до 10 часов местного времени). Из этой функции видно, что хотя доля самых нагруженных АЛ невелика (5–6%), но на них приходится львиная доля отказов в соединении (до 80%). Из-за этого и средняя величина вероятности получить отказ из-за занятости АЛ на СОБТС составляет 50–55%, что совсем не соответствует обыденной практике. Из этого замечания следует, что перегруженные линии надо разгрузить. В той же работе [3] показано, что потери на АЛ можно уменьшить в несколько раз, если для нагруженного абонента предоставить цифровой ТА на две АЛ. Если такого

ЦТА нет (а их было заказано очень мало, поскольку стоимость их более чем в 10 раз выше обычного ТА), то таким абонентам следует предоставить две АЛ с двумя ТА. При этом абонента следует приучить, что новую АЛ с ТА (с новым номером) нужно использовать только для исходящей связи, а старую АЛ с ТА (с уже известным номером) — только для входящей связи. На рис. 2. показаны дополнительные ТА (штрихами) и переадресация ТА для входящей связи на РТ СРОРС.

При появлении у такого абонента РТ СРОРС именно на АЛ с известным всем номером и следует использовать услугу «переадресация на номер РТ» в тех случаях, когда абонент уходит со своего рабочего места. При этом в случае, если абонент будет вести разговор по РТ, при поступлении нового входящего вызова абонент будет об этом извещен и для ответа может использовать услугу «справка». В итоге оперативный или руководящий работник, имеющий два ТА СОБТС (для исходящей и входящей связи) и РТ СРОРС, фактически всегда будет доступен другим сотрудникам. Такое «связевооружение» работника не только существенно повысит производительность его труда, но и производительность труда других сотрудников, а вместе с этим и эффективность работы многих машин и механизмов. **ИТ**

### Список литературы

1. Обмен опытом: совершенствование инженерной деятельности // Автоматика, связь, информатика. — 2015. — № 11. — С. 19–21.
2. Егоров В. Б. Качество обслуживания абонентов АТС при установлении ими соединений с перегруженными абонентскими линиями и пути его повышения // Новые устройства и системы автоматики, информатики и связи : сб. науч. тр. / МПС РФ, УрГУПС. — Екатеринбург, 2000. — Вып. 18 (100). — С. 53–62.
3. Егоров В. Б. Расширение доступа к информационным услугам через ДАЛОВН // Актуальные проблемы развития транспорта России: стратегические, региональные, технические [Текст] : труды международной научной конференции, посвященной 75-летию РГУПС, сентябрь 2004 г. / Рост. гос. ун-т путей сообщ. [и др.]. — Ростов н/Д : РГУПС, 2004. — С. 11–13.





**Андрей  
Викторович  
Кочетков**  
**Andrey V.  
Kochetkov**



**Сергей  
Владимирович  
Карпеев**  
**Sergey V.  
Karpeyev**



**Шерали  
Назаралиевич  
Валиев**  
**Sherali N.  
Valiev**

## Основные направления совершенствования менеджмента качества в дорожном хозяйстве и мостостроении

### Main areas of improvement of quality management in road and bridge construction

#### Аннотация

Анализ комплекса вопросов, определяющих транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог и мостовых сооружений, дает возможность выделить основные направления деятельности в области обеспечения качества в дорожном хозяйстве. С одной стороны, они должны охватывать все аспекты функционирования дорожной отрасли от проектирования автомобильных дорог до финансового обеспечения, а с другой стороны — учитывать деятельность всех участников дорожных работ от федерального органа исполнительной власти до подрядных организаций.

**Ключевые слова:** дорожное хозяйство, автомобильная дорога, показатели качества, однородность.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-16-21

#### Summary

The analysis of a number of issues that determine transport and operating condition of roads and bridges enables to identify the main areas of activity in the field of quality assurance in the road sector. On the one hand, they should cover all aspects of the road sector from road design to funding; on the other hand, they should take into account the activities of all participants of road works from federal executive authorities to contractors.

**Keywords:** road system, road, quality indicators, uniformity.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-16-21

#### Авторы Authors

**Андрей Викторович Кочетков**, д-р техн. наук, профессор, председатель Поволжского отделения и член президиума Российской академии транспорта, эксперт Минюста России, член Российского общества инженеров строительства, профессор Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь; e-mail: soni.81@mail.ru | **Сергей Владимирович Карпеев**, канд. техн. наук, ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Саратов | **Шерали Назаралиевич Валиев**, канд. техн. наук, доцент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва

**Andrey Viktorovich Kochetkov**, DSc in Engineering, Professor, Chairman of Volga Department and Member of the Presidium of the Russian Academy of Transport, Expert of the Ministry of Justice of Russia, Member of the Russian Society of Construction Engineers, Professor of Perm National Research Polytechnic University, Perm; e-mail: soni.81@mail.ru | **Sergey Vladimirovich Karpeyev**, PhD in Engineering, "Technical Regulation Research Center" LLC, Saratov | **Sherali Nazaratievich Valiev**, PhD in Engineering, Associate Professor, Moscow Automobile and Road Construction University (MADI), Moscow

Автомобильные дороги и мостовые сооружения на них относятся к сложным техническим объектам, наиболее структурированным по схемам управления и финансирования со стороны государства. Важную роль в их развитии играют преемственность в истории местности и государства, исторические факторы, технологическая наследственность, разное отношение к ним со стороны предприятий различной формы собственности. Целевое финансирование дорожного хозяйства, в первую очередь со стороны государства, широкое использование дорог всем населением страны определяют необходимость выработки критериев оценки качества дорожного хозяйства не только со стороны государства, но и со стороны участников движения — потребителей [1].

Анализ результатов диагностики федеральных автомобильных дорог и мостов показывает, что их низкий технический уровень в значительной мере является следствием низкого качества работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и мостов.

Государственным стандартом ГОСТ Р ИСО 9000–2001 определено, что качество — это степень соответствия характеристик требованиям. Для дорожного хозяйства качество означает степень соответствия автомобильной дороги и дорожного хозяйства требованиям (пожеланиям и ожиданиям) пользователей дорог — всех участников движения.

Проблема обеспечения качества продукции и управления им в дорожном хозяйстве стоит намного острее, чем в других отраслях народного хозяйства. Дорожное хозяйство характеризуется разнообразием и специфичностью выпускаемой продукции, большим различием физических свойств применяемых материалов, непрерывной изменчивостью внешней среды, необходимостью удовлетворения постоянно возрастающих требований заказчика и потребителей — все это предопределяет необходимость широкого использования передовых методов управления качеством дорожной продукции [2–5].

Качество дорожных работ является категорией, на результат которой влияет целый ряд всевозможных факторов: качество используемых материалов, соблюдение технологии производства работ, культура производства, технический уровень используемых машин, механизмов и оборудования, квалификация рабочих, погодные условия и многое другое. Известно, что чем больше факторов влияет на конечный результат, тем сложнее управлять процессом, тем менее предсказуемы планируемые показатели.

В настоящее время в системе дорожного хозяйства существует определенный механизм, позволяющий контролировать качество дорожных работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог. Этот механизм предусматривает наличие обязательного собственного контроля качества со стороны подрядной организации, выполняющей до-

рожные работы. Однако основной упор по контролю качества в настоящее время делается на многочисленных внешних контролеров. Это авторский надзор со стороны проектной организации, технический надзор со стороны заказчика, отделы контроля качества в дорожных комитетах территориальных и региональных органов управления дорожным хозяйством, службы контроля качества дирекций строящихся дорог, управлений автомагистралей и управлений автомобильных дорог, выступающих в роли заказчиков-застройщиков, специализированные независимые инженерные организации.

Таким образом, существующий до сих пор принцип обеспечения качества дорожных работ в отрасли, ориентированный главным образом на контроль со стороны внешних контролирующих организаций и предусматривающий систему наказаний и санкций за низкое качество работ, является крайне неэффективным и ограниченным по своим возможностям. В лучшем случае он позволяет только выявить имеющиеся недостатки и дефекты и констатировать наличие брака в работе подрядчика, не рассматривая причин и условий его появления и не предусматривая проведения подрядчиком мероприятий и управляющих воздействий по его недопущению и предотвращению в дальнейшем.

Этот принцип, основанный в значительной степени на вмешательстве внешних контролирующих органов в производственную деятельность подрядчиков, а в ряде случаев на запретах по отношению к ним, является абсолютно неприемлемым в рамках действующего Федерального закона от 27 декабря 2002 г., № 184-ФЗ «О техническом регулировании», одним из основных тезисов которого является не вмешательство в производственную деятельность производителя, а лишь оценка конечной продукции заказчиком и потребителем.

Существующий в дорожном хозяйстве подход в обеспечении и повышении качества дорожных работ на 10–15 лет отстает от подходов в области решения проблем качества, используемых развитыми зарубежными странами, странами Европейского Сообщества и США, где не внешние контролирующие органы и даже не заказчик, а подрядчик предпринимает больше действий по контролю качества. При этом подрядчик должен представить заказчику разработанный им план по качеству, соответствующий требованиям контрактной документации и включающий систему управления качеством (менеджмента качества) продукции в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9000. В основе такого подхода лежат получившие к концу прошлого столетия общее признание идея и теория ведущих специалистов в области систем управления качеством продукции о переносе на производство полной ответственности за создание продукции соответствующего уровня и качества.

В 2015 г. дорожное хозяйство столкнулось с необходимостью изучать и применять в своей практике новую версию стандарта систем менеджмента качества

ISO 9001:2015. На сегодняшний день имеются версии DIS (Draft International Standard) и FDIS (Final Draft International Standard). Они созданы в соответствии с директивой ISO Annex SL (ISO/IEC Directives, Part 1 Consolidated ISO Supplement — Procedures specific to ISO). Документы определяют требования к структуре систем управления систем менеджмента (качества, административно-го управления документооборота и других).

В новой структуре стандарта отражен процессный подход с учетом оценки риска. Например, введение стандарта устанавливает общие сведения об ISO, стандартах серии 9000, управлении рисками, цикле PDCA, процессном подходе, взаимосвязи стандарта ISO 9001:2015 со стандартами на другие системы управления.

Важно отметить появление пункта 6.1 «Действия по реагированию на риски и возможности» — это принципиально новый блок требований ISO 9001:2015. Организация должна определить риски и возможности, которые способны повлиять на систему качества и результаты работы организации. Также требуется создать план реагирования на риски и возможности.

Пункт 6.2 «Цели в области качества и планирование достижения целей» определяет, что организация должна установить цели в области качества для всех уровней, функций и процессов, для достижения целей должны быть разработаны планы.

В соответствии с пунктом 8.1 «Планирование и управление процессами» организация должна планировать, применять и управлять процессами, необходимыми для системы качества.

В соответствии с пунктом 8.2 «Определение требований к продукции и услугам» организация должна определить и установить процессы взаимодействия с потребителями, определить требования, связанные с продукцией и услугами и проводить регулярный анализ требований, связанных с продукцией и услугами.

В соответствии с пунктом 8.3 «Разработка и проектирование продукции и услуг» устанавливаются общие требования по проектированию и разработке, планированию проектирования и разработке, проектированию и разработке входных данных, проектированию и разработке методов контроля, проектированию и разработке выходных данных, проектированию и разработке изменений.

В соответствии с пунктом 8.7 «Управление несоответствующими процессами, продукцией или услугами» определяются необходимые действия организации в случае возникновения несоответствий в процессах, продукции или услугах.

В пункт 9.1 «Мониторинг, измерения, анализ и оценка» включены общие требования по проведению мониторинга, измерений, анализа и оценки, требования по измерению удовлетворенности потребителей, а также требования по анализу и оценке работы организации и системы качества.

В качестве предварительного вывода можно отметить, что новым в версии стандарта ISO 9001:2015 стали требования по оценке рисков, а также подход, основанный на управлении рисками при проектировании и разработке системы менеджмента.

Таким образом, одной из важнейших задач в области обеспечения и повышения качества дорожной продукции является создание механизма, который бы перекладывал с заказчика на подрядчика ответственность за обеспечение качества и технический надзор. Такой подход является более прогрессивным и оправданным для обеспечения и повышения качества дорожных работ, поскольку он достаточно апробирован и хорошо зарекомендовал себя в зарубежной практике дорожного строительства.

Система управления качеством работ в дорожном хозяйстве концептуально предусматривает обеспечение и повышение качества дорожных работ при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог за счет реорганизации и повышения эффективности деятельности отраслевых дорожных предприятий и коммерческих подрядных организаций, а также за счет повышения контроля со стороны независимых сторонних организаций, осуществляющих инспекционные проверки качества выполняемых работ, и надзорных функций за деятельностью организаций по реализации дорожных проектов [6].

Поставлена цель разработки научных основ методологии повышения качества дорожно-строительных и ремонтных работ, а также содержания автомобильных дорог за счет разработки организационных и программно-нормативных мероприятий и путем создания, внедрения и совершенствования эффективно действующих механизмов системы управления качеством этих работ.

Совершенствование управления качеством дорожных работ в дорожном хозяйстве должно способствовать обеспечению сохранности существующей сети дорог и соответствия их транспортно-эксплуатационных показателей нормативным требованиям.

Дорожное хозяйство Российской Федерации относится к немногим отраслям, финансируемым в основном за счет федерального бюджета и бюджетов субъектов Федерации. В этих условиях важнейшей задачей становится оценка эффективности расхода государственных средств и контроль качества дорожных работ.

Например, в 2006 г. Федеральным дорожным агентством была принята Концепция обеспечения качества в дорожном хозяйстве и ряд принципиальных решений, направленных на обеспечение интегрального показателя качества всех дорожных работ — уровня состояния дорожной сети.

В отрасли ежегодно проводится диагностика федеральных автомобильных дорог и мостов с целью выявления участков, в наибольшей степени требующих ремонта. С учетом нехватки средств на ремонт автомобильных



дорог выбор объектов ремонта является одной из актуальных задач дорожного хозяйства.

Анализ комплекса вопросов, определяющих транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог, дает возможность выделить основные направления деятельности в области обеспечения качества в дорожном хозяйстве. С одной стороны, они должны охватывать все аспекты функционирования дорожной отрасли от проектирования автомобильных дорог до финансового обеспечения, а с другой стороны — учитывать деятельность всех участников дорожных работ от федерального органа исполнительной власти до подрядных организаций:

- проектирование автомобильных дорог;
- качество производства дорожных работ;
- оценка соответствия и мониторинг транспортно-эксплуатационного состояния;
- законодательное и правовое обеспечение;
- нормативное обеспечение;
- метрологическое обеспечение;
- повышение безопасности дорожного движения;
- кадровое обеспечение;
- сервис и охрана окружающей среды;
- информационно-управляющие системы;
- финансовое обеспечение.

С учетом требований государственных контрактов при сдаче работ подрядные организации берут на себя гарантийные обязательства по поддержанию требуемого состояния объектов в течение заданного срока. В случае появления дефектов подрядчик устраняет их за свой счет. Создается единый банк данных по гарантийным обязательствам. В результате обеспечивается прозрачность соблюдения строительными организациями своих обязательств.

В дорожном хозяйстве действует многоступенчатая система контроля качества: лаборатория и техническая служба подрядчика, лаборатория и техническая служба заказчика, выборочный мониторинг качества, приемка выполненных работ. Существенно увеличен объем привлечения специализированных организаций для технического надзора за дорожными работами. Это позволяет использовать опыт научных и инженерных организаций для обеспечения качества на конкретных объектах, способствует большей открытости для общества реальной ситуации в дорожном хозяйстве.

Современное общественное развитие предъявляет определенные требования к поставляемой в общественное пользование продукции. Эти требования формулируются в национальных и международных стандартах, в нормированных системах контроля технологии, материалов и изделий. Мировая производственная практика передовых стран показывает, что должный уровень качества продукции, обеспечивающий ее рыночную конкурентоспособность в современных условиях, невозможен без применения системы управления качеством. На каждом историческом этапе развития про-

мышленного производства система качества формировалась исходя из определения того, что представляет собой понятие качества, чему оно должно соответствовать. Сегодня понятие качества не означает просто обнаружение дефектов продукта. Технологические операции и процессы должны быть организованы таким образом, чтобы в ходе их выполнения вероятность появления брака сводилась бы к минимуму.

Таким образом, ключевым моментом в современном представлении о том, что такое качество, является управление процессами его создания. Без эффективного управления невозможно достичь качества продукции. Подтверждением этого тезиса являются наиболее существенные положения стандартов ИСО серии 9000:

- формирование и документальное оформление общей политики управления предприятия;
- структурирование системы на подсистемы, элементы и основные виды деятельности (функции);
- четкое распределение ответственности и полномочий в системе;
- акцентирование внимания не на вертикальных, а на горизонтальных связях в управлении;
- делегирование прав и ответственности на нижние этажи управленческой иерархии;
- документирование всех управленческих процедур, реализуемых в подсистеме;
- принятие мер по устранению причин выявленных или потенциальных несоответствий в системе;
- аудит системы управления;
- непрерывное улучшение общего управления.

Современное понятие управления подразумевает деятельность, направленную на реализацию проекта с максимально возможной эффективностью при заданных ограничениях по времени, в денежных средствах (и ресурсах). Среди многообразия форм управления следует отметить такую форму, как управление проектами. Эта форма давно и успешно применяется в мировой практике, в том числе и в нашей стране, например, при строительстве внеклассных сооружений.

Качество — категория историческая, и в период дефицита понятие качества может поглощаться требованием к количеству. Поэтому в силу наличия определенных дефицитов, в частности в дорожном хозяйстве, вопрос обеспечения качества стоит особенно остро. Без решения этого вопроса отечественной экономике не подняться с ее недостаточно высокого места в мировом рейтинге экономических систем. Без новых форм управления, обеспечивающих гибкость и быстроту принятия решений, путь в лидеры мировой экономической элиты будет неосуществим. Следовательно, перспективы развития дорожного хозяйства, повышения ее качества — в совершенствовании системы управления, в привлечении его новых форм. Таким образом, без использования современных методов управления невозможно обеспечить достойное качество продукции.

В дорожном хозяйстве ранее при участии авторов был разработан проект «Концепции развития дорожной науки», в котором (в разделе «Повышение качества дорожных работ и дорожных сооружений») указывается на необходимость проведения исследований, устанавливающих требуемые нормы качества дорожных работ с учетом материально-технического состояния отрасли и исследований в области надежности работы автомобильной дороги как сложной системы, позволяющих определять экономически целесообразные сроки службы отдельных элементов этой системы.

Для улучшения технологической дисциплины необходима разработка нормативных документов, определяющих ответственность за качество работ, а также стандартов, устанавливающих сроки службы автомобильных дорог и искусственных сооружений.

В число первоочередных научных и практических задач совершенствования менеджмента качества в дорожном хозяйстве и мостостроении входят:

- совершенствование отраслевой системы контроля качества дорожно-мостовых работ и пакета документов по качеству;
- совершенствование отраслевой системы сертификации дорожной продукции и услуг;
- совершенствование системы метрологического обеспечения дорожного хозяйства;
- разработка экспресс-методов и приборов для контроля качества дорожных материалов и дорожно-мостовых работ;
- разработка основ концепции управления качеством в дорожном хозяйстве.

Совершенствование нормативной технической базы является важнейшим направлением отраслевой научно-технической политики, призванной обеспечить широкое и безопасное применение на практике передовых научно-технических разработок, прогрессивных технологий, новой техники и материалов, а также сформировать в сфере дорожного хозяйства систему технического регулирования, отвечающую современным международным подходам и стандартам. Это позволит сократить стоимость выполнения работ, повысить долговечность, надежность, безопасность и качество автомобильных дорог и сооружений на них.

Достижение целей технического регулирования в дорожном хозяйстве должно осуществляться путем установления в специальных технических регламентах обязательных требований по безопасности жизни и здоровья людей, сохранности имущественного комплекса автомобильных дорог и экологической безопасности при проектировании, строительстве (реконструкции), содержании автомобильных дорог и искусственных сооружений на них.

Технические регламенты в дорожном хозяйстве должны устанавливать требования к нормативным нагрузкам, геометрическим элементам автомобильных до-

рог (включая элементы плана и профиля), ограждениям и направляющим устройствам, срокам службы искусственных сооружений, эксплуатационным параметрам автомобильных дорог и др.

Особый приоритет имеет совершенствование существующей нормативной технической базы дорожного хозяйства, гармонизация национальных стандартов с передовыми международными стандартами.

Повышение качества строительства (реконструкции), ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений на них должно осуществляться путем установления требований к качеству дорожно-строительных материалов, изделий и конструкций, а также к качеству выполнения дорожных работ с помощью технических заданий на проектирование и конкурсной документации на строительство (реконструкцию) и ремонт автомобильных дорог и искусственных сооружений на них. При этом установление заказчиком требований к качеству должно осуществляться в зависимости от условий и факторов, оказывающих прямое влияние на безопасность и долговечность объектов.

В рамках создания системы технического регулирования следует решить вопросы, связанные с подтверждением соответствия, в том числе с определением перечня продукции дорожного хозяйства, подлежащей обязательной сертификации (несущие конструкции искусственных сооружений, технические средства организации дорожного движения и др.).

Для обеспечения создания системы технического регулирования и нормирования на основе оценки степени риска причинения вреда в дорожном хозяйстве необходимо организовать и провести следующие работы и мероприятия:

- разработать комплекс национальных стандартов, образующих доказательную базу выполнения технических регламентов в сфере дорожного хозяйства;
- разработать комплекс методических документов рекомендательного характера в сфере дорожного хозяйства;
- принять участие в создании национальной системы стандартизации;
- пересмотреть и актуализировать действующие государственные стандарты, межгосударственные стандарты, стандарты отрасли, строительные нормы и правила и отраслевые дорожные нормы;
- реализовать новые механизмы заключения государственных контрактов на выполнение дорожных работ с обеспечением высокого качества их выполнения;
- создать систему оценки соответствия в дорожном хозяйстве для решения ряда задач, связанных с выявлением и обоснованием использования форм и видов оценки соответствия, применительно к объектам дорожного хозяйства;

- создать отраслевой информационный фонд технических регламентов, стандартов и единую информационную систему по техническому регулированию.

Нередко считают, что в области качества все основные достижения западной науки содержатся в международных стандартах — стандартах ИСО серии 9000, во внедрении которых Россия сильно отстала, и что это отставание необходимо ликвидировать. Распространено даже мнение, что нужно начинать с чистого листа, забыть все, что делалось в нашей стране по проблеме качества, и что в стандартах ИСО серии 9000 в совокупности с документами международных организаций содержится в концентрированном виде все то, что необходимо для выхода на современный уровень в проблематике качества, что данные стандарты представляют собой своего рода новую библию, которую только и нужно познать и изучать.

Эту позицию нельзя полностью игнорировать. Нужно учитывать, что большинство уважаемых западных фирм считает нужным констатировать соответствие своей продукции или своих систем качества этим стандартам. Поэтому, безусловно, указанные стандарты нужно знать. Но нужно понимать и ограниченность их содержания. Любому квалифицированному отечественному специалисту, имеющему многолетний опыт, совершенно очевидно: нельзя полностью забывать все, что было наработано в нашей стране в 70–80-е годы прошлого века. Была обширная монографическая литература по качеству, была разработана и введена в действие серия стандартов «Система управления качеством про-

дукции». Новым поколениям специалистов совершенно необходимо объективно разобраться в этих наработках, а это не так просто.

Периодика на русском языке представлена ежемесячным журналом «Стандарты и качество», в течение последнего десятилетия проблематика качества занимает в каждом номере значительную часть. Главной технической проблемой для дорог России и СНГ в целом на сегодняшний день является прогрессирующая потеря их несущей способности. Ухудшение состояния автомобильных дорог главным образом связано с нехваткой финансовых ресурсов и несоблюдением требований по ремонту и текущему содержанию дорог. Библиография работ авторов по этому вопросу отражена в перечне [7–16].

Кроме того, устарела отраслевая нормативно-техническая база дорожного хозяйства. Отрасль нуждается в обновлении норм и гармонизации дорожных стандартов в соответствии с международными требованиями.

Необходимо иметь в виду, что переход к международным нормам и стандартам без учета местных условий и существующих нормативных документов невозможен, так как дорожно-климатические условия стран СНГ отличаются от европейских. К примеру, европейские требования к прочности дорожных одежд по сравнению с нашими занижены на 8–15%; в странах СНГ производят битумы, которые по своим свойствам и показателям отличаются от европейских, и многое другое. Поэтому необходимо выбирать основные международные стандарты и адаптировать и гармонизировать их с российскими нормативно-техническими документами. **ИТ**

### Список литературы

1. Бусел А. В. Ремонт автомобильных дорог. — Минск : Арт-дизайн, 2004.
2. Качество, эффективность и основы сертификации машин и услуг. Основы сертификации машин строительного комплекса и услуг технического сервиса / М. И. Грифф, В. А. Зорин, А. В. Рубайлов; под ред. д. т. н., проф. М. И. Гриффа. — М. : МАДИ, 2000. — 152 с.
3. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации. — М. : Высшая школа, 2001.
4. Канищев А. Н., Рябова О. В., Быкова А. А. Диагностика автомобильных дорог и назначение ремонтных мероприятий : учебное пособие. — Воронеж : Воронежский гос. университет, 2004.
5. Попов В. Г. Строительство автомобильных дорог. — Челябинск : ЮУрГУ, 1997.
6. Цупиков С. Г., Гриценко А. Д., Борцов А. М. и др. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог. — М. : Инфра-Инженерия, 2007.
7. Методические подходы реализации принципов технического регулирования в дорожном хозяйстве / Н. Е. Кокодеева, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2011. — № 1. — С. 44–56. — ISSN 2411–1694.
8. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий / И. Б. Челпанов, С. М. Евтеева, В. В. Талалай, А. В. Кочетков, Б. С. Юшков // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2011. — № 2. — С. 57–68. — ISSN 2411–1694.
9. Проблемы долговечности цементных бетонов / П. Б. Рапопорт, Н. В. Рапопорт, А. В. Кочетков, Ю. Э. Васильев, В. В. Каменев // Строительные материалы. — 2011. — № 5. — С. 38–41. — ISSN 0585–430X.
10. Методологические основы оценки технических рисков в дорожном хозяйстве / Н. Е. Кокодеева, В. В. Талалай, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский, С. П. Аржанухина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. — 2011. — № 3. — С. 38–49.
11. Шероховатые поверхности: нормирование, проектирование и устройство / А. В. Кочетков, П. С. Суслиганов // Автомобильные дороги. — 2005. — № 1. — С. 54–56. — ISSN 0005–2353.
12. Анализ срока службы современных цементных бетонов / П. Б. Рапопорт, Н. В. Рапопорт, В. Г. Полянский, Е. Р. Соколова, Р. Б. Гарибов, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 4. — С. 92. — ISSN 2070–7428.
13. Состояние нормативного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства / С. П. Аржанухина, А. А. Сухов, А. В. Кочетков, С. В. Карпеев // Качество. Инновации. Образование. — 2010. — № 9. — С. 24–29. — ISSN 1999–513X.
14. Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства / А. А. Сухов, С. В. Карпеев, А. В. Кочетков, С. П. Аржанухина // Инновационная деятельность. — 2010. — № 3. — С. 41–46. — ISSN 2071–5226.
15. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Ю. Э. Васильев, В. Г. Полянский, Е. Р. Соколова, Р. Б. Гарибов, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 4. — С. 101. — ISSN 2070–7428.
16. Нормативно-методическое обеспечение развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / С. П. Аржанухина, А. А. Сухов, А. В. Кочетков // Инновации. — 2011. — № 7. — С. 82–85. — ISSN 2071–3010.



Геннадий Львович  
Аккерман

Gennady L. Akkerman



Сергей Геннадьевич  
Аккерман

Sergey G. Akkerman

## Транспортная система и экономическая среда

### Transport system and economic environment

#### Аннотация

Статья посвящена взаимодействию транспортной системы с окружающей экономической средой: с клиентами, которые для удовлетворения своих транспортных нужд пользуются транспортной системой, и организациями, работающими на систему. Так как видов транспорта несколько, то перед первыми и вторыми стоит проблема выбора. Предлагается технология выбора по простому и понятному критерию, который учитывает «солидность» и привлекательность взаимодействующих сторон.

**Ключевые слова:** Транспортная инфраструктура, транспортная система, закон всемирного тяготения, мера значимости объекта, центробежная сила, коэффициент подвижности населения, критерий выбора видов транспорта.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-22-24

#### Summary

The article is devoted to the interaction of the transport system with the surrounding economic environment which includes customers using the transport system to meet their transportation needs and organizations working for the system. Since there are several types of transport, both face the problem of choice. The technology of choice using a plain and clear criterion is proposed, taking into account the “status” and attractiveness of the communicating parties.

#### Keywords

Transport infrastructure, transport system, law of gravity, measure of significance of the object, centrifugal force, mobility rate of the population, criterion of choice of transport modes.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-22-24

#### Авторы Authors

*Геннадий Львович Аккерман, профессор, д-р техн. наук, академик РАТ, профессор кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Сергей Геннадьевич Аккерман, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Gennadiy Lvovich Akkerman, Professor, DSc in Engineering, RAT Academician, Professor of Railway Construction and Railway Track Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Sergey Gennadievich Akkerman, PhD in Engineering, Head of Railway Construction and Railway Track Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg*



Транспортная система состоит из четырех составляющих:

- 1) транспортной инфраструктуры;
- 2) транспортных предприятий;
- 3) транспортных средств;
- 4) системы управления.

Применительно к наземному и водному транспорту объединим первые две составляющие одним термином — линейная инфраструктура. Это пути сообщения (дороги, реки, каналы и т. п.), станции и вокзалы на железных дорогах, порты и пристани на реках и в морском сообщении.

Транспортные средства включают в себя подвижной состав на железных дорогах, автомобили на автотранспорте и плавсредства на водном транспорте. Все виды транспорта объединяются в единую транспортную систему, которая должна обеспечивать их развитие и функционирование для максимального удовлетворения транспортных потребностей окружающей экономической среды: населения и предприятий.

Возможное взаимодействие транспортной системы с окружающей экономической средой учитывается еще и на стадии проектирования: пункты примыкания и захода, местные и транзитные районы тяготения и т. п.

В период эксплуатации транспортной системы ее взаимодействие с экономической средой проявляется через удовлетворение транспортных нужд предприятий и частных лиц в пределах местного и транзитного районов тяготения. Последние назовем районами влияния транспортной системы на своих потенциальных клиентов. Но так как клиент одновременно может находиться в районах влияния разных транспортных систем, например, железнодорожного, автомобильного или авиационного транспорта, то перед транспортной системой стоит проблема: каким видом транспорта воспользуется клиент. Решение этой задачи влияет на планирование и прогнозирование работы и развития транспортной системы. При этом желательно, чтобы эти критерии отвечали существу поставленной задачи и были просты и понятны при их определении.

Подходов к такому выбору (особенно качественных) возможно много. В данной статье предлагается количественный критерий, определение которого основано на двух гипотезах.

## Гипотеза 1

Между транспортной системой и ядром действует сила притяжения  $F_T$ .

Математическая модель гравитационного взаимодействия между объектами довольно широко применяется в региональном анализе, в частности, в процессах урбанизации, в анализе экспертно-импортных связей между регионами, в изучении миграции населения, размещении промышленных центров.

В основе модели лежит предположение, что сила взаимодействия пропорциональна произведению меры значимости объектов и обратно пропорциональна расстоянию между этими объектами [2, 3]:

$$F_T = \frac{fP_i^\alpha \cdot P_j^\beta}{r_{ij}^\gamma}, \quad (1)$$

где  $F_T$  — сила взаимодействия между объектами;  $f$  — коэффициент соответствия;  $P$  — мера значимости объекта;  $r_{ij}$  — расстояние между объектами;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — параметры модели (степенные показатели).

Коэффициент  $f$  численно равен «силе взаимного притяжения между... точками, которые обладают одинаковыми» характеристиками, «равными единице... и находятся друг от друга на расстоянии», также равном единице [3, с. 47].

Если  $\alpha = \beta = 1$ , а  $\gamma = 2$ , то это закон всемирного тяготения Ньютона или закон взаимодействия двух точечных зарядов — закон Кулона.

Магнитная сила между параллельными проводниками обратно пропорциональна расстоянию между ними при  $\gamma = 1$ .

Для решения экономических задач [2]  $\alpha = \beta = 1$ ,  $\gamma = 2$ , т. е. формула (1) приобретает вид:

$$F_T = \frac{fP_i P_j}{r_{ij}^2}. \quad (2)$$

## Гипотеза 2

Если продолжить аналогию с законом Ньютона, то на «тело» с мерой  $P_{jn}$  (клиент) действует центробежная сила (сила отталкивания клиента от транспортной системы).

$$F_{Ц} = \frac{P_{jn} V^2}{r}, \quad (3)$$

где  $V$  — скорость изменения меры  $P_{jn}$  за время  $t$ :

$$V = \frac{P_{jn}}{t}. \quad (4)$$

Причем  $P_{jn}$  может равняться  $P_j$  в зависимости от того, какую смысловую нагрузку они несут.

Приравняв  $F_T$  и  $F_{Ц}$ , получим значение  $r$  — «расстояние» между транспортной системой и клиентом (взаимный их интерес). Чем меньше  $r$ , тем меньше их взаимный интерес.

$$r = \frac{fP_i P_j}{P_{jn} V^2} \quad (5)$$

или

$$r = \frac{fP_i P_j t^2}{P_{jn}^3}. \quad (6)$$

Интерпретация  $P_i$ ;  $P_j$ ;  $P_{jn}$ .

## 1. Подход «финансовый»

Допустим, что:

$P_i$  — свободные деньги у клиента (предприятия, частного лица), которые он мог бы потратить на удовлетворение своих транспортных нужд;

$P_j$  — финансовый план транспортной системы, характеризует ее солидность;

$P_{jn}$  — тариф, стоимость транспортировки пассажира, груза. Предполагается, что согласно (4) эта стоимость оплачивается постепенно, по мере выполнения транспортировки.

Если  $P_{jn} = P_j$ , то формула (6) приобретает вид

$$r = \frac{fP_i t^2}{P_j^2}. \quad (7)$$

Поскольку клиента финансовый план транспортной системы интересует мало, то, приняв  $\alpha = 0$ , получим

$$r = \frac{f}{V^2}. \quad (8)$$

Получается, что чем «более медленно» клиент оплачивает транспортные услуги, тем меньше тариф, тем интерес к транспортной системе больше.

## 2. Подход механический

При механическом подходе будем считать, что:

$P_i$  — провозная способность транспортной системы;

$P_j$  — потенциальная потребность в перевозках клиента (предприятия, населенного пункта), например, в случае пассажирских перевозок:

$$P_j = kN, \quad (9)$$

где  $k$  — коэффициент подвижности населения;  $N$  — населенность данного пункта (города, поселка);

$P_{jn}$  — реальная потребность в перевозках.

В этом случае интерес клиента к транспортной системе зависит от транспортных возможностей самой системы.

Если для клиента доступны несколько транспортных систем, то  $r$  может быть критерием выбора как с учетом технических возможностей системы, так и финансовых возможностей самого клиента.

## Выводы:

1. Интерес клиента к транспортной системе обратно пропорционален квадрату тарифа и прямо пропорционален «солидности» транспортной системы и ее мощности.
2. Чем больше «свободных» денег у клиента, тем, несмотря даже на больший тариф, рассматриваемая транспортная система привлекательнее для него. К примеру, при прочих равных условиях клиент выбирает компанию «Аэрофлот» как более солидную и мощную, а значит, и надежную, чем любую региональную.
3. Если значения  $P_j$  и  $P_{jn}$  интерпретировать как средние по региону, то по критерию  $r$  можно ранжировать транспортные системы и выбрать наиболее привлекательную. **ИТ**

## Список литературы

1. Якушев П. Я. Транспортная система России. — М. : Транспорт, 1999.
2. Власов М. П., Шимко П. Д. Моделирование экономических процессов. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. — С. 137–170.
3. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. — М. : Наука, 1968. — С. 47.



Алексей Анатольевич  
Ковалев  
Aleksey A. Kovalev

## Развитие инфраструктуры железнодорожных транспортных коридоров Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД)

### Infrastructure development of rail transport corridors of the Organization for Cooperation of Railways (OSJD)

#### Аннотация

17–18 февраля в Варшаве состоялось заседание Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД), на которое были приглашены представители Ассоциации вузов транспорта.

Деятельность ОСЖД направлена на выполнение важнейших задач совершенствования и развития международных железнодорожных перевозок грузов и пассажиров, повышения их конкурентоспособности на огромном евро-азиатском пространстве; на укрепление нормативно-правовой базы с целью достижения наивысшей эффективности в работе железнодорожного транспортного комплекса и удовлетворения потребностей стран — членов ОСЖД в перевозке грузов и пассажиров.

Привлечение железнодорожных университетов России к работе ОСЖД в перспективе может позволить осуществить многоплановую кооперацию деятельности вузов транспорта разных стран по унификации образовательных программ, внедрению единых методических подходов, повышению уровня мобильности преподавателей и студентов, укреплению научного сотрудничества.

**Ключевые слова:** организация сотрудничества железных дорог, железнодорожные перевозки, транспортный коридор.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-25-28

#### Авторы Authors

*Алексей Анатольевич Ковалев, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Aleksey Anatolievich Kovalev, PhD in Engineering, Head of Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg*

#### Summary

A meeting of the Organization for Cooperation of Railways (OSJD) with participation of representatives of the Association of Transport Universities was held on 17-18 February in Warsaw. OSJD activities are aimed at addressing the most important tasks of improvement and development of international rail freight and passenger transportation, increasing its competitiveness in the vast Eurasian space, strengthening the legal framework in order to achieve the highest efficiency of railway transport operation and meeting the needs of OSJD members countries in transportation of goods and passengers.

Involvement of Russian railway universities in OSJD's work in the future may enable a multidimensional cooperation between transport universities of various countries to unify educational programs, introduce uniform methodological approaches, improve mobility of teachers and students and strengthen scientific cooperation.

**Keywords:** Organization for Cooperation of Railways, rail transport, transport corridor.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-25-28

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

ОСЖД — международная организация, созданная 28 июня 1956 г. в г. София. Основная задача ОСЖД — это обеспечение, развитие и совершенствование международных железнодорожных перевозок в сообщении между Европой и Азией.

## Страны — члены ОСЖД:

Азербайджан, Беларусь, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Китай, КНДР, Россия, Словакия, Чехия, Эстония и др.

Общая площадь — 37 млн км<sup>2</sup>.

Население — 2 млрд человек.

Протяженность — 281 000 км.

Персонал — 4,4 млн человек.

На железных дорогах перевозится в год 6,2 млрд тонн грузов и 4 млрд пассажиров.

## Управляющие органы ОСЖД

1. Совещание министров (высший руководящий орган ОСЖД на межправительственном уровне).

2. Конференция генеральных директоров (руководящий орган ОСЖД по сотрудничеству на уровне железных дорог).

**Исполнительный орган ОСЖД** — комитет ОСЖД:

- обеспечивает деятельность ОСЖД в период между сессиями совещания министров и заседаниями конференций генеральных директоров;
- выполняет функции депозитария соглашений и договоров, заключенных в рамках ОСЖД.

**Рабочие органы ОСЖД** — комиссии ОСЖД:

1. Комиссия по транспортной политике и стратегии развития.
2. Комиссия по транспортному праву.
3. Комиссия по грузовым перевозкам.
4. Комиссия по пассажирским перевозкам.
5. Комиссия по инфраструктуре и подвижному составу.

**Постоянные рабочие группы (ПРГ):**

1. Постоянная рабочая группа по кодированию и информатике.
2. Постоянная рабочая группа по финансовым и расчетным вопросам.

Структура управления в ОСЖД приведена на рис. 1.

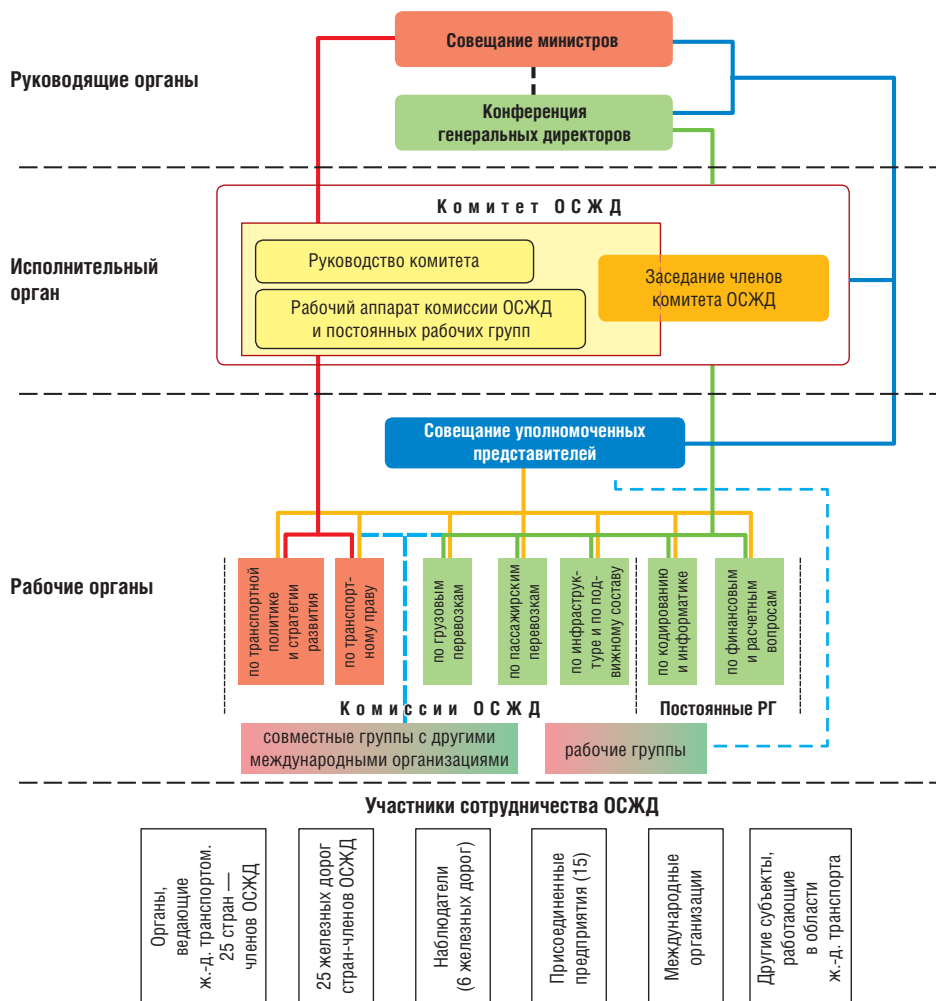


Рис. 1. Структура управления в ОСЖД



Схема железнодорожных транспортных коридоров ОСЖД приведена на рис. 2.

Информация о действующих коридорах ОСЖД приведена в табл. 1.



Рис. 2. Схема железнодорожных транспортных коридоров ОСЖД

Таблица 1

**Действующие коридоры ОСЖД**

Номер коридора	Длина коридора, км	Количество стран	Страны, по территории которых проходит коридор	Перевезено грузов в международном сообщении, млн т
1	23 679	11	Республика Польша, Латвийская Республика, Литовская Республика, Эстонская Республика, Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Узбекистан, Китайская Народная Республика, Монголия, Коре́йская Народно-Демократическая Республика	230
2	15 212	4	Российская Федерация, Республика Казахстан, Китайская Народная Республика, Социалистическая Республика Вьетнам	180
3	2 227	3	Республика Польша, Украина, Российская Федерация	80
4	2 686	5	Чешская Республика, Словацкая Республика, Венгрия, Республика Польша, Украина	20
5	21 873	10	Венгрия, Словацкая Республика, Украина, Российская Федерация, Республика Казахстан, Грузия, Азербайджанская Республика, Республика Молдова, Китайская Народная Республика, Кыргызская Республика	40
6	12 442	10	Чешская Республика, Словацкая Республика, Венгрия, Румыния, Сербия, Республика Болгария, Греция, Турция, Исламская Республика Иран, Туркменистан	30
7	1 549	2	Республика Польша, Украина	20
8	5 402	5	Украина, Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Узбекистан, Туркменистан	25
9	845	3	Литовская Республика, Республика Беларусь, Российская Федерация	15
10	7 437	10	Украина, Республика Болгария, Румыния, Грузия, Азербайджанская Республика, Республика Узбекистан, Туркменистан, Кыргызская Республика, Республика Казахстан, Республика Таджикистан	60
11	7 891	3	Российская Федерация, Азербайджанская Республика, Исламская Республика Иран	10
12	1 461	3	Республика Молдова, Румыния, Республика Болгария	6
13	1 497	5	Российская Федерация, Эстонская Республика, Латвийская Республика, Литовская Республика, Республика Польша	10

А. А. Ковалев | Развитие инфраструктуры железнодорожных транспортных коридоров Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД)

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

Так, например, коридор ОСЖД № 1 проходит по территории 11 стран: Польши, Латвии, Литвы, Эстонии, Беларуси, России, Казахстана, Узбекистана, Китая, Монголии, КНДР. Общая протяженность с ответвлениями: 24 790 км (рис. 3).

2016 г. является знаменательным для Организации сотрудничества железных дорог — ей исполняется 60 лет.

В связи с изменением обстановки на евразийском пространстве после Второй мировой войны в конце 40-х — начале 50-х годов XX века и, как результат, увеличившейся потребностью в пассажиро- и товарообмене между странами Азии и Европы, возникла острая необходимость создания единых правовых и экономических норм для обеспечения пассажирских и грузовых перевозок в международном железнодорожном сообщении.

Университетам путей сообщения было предложено принять участие в работе ОСЖД и объединить усилия в следующих направлениях:

- предложить идеи по развитию, а также совершенствованию международных железнодорожных

ных перевозок. Наиболее важным считается сообщение между Европой и Азией;

- высказать свои соображения по формированию согласованной транспортной политики при осуществлении международных железнодорожных перевозок, выделить направления по разработке стратегии деятельности железнодорожного транспорта и ОСЖД;
- наладить постоянное сотрудничество по решению проблем, связанных с информационными, научно-техническими, экономическими и экологическими аспектами железнодорожного транспорта;
- найти новые аспекты для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта в сравнении с авиатранспортом;
- повысить взаимодействие в области эксплуатации железных дорог с дальнейшим развитием международных железнодорожных перевозок;
- определить сотрудничество с международными организациями, принимающими участие в решении вопросов работы железнодорожного транспорта, включая комбинированные перевозки. **ИТ**

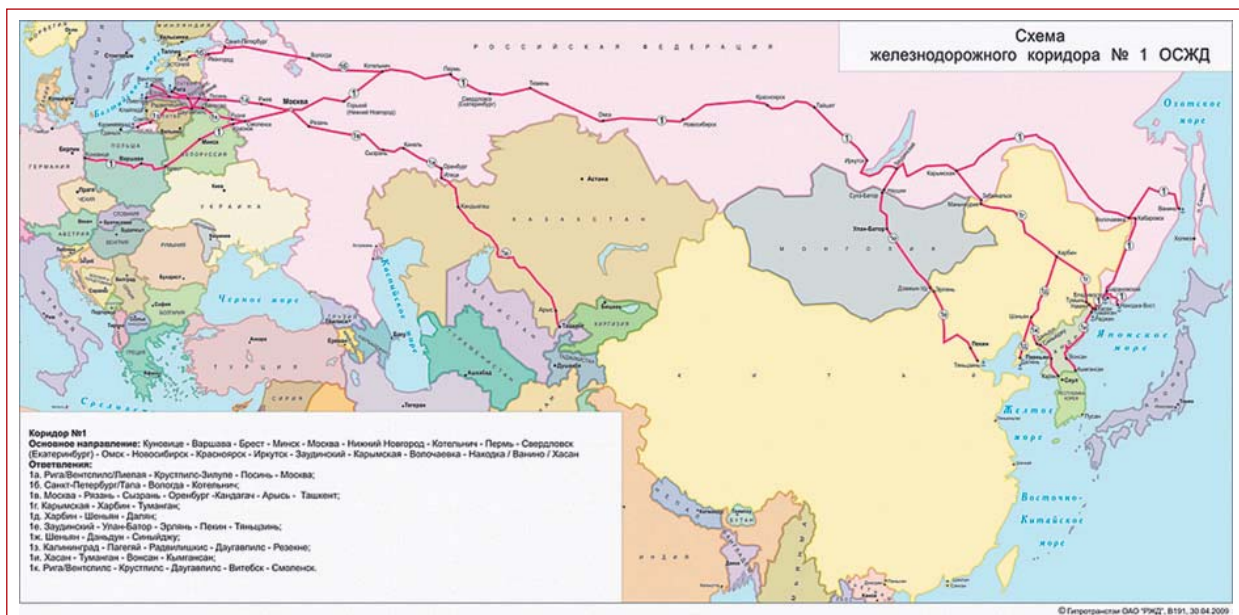


Рис. 3. Коридор ОСЖД № 1



**Алексей  
Анатольевич  
Ковалев**  
Aleksey A.  
Kovalev



**Тимофей  
Сергеевич  
Тарасовский**  
Timofey S.  
Tarasovskiy



**Александр  
Юрьевич  
Чумаченко**  
Aleksandr Y.  
Chumachenko

## Комплексная оценка способов определения поврежденного фидера в сетях 6–35 кВ

### Comprehensive assessment of methods to identify faulty feeder in 6–35 kV networks

#### Аннотация

В статье рассмотрены алгоритмы устройств определения поврежденного фидера. Проанализированы характерные особенности каждого метода: описание, достоинства, недостатки и область применения. Выявлены причины и обоснована необходимость использования нескольких алгоритмов в современных приборах ОПФ. На основе проведенного исследования приводятся описания некоторых устройств.

**Ключевые слова:** релейная защита, замыкание на землю, повреждение питающей линии, электрический ток, напряжение.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-29-33

#### Summary

The algorithms of devices identifying faulty feeder are analyzed in the paper. We analyzed the specific characteristics of each method: description, advantages, disadvantages and scope of application. The reasons have been determined and the need proven for using multiple algorithms in faulty feeder identification devices. On the basis of the study, some devices have been described.

**Keywords:** relay protection, ground fault, supply lines damage, electric current, voltage.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-29-33

#### Авторы Authors

**Алексей Анатольевич Ковалев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Тимофей Сергеевич Тарасовский**, магистрант кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Александр Юрьевич Чумаченко**, заместитель главного инженера ООО ВП «Наука, техника, бизнес в энергетике», Екатеринбург

**Aleksey Anatolievich Kovalev**, PhD in Engineering, Head of Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | **Timofey Sergeevich Tarasovskiy**, MSc student, Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | **Aleksandr Yurievich Chumachenko**, Deputy Chief Engineer, "Science, Technology and Business in the Energy Sector" VP LLC, Ekaterinburg



В настоящее время с появлением современной техники релейной защиты и микропроцессорных устройств началось развитие устройств определения присоединения с однофазным замыканием на землю (ОЗЗ). Однако выбор эффективного решения до сих пор является достаточно сложной задачей.

Выявление поврежденного присоединения проблематично по следующим причинам:

- маленькие токи замыкания (ОЗЗ) в сетях с изолированной нейтралью;
- при применении компенсирующих реакторов токи нулевой последовательности ( $3I_0$ ) очень малы;
- при неметаллическом дуговом замыкании токи  $3I_0$  имеют прерывистый характер;
- зависимость  $3I_0$  от конфигурации сети;
- для некоторых типов защит необходима замена трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП) на специальные.

В настоящее время используют следующие алгоритмы защит ОПФ:

- 1) измерение токов нулевой последовательности;
- 2) измерение составляющей тока и напряжения нулевой последовательности (направленные и ненаправленные защиты);
- 3) «наложение» в контур нулевой последовательности сети (КНПС) тока с частотой, отличной от основной;
- 4) измерение высших гармонических составляющих тока нулевой последовательности;
- 5) измерение составляющих переходного процесса.

На энергообъектах для установления факта наличия ОЗЗ используется неселективная сигнализация по повышению напряжения нулевой последовательности. Причем отсутствует точное определение поврежденного присоединения. Если секция шин с поврежденным присоединением распределительной подстанции питается от вышестоящей подстанции, то сигнализация об ОЗЗ сработает на всех распределительных устройствах 6–10 кВ, подключенных к этой подстанции, включая саму подстанцию. Поиск поврежденного присоединения в таком случае будет происходить методом поочередного отключения каждого фидера всех распределительных устройств. Данная проблема особенно актуальна в компенсированных сетях, точно настроенных в резонанс, так как отыскание фидера с ОЗЗ поочередным отключением вызывает расстройки с перенапряжениями и групповыми отключениями присоединений.

Самый простой метод ОПФ следующий: рассматриваются токи нулевой последовательности всех присоединений, и то присоединение, в котором наблюдается наибольший ток, считается поврежденным. Однако такой способ непригоден для сетей с компенсированной нейтралью и требует сбора всей информации в одном устройстве релейной защиты. Устройства защиты, использующие такой способ, называются ненаправленными.

Необходимую эффективность при использовании ненаправленных токовых защит можно получить в резистивно-заземленных сетях, а также при металлических ОЗЗ в сетях с сопоставимыми емкостными токами присоединений.

Ток срабатывания таких защит приходится отстраивать от емкостного тока сети, поэтому на фидерах с большими емкостными токами такие защиты могут оказаться нечувствительными.

Другой метод ОПФ подразумевает измерение тока и напряжения нулевой последовательности. Это защиты, реагирующие на величину тока нулевой последовательности и направление мощности, и защиты, где измеряется фазовое соотношение между током и напряжением нулевой последовательности. Если напряжение нулевой последовательности отстает от тока нулевой последовательности на угол, близкий к 90 градусам, значит, повреждение произошло в наблюдаемом фидере. Данный метод работает только в сети с изолированной нейтралью.

Главная сложность в проектировании таких защит возникает при выборе уставок и проверке чувствительности. Официально принятой методики проверки уставок не существует, поэтому приходится «уточнять» их в процессе эксплуатации. Если защита работает неправильно, уставки изменяются. Такие действия значительно усложняют эксплуатацию защит и снижают их эффективность.

В настоящее время широкое распространение получили следующие типы направленных реле: реле защиты типа «ЗЕРО» компании «Объединенная энергия», терминал SEPAM S41 от Schneider Electric и др.

Тем не менее возникают существенные сложности при использовании такой защиты на воздушных линиях электропередачи (ЛЭП). При обрыве провода в месте ОЗЗ может возникнуть переходное сопротивление порядка нескольких килоом. Напряжения и токи нулевой последовательности при этом сильно уменьшаются и могут быть сравнимы с токами небаланса. В результате этого защита не сработает. В данном случае применяют комбинацию защит, работающих на различных принципах. Например, использование направленной токовой защиты совместно с защитой, реагирующей на ток обратной последовательности. Такой способ позволяет реагировать на ОЗЗ с не очень большими переходными сопротивлениями, а защита по току обратной последовательности обеспечит отключение линии при обрыве ее провода.

Область применения направленных защит — сети с изолированной и резистивно-заземленной нейтралью.

Использование ненаправленных защит в сети, где установлен дугогасящий реактор, становится неэффективным. В отдельных случаях неплохо зарекомендовал себя метод, основанный на фиксации наложенного тока с частотой, отличной от промышленной.



В качестве источника наложенного тока используется электромагнитный параметрический делитель частоты. К первичной обмотке реактора последовательно подключается выходная обмотка делителя частоты. Защиту воздушных линий обеспечивают полупроводниковые фильтровые реле тока с рабочим диапазоном в области низких частот, подключенные к кабельным ТТП. Полученная информация оцифровывается с помощью АЦП и поступает на центральное устройство.

После фиксации ОЗЗ запускается алгоритм работы системы ОПФ, который выбирает фидер по максимальной величине тока нулевой последовательности. Оценка поврежденного фидера происходит не за один накладываемый импульс, а за серию импульсов, длина которой определяется уставкой. Если в течение всей серии импульсов поврежденным определялся один и тот же фидер, он и считается поврежденным.

Недостатками такого метода являются:

- усложнение схемы подключения из-за необходимости подключения источника «наложенного» тока;
- сложности подключения источника с несколькими ДГР;
- присутствие токов, равных токам инъекции, в обычных шумах, характерных для токов нулевой последовательности, что требует увеличения мощности блока инъекции и снижает эффективность метода.

Метод инъекции в контур нулевой последовательности используется в терминалах ОПФ «Бреслер-0107.081». Комплекс состоит из центрального микропроцессорного устройства и множества (до 255 шт.) микропроцессорных фидерных терминалов, соединенных между собой цифровым каналом связи посредством интерфейса RS-485. Комплекс предназначен для фиксации однофазного замыкания на землю (ОЗЗ), определения поврежденного присоединения и подачи команды на его отключение на станциях, подстанциях и распределительных пунктах напряжением 6–10–35 кВ.

Определение поврежденного фидера происходит посредством четырех алгоритмов:

- по максимальному действующему значению основной гармоники сигнала тока;
- по направлению мощности сигнала тока;
- по сумме высших гармоник сигнала тока;
- по величине инжектируемых гармоник сигнала тока.

Итоговый результат о поврежденности каждого конкретного присоединения формируется на основе обобщенного анализа результатов работы каждого из приведенных алгоритмов. В результате обобщения можно говорить только о сложении результатов каждого метода по «И» или «ИЛИ» — и то, и другое не снижает количество ложных срабатываний. Если разработчик не дает алгоритм выбора того или иного метода при каждом

ОЗЗ в зависимости от его характера, удаленности, типа кабеля и т. д., то наличие многих методов как раз и свидетельствует о недоверии разработчика к применяемым алгоритмам. Чем больше критериев выбора поврежденного присоединения, тем сложнее выбрать правильный.

Особенностью последнего алгоритма ОПФ, реализованного в терминале, является инъекция в КНПС тока определенной формы с заранее известными характеристиками, который не может быть порожден сетью. Выделение такого сигнала на фоне шума ТТП существенно упрощается, а чувствительность устройства резко повышается. Последнее обстоятельство позволяет снизить мощность блока инъекции, но при дуговом замыкании в место повреждения инжектируемый ток протекать не может, и метод не сработает, а как известно, процент дуговых замыканий в сетях с кабелями из бумажно-масляной изоляции составляет порядка 80–90%.

В сетях с ДГР также используется метод измерения высших гармонических составляющих ТНП. Суть метода основывается на измерении уровня высших гармоник в токе нулевой последовательности защищаемого фидера и сравнении его с уставкой. Такая защита получила название абсолютного замера, но в зависимости от удаленности замыкания амплитуда абсолютного замера может меняться на порядок. Также существует токовая защита относительного замера, основанная на сравнении уровней высших гармоник в  $3I_0$  всех защищаемых присоединений. Она работает при условии одновременного замера во всех присоединениях, но на данный момент таких защит нет, все существующие защиты работают на принципе последовательного измерения.

Для сетей 6–10 кВ промышленных предприятий в условиях нестабильности состава и уровня высших гармоник в токе нулевой последовательности токовые устройства абсолютного замера малоэффективны. Такие защиты нашли свое применение в основном на крупных подстанциях и электростанциях с большим числом присоединений. Применение защит относительного замера значительно шире и в основном ограничивается погрешностями ТТП.

Устройства защиты и сигнализации ОЗЗ, основанные на измерении величин переходного процесса, разрабатывались, прежде всего, для решения проблем селективной сигнализации замыкания на землю в сетях с ДГР. Но по принципу действия они могут применяться также в сетях с изолированной нейтралью или с высокоомным заземлением нейтрали через резистор.

Опыт применения таких защит показал, что наибольшую универсальность и эффективность обеспечивают устройства, в которых ОПФ осуществляется с использованием следующих двух способов:

- сравнения в присоединениях защищаемого объекта амплитуд переходных токов;
- определения знака мгновенной мощности нулевой последовательности (НП) в начальной стадии переходного процесса.

Первый способ используется при создании централизованных токовых устройств относительного замера. На основе второго создаются направленные централизованные и автономные устройства защиты от ОЗЗ.

В нашей стране к наиболее известным разработкам направленных импульсных защит от ОЗЗ относятся:

- устройства типа ИЗС и УЗС-01 компании «ЭНИН», относящиеся к автономным направленным волновым защитам;
- направленное устройство сигнализации ОЗЗ (ЦНУСЗ) «Импульс», разработанное и выпускаемое ИГЭУ;
- микроэлектронное автономное устройство направленной защиты типа ПЗЗМ, разработанное компанией «НТБЭ» (Екатеринбург).

В настоящее время на российском рынке появляются новые модификации терминалов защиты: SEPAMS80, система ОПФ производства ООО ВП «НТБЭ», терминал МИРК-5 с системой ОПФ-МИРК.

Структурная схема системы ОПФ-НТБЭ приведена на рис. 1.

Система используется совместно с измерительными трансформаторами напряжения (НТМИ, НАМИ и т. п.) и трансформаторами тока нулевой последовательности (ТЗРЛ, ТЗЛМ и т. п.).

Функцию поиска поврежденного присоединения выполняют 4-канальные микропроцессорные приборы ПЗЗМ-3. Действие прибора основано на фиксации полярностей первых полуволн высокочастотных состав-

ляющих (ВЧС) тока и напряжения нулевой последовательности, возникающих при ОЗЗ (рис. 2).

Система ОПФ сигнализирует о возникновении ОЗЗ звуковым и световым сигналами, на экране панели оператора высвечивается диспетчерское наименование поврежденного фидера. Все события ОЗЗ сохраняются в журнале событий в памяти контроллера панели оператора, а именно: дата и время начала и длительность ОЗЗ, тип ОЗЗ («клевок» — самоустранившееся ОЗЗ за время, меньшее заданной уставки; «ОЗЗ окончившееся» — длительностью больше уставки по времени, «ОЗЗ продолжающееся в настоящее время»), электрические параметры сигналов импульсов тока  $3I_0$  и напряжения  $3U_0$  и время импульса.

Кроме того, все события ОЗЗ сохраняются в журнале событий, который по желанию оператора можно в любой момент просмотреть и использовать информацию для адаптации сети к каждому конкретному случаю.

## Заключение

В результате сравнительного анализа установлено, что каждый алгоритм имеет свою область применения, где возможна его селективная работа, но провести правильный выбор алгоритма, подходящего для каждого случая, даже с помощью микропроцессорной техники — задача очень сложная. По опыту разработки прибора ПЗЗМ, обладающего достаточно высокой

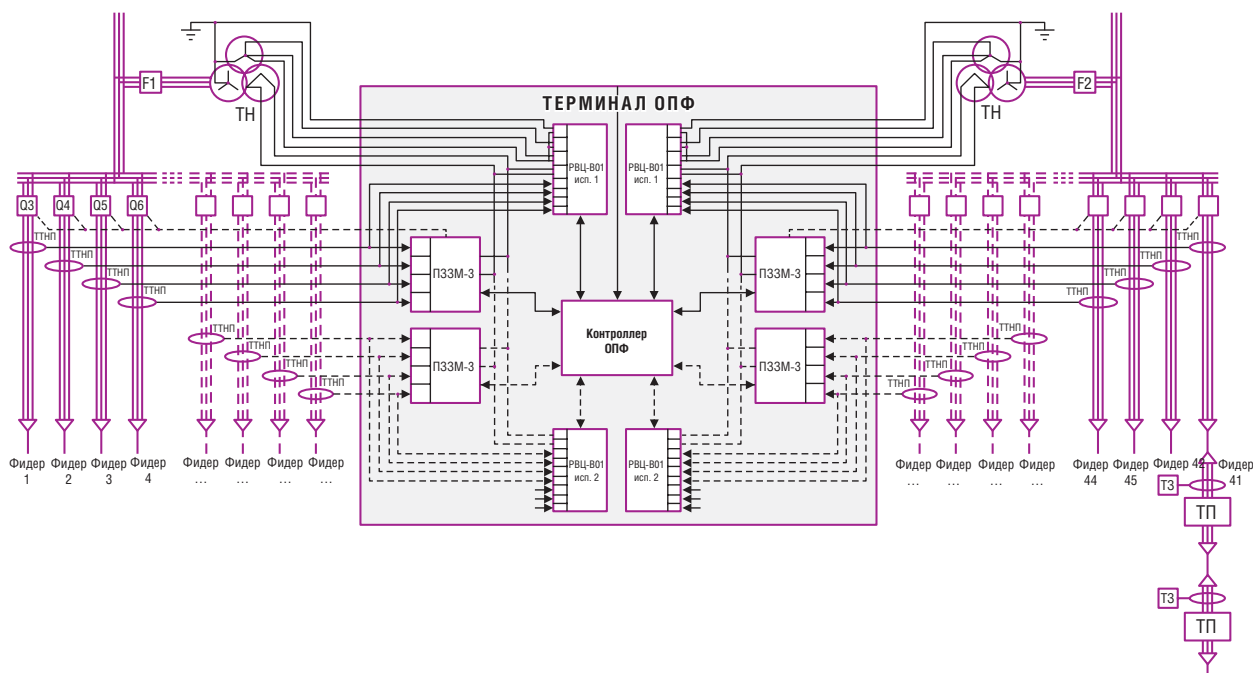


Рис. 1. Структурная схема терминала ОПФ

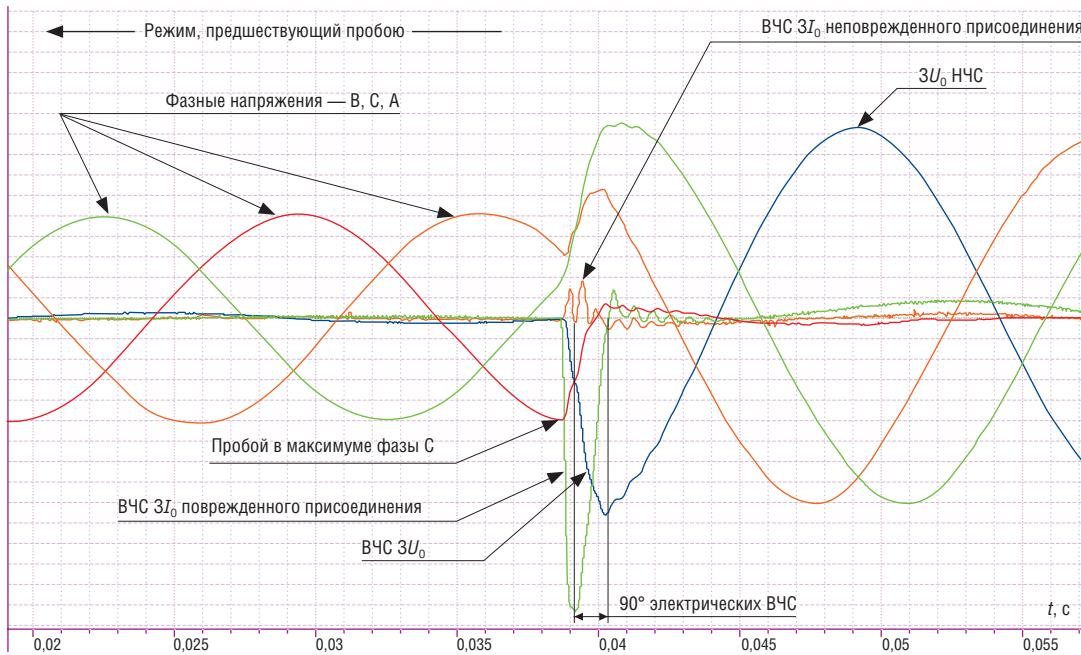


Рис. 2. Пример ВЧ, НЧ составляющих переходного процесса перемежающейся дуги ОЗЗ в поврежденном присоединении

селективностью при ОЗЗ независимо от режима заземления нейтрали и с любым типом сетей, стало ясно, что построить такую защиту на математических моделях и моделях, имитирующих процессы в электрических сетях, в том числе и на высоковольтных, невоз-

можно. Решить эту задачу можно только путем ее обработки на реальных осциллограммах многочисленных ОЗЗ в сложной сети, полученных с зажимов измерительных трансформаторов (ТННП и ТННП), что позволяет и защита. **ИТ**

## Список литературы

1. Борухман В. А. Об эксплуатации селективных защит от замыканий на землю в сетях 6–10 кВ и мероприятиях по их совершенствованию // Энергетик. — 2000. — № 1. — С. 20–27. — ISSN 0013–7278.
2. Вайнштейн Р. А. Защита от замыканий на землю в компенсированных сетях / Р. А. Вайнштейн, С. И. Головкин, В. С. Григорьев и др. // Электрические станции. — 1998. — № 7. — С. 76–80. — ISSN 0201–4564.
3. Шуин В. А. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6–10 кВ / В. А. Шуин, А. В. Гусенков. — М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001.
4. Устройство направленной волновой защиты от замыканий на землю воздушных и кабельных линий 6–35 кВ типа УЗС-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — Казань: Энергосоюз, 1998.
5. Попов И. Н. Импульсная защита электрических сетей от замыканий на землю типа ИЗС / И. Н. Попов, Г. Н. Соколова, В. И. Махнев // Электрические станции. — 1978. — № 4. — ISSN 0201–4564.
6. Система определения поврежденного фидера (ОПФ). Информационный лист на систему ОПФ / ООО ВП «Наука, техника, бизнес в энергетике» (ООО ВП «НТБЭ»). — Екатеринбург, 2016. — URL: <http://www.ntbe-ural.ru/>
7. Прибор сигнализации замыкания на землю ПЗЗМ-3. Информационный лист на ПЗЗМ-3 / ООО ВП «Наука, техника, бизнес в энергетике» (ООО ВП «НТБЭ»). — Екатеринбург, 2016. — URL: <http://www.ntbe-ural.ru/>



Анатолий Александрович  
Пышкин

Anatoliy A. Pyshkin

## О возможности пропуска поездов повышенной массы и длины на действующих железных дорогах

### Possibilities for operation of trains with increased weight and length on existing railways

#### Аннотация

Для пропуска поездов повышенной массы и длины (ППМД) необходима совместная работа всех структур железнодорожного транспорта, в особенности — решение проблем в области усиления системы электроснабжения на действующих электрифицированных железных дорогах.

**Ключевые слова:** тяжеловесные поезда, путевое хозяйство, тяговая нагрузка, электровоз, электрификация.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-34-36

#### Summary

Operation of trains with increased weight and length requires joint efforts of all the railway transport structures; in particular, the problems associated with the need to enhance capacity of power supply system at existing electrified railways need to be addressed.

**Keywords:** heavy trains, track facilities, traction load, electric locomotive, electrification.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-34-36

#### Авторы Authors

*Анатолий Александрович Пышкин, канд. техн. наук, профессор кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Anatoliy Aleksandrovich Pyshkin, PhD in Engineering, Professor, Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg*



Для обеспечения нормального функционирования экономики страны необходима надежная работа железнодорожного транспорта, реагирующего на принципиальные изменения в организации перевозочного процесса. В настоящее время на некоторых направлениях (Кузбасс — Находка, Кузбасс — Северо-Запад, Кузбасс — Новороссийск) наблюдается интенсивное увеличение числа поездов, находящихся в обращении. Приближение к полному использованию пропускной способности приводит в ряде случаев к значительным сбоям в работе транспортного конвейера, материальным и социальным потерям. В связи с этим на ряде железных дорог начали формировать поезда повышенной массы и длины (ППМД), что приводит к уменьшению общего числа поездов. Реализация пропуска ППМД требует развития инфраструктуры, усиления тяговых средств, обеспечения безопасности движения ППМД на действующих участках железных дорог страны.

Рассмотрим проблемы, возникающие при пропуске ППМД в службах железных дорог, непосредственно отвечающих за организацию обращения таких поездов. Одним из основных параметров, определяющих максимально возможную массу и длину грузовых поездов, является длина станционных путей. При длине станционных путей 1050 м на них могут быть размещены составы длиной 71 условный вагон, и масса поезда может достигать 6 тыс. т. Если длина станционных путей составляет 850 м, то на них размещается 57 условных вагонов с максимальной массой 4,8 тыс. т. При увеличении числа вагонов, например до 100, увеличивается потребность в локомотивах и вагонах, ухудшаются основные эксплуатационные показатели. Последнее объясняется необходимостью безостановочного пропуска ППМД, и значит, увеличением простоев поездов нормальной длины на промежуточных станциях вместе с локомотивными бригадами. Увеличить массу можно за счет повышения нагрузки на ось и перехода на новые габариты подвижного состава, разработанные ВНИИЖТ совместно с Гипротрансэи. Так, увеличение нагрузки на ось с 21 до 25 т/ось позволяет повысить массу поезда на 20 %, т. е. при 71 условном вагоне она составит 7200 т.

Для осуществления движения ППМД необходима соответствующая подготовка инфраструктуры путевого хозяйства. Проводимые в последние годы мероприятия по переходу на новую систему ведения путевого хозяйства, основанную на применении путевой техники нового поколения при ремонтах и содержании пути, использовании новых технологий по усилению верхнего строения пути, шлифовке рельсов в пути, позволяют сделать вывод, что пропуск ППМД будет обеспечен без возникновения серьезных негативных последствий. Стабильность ширины колеи, особенно на участках с кривыми радиусом менее 450 м, а также предотвращение утопа пути могут быть осуществлены только укладкой

железобетонного подрельсового основания на участках обращения ППМД.

Увеличение тяговой нагрузки на межподстанционных зонах имеет место в связи с внедрением более мощного электроподвижного состава для организации движения ППМД. В последние годы на электрифицированные участки поступают новые мощные грузовые и пассажирские электровозы постоянного и переменного тока. В частности, появились 8-осные грузовые электровозы постоянного тока 2ЭС4К — «Дончак», 2ЭС6 — «Синара», 2ЭС10 — «Гранит» с длительной мощностью 5920, 6000 и 7600 кВт соответственно, а также грузовой электровоз переменного тока 2ЭС5К — «Ермак» с длительной мощностью 6120 кВт. Следует отметить пассажирские электровозы постоянного тока ЭП-1М и ЭП-2К с длительной мощностью 4400 кВт и двухсистемный пассажирский электровоз ЭП-20 (на 3 кВ постоянного тока 25 кВ переменного тока) с длительной мощностью 6600 кВт. Эксплуатация таких электровозов на пределе использования силы тяги по сцеплению на тяжелых элементах профиля пути ведет к возрастанию расхода песка, используемого для стабилизации сцепления, удельного проката бандажей колесных пар, количества поврежденных тяговых двигателей. Как показывают исследования, проведенные ВНИИЖТ, увеличение массы ППМД на 3 % с 5600 т до 5800 т приводит к увеличению затрат на содержание на 20 %, а увеличение массы на 6 % до 6000 т приводит к увеличению затрат до 50 % [1]. С другой стороны, при количестве суточных ППМД массой 6000 т, равном тридцати, переход на норму 5800 т приведет к увеличению суточного поездопотока на один поезд и уменьшению эффекта на 3,3 %.

На электрифицированных участках проблема усиления систем электроснабжения возникает, когда из-за возрастающей тяговой нагрузки на зонах питания, особенно связанных с пропуском ППМД, показатели работы системы не соответствуют установленным нормативам. К таким показателям, как правило, относят:

1. Средний уровень напряжения на токоприемнике электроподвижного состава за время хода 3 мин (по наиболее тяжелому, с точки зрения уровня напряжения на токоприемнике, отрезку пути межподстанционной зоны), который должен быть не менее 21 кВ на участках переменного тока и 2,7 кВ на участках постоянного тока.

2. Максимальные эффективные токи фидеров тяговых подстанций за интервалы времени 20,3 и 1 мин, которые не должны превышать допустимых по нагреву токов для существующего на участке типа контактной подвески [2].

3. Максимальные рабочие токи фидеров тяговых подстанций и постов секционирования и минимальные напряжения в тяговой сети, которые не должны нарушать условие, по которому были выбраны действующие уставки защит от токов короткого замыкания, используемые на фидерах.

4. Перегрузки выпрямительных агрегатов на тяговых подстанциях постоянного тока, которые не должны превышать допустимых, и температуры наиболее нагретой точки обмотки и верхних слоев масла трансформатора [1].

Увеличение тяговой нагрузки на зонах питания может иметь место из-за увеличения суточных размеров движения в связи с возрастанием грузопотока, внедрением более мощного электроподвижного состава, появлением на участках тяжеловесных поездов. Для реализации пропуска ППМД на лимитирующих межподстанционных зонах необходима реконструкция контактной сети с подвеской дополнительных усиливающих проводов, заменой несущего троса, контактного провода на большее сечение и заменой опор, также требуется усиление мощности подстанции в зависимости от установленной массы ППМД. На начальном этапе необходима замена дроссель-трансформаторов на больший ток, установка дополнительных соединителей рельсовых цепей большего сечения из антивандального провода, дублирование фидеров обратно-

го тока. Усиление системы электроснабжения может быть достигнуто за счет использования одноагрегатного тягового блока, а также средств автоматического регулирования напряжения на тяговых подстанциях и непосредственно в тяговой сети [2]. С целью недопустимости превышения максимальных эффективных токов фидеров эффективно применение принудительного перераспределения нагрузки параллельно работающих тяговых подстанций [2]. На основе имитационной модели работы системы электроснабжения были получены зависимости напряжения на токоприемнике ППМД от их суточного числа, а также зависимости возможного суточного числа ППМД от их массы при определенном уровне напряжения на токоприемнике электровоза [1]. По результатам совместного заседания секций НТС «Автоматика и телемеханика», «Электрификация и электроснабжение» ОАО «РЖД» было рекомендовано считать пропуск ППМД массой 6000 т и 71 условный вагон наиболее приемлемым с точки зрения технико-экономической эффективности. **ИТ**

### Список литературы

1. Тер-Оганов Э. В., Пышкин А. А. Электроснабжение железных дорог. — Екатеринбург : УрГУПС, 2014. — 431 с.
2. Аржанников Б. А. Тяговое электроснабжение постоянного тока скоростного и тяжеловесного движения поездов. — Екатеринбург : УрГУПС, 2012. — 207 с.



**Борис Викторович  
Рожкин**

**Boris V. Rozhkin**

## Оценка влияния реконструкции на параметры надежности обратной тяговой сети

### Assessment of the impact of reconstruction on reliability parameters of reverse traction network

#### Аннотация

Движение поездов повышенной массы увеличивает нагрузку на элементы инфраструктуры железных дорог, что приводит к росту числа отказов. Работы, направленные на усиление нагрузочной способности, призваны снизить количество таких отказов. При этом критерия, способного оценить эффект проводимых работ через изменение параметров надежности, на текущий момент не существует. В данной статье предлагается критерий, позволяющий оценить эффективность работ по усилению обратной тяговой сети участка на этапе разработки проекта на данные работы, т. е. до начала самих работ.

**Ключевые слова:** обратная тяговая сеть, интенсивность отказов, надежность, тяжеловесное движение.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-37-42

#### Summary

Operation of heavy trains increases the load on railway infrastructure components, which leads to increase in failure rate. Measures aimed at enhancing load capacity are intended to reduce the number of such failures. With that, there is currently no criterion to assess the effect of such measures which would be based on a change in reliability parameters. In this paper a criterion is proposed to evaluate the effectiveness of measures to improve reverse traction network capacity of a section during the design stage, i.e. prior to commencement of the work.

**Keywords:** reverse traction network, failure rate, reliability, heavy traffic.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-37-42

#### Авторы Authors

*Борис Викторович Рожкин, старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: boris\_r\_v@mail.ru*

*Boris Viktorovich Rozhkin, Senior Lecturer, Railway Automation, Telemechanics and Communication Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: boris\_r\_v@mail.ru*

В стратегии научно-технического развития ОАО «РЖД» определены ориентиры инновационного развития компании. Одним из таких ориентиров являются требования к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонтпригодности и безопасности [1]. Предусматривается повышение коэффициента эксплуатационной готовности до 0,98, снижение трудоемкости текущего и среднего ремонтов до 50%, увеличение межремонтных пробегов в 2–3 раза, пробега между техническими обслуживаниями в 3–10 раз [2].

В результате многолетнего недофинансирования износ основных фондов постоянно увеличивался, и к настоящему времени износ критических элементов инфраструктуры достиг 70% [3]. Значительный рост цен на материалы приводит к увеличению себестоимости ремонтов и при сохранении величины годового финансирования, объемы ремонтных работ сокращаются. При этом движение поездов повышенного веса и длины по участкам железных дорог вызывает ускорение процесса износа оборудования и, как следствие, увеличение числа отказов. Традиционным решением данной проблемы является реконструкция обратной тяговой сети путем усиления ее элементов. Производится замена узлов на аналоги с большей нагрузочной способностью, что приводит к существенному увеличению затрат.

В настоящее время не разработан критерий количественной оценки достигаемого эффекта при данных вложениях. Такая оценка позволит сформировать технико-экономическое обоснование необходимости реконструкции и организовать очередность ее проведения.

Критериями оценки эксплуатационных свойств по методике управления рисками на основе анализа надежности [4] являются следующие параметры:

- вероятность безотказной работы за временной интервал;
- вероятность отказа за временной интервал;
- средняя наработка до отказа;
- интенсивность отказов.

Приведенные параметры связаны законом распределения времени безотказной работы. При установленном режиме работы оборудования отказы распределяются по экспоненциальному закону [5]. Экспоненциальное распределение — это однопараметрическое распределение с постоянной интенсивностью отказов, поэтому за оценку эффективности модернизации обратной тяговой сети справедливо взять отношение интенсивностей отказов до и после проведения работ:

$$\theta = \frac{\lambda_{\text{дореконструкции}}}{\lambda_{\text{после реконструкции}}}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  — интенсивность отказов элементов обратной тяговой сети.

В рекомендациях по расчету надежности в рамках методологии УРРАН [4] рассчитывается апостериор-

ная интенсивность отказов, т. е. по факту происшедшего отказа. Но целью проведения ремонтных работ является снижение количества отказов, и в идеале отказов вообще не должно быть. Поэтому использование методики расчета интенсивности отказов, предложенной в УРРАН, не позволяет решить указанную ранее проблему.

Альтернативный вариант численной оценки интенсивности отказов основывается на учете текущих условий эксплуатации. Суть подхода в том, что для учета эксплуатационных условий используется поправочный коэффициент, учитывающий отличие реальных условий эксплуатации от лабораторных, в которых получено значение номинальной интенсивности отказов [5] (формула (2)).

$$\lambda_{\text{эксплуатации}} = \alpha * \lambda_{\text{номинальная}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — поправочный коэффициент.

В общем случае поправочный коэффициент представляет собой функцию многих переменных, но в рамках расчета параметров надежности рассматриваются [5] значение температуры узла и нагрузка на данный узел в эксплуатационном режиме [5, 6] (формула (3)).

$$\alpha = f(T, K), \quad (3)$$

где  $T$  — значение температуры узла;  $K$  — коэффициент нагрузки узла.

Нагрузка узла рассчитывается по формуле (4):

$$K = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{н}}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{э}}$  — нагрузка узла в условиях эксплуатации;  $P_{\text{н}}$  — номинальная нагрузка узла из конструкторской документации.

В справочниках по надежности [5] приводятся параметры номинальной интенсивности отказов для различных типов аппаратуры и таблицы поправочных коэффициентов. Самым технологичным элементом обратной тяговой сети является дроссель-трансформатор, поэтому приведем значения его поправочного коэффициента (табл. 1).

Экспоненциальный характер роста нагрузочного коэффициента [6] определяет нелинейное увеличение интенсивности отказов при линейном росте нагрузки и/или температуры (рис. 1).

Таким образом, для прогнозирования параметров надежности узла при увеличении нагрузки необходимо знать, как сейчас нагружен узел и есть ли резерв. Данный факт еще раз доказывает необходимость анализа текущих режимов работы для процесса управления надежностью.



Таблица 1

Поправочные коэффициенты  $\alpha = f(T, K)$  для трансформаторов

Температура	Коэффициент нагрузки						
	$K_n = 0,4$	$K_n = 0,5$	$K_n = 0,6$	$K_n = 0,7$	$K_n = 0,8$	$K_n = 0,9$	$K_n = 1,0$
20	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,8	1,0
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,3
30	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,4	1,6
35	0,1	0,2	0,4	0,9	1,3	1,9	2,5
40	0,2	0,2	0,5	1,2	1,8	2,4	3,0
45	0,2	0,3	0,6	1,4	2,3	3,2	4,2
50	0,2	0,3	0,8	1,8	2,8	4,0	5,2
55	0,2	0,3	1,0	2,2	3,5	5,2	6,9
60	0,3	0,4	1,2	2,5	4,1	6,4	8,6
65	0,3	0,5	1,6	3,4	5,7	8,5	11,5
70	0,4	0,6	2,0	4,2	7,2	10,7	14,0

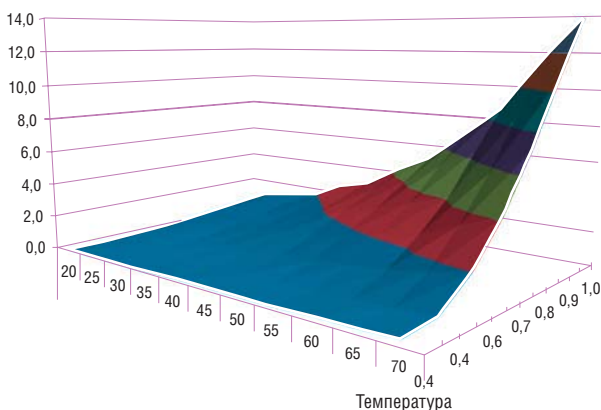


Рис. 1. График поправочного коэффициента трансформатора

Нагрузкой для узлов обратной тяговой сети является ток, протекающий по ее элементам. Источником тока в обратной тяговой сети являются электровозы, перемещающиеся по участку, при этом характер потребления тока электровозом неравномерен (рис. 2), поэтому значение нагрузочного коэффициента на каждом этапе будет разное. Применение принципа суперпозиции позволяет определить итоговое значение коэффициента как сумму средневзвешенных нагрузочных коэффициентов на каждом этапе. Весом служит отношение времени, в течение которого была приложена определенная нагрузка, к общему времени наблюдений.

С учетом вышесказанного интенсивность отказа любого узла обратной тяговой сети может быть рассчитана как произведение номинальной интенсивности и средневзвешенного поправочного коэффициента:

$$\lambda_{\text{итоговая}} = \lambda_{\text{номинальная}} \cdot A, \quad (5)$$

где  $\lambda$  — интенсивность отказа узла ОТС;  $A$  — поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

Средневзвешенный поправочный коэффициент определяется на основании формулы:

$$A = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \alpha_i, \quad (6)$$

где  $\omega_i$  — весовой коэффициент  $i$ -й интенсивности отказов;  $\alpha_i$  — поправочный коэффициент для интенсивности на  $i$ -м участке;  $n$  — количество участков с различным потреблением тока.

Весовые коэффициенты определяются как:

$$\omega_i = \frac{\Delta t_i}{\Delta t_s}, \quad (7)$$

где  $\Delta t_i$  — время приложения  $i$ -й нагрузки;  $\Delta t_s$  — общее время наблюдения.

Для иллюстрации применения предложенной методики определим эффект от реконструкции обратной тяговой сети участка при движении по нему поезда массой 8000 т. Эффект от реконструкции будет выражен коэффициентом снижения риска возникновения отказа на данном участке, который линейно зависит от интенсивности отказов аппаратуры [4]. Исходными данными для расчета являются:

- значения тока в обратной тяговой сети при проходе поезда;
- номенклатура оборудования обратной тяговой сети.

Примем, что производится замена типа дроссель-трансформатора ДТ-0,2-1000 на ДТ-0,2-1500. Определение тока в обратной тяговой сети затруднено в силу неопределенности параметров растекания тока и нагрузки тяговых подстанций током данного локомотива. Поэтому примем, что схема питания данного локомотива консольная и растекания тока нет (промерзший балласт). Тогда значения токов в обратной тяговой сети получим, проведя тяговые расчеты в программном обеспечении «Кортес» (рис. 2). Нагрузочный коэффициент также зависит и от температуры, но для данного примера принимаем температуру, равную 50 °С, и пренебрегаем нагревом элементов.

Как видно из графика тока, приведенного на рис. 2, ток электровоза, а следовательно, и ток в обратной тяговой сети, представляет собой ломаную линию с участками нулевого и ненулевого потребления. Поэтому для определения нагрузки на тяговую сеть разобьем график тока на этапы с нулевым и ненулевым потреблением. Определим значения тока и длительность каждого этапа и общее время движения поезда по данному участку. Далее, зная ток нагрузки и номинальное значение тока дроссель-трансформатора, определим коэффициент на-

грузки по формуле (4). По табл. 2 определим поправочный коэффициент каждого этапа (коэффициент нагрузки и температура нам известны), а итоговый поправочный коэффициент для данного типа дроссель-трансформатора рассчитаем по формуле (6). Табл. 2 была получена путем экспоненциальной экстраполяции данных из табл. 1, справедливость данной экстраполяции показана в [6].

Данные, полученные в результате расчетов, приведены в табл. 3. Проход поезда массой 8000 т по рассматриваемому участку при наличии на нем ДТ-0,2-1000 увеличит номинальную интенсивность в 1750,1 раза. А после замены дроссель-трансформаторов на ДТ-0,2-1500 номинальная интенсивность отказов возрастет в 22,27 раза.

Так как рассматриваемые дроссель-трансформаторы выполняются по одинаковым технологическим решениям из идентичных материалов, то номинальные интенсивности отказов у них будут равны [5, 6]. Поэтому формулу (1) можно упростить:

$$\theta = \frac{\alpha_{\text{до реконструкции}} \cdot \lambda_{\text{ДТ номинальная}}}{\alpha_{\text{после реконструкции}} \cdot \lambda_{\text{ДТ номинальная}}} = \frac{\alpha_{\text{до реконструкции}}}{\alpha_{\text{после реконструкции}}} \quad (8)$$

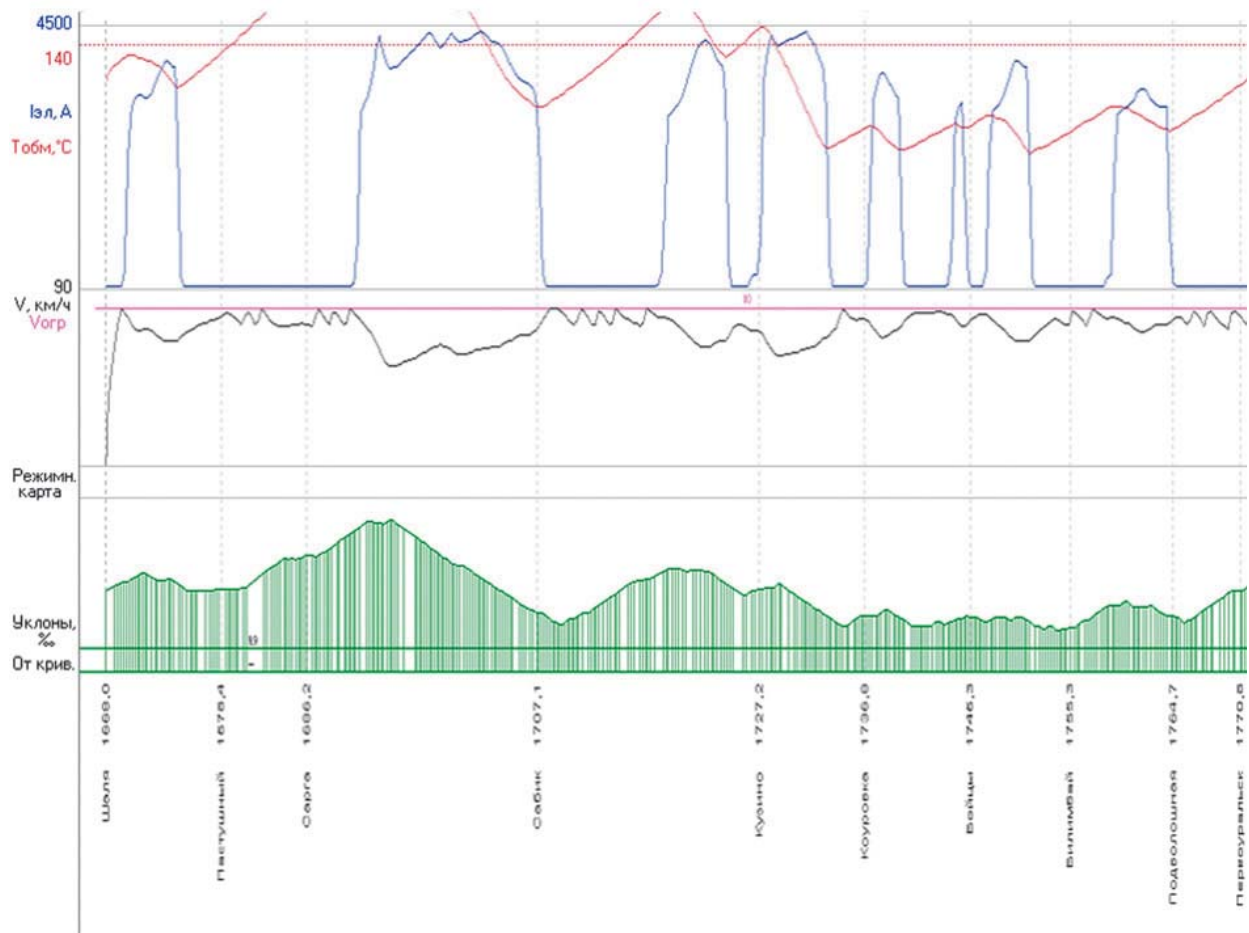


Рис. 2. Моделирование движения состава 8000 т по участку со сложным профилем (ПО «Кортес»)

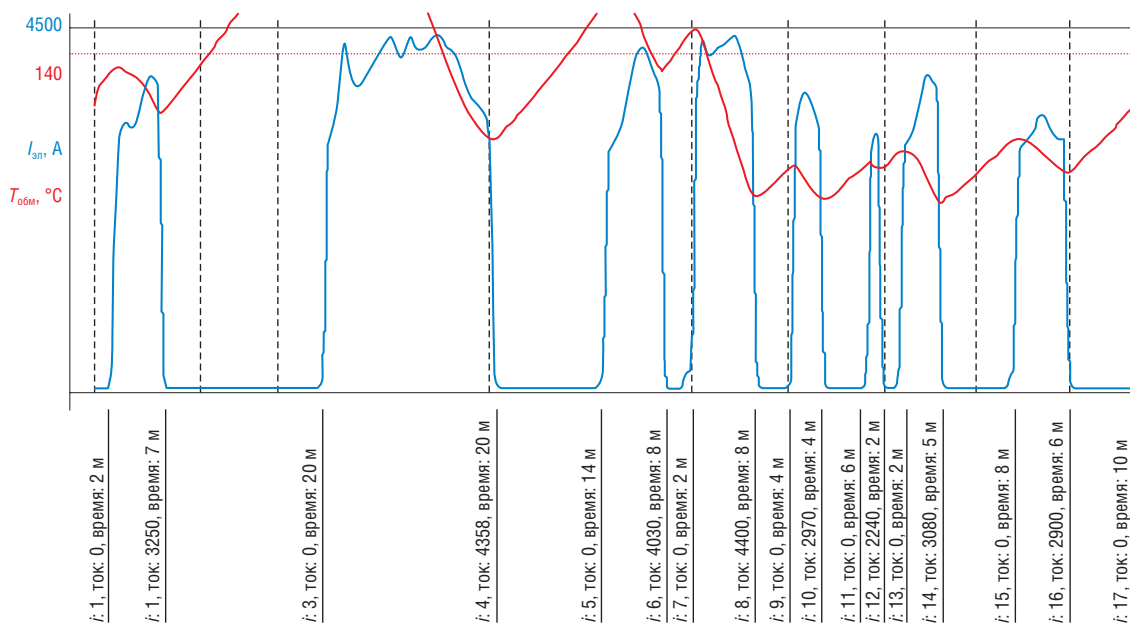


Рис. 3. Анализ режима работы ОТС при движении поезда массой 8000 т

Таблица 2

## Поправочный коэффициент с коэффициентом нагрузки более 1,0

$K_H$	Температура (°С)										
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
0,6	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
0,7	0,3	0,5	0,6	0,9	1,2	1,4	1,8	2,2	2,5	3,4	4,2
0,8	0,6	0,8	1,0	1,3	1,8	2,3	2,8	3,5	4,1	5,7	7,2
0,9	0,8	1,2	1,4	1,9	2,4	3,2	4,0	5,2	6,4	8,5	10,7
1,0	1,0	1,3	1,6	2,5	3,0	4,2	5,2	6,9	8,6	11,5	14,0
1,1	1,8	2,6	3,4	5,7	6,6	9,4	12,8	18,4	20,8	30,8	37,6
1,2	2,7	4,0	5,5	9,9	11,0	16,1	22,8	34,5	37,9	58,3	70,8
1,3	4,2	6,2	8,9	17,1	18,4	27,7	40,6	64,6	69,2	110,5	133,3
1,4	6,5	9,6	14,4	29,7	30,8	47,8	72,4	121,1	126,3	209,2	250,9
1,5	10,1	14,9	23,2	51,3	51,4	82,2	129,2	226,8	230,4	396,1	472,3
1,6	15,6	23,2	37,4	88,7	85,9	141,6	230,5	425,0	420,5	750,0	888,9
1,7	24,0	35,9	60,5	153,4	143,6	243,7	411,3	796,3	767,3	1420	1673
1,8	37,1	55,6	97,6	265,3	240,0	419,6	733,7	1492,1	1400	2688	3149
1,9	57,3	86,1	157,6	458,8	401,0	722,4	1308,9	2795,6	2555	5091	5928
2,0	88,5	133,4	254,4	793,5	670,0	1243,7	2335,0	5238,0	4662	9640	11157
2,1	136,7	206,7	410,8	1372,2	1119,5	2141,2	4165,6	9814,3	8507	18254	21004
2,2	211,1	320,3	663,3	2373,2	1870,6	3686,3	7431,4	18388	15524	34564	39529
2,3	326,0	496,2	1070,9	4104,2	3125,6	6346,5	13257	34453	28329	65446	74405
2,4	503,4	768,8	1729,0	7097,8	5222,8	10926	23650	64554	51695	123922	140049
2,5	777,3	1191,2	2791,6	12275,0	8727,0	18810	42192	120952	94333	234646	263607

Определение средневзвешенного поправочного коэффициента для разных типов аппаратуры

Этап	$\Omega_{\text{весовой}}$	$k_{\text{ДТ-1000}}$	$\alpha_{\text{ДТ-1000}}$	$A_{\text{ДТ-1000}}$	$k_{\text{ДТ-1500}}$	$\alpha_{\text{ДТ-1500}}$	$A_{\text{ДТ-1500}}$
1	0,015625	0	0	0	0	0	0
2	0,054688	1,625	230	12,578	1,083	5,20	0,28
3	0,15625	0	0	0	0	0	0
4	0,15625	2,179	7110	1110,9	1,453	72,40	11,31
5	0,109375	0	0	0	0	0	0
6	0,0625	2,015	2335	145,94	1,343	40,60	2,54
7	0,015625	0	0	0	0	0	0
8	0,0625	2,2	7431	464,44	1,467	120	7,50
9	0,03125	0	0	0	0	0	0
10	0,03125	1,485	129	4,0313	0,99	5,20	0,16
11	0,046875	0	0	0	0	0	0
12	0,015625	1,12	12,8	0,2	0,747	1,80	0,03
13	0,015625	0	0	0	0	0	0
14	0,039063	1,54	189	7,3828	1,027	5,20	0,20
15	0,0625	0	0	0	0	0	0
16	0,046875	1,45	98	4,5938	0,967	5,20	0,24
17	0,078125	0	0	0	0	0	0
Итого:				1750,1			22,27

По формуле (8) определим уровень снижения интенсивности отказов после реконструкции обратной тяговой сети:

$$\theta = \frac{1750,1}{22,27} = 78,58.$$

Данные расчеты показывают, что при замене всех дроссель-трансформаторов на ДТ-0,2-1500 интенсивность отказов сократится в 78,58 раза. Конечно, само по себе это число малоинформативное, необходим критерий приведения данного числа к руководящему указанию: проводим реконструкцию или нет. Но это тема отдельного исследования.

В разобранный пример были сделаны серьезные допущения, необходимые для получения исходных данных для расчета. В реальных же условиях это серьезно зависит значение коэффициента эффективности. Уточнить его можно, используя данные, полученные с «поля» при движении поездов. Необходимо провести прямые измерения тока в дроссель-трансформаторах участка в условиях эксплуатации. На текущий момент существует прототип устройства, позволяющий проводить такие измерения [7]. Прибор измеряет значения и параметры асимметрии обратного тягового тока в дроссель-трансформаторе в автономном режиме при движении поездов. **ИТ**

Список литературы

1. Белая книга ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. — URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=4038](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=4038) (дата обращения 12.12.20125)
2. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (ред. 1.1) : утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. — М., 2010. — 132 с. — URL: <http://oac.rgotups.ru/misc/files/39.4.3.pdf>
3. Методика оценки эффективности продления срока службы основных средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРПАН : утв. старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем. — М., 2012. — 57 с.
4. СТО РЖД 02.037-2011. Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРПАН). Управление стоимостью жизненного цикла систем, устройств и оборудования хозяйств ОАО «РЖД». — М., 2012. — 35 с. — URL: <http://scbist.com/scb/uploaded/raspor-rzd/1974-sto-rzhd-02-037-2011-ot-22-marta-2012-g-n-560r2.htm>
5. Половко А. М., Маликова И. М. Сборник задач по теории надежности. — М. : «Советское радио», 1972. — 408 с.
6. Малафеев С. И., Копейкин А. И. Надежность технических систем. Примеры и задачи. — СПб. : Лань, 2012. — 314 с.
7. Рожкин Б. В. Измеритель значений тягового тока и его асимметрии в обратной тяговой сети // Инновационный транспорт. — Екатеринбург : УрГУПС, 2013. — № 4 (10). — С. 59–64. — ISSN 2311-164X.





**Владимир Сергеевич  
Тарасян**

Vladimir S. Tarasyan



**Илья Сергеевич  
Мезенцев**

Ilya S. Mezentsev

## Применение нечеткой логики для управления дорожным движением на перекрестке с большим числом транспортных потоков

### Using fuzzy logic for traffic control at an intersection with multiple traffic flows

#### Аннотация

Авторами предлагается алгоритм формализации описания движения транспортных средств на регулируемом перекрестке с большим числом транспортных потоков, разработанный с целью моделирования работы интеллектуальной системы управления дорожным движением на перекрестке произвольной конфигурации с применением методов искусственного интеллекта при помощи инструментария программного пакета Matlab.

**Ключевые слова:** управление дорожным движением, светофорная сигнализация, нечеткая логика.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-43-45

#### Summary

The authors propose an algorithm to formalize description of traffic flow at a regulated intersection with multiple traffic flows and fuzzy logic tools, developed to simulate operation of a smart traffic control system at an intersection of arbitrary configuration using artificial intelligence techniques employing Matlab software package.

**Keywords:** traffic control, traffic light signals, fuzzy logic.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-43-45

#### Авторы Authors

*Владимир Сергеевич Тарасян, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Илья Сергеевич Мезенцев, аспирант кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ilya\_mezentsev@inbox.ru*

*Vladimir Sergeevich Tarasyan, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Mechatronics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Ilya Sergeevich Mezentsev, PhD student, Mechatronics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: ilya\_mezentsev@inbox.ru*

Современные автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУ ДД) часто используют принципы адаптивного управления для повышения эффективности распределения транспортных потоков и трафик-менеджмента. Для этой цели применяются различные аппаратные средства, в частности, детекторы транспорта — для получения обратной связи по параметрам транспортных потоков.

Однако распространенные в настоящее время детекторы транспорта, такие как индуктивные петли, инфракрасные, радарные, акустические и видеодетекторы, имеют высокую погрешность измерения — до 10–15%, которая также повышается при ухудшении погодных условий и сильно зависит от скорости и плотности транспортных потоков [1].

Кроме того, низкая культура вождения вносит еще большую неточность в результаты измерений.

В связи с этим авторами предлагается использование нечеткой логики для повышения эффективности работы адаптивной системы управления дорожным движением.

Детекторы транспорта различных производителей имеют разный функционал. Только часть из них способна выполнять расчет скорости и плотности транспортных потоков. При этом все используемые в настоящее время детекторы способны выполнять подсчет числа транспортных средств [1]. В связи с этим ставится задача управления количеством автомобилей без учета скорости их движения.

Объект управления — регулируемый перекресток произвольной конфигурации, для которого известны пропускные способности и интенсивности транспортных потоков, а также задана схема организации дорожного движения (СОДД) — количество и порядок чередования фаз светофорного цикла [2].

Допустим, имеется регулируемое пересечение двух улиц с высокой интенсивностью движения по каждой. Предположим, что светофорный цикл состоит из четырех фаз. Предположительная СОДД перекрестка представлена на рис. 1.

Опишем именуемую СОДД посредством матрицы размерностью  $m \times n$ , где  $n$  — задаваемое количество фаз светофорного цикла, а  $m$  — количество независимых транспортных потоков, движущихся через перекресток. Нумерация транспортных потоков ведется по часовой стрелке, начиная с потока «север — поворот направо». В общем виде матрица имеет вид:

$$K = \begin{pmatrix} NR_1 & ND_1 & NL_1 & ER_1 & ED_1 & EL_1 & SR_1 & SD_1 & SL_1 & WR_1 & WD_1 & WL_1 \\ NR_2 & ND_2 & NL_2 & ER_2 & ED_2 & EL_2 & SR_2 & SD_2 & SL_2 & WR_2 & WD_2 & WL_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ NR_n & ND_n & NL_n & ER_n & ED_n & EL_n & SR_n & SD_n & SL_n & WR_n & WD_n & WL_n \end{pmatrix}$$

Значения ячеек матрицы определяют, какие из транспортных потоков движутся в каждой из фаз. Ячейкам, соответствующим движущимся потокам, присваиваются

единицы, ожидающим проезда — нули. Например, при выбранной схеме организации движения, представленной на рис. 1, данная матрица будет иметь вид:

$$K = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

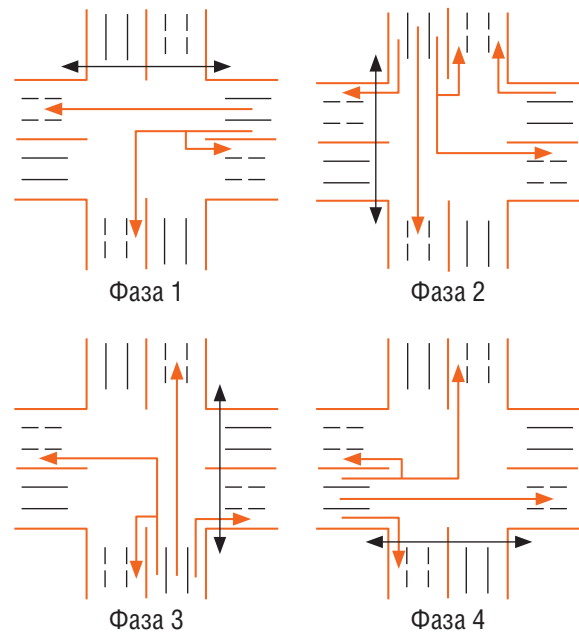


Рис. 1. Схема организации движения на перекрестке

В каждый момент времени для объекта управления известно количество транспортных средств, находящихся перед стоп-линиями,  $k_i^j$ , где  $i \in [1, m]$  — номер независимого транспортного потока,  $j \in [1, n]$  — номер фазы светофорного регулирования.

В качестве управляющего устройства предлагается построение нечеткого регулятора — системы нечеткого вывода, выполняющей расчет выходных переменных по имеющимся данным о текущих значениях входных, основываясь на правилах нечетких продукций. Таким образом, для построения нечеткого регулятора требуется представить входные и выходные параметры процесса управления в форме лингвистических переменных, а также задать базу правил.

В качестве входных переменных процесса управления светофорной сигнализацией на регулируемом перекрестке предлагается использовать число транспортных средств, ожидающих проезда перед стоп-линиями. При этом количество входных переменных определяется количеством фаз светофорного цикла. Для рассматриваемого объекта управления с четырьмя фазами светофорного цикла нечеткий регулятор будет иметь четыре входных переменных.

Для задания каждой из входных переменных  $N_j$ ,  $j \in [1, n]$ , в начале каждой фазы светофорного цикла будем использовать суммарное количество транспортных средств перед стоп-линиями, движущихся в соответствующей фазе цикла:

$$N_j = \sum_{i=1}^m k_i^j. \quad (2)$$

В соответствии с (1) и (2) каждая из четырех входных переменных будет рассчитываться следующим образом:

$$\begin{aligned} N_1 &= k_5^1 + k_6^1, \\ N_2 &= k_1^2 + k_2^2 + k_3^2 + k_4^2, \\ N_3 &= k_7^3 + k_8^3 + k_9^3, \\ N_4 &= k_{10}^4 + k_{11}^4 + k_{12}^4. \end{aligned} \quad (3)$$

Входные параметры процесса управления представляются в форме лингвистической переменной «Количество автомобилей», для которой задаются количество и параметры терм-множеств [3].

Выходной переменной процесса управления будет являться продолжительность действия разрешающего сигнала для каждой из фаз  $j \in [1, n]$  светофорного цикла. При этом длительность каждой фазы  $T_j$  будем определять по формуле

$$T_j = t_{0j} + t_{dj} + t_{pj}, \quad (4)$$

где  $T_j$  — длительность  $j$ -й фазы;  $t_{0j}$  — минимальная продолжительность основного такта, необходимая для пересечения перекрестка пешеходами (устанавливается

исходя из геометрии проезжей части);  $t_{dj}$  — дополнительное время, рассчитываемое нечетким регулятором на основании данных о входных переменных и в соответствии с базой правил;  $t_{pj}$  — длительность промежуточного такта — времени смены сигналов светофорного объекта (время горения желтого сигнала обычно равняется 3 с).

Выходной параметр процесса управления представляется в форме лингвистической переменной «Дополнительное время горения разрешающего сигнала», для которой задаются количество и параметры терм-множеств [3].

На следующем этапе проектирования нечеткого регулятора задается база правил нечетких продукций. Для построения базы правил в системе управления предлагается использовать интеллектуальную систему построения и извлечения знаний, основанную на генетических алгоритмах [4–9]. Использование такой системы позволяет построить внутренне непротиворечивую и логически полную базу знаний, оптимизированную под конкретную модель перекрестка.

Представленная методика формализации процесса управления дорожным движением на регулируемом перекрестке с большим числом транспортных потоков позволяет создать модель системы управления, которая в настоящее время реализуется авторами в среде Matlab. Построение модели системы позволяет оценить эффективность применения методов нечеткой логики для управления светофорной сигнализацией на перекрестке произвольной конфигурации. Наибольшие затруднения при проектировании нечеткого регулятора вызывает процесс создания базы знаний системы нечеткого вывода. **ИТ**

*Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант № 16-06-00464А.*

## Список литературы

1. Аналитический обзор детекторов транспорта [Электронный ресурс] // AGA Group, Inc. — URL: <http://www.againc.net/ru/education/transport-engineering/10-detectors> (дата обращения: 15.10.2015).
2. Кременец Ю. А., Печерский М. П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения : учеб. для вузов. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. — 279 с. : ил. — ISBN 5-94628-11-9.
3. Мезенцев И. С., Тарасян В. С. Моделирование адаптивной системы управления светофорной сигнализацией // Инновационный транспорт. — 2012. — № 5 (6). — С. 30–35. — ISSN 2311–164X.
4. Тарасян В. С., Куликова И. В. Автоматическое обучение нечетких регуляторов MISO-типа. Свидетельство о государственной регистрации № 2014614584. — Зарег. в реестре программ для ЭВМ 06.03.2014 г.
5. Тарасян В. С., Куликова И. В., Мезенцев И. С. Построение системы нечеткого управления в мехатронных системах при помощи генетических алгоритмов // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — С. 223.
6. Мезенцев И. С., Охонин Г. К., Тарасян В. С. Применение методов искусственного интеллекта в управлении дорожными светофорными объектами // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. — 2013. — № 3. — С. 81–87. — ISSN 2305–3356.
7. 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. — ISSN 2305–3356.
8. Мезенцев И. С., Тарасян В. С. Применение адаптивного управления светофорным объектом для минимизации задержки транспортных средств // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. — 2012. — № 3. — С. 103–110. — ISSN 2305–3356.
9. Тарасян В. С., Тен Д. О. Оптимизация транспортной инфраструктуры при помощи генетических алгоритмов // Инновационный транспорт. — 2013. — № 3 (9). — С. 29–32. — ISSN 2311–164X.



Владимир Сергеевич  
Тарасян

Vladimir S. Tarasyan

## Оптимизация системы ситуационного управления при помощи генетических алгоритмов

### Optimization of situation management system using genetic algorithms

#### Аннотация

Предлагается методика построения системы ситуационного управления и оптимизации ее структуры на примере системы управления лабораторной установкой Ball&Beam в среде MATLAB и Simulink. Используются методы ситуационного моделирования, нечеткой логики и генетических алгоритмов.

**Ключевые слова:** ситуационное управление, модель, MATLAB, Simulink, нечеткая логика, генетический алгоритм.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-46-52

#### Summary

A technique for construction of situation management system and optimization its structure by the example of Ball&Beam laboratory system management in MATLAB and Simulink environment is proposed. Situational modeling, fuzzy logic and genetic algorithms methods are employed.

**Keywords:** situation management, model, MATLAB, Simulink, fuzzy logic, genetic algorithm.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-46-52

#### Авторы Authors

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

*Vladimir Sergeevich Tarasyan, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Mechatronics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: VTarasyan@gmail.com*



## Введение

В настоящее время одной из основных проблем науки и техники является разработка и внедрение современных методов исследования и проектирования сложных систем различных иерархических уровней. В качестве примеров сложных информационных систем можно назвать системы автоматизации проектирования (САПР), автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) и т. д. Отдельно стоит упомянуть мехатронные системы, которые могут сочетать сложную механическую структуру с большим количеством информационных потоков в управляющих подсистемах.

Сложность структуры управляемого объекта может усиливаться различного рода неопределенностями. Это, например, неопределенности, обусловленные неполнотой знаний об объекте, неполнотой его описания. В этом случае стандартные аналитические и эвристические методы могут оказаться неприменимыми, а интеллектуальный подход к управлению — избыточным. В сложившейся ситуации в качестве одного из решений может быть применена технология ситуационного управления, которая позволяет принимать решение на основе сравнения текущей ситуации с неким набором предопределенных состояний системы с заданным набором возможных решений.

## 1. Пакеты Simulink и Stateflow как средство моделирования и управления

Для повышения наглядности модели при применении ситуационного управления можно применить технологию имитационного моделирования. Имитационная модель, как правило, используется в случаях, когда математическая модель объекта становится слишком сложной или ее в принципе невозможно создать. В состав пакета прикладных программ MatLab интегрированы два тулбокса, Stateflow и Simulink, которые позволяют строить имитационные модели систем и процессов.

MatLab, как интегратор, обеспечивает доступ к различным типам данных, среде высокоуровневого программирования и инструментам визуализации результатов. Simulink реализует проектирование непрерывных и дискретных динамических систем с использованием графической среды. Stateflow реализует диаграммы состояний, использующие визуальный формализм Д. Харела. Эти диаграммы состояний включаются в Simulink-модели, для обеспечения возможности моделирования процессов, управляемых при помощи событий. Stateflow дает возможность четко и ясно описать поведение сложных систем, используя диаграммы состояний и переходов.

Модель Simulink состоит из комбинации стандартных предопределенных Simulink-блоков, дополнительных блоков из различных тулбоксов, а также Stateflow-блоков (Stateflow-диаграмм). Stateflow-диаграмма (Stateflow chart) является набором связанных графических (состояния, переходы, соединения) и неграфических (события, данные, программные коды) объектов [1].

## 2. Описание Ball&Beam

Ball&Beam — универсальный инструмент для изучения систем управления, обладающий как нелинейной динамикой, так и наиболее распространенными нелинейными эффектами, наблюдаемыми в реальных системах управления.

Механическая часть системы Ball&Beam состоит из основания, балки, металлического шарика, рычага, ременного шкива, опорного блока и двигателя. Шарик может свободно кататься по всей длине балки. Балка прикреплена с одной стороны к фиксированному опорному блоку, а с другой стороны — к подвижному рычагу. В свою очередь, движение рычага управляется вращением колеса, соединенного с двигателем постоянного тока через шкив.

Принципиальная схема механической части системы Ball&Beam показана на рис. 1.

Двигатель оснащен встроенным поворотным оптическим инкрементным датчиком, который обеспечивает обратную связь при помощи данных о текущем фактическом положении поворотного вала двигателя [2].

В разрезе вдоль балки расположен линейный потенциметрический датчик, который воспринимает текущее линейное фактическое положение мяча на балке. Замеренные значения положения подаются обратно в систему управления, обеспечивая контроль по замкнутому контуру.

В то время как редуктор поворачивается на угол  $\theta$ , рычаг изменяет угол балки на  $\alpha$ . Когда балка отклоняется от горизонтального положения, сила тяжести заставляет шарик катиться вдоль балки.

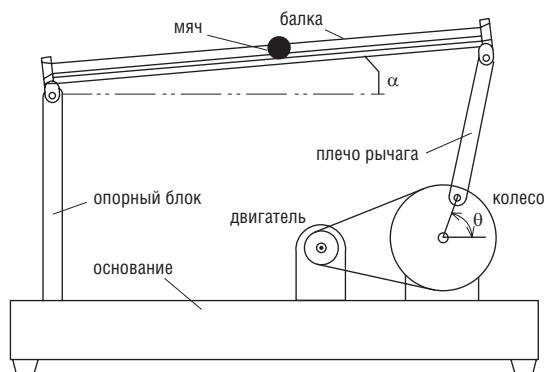


Рис. 1. Механическая часть системы Ball&Beam

Расстояние между центром колеса и соединения с рычагом —  $d$ , а длина балки —  $L$ . Тогда угол  $\alpha$  балки может быть приблизительно выражен через угол поворота  $\theta$  согласно уравнению

$$\alpha = \frac{d}{L} \theta. \quad (1)$$

На самом деле геометрическая связь между углами  $\alpha$  и  $\theta$  имеет нелинейный характер, но для практического использования вполне достаточно линеаризованной связи между ними.

В свою очередь, как это было отмечено выше, угол  $\theta$  связан с углом поворота вала двигателя с помощью шкива с передаточным отношением  $N = 4,28$ .

Задача управления применительно к данной системе состоит в том, чтобы установить положение  $r$  шара, равное заданной позиции, должным образом управляя углом  $\theta$ .

Динамика шара подвергается силе тяжести, инерционной и центробежной силе. Линейное ускорение мяча вдоль балки задается следующей простой формулой:

$$\left( \frac{J}{R^2} + m \right) \ddot{r} + mg \sin \alpha - m \dot{r} (\dot{\alpha}^2) = 0, \quad (2)$$

где  $g$  — ускорение свободного падения,  $m$  — масса шарика,  $J$  — момент инерции шарика,  $r$  — положение шарика на балке,  $R$  — радиус шарика.

В данном случае предполагается, что мяч катится без проскальзывания и трение между балкой и мячом незначительно.

Необходимо, чтобы значение угла наклона балки при равновесии было близко к нулю, для этого требуется линеаризовать выше представленное динамическое уравнение относительно  $\alpha$  в окрестности нуля, а затем, с учетом уравнения (1), получить следующую линейную аппроксимацию уравнения (2):

$$\ddot{r} = \frac{mg}{\left( \frac{J}{R^2} + m \right)} \alpha = - \frac{mgd}{L \left( \frac{J}{R^2} + m \right)} \theta. \quad (3)$$

Данное уравнение может быть использовано для компьютерного моделирования динамики системы Ball&Beam в среде Simulink.

### 3. Генетические (эволюционные) алгоритмы

Генетические алгоритмы базируются на принципах естественного отбора. Они возникли как результат наблюдения за естественными процессами, протекающими в мире живых существ, в частности эволюции и связанной с ней селекцией популяций живых существ [3].

С точки зрения математики генетические алгоритмы являются алгоритмами случайного поиска, применяемыми в основном для решения задач оптимизации. В них применяются аналоги механизма генетического наследования (создание следующего поколения) и естественного отбора (операции скрещивания и мутации). При этом используется упрощенная биологическая терминология, а также основные понятия линейной алгебры.

Генетические алгоритмы представляют собой метод, отражающий естественную эволюцию методов решения проблем и в первую очередь — задач оптимизации. Они являются алгоритмами поиска, основанными на механизмах естественного отбора и наследования. Основная идея — эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей.

Генетические алгоритмы применяются во многих отраслях науки и техники, в частности при разработке программного обеспечения, в системах искусственного интеллекта, оптимизации структуры сложных систем [5, 7–12].

Классический генетический алгоритм (также называемый элементарным или простым генетическим алгоритмом) состоит из следующих шагов:

- 1) инициализация, или выбор исходной популяции хромосом;
- 2) оценка приспособленности хромосом в популяции;
- 3) проверка условия останова алгоритма;
- 4) селекция хромосом;
- 5) применение генетических операторов (скрещивание, мутация);
- 6) формирование новой популяции;
- 7) выбор «наилучшей» хромосомы.

Блок-схема простого генетического алгоритма изображена на рис. 2.

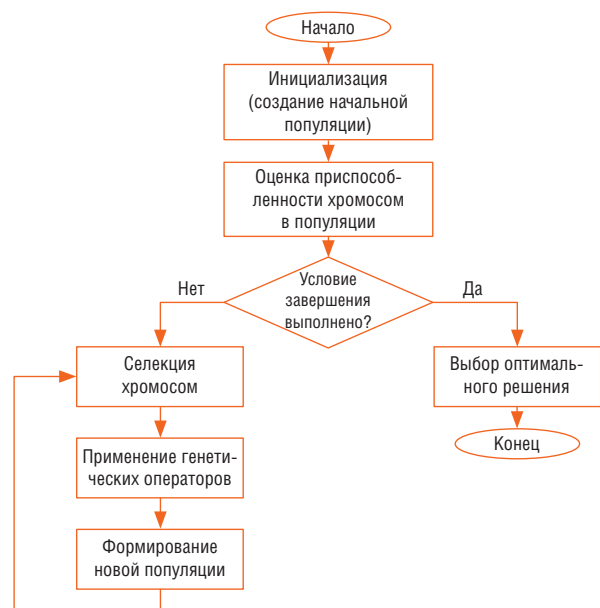


Рис. 2. Блок-схема простого генетического алгоритма

### 4. Разработка регулятора

Модель установки Ball&Beam в среде Simulink показана на рис. 3. Здесь блок Ball and Beam Model реализует математическую модель установки, описанную уравнением (3). В качестве регулятора используется блок Chart, построенный в пакете StateFlow. Данный блок содержит два входных сигнала — ошибку положения мяча ( $ER$ ) и скорость мяча ( $V$ ), а также выходной сигнал — шаг

(фиксированный угол) поворота вала шагового двигателя ( $ANG$ ). Блок Constant со значением 0,2 показывает требуемую координату шарика.

Для обеспечения требуемого качества управления каждый из входных сигналов разбивается на интервалы ( $NB, NS, Z, PS, PB$ ), границы которых определяются на основе экспертного анализа. Для полученного разбиения интервалов изменения входных сигналов строится таблица решений (табл. 1).

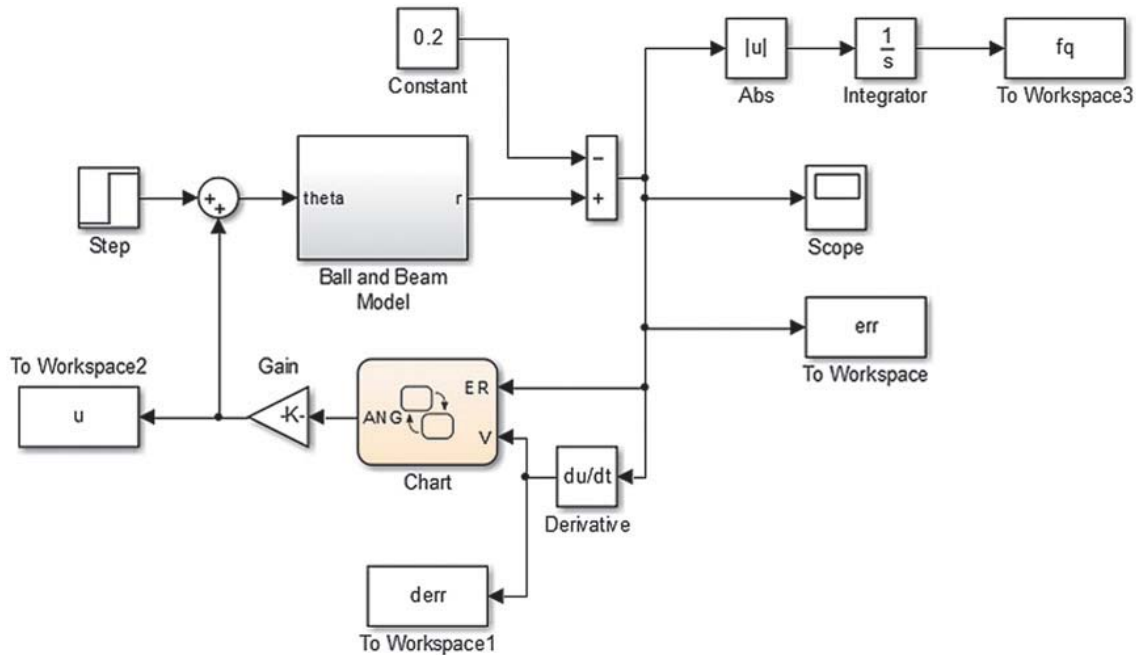


Рис. 3. Модель системы Ball&Beam в Simulink

Таблица 1

Общий вид таблицы решений

$V \backslash ER$	$NB$ $ER \leq -a_2$	$NS$ $-a_2 > ER > -a_1$	$Z$ $-a_1 > ER > a_1$	$PS$ $a_1 > ER > a_2$	$PB$ $ER \geq a_2$
$NB$ $V \leq -b_2$	$c_{11}$	$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{14}$	$c_{15}$
$NS$ $-b_2 > V > -b_1$	$c_{21}$	$c_{22}$	$c_{23}$	$c_{24}$	$c_{25}$
$Z$ $-b_1 > V > b_1$	$c_{31}$	$c_{32}$	$c_{33}$	$c_{34}$	$c_{35}$
$PS$ $b_1 > V > b_2$	$c_{41}$	$c_{42}$	$c_{43}$	$c_{44}$	$c_{45}$
$PB$ $V \geq b_2$	$c_{51}$	$c_{52}$	$c_{53}$	$c_{54}$	$c_{55}$

В. С. Тарасян | Оптимизация системы ситуационного управления при помощи генетических алгоритмов

Построение системы управления основано на использовании генетического алгоритма. На начальном этапе строим дерево решений, описывающее все возможные состояния системы (рис. 4). Выходные воздействия  $c_{ij}$  скомпонуем в строку, которую будем рассматривать как хромосому, несущую информацию о некотором решении задачи управления. Поскольку в системе Ball&Beat используется шаговый двигатель, коэффициенты  $c_{ij}$  могут принимать значения из набора  $\{-1,0 -0,5 0 0,5 1,0\}$ . В качестве функционала качества

$fq$  будем рассматривать модуль накопленной ошибки, определяемый формулой

$$fq = \int_0^{\tau} |ER(t)| dt.$$

Результаты, полученные с помощью генетического алгоритма при  $a_1 = 0,01$ ,  $a_2 = 0,05$ ,  $b_1 = 0,01$ ,  $b_2 = 0,06$ , отображены в табл. 2. При этом значение функционала качества составило  $fq = 0,2416$ .

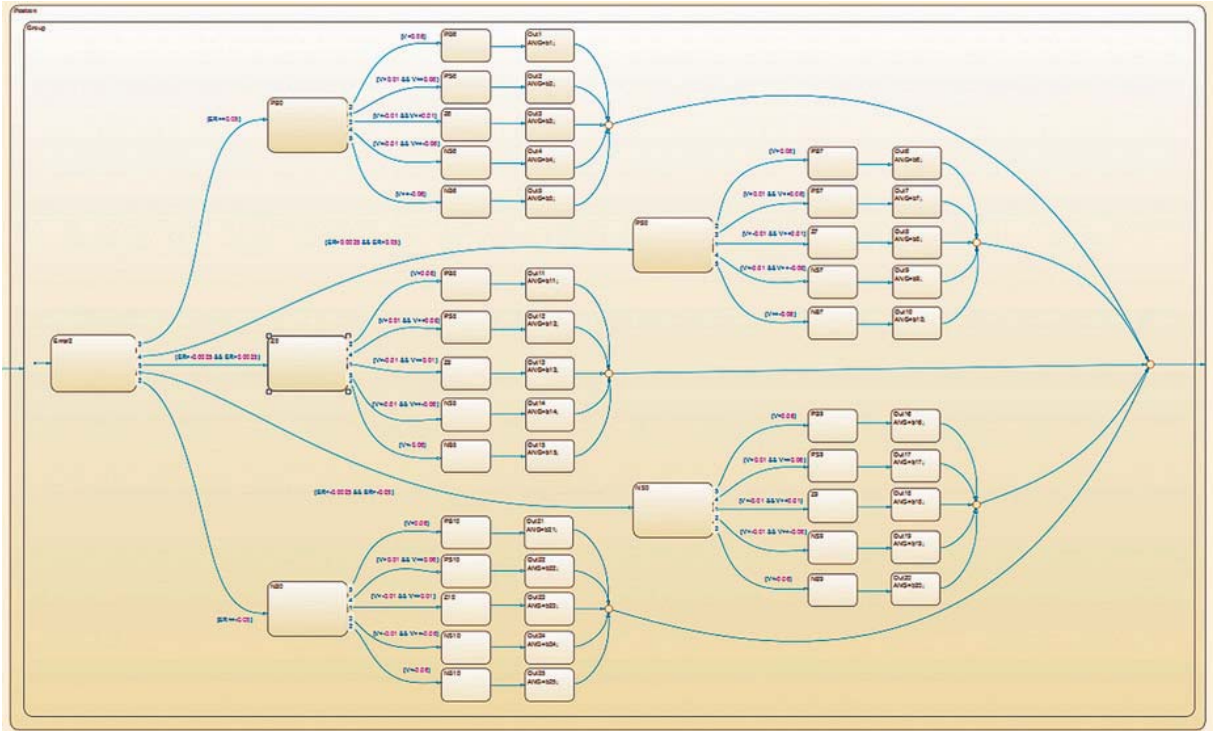


Рис. 4. Структурная часть блока Chart

Таблица 2

Значения оптимальных параметров системы

$V$ \ $ER$	$NB$ $ER \leq -a_2$	$NS$ $-a_2 > ER > -a_1$	$Z$ $-a_1 > ER > a_1$	$PS$ $a_1 > ER > a_2$	$PB$ $ER \geq a_2$
$NB$ $V \leq -b_2$	-0,5	-1	-0,5	-1	-0,5
$NS$ $-b_2 > V > -b_1$	0	-0,5	-0,5	0	0,5
$Z$ $-b_1 > V > b_1$	0,5	-0,5	-1	0	-1
$PS$ $b_1 > V > b_2$	1	-1	-1	0,5	-0,5
$PB$ $V \geq b_2$	-1	-1	0,5	0	-0,5



При этом качество переходного процесса получается вполне удовлетворительным (рис. 5, 6).

При анализе поведения системы выяснилось, что не все представленные в дереве решений ситуации используются при обучении системы управления. Поэтому соответствующие ветви были удалены, и получается новая система ситуационного управления с упрощенной структурой (рис. 7). Качество управления при использовании упрощенной структуры системы управления не изменяется.

## Заключение

Рассмотренная задача показывает принципиальную возможность использования генетических алгоритмов не только для настройки нечетких контроллеров, но и их упрощенного варианта — систем ситуационного управления. **ИТ**

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант № 16-06-00464А.

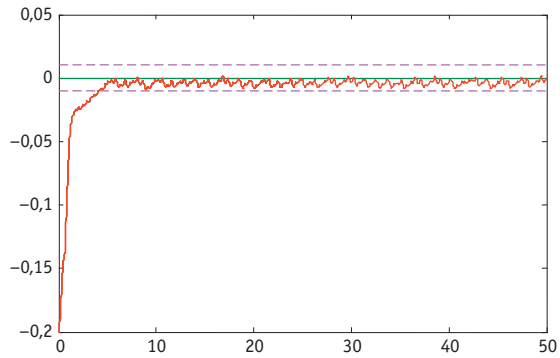


Рис. 5. Результат работы системы управления

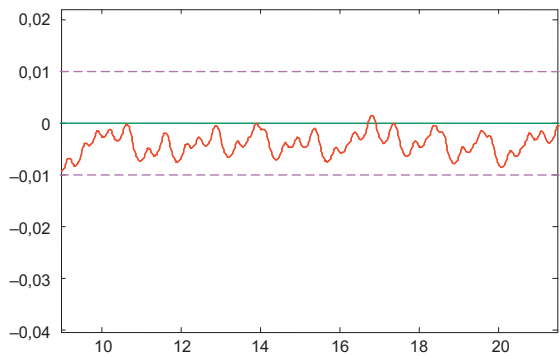


Рис. 6. Результат работы системы управления в увеличенном виде

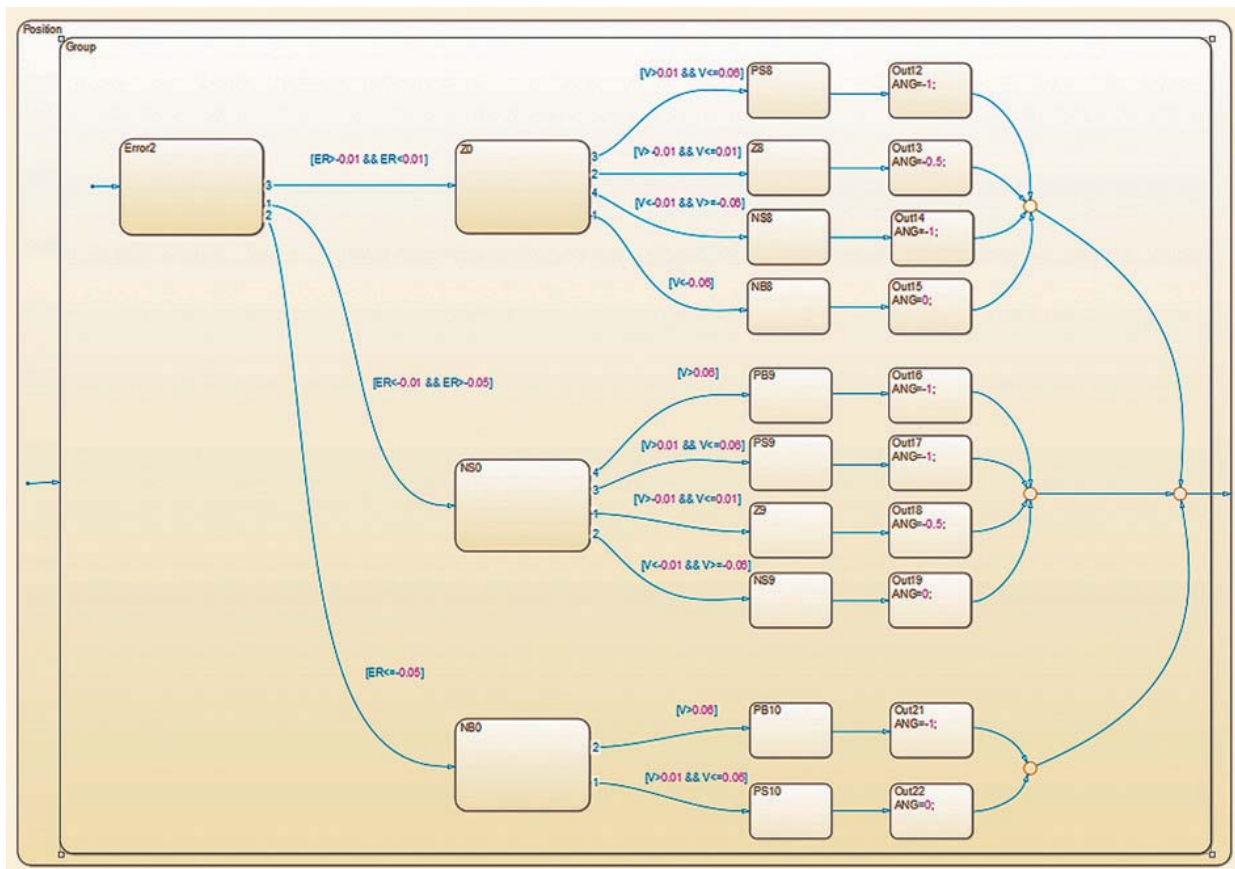


Рис. 7. Сокращенная модель блока Chart

### Список литературы

1. Stateflow 5. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — URL: <http://matlab.exponenta.ru/stateflow/book1/1.php>
2. Googol Technology. Ball & Beam GBB1004, User's Guide and Experiment Manual. — Sept. 2006. — 71 с.
3. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М.: Физматлит, 2003. — 432 с. — ISBN 5-9221-0337-7
4. Тарасян В. С., Куликова И. В., Мезенцев И. С. Построение системы нечеткого управления в мехатронных системах при помощи генетических алгоритмов // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — С. 223.
5. Тарасян В. С., Куликова И. В. Разработка процедуры построения нечеткого регулятора и ее применение для управления движением перевернутого маятника // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2013. — № 1 (17). — С. 34–42. — ISSN 2079–0392.
6. Мезенцев И. С., Тарасян В. С. Моделирование адаптивной системы управления светофорной сигнализации // Инновационный транспорт. — 2012. — № 5 (6). — С. 30–35. — ISSN 2311–164X.
7. Тарасян В. С., Куликова И. В., Мезенцев И. С. Построение системы нечеткого управления в мехатронных системах при помощи генетических алгоритмов // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — С. 223.
8. Мезенцев И. С., Охохонин Г. К., Тарасян В. С. Применение методов искусственного интеллекта в управлении дорожными светофорными объектами // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. — 2013. — № 3. — С. 81–87. — ISSN 2305–3356.
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. — ISSN 2305–3356.
10. Мезенцев И. С., Тарасян В. С. Применение адаптивного управления светофорным объектом для минимизации задержки транспортных средств // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. — 2012. — № 3. — С. 103–110. — ISSN 2305–3356.
11. Тарасян В. С., Тен Д. О. Оптимизация транспортной инфраструктуры при помощи генетических алгоритмов // Инновационный транспорт. — 2013. — № 3 (9). — С. 29–32. — ISSN 2311–164X.
12. Тарасян В. С., Полушкин А. Я. Транспортная задача с посредником и ее решение эволюционными методами // Инновационный транспорт. — 2015. — № 3 (17). — С. 13–17. — ISSN 2311–164X.

УДК 621.43.001.42



**Алексей Михайлович Плаксин**

**Aleksey M. Plaksin**



**Олег Николаевич Ларин**

**Oleg N. Larin**



**Александр Владимирович Гриценко**

**Aleksandr V. Gritsenko**



**Александр Юрьевич Бурцев**

**Aleksandr Y. Burtsev**



**Константин Вячеславович Глемба**

**Konstantin V. Glemba**

## Повышение долговечности работы турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства

### Increasing durability of diesel engine turbochargers using autonomous lubricating and braking device

#### Аннотация

Предлагается способ повышения долговечности турбокомпрессоров ДВС автотракторной техники. Гидроаккумулятор, установленный в систему смазки, позволяет осуществлять штатную смазку и охлаждение подшипников ротора при падении оборотов коленчатого вала ДВС, а также при его остановке при перегрузке в режиме выбега ротора. Внедрение тормозного устройства позволяет сократить время выбега ротора и тем самым предотвратить наступление масляного голодания и сухого трения подшипника ротора. Совместное применение гидроаккумулятора и тормозного устройства уменьшило величину времени выбега ротора в среднем на 30–35%. В результате риск наступления сухого трения и аварийного выхода из строя турбокомпрессора снижается до минимума.

**Ключевые слова:** надежность, долговечность, ресурс, наддув, двигатель, турбокомпрессор, выбег ротора, гидроаккумулятор.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-53-57

#### Summary

A method for increasing durability of diesel engine turbochargers of automobiles and tractors is proposed. A hydraulic accumulator installed in the lubrication system allows to carry out regular lubrication and cooling of rotor bearings when engine crankshaft speed decreases, as well as when it is stopped in case of overload in rotor rundown mode. Introduction of a braking device reduces rotor rundown time and thus prevent the onset of oil starvation and dry friction of rotor bearing. The combined use of hydraulic accumulator and brake device has reduced rotor rundown time by an average of 30-35%. As a result, the risk of dry friction and accidental failure of turbocharger is reduced to minimum.

**Keywords:** reliability, durability, service life, charging, engine, turbocharger, rotor rundown, hydraulic accumulator.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-53-57

#### Авторы Authors

**Алексей Михайлович Плаксин**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. профессора М. П. Сергеева» Южно-Уральского государственного аграрного университета, Челябинск; e-mail: mtr@mail.ru | **Олег Николаевич Ларин**, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Российского института стратегических исследований (РИСИ), Москва; e-mail: larin\_on@mail.ru | **Александр Владимирович Гриценко**, д-р техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автотранспорта и производственного обучения» Южно-Уральского государственного аграрного университета, Челябинск; e-mail: alexgrits13@mail.ru | **Александр Юрьевич Бурцев**, преподаватель кафедры «Технология и механизация горных работ» филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева; г. Белово; аспирант кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка им. профессора М. П. Сергеева» Южно-Уральского государственного аграрного университета; Челябинск; e-mail: burceval2009@yandex.ru | **Константин Вячеславович Глемба**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта» Южно-Уральского государственного университета (НИУ); кафедра «Эксплуатация автотранспорта и производственное обучение» Южно-Уральского государственного аграрного университета; Челябинск; e-mail: glemba77@mail.ru

**Aleksey Mikhaylovich Plaksin**, DSc in Engineering, Professor, Operation of Motor Vehicle and Tractor Fleet Department named after Professor Sergeev, South Ural State Agricultural University, Chelyabinsk; e-mail: mtr@mail.ru | **Oleg Nikolaevich Larin**, DSc in Engineering, Professor, Lead Researcher of the Russian Institute of Strategic Studies (RISS), Moscow; e-mail: larin\_on@mail.ru | **Aleksandr Vladimirovich Gritsenko**, DSc in Engineering, Associate Professor, Operation of Motor Vehicles and Industrial Training Department, South Ural State Agricultural University, Chelyabinsk; e-mail: alexgrits13@mail.ru | **Aleksandr Yurievich Burtsev**, Lecturer at Technology and Mechanization of Mining Operations Department, branch of Gorbachev Kuzbass State Technical University in Belovo city; PhD student at Operation of Motor Vehicle and Tractor Fleet Department named after Professor Sergeev, South Ural State Agricultural University, Chelyabinsk; e-mail: burceval2009@yandex.ru | **Konstantin Vyacheslavovich Glemba**, PhD in Engineering, Associate Professor, Operation of Motor Transport Department, South Ural State University (National Research University); Motor Vehicles Operation and Industrial Training Department, South Ural State Agricultural University; Chelyabinsk; e-mail: glemba77@mail.ru

## Актуальность исследований

Установлено, что одним из основных направлений повышения единичной мощности, эффективности и эксплуатационной надежности наземных машин является массовое применение систем турбонаддува воздуха в цилиндры ДВС. В то же время конструктивное совершенствование турбокомпрессоров (ТКР) направлено на снижение геометрических размеров, массы, совершенствование систем охлаждения и смазки их узлов и деталей. Однако использование штатной системы смазки двигателя внутреннего сгорания (ДВС) для одновременной смазки подшипников ротора ТКР обусловило ряд существенных недостатков при стохастичности эксплуатационных тяговых и приводных нагрузок и в момент сопротивления на валу двигателя [1–15].

Изучение проблем запуска ДВС при пониженных температурах показало, что в режиме снижения оборотов коленчатого вала или при перегрузках двигателя, а также в случае его аварийной остановки появляются граничные трения в подшипниках роторов ТКР из-за периферийности их расположения в системе смазки. Это приводит к повышению температуры деталей, их износу, заклиниванию ротора, а иногда и полному разрушению ТКР. Следовательно, при эксплуатации техники снижение работоспособности и безотказности ТКР стало одним из факторов снижения эксплуатационной надежности мобильных энергетических средств [15–27].

Полагаем, что применение гидроаккумулятора, обеспечивающего автономную смазку подшипников ротора ТКР при ухудшении или прекращении функционирования штатной системы смазки ДВС, позволит увеличить время выбега ротора в 1,5–2,5 раза. Создание же тормозным встроенным устройством противодавления воздушному потоку компрессорной турбины должно сократить продолжительность остановки ТКР.

## Теоретические исследования

Рассмотрим штатную (стационарную) работу ТКР, которая характеризуется постоянством нагрузочного и скоростного режимов ДВС, стабильным процессом смазки и установившимся тепловым режимом. Процесс смазки механизмов ДВС и ТКР характеризуется постоянством величины давления в масляной магистрали, при этом обеспечивается жидкостный режим трения с максимальным отводом тепла от трущихся элементов ТКР. Однако при выполнении энергозатратных операций стабильность параметров изменяется в худшие режимы работы ТКР. В результате резкого увеличения тяговой нагрузки частота вращения коленчатого вала снижается из-за перегрузки двигателя. Как следствие, интенсивно уменьшается давление и подача масла в подшипни-

ковые узлы ТКР. Наступает полужидкостное или сухое трение вала ротора в подшипниках ТКР. Увеличивается температура его деталей. При многократности таких режимов в системе смазки происходит закоксовывание масла в каналах подшипника, повышается их износ, происходит коробление деталей турбины. Дальнейшее ухудшение технического состояния ТКР может привести к заклиниванию его ротора и полному разрушению [15, 16, 24–28].

На основе работ Носырева Д. Я. и Свечникова А. А. выведено уравнение выбега ротора ТКР в период включения подачи газовой смеси в его турбину. Принимая, что значение тормозного момента зависит от технического состояния ТКР. Зная величину момента инерции ротора и зависимость частоты вращения ротора от времени при выбеге  $n = f(t)$ , можно получить математическое выражение зависимости тормозного момента от времени выбега ротора. В результате экспериментальных исследований получены данные, построенная экспериментальная зависимость (рис. 1), которая аппроксимирована квадратичным уравнением:

$$\omega(t) = 2817 - 55,8t + 0,289t^2,$$

где  $t$  — время выбега, с.

Для определения тормозного момента в процессе выбега необходимо определить замедление, для чего вычислим первую производную от скорости. Замедление при свободном выбеге ротора ТКР изменяется по линейному закону [3, 5, 17].

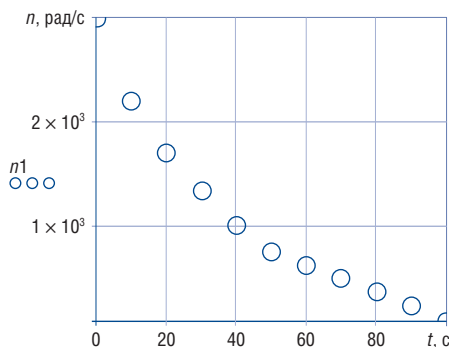


Рис. 1. Зависимость частоты вращения ротора  $n_1$  (рад/с) от времени  $t$  (с) при свободном выбеге ротора турбокомпрессора

Для надежной работы подшипникового узла ТКР необходимо обеспечить непрерывную циркуляцию масла в зазоре подшипника скольжения, что может быть обеспечено путем установки гидроаккумулятора [15–22, 24–27]. Но установка гидроаккумулятора приводит к тому, что свободный выбег ротора ТКР возрастает в пределах 10–20%, следовательно, в расчетном значении подачи масла к зазору подшипника следует учесть еще 20–30% запаса на максимально возможное время выбега. В на-



шем случае при частоте 40 тыс. мин<sup>-1</sup> ротор выбегает за 60 с, следовательно, за все это время выбега ротора ТКР должна обеспечиваться подача масла в зазор. Из исследований Башта Т. М. известно, что емкость гидроаккумулятора подбирается так, чтобы к моменту полной остановки ротора ТКР величина давления в нем была равна 20–30 % от максимально возможной величины и составляла 90 кПа. При этом подача масла упадет до уровня 20–30 % от максимально возможной подачи при давлении 450 кПа. Задавшись значительным расходом масла через подшипник, можно обеспечить его смазывание на всем протяжении выбега. На основании полученных данных построена зависимость приращения температуры в смазочном слое  $\Delta t$  (°C) от величины расхода масла через подшипник ТКР  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) (рис. 2).

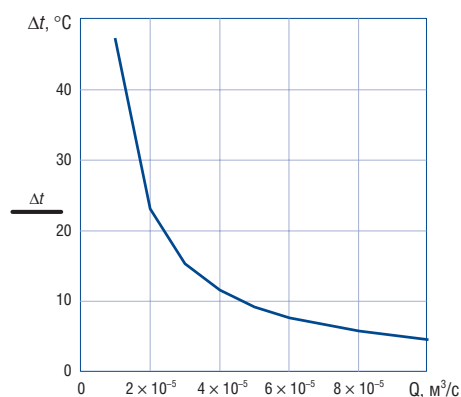


Рис. 2. Зависимость приращения температуры в смазочном слое  $\Delta t$  (°C) от величины расхода масла через подшипник ТКР  $Q$  (м<sup>3</sup>/с)

Из графика зависимости на рис. 2 видно, что при  $Q = 1,7 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с (1 л/мин) приращение температуры в смазочном слое составляет  $\Delta t = 27,5$  °C. По условиям работы подшипника максимальная температура должна составлять не более 140 °C. Для обеспечения безаварийной работы подшипника ТКР подбираем гидроаккумулятор емкостью 2 л с расходом около 2 л/мин, при этом приращение температуры в смазочном слое составляет  $\Delta t = 14,1$  °C, что согласуется с нормативными требованиями. Однако, исходя из условий Башта Т. М., необходимо увеличить емкость гидроаккумулятора на 30 % для обеспечения надежного смазывания подшипника ТКР. Таким образом, емкость гидроаккумулятора составит 2,6 л.

Рассмотрим процесс работы ТКР при одновременной установке в систему смазки гидроаккумулятора и тормозного устройства (рис. 3).

В результате одновременной установки гидроаккумулятора и тормозного устройства удалось уменьшить время выбега ротора ТКР и дополнительно снизить температуру корпуса и деталей ТКР. В режиме торможения заслонкой искусственно создается тормозной момент воздушного потока, противодействуя вращению ротора

ТКР. Необходимость в ограничении времени выбега обусловлена тепловой напряженностью работающих элементов ТКР и нарушением жидкостного режима смазки. В режиме эксплуатации важно соблюсти условия выбега с управляемым процессом, обеспечивая жидкостной смазкой и уменьшая тепловую напряженность вращающихся деталей ТКР.

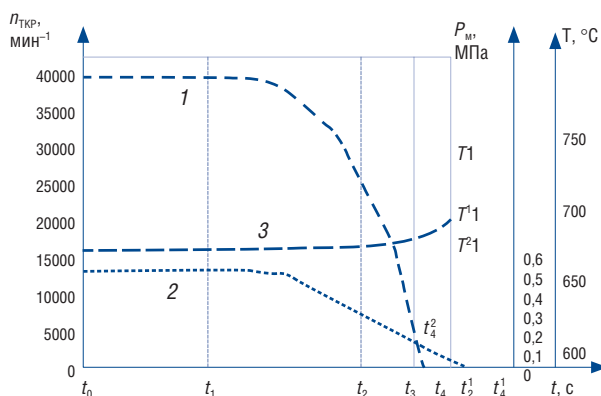


Рис. 3. Взаимосвязь рабочих параметров ДВС и ТКР, оборудованных гидроаккумулятором и тормозным устройством:

1 — зависимость частоты вращения ротора ТКР от времени  $t$ ; 2 — зависимость давления в масляной магистрали  $P_m$  МПа от времени  $t$ ; 3 — температуры деталей ТКР  $T$ , °C от времени  $t$ ;  $t_0$  — начальный момент времени, с;  $t_1$  — момент времени, соответствующий началу роста нагрузки на ДВС, с;  $t_2$  — момент времени, соответствующий полной остановке коленчатого вала ДВС, с;  $t_3$  — момент времени, соответствующий максимальному уровню нагрузки, с;  $t_4$  — момент времени, соответствующий полной остановке ротора ТКР, с

## Методика исследований

Для реализации экспериментальных исследований был разработан испытательный стенд, внешний вид которого представлен на рис. 4. На нем были смонтированы гидроаккумулятор и тормозное устройство. Стенд укомплектован необходимым оборудованием и приборами, точность которых соответствует ГОСТ 14846–81. Для контроля параметров выбега ротора ТКР применялся измерительный комплекс «Кипарис». Во время испытаний привод ТКР производился от выхлопных газов ДВС [3–5, 13, 14, 25].

С целью измерения времени выбега ротора ТКР был установлен перед крыльчаткой компрессора датчик, фиксирующий частоту вращения ротора и время его выбега при остановке. Место установки датчика было выбрано в соответствии с техническими рекомендациями завода-изготовителя на его установку. Проверка износа поверхностей трения подшипников и цапф ротора ТКР проводилась с помощью микрометра, проверка дисбаланса и измерение осевого и радиального люфтов ротора производились с помощью станка СБРТ-1500.



Рис. 4. Внешний вид стенда с установленным оборудованием:  
а — гидроаккумулятор и тормозное устройство;  
б — приборы слежения и элементы коммутации

## Результаты экспериментальных исследований

Для подтверждения теоретических предпосылок были проведены экспериментальные исследования по оценке времени выбега ТКР. Проведено сравнение экспериментальных результатов, полученных при четырех различных вариантах выбега. На рис. 5 представлена экспериментальная зависимость частоты вращения ротора турбокомпрессора марки ТКР-11 от времени выбега.

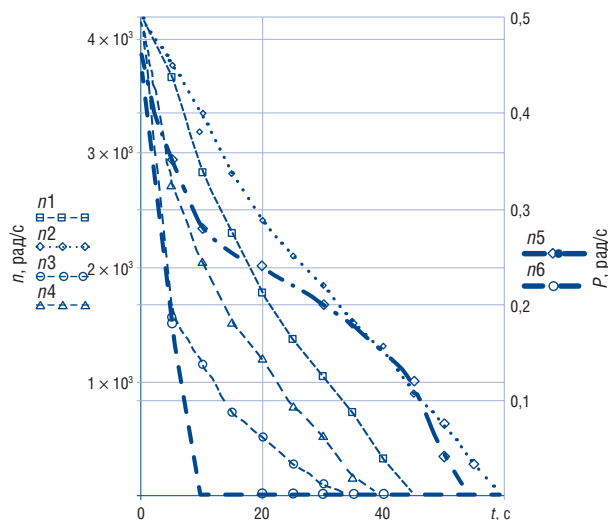


Рис. 5. Зависимость частоты вращения  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $n_4$ , рад/с, и изменения давления  $p_5$ ,  $p_6$ , МПа, перед подшипником ротора ТКР от времени выбега  $t$ , с:  $n_1$  — выбег ротора при штатной системе смазки и внештатном режиме работы;  $n_2$  — выбег ротора с включенным гидроаккумулятором;  $n_3$  — выбег ротора с тормозным устройством;  $n_4$  — выбег ротора с включенным гидроаккумулятором и тормозным устройством;  $p_5$  — линия разрядки (изменения давления) гидроаккумулятора;  $p_6$  — линия изменения давления перед подшипником ротора ТКР штатной системы смазки

Анализ графика показывает, что гидроаккумулятор, установленный в систему смазки ТКР дизеля, позволяет осуществлять стабильную смазку и полноценное охлаждение подшипников ротора при падении оборотов коленчатого вала ДВС, а также в случае остановки при перегрузке. По графику можно также наблюдать, что внедрение тормозного устройства, представляющего собой заслонку со следящим приводом, позволяет сократить время выбега ротора и тем самым предотвратить режим сухого трения.

## Заключение

Предложен способ повышения долговечности ТКР ДВС автотракторной техники. С этой целью усовершенствован процесс смазки за счет установки гидроаккумулятора и использования тормозного устройства,

## Выводы

При совместном использовании гидроаккумулятора и тормозного устройства величина времени выбега ротора уменьшается в среднем на 30–35% по сравнению со стандартной величиной, а риск наступления сухого трения и аварийного выхода из строя ТКР снижается до минимума. **ИТ**

Список литературы

- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю., Глемба К. В., Лукомский К. И. Продление срока службы турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора в системе смазки // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 6, ч. 4. — С. 728–732. — ISSN 1812–7339.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю., Глемба К. В., Лукомский К. И. Увеличение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора // *Вестник КрасГАУ*. — Красноярск, 2014. — № 8. — С. 176–180. — ISSN 1819–4036.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Глемба К. В., Ганиев И., Граков Ф. Н., Кошелев Н. Е., Бурцев А. Ю. Исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 11, ч. 4. — С. 749–753. — ISSN 1812–7339.
- Гриценко А. В., Плаксин А. М., Ганиев И., Бурцев А. Ю., Гафаров Ф. А. Способ и стенд для диагностирования турбокомпрессора ТКР-11 // *Вестник Таджикского технического университета*. — Душанбе, 2014. — Т. 4 (28). — С. 92–97. — ISSN 2075–177X.
- Гриценко А. В., Плаксин А. М., Бурцев А. Ю. Исследования выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // *Агропродовольственная политика России*. — 2015. — № 1 (13). — С. 52–55.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю., Глемба К. В. Способ обеспечения работоспособности турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства // *Вестник КрасГАУ*. — Красноярск, 2015. — № 6. — С. 89–93. — ISSN 1819–4036.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Ганиев И., Бурцев А. Ю., Гафаров Ф. А. Смазки турбокомпрессора с электронным управлением // *Вестник Таджикского технического университета*. — 2015. — Т. 2. — № 30. — С. 58–62. — ISSN 2075–177X.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 // *АПК России*. — 2014. — Т. 70. — С. 130–135.
- Бурцев А. Ю., Плаксин А. М., Гриценко А. В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // *LIV Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки — агропромышленному производству материалы»*. — Челябинск : ЮУрГУ, 2015. — С. 27–33.
- Бурцев А. Ю., Плаксин А. М., Гриценко А. В. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров дизелей тракторов // *АПК России*. — 2015. — Т. 72, ч. 1. — С. 23–25.
- Плаксин А. М., Бурцев А. Ю., Гриценко А. В. Система смазки турбокомпрессора с электронным управлением // *АПК России*. — 2015. — Т. 73. — С. 90–98.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Обеспечение работоспособности турбокомпрессоров автотракторных дизельных двигателей применением автономного смазочно-тормозного устройства // *VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Инновации в технологиях и образовании»*. — Белово, Велико-Тырново, 2015. — Ч. 1. — С. 314–322.
- Бурцев А. Ю., Гриценко А. В. Стенд для испытаний турбокомпрессора с автономным смазочно-тормозным устройством // *Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика»* : сб. науч. трудов. — Воронеж : ВГЛТУ, 2015. — Ч. 1 (15–1). — № 4. — С. 168–171.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Глемба К. В. Модернизация системы смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания // *Междунар. науч.-техн. конф. «ПромИнжиниринг»*. — Челябинск : ЮУрГУ, 2015. — С. 25–29.
- Гриценко А. В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания : дис... д-ра техн. наук. — Челябинск, 2014. — 397 с.
- Гриценко А. В. Диагностирование подшипников кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания по параметрам пульсации давления в центральной масляной магистрали : дис... канд. техн. наук. — Челябинск, 2009. — 189 с.
- Плаксин А. М., Гриценко А. В., Глемба К. В., Лукомский К. И., Бисенов С. Э. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 8, ч. 2. — С. 322–326. — ISSN 1812–7339.
- Гриценко А. В., Глемба К. В., Ларин О. Н. Диагностирование коренных и шатунных подшипников кривошипно-шатунного механизма // *Вестник ЮУрГУ*. — Челябинск, 2014. — Т. 14. — № 1. — С. 63–71.
- Гриценко А. В., Куков С. С., Глемба К. В. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала // *АПК России*. — 2010. — Т. 57. — С. 51–56.
- Глемба В. К., Глемба К. В. Продление срока службы подшипников скольжения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания // *АПК России*. — 2010. — Т. 57. — С. 34–35.
- Куков С. С., Гриценко А. В. Диагностирование коренных подшипников кривошипно-шатунного механизма по параметрам давления в центральной масляной магистрали // *Вестник КрасГАУ*. — Красноярск, 2009. — № 3. — С. 143–147. — ISSN 1819–4036.
- Куков С. С., Гриценко А. В. Диагностирование коренных подшипников кривошипно-шатунного механизма по параметрам давления в центральной масляной магистрали // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. — 2009. — № 3. — С. 34–35.
- Гриценко А. В., Бурцев А. Ю. Технично-экономическая эффективность от внедрения модернизированной системы смазки турбокомпрессора // *АПК России*. — 2015. — Т. 72, ч. 2. — С. 39–45.
- Карпенко А. Г., Глемба К. В., Белевитин В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы : уч. пособие. — Челябинск : ЧГПУ, 2014. — 124 с.
- Пат. 2518309 Российская Федерация, МПК F 01 M 1/00. Система смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания / А. М. Плаксин, А. Ю. Бурцев; опубл. 10.06.14, Бюл. № 16.
- Пат. 2399898 Российская Федерация, МПК G 01 M 15/09. Способ безразборной диагностики степени износа подшипников двигателя внутреннего сгорания / А. В. Гриценко, С. С. Куков; опубл. 20.09.10, Бюл. № 26.
- Пат. 85958 Российская Федерация, МПК F 16 C 33/04. Подшипник скольжения / В. К. Глемба, К. В. Глемба; опубл. 20.08.09, Бюл. № 23.
- Plaksin A., Gritsenko A., Glemba K. Modernization of the Turbocharger Lubrication System of an Internal Combustion Engine // *Procedia Engineering*. — 2015. — Vol. 129. — P. 857–862. — DOI:10.1016/j.proeng.2015.12.122.



Ирина Валерьевна  
Куликова

Irina V. Kulikova

## Применение нечетких регуляторов для автоматического управления автомобилем при параллельной парковке

### Application of fuzzy controllers for automatic parallel parking of a car

#### Аннотация

В данной статье представлен процесс построения нечеткого регулятора для создания системы автоматического управления автомобилем при параллельной парковке. Параметры нечеткого регулятора подбираются с помощью генетических алгоритмов.

**Ключевые слова:** нечеткий регулятор, система автоматического управления, база правил, функция принадлежности.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-58-61

#### Summary

This article presents the process of constructing a fuzzy controller to create an automatic driving system used for parallel parking. Fuzzy controller parameters are selected using genetic algorithms.

**Keywords:** fuzzy controller, automatic control system, rules database, membership function.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-58-61

#### Авторы Authors

*Ирина Валерьевна Куликова, аспирант кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ivkulikova@inbox.ru*

*Irina Valerievna Kulikova, PhD student at Mechatronics Department, Urals State University of Railway Transport. Ekaterinburg; e-mail: ivkulikova@inbox.ru*



Нечеткие регуляторы как основные элементы нечеткой логики в настоящее время представляют собой одно из наиболее перспективных направлений исследований в области управления. Они позволяют разрабатывать системы управления техническими устройствами с последующим усложнением их функциональности с наименьшими затратами времени. Системы управления, основанные на нечеткой логике, целесообразно применять при описании процессов, в которых присутствует неопределенность, затрудняющая использование точных количественных методов. Спектр приложений нечеткого моделирования очень широкий — от бытовой до космической техники [1].

Нечеткий регулятор связывает  $m$  входных и  $k$  выходных переменных величины с помощью правил нечеткой логики. Алгоритм получения нечеткого вывода включает прохождение трех этапов: 1) установление значений функций принадлежности термов входных переменных; 2) определение истинности условий и заключений в используемых правилах нечеткой логики; 3) нахождение логических и количественных значений выходных переменных. Структура нечеткого регулятора представлена на рис. 1.

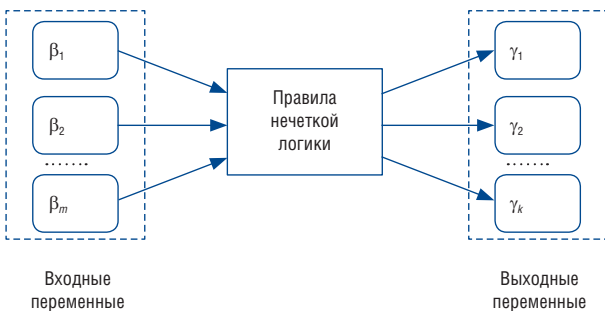


Рис. 1. Структура системы нечеткого вывода

Значениями входных и выходных переменных нечеткого регулятора выступают слова или словосочетания (термы), которые образуют терм-множества  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , содержащие  $n$  термов. Каждый терм определяется функцией принадлежности, которая характеризует степень его отношения к множеству. Термы  $t_1$  и  $t_n$  будем называть крайними, а термы  $t_2, t_3, \dots, t_{n-1}$  — средними. Наиболее часто используемыми функциями принадлежности являются треугольная для средних термов и трапециевидальная для крайних. Определяющие их формулы представлены ниже:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b, \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x < c, \\ 0, & x \geq c. \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b, \\ 1, & b \leq x < c, \\ \frac{x-d}{c-d}, & c \leq x < d, \\ 0, & x \geq d. \end{cases} \quad (2)$$

где  $a, b, c$  и  $d$  — параметры функций принадлежности;  $x$  — переменная нечеткого регулятора.

База правил нечеткого регулятора представляет собой совокупность правил нечеткой продукции. Она может содержать количество правил, равное  $n^m$ . Содержащиеся в ней правила записываются в виде выражений:

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } \beta_1 = t_{1i} \text{ И } \beta_2 = t_{2i} \text{ И } \dots \text{ И } \beta_m = t_{mi} \\ &\text{ТО } \gamma_1 = p_{1j}, \gamma_2 = p_{2j}, \dots, \gamma_k = p_{kj}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\beta_1 = t_{1i}$  И  $\beta_2 = t_{2i}$  И  $\dots$  И  $\beta_m = t_{mi}$  — условие правила;  $\gamma_1 = p_{1j}, \gamma_2 = p_{2j}, \dots, \gamma_k = p_{kj}$  — заключение правила;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  — входные переменные регулятора;  $t_{1i}, t_{2i}, \dots, t_{mi}$  — элементы терм-множеств соответствующих входных переменных,  $i = 1 \dots n$ ;  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k$  — выходные переменные;  $p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{kj}$  — элементы терм-множеств соответствующих выходных переменных,  $j = 1 \dots n$ . Каждое правило характеризуется весом  $w$ , который может принимать значения от 0 до 1. Порядковый номер термов и значения весов — это параметры базы правил.

Основной трудностью для использования нечетких регуляторов является процесс подбора параметров функций принадлежности и базы правил. Для этого часто используют генетические алгоритмы [2]. Идея генетических алгоритмов заимствована у живой природы и состоит в организации эволюционного процесса, конечной целью которого является получение оптимального решения в сложной комбинаторной задаче. В процессе его выполнения в искусственных системах происходит имитация таких свойств живой природы, как естественный отбор (достижение критерия оптимизации), приспособляемость к изменяющимся условиям среды (подбор значений параметров), наследование потомками жизненно важных свойств от родителей (выбор наилучших комбинаций параметров) [3].

Все параметры функций принадлежности термов переменных регулятора, а также порядковые номера элементов терм-множеств, входящих в условие и заключение правил, представляют собой набор параметров нечеткого регулятора, который записывается в виде одномерного массива, а его элементы формируются генератором случайных чисел. Создание разнообразных комбинаций параметров осуществляется с помощью организации цикла по генерации одномерных массивов. Полученная совокупность данных, поколение генетического

алгоритма фиксируется в виде массива (матрицы). С каждой строкой матрицы сопоставляется значение функции приспособленности, отвечающей за критерий оптимизации. Элитные наборы параметров, к которым в дальнейшем будут применяться преобразования, включают комбинации параметров, позволяющие получить минимальное значение функции приспособленности и близкое к нему значение [4].

При построении нечеткого регулятора применяются два типа преобразований или генетических операторов: скрещивание и мутация. Скрещивание представляет собой получение двух новых комбинаций параметров, полученных путем инверсии элементов при дихотомическом делении элитных наборов случайным образом. Мутация заключается в изменении на некоторую величину случайно выбранного элемента одного из элитных наборов параметров. Наборы параметров, полученные в результате преобразований и с помощью генератора случайных чисел, образуют новую совокупность комбинаций. Совершение большего количества преобразований над элитными наборами создает условие для нахождения не только локальных экстремумов, но и глобального оптимума функции приспособленности.

Представленный алгоритм для подбора параметров нечеткого регулятора реализован в авторской компьютерной программе [5]. Данная программа позволяет настраивать нечеткие регуляторы с различным числом входных и выходных переменных.

Данную программу можно применить для создания нечеткого регулятора системы автоматического управления движением автомобиля при параллельной парковке. Моделью автомобиля в данной задаче является прямоугольник с габаритными значениями ширины и длины автомобиля. Управляющими переменными в этой системе управления будут расстояния от датчиков положения машины до препятствия  $R$ , а управляемыми — угол поворота руля  $\alpha$  и расстояние  $D$ , преодолеваемое автомобилем за один шаг алгоритма. Качество работы системы управления оценивается через величину тангенса угла наклона прямой  $AD$  и осью  $Ox$  в конечном положении. Модель автомобиля с двумя датчиками представлена на рис. 2.

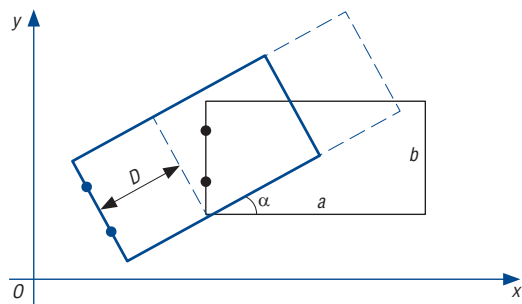


Рис. 2. Модель автомобиля с двумя датчиками  
 — начальное положение;  
 — конечное положение; ● — датчик

Нечеткий регулятор для данной системы управления будет иметь структуру, представленную на рис. 3.

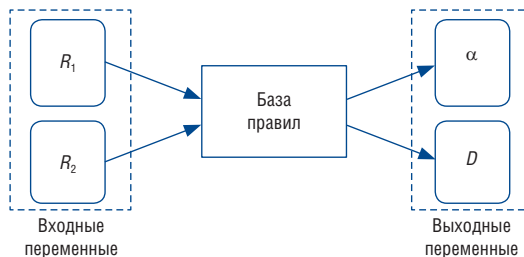


Рис. 3. Структура нечеткого регулятора

Проиллюстрировать предложенную модель системы управления движением машины при параллельной парковке можно на примере автомобиля Lada Kalina (седан). Габаритные размеры будут иметь следующие значения: длина ( $a$ ) 4040 мм, ширина ( $b$ ) 1700 мм [6].

Структура созданного нечеткого регулятора будет следующая: каждая его переменная будет содержать по пять термов; размер терм-множеств равен пяти; функция принадлежности крайних термов — трапециевидальная, а средних — треугольная. Параметры функций принадлежности и базы правил можно представить в виде таблиц (табл. 1, 2).

Таблица 1

### Параметры функций принадлежности

№ термина	Параметр функции принадлежности	$R_1$	$R_2$	$\alpha$	$D$
1	$a$	0	0	0	0
	$b$	0	0	0	0
	$c$	1,7100	4,1718	0,1865	0,2974
	$d$	4,2838	5,0379	0,1978	2,1147
2	$a$	3,2542	5,0379	0,1956	-0,7929
	$b$	5,8280	5,9040	0,2069	1,0243
	$c$	6,8567	6,7160	0,6619	4,7246
3	$a$	6,4452	6,7160	0,5709	-1,1959
	$b$	7,4739	7,5280	1,0258	2,5044
4	$c$	7,9447	8,1227	1,0435	2,5511
	$a$	7,7564	8,1227	1,0399	2,4765
5	$b$	8,2273	8,7174	1,0576	2,5231
	$c$	12,3185	9,3434	1,1154	5,1571
	$a$	10,6820	9,3434	1,1039	0,9427
5	$b$	14,7733	9,9693	1,1617	3,5767
	$c$	15	15	1,57	5
5	$d$	15	15	1,57	5

База правил полученного нечеткого регулятора показана в табл. 2. Каждому терму в условии правила соответствует цифра от 1 до 5.

Положение автомобиля в начальный момент времени и в конце работы программы представлено на рис. 4.

Представленный рисунок демонстрирует, что программа смогла подобрать нечеткий регулятор, позволяющий системе автоматического управления движением автомобиля при параллельной парковке поставить машину в нужное положение. Улучшить данную модель можно с помощью увеличения количества датчиков. **ИТ**

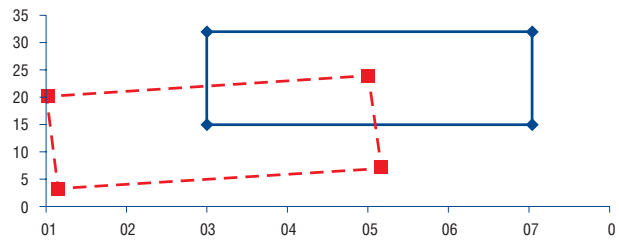


Рис. 4. Положение автомобиля  
 — ромб — начальное положение автомобиля;  
 — квадрат — конечное положение автомобиля

Таблица 2

Параметры базы правил

№ правила	Условие		Заключение		Вес правила	№ правила	Условие		Заключение		Вес правила
	$x$	$\varphi$	$\alpha$	$D$			$x$	$\varphi$	$\alpha$	$D$	
1	1	1	2	3	0,2555	14	3	4	5	4	0,2580
2	1	2	5	5	0,4156	15	3	5	2	5	0,3736
3	1	3	3	2	0,4876	16	4	1	5	2	0,5243
4	1	4	4	4	0,6804	17	4	2	2	5	0,2848
5	1	5	4	3	0,3583	18	4	3	2	2	0,2922
6	2	1	5	2	0,2098	19	4	4	2	2	0,5635
7	2	2	1	2	0,3646	20	4	5	3	4	0,1787
8	2	3	1	1	0,9318	21	5	1	4	3	0,8171
9	2	4	2	3	0,6048	22	5	2	3	5	0,2455
10	2	5	2	4	0,3836	23	5	3	1	5	0,2375
11	3	1	1	5	0,9383	24	5	4	1	1	0,2736
12	3	2	5	2	0,9752	25	5	5	1	1	0,8250
13	3	3	1	1	0,9640						

## Список литературы

1. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.: ил.
2. Cordon O., Herrera F., Hoffman F., Magdalena L. Genetic Fuzzy Systems: evolutionary tuning and learning of fuzzy knowledge bases (Advances in Fuzzy Systems — Applications and Theory Vol. 19). — Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. — 2001.
3. Растрингин Л. А. Случайный поиск — специфика, этапы истории и предрассудки // Вопросы кибернетики. — 1978. — Вып. 33. — С. 3–16.
4. Тарасян В. С., Куликова И. В. Разработка процедуры построения нечеткого регулятора и ее применение для управления движением перевернутого маятника // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2013. — № 1 (17). — С. 34–42. — ISSN 2079–0392.
5. Тарасян В. С., Куликова И. В. Автоматическое обучение нечетких регуляторов MISO-типа. Свидетельство о государственной регистрации № 2014614584. — Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 06 марта 2014 г.
6. Погребной С. Н. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту LADA KALINA II. Выпуск с 2013 года. — М.: Третий Рим, 2014. — 320 с. — (Ремонт без проблем). — ISBN 978-5-91774-977-8.



**Николай Степанович  
Захаров**  
Nikolay S. Zakharov



**Анна Николаевна  
Макарова**  
Anna N. Makarova

# Оперативное корректирование нормативов периодичности технического обслуживания автомобилей

## Prompt adjustment of standard vehicle maintenance intervals

### Аннотация

В статье рассматривается вопрос корректирования нормативов периодичности технического обслуживания на основе данных о фактической надежности автомобилей в эксплуатации. Предложен метод непараметрического оценивания распределения наработок на отказ. Обоснован вид математической модели влияния периодичности технического обслуживания на вероятность безотказной работы машин. Для оценки степени влияния вариации фактической периодичности обслуживания на безотказность автомобилей разработана имитационная модель. Проведен имитационный эксперимент. Установлены зависимости вероятности безотказной работы от среднего значения и коэффициента вариации периодичности технического обслуживания

**Ключевые слова:** надежность автомобилей, периодичность технического обслуживания, вероятность безотказной работы.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-62-69

### Summary

The article discusses the adjustment of standard maintenance intervals using the data on actual reliability of vehicles in operation. A method for nonparametric estimation of distribution of operating time between failures is proposed. A kind of mathematical model of the influence of maintenance frequency on the probability of failure-free operation of vehicles is substantiated. A simulation model has been developed to assess the degree of influence of variation in actual maintenance intervals on vehicle reliability. A simulation experiment has been carried out. The dependences of probability of failure-free operation on the average value and variation coefficient of maintenance intervals have been determined

**Keywords:** vehicle reliability, maintenance intervals, probability of failure-free operation.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-62-69

### Авторы Authors

*Николай Степанович Захаров, д-р техн. наук, профессор, действительный член РАТ, заведующий кафедрой «Сервис автомобилей и технологических машин» Тюменского государственного нефтегазового университета (ТюмГНГУ), Тюмень | Анна Николаевна Макарова, аспирант кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин» Тюменского государственного нефтегазового университета (ТюмГНГУ), Тюмень*

*Nikolay Stepanovich Zakharov, DSc in Engineering, Professor, Full Member of RAT, Head of Automobiles and Process Machines Service Department, Tyumen State Oil and Gas University (TSOGU), Tyumen | Anna Nikolaevna Makarova, PhD student, Automobiles and Process Machines Service Department, TSOGU, Tyumen*



При использовании автомобилей в условиях Севера и Сибири процессы эксплуатации и изменения технического состояния автомобилей имеют существенные особенности [1].

Во-первых, характерны тяжелые условия эксплуатации, не учтенные в существующей методике корректирования нормативов технического обслуживания (ТО). Для определения периодичности ТО, обеспечивающей заданную вероятность безотказной работы, необходимо установить вид и параметры закона распределения наработок на отказ на основе репрезентативной выборки. Но при проведении плано-предупредительных операций ТО большая часть потенциальных отказов предупреждается, в связи с чем возможно получение только усеченной выборки. Точность определения параметров распределения наработок на отказ с использованием известных методов обработки незавершенных испытаний в этих условиях недостаточна для определения и корректирования нормативов.

Во-вторых, в силу различных причин фактическая периодичность ТО может существенно отличаться от нормативной, причем недостаточно изучено влияние различных факторов на фактическую периодичность ТО и ее вариацию, а также их влияние на вероятность безотказной работы автомобилей и коэффициент технической готовности.

В выполненных ранее исследованиях разработан ряд методов определения и корректирования нормативов периодичности ТО [2, 3], но все они имеют допущения и ограничения, снижающие точность расчетов или лимитирующие область использования. Эти методы реализованы в нормативных документах, регламентирующих системы обеспечения работоспособности: в Положении о ТО и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта (далее — Положение) [4], сервисных книжках. В Положении все многообразие условий эксплуатации сведено к пяти категориям, норматив периодичности ТО для которых меняется в относительных единицах от 1,0 до 0,6. При этом вариация условий внутри категории не учитывается.

Ведущие мировые производители автомобилей обычно предлагают простые методики корректирования нормативов периодичности ТО. Например, для грузовых автомобилей «Мерседес», выполняющих дальние поездки, периодичность ТО составляет 100 тыс. км, а для автомобилей, работающих в тяжелых условиях, норматив может быть снижен до 30 тыс. км. При этом не ясно, что понимается под тяжелыми условиями и насколько в конкретном случае нужно снизить норматив. Использовать для корректирования норматива методику из Положения невозможно, поскольку в данном случае предусматривается более широкий интервал изменения — от 1,0 до 0,3.

Таким образом, существует требующая решения актуальная проблема оперативного корректирования нор-

мативов периодичности ТО автомобилей с учетом специфики условий эксплуатации.

Для решения этой проблемы проведены теоретические и экспериментальные исследования. В теоретической части с целью реализации системного подхода выполнена декомпозиция изучаемой системы. Структура служит основой для создания имитационных моделей как системы в целом, так и отдельных подсистем. Выявление общих закономерностей процессов формирования вероятности безотказной работы автомобилей, структурирование исследуемой системы дает возможность использовать дедуктивный метод для получения частных решений.

Теоретической основой для решения обозначенной проблемы является концепция определения и корректирования нормативов периодичности ТО автомобилей, включающая следующие четыре аксиомы и два следствия.

#### Аксиомы:

1. Вероятность безотказной работы автомобилей зависит от периодичности ТО.

2. Фактическая периодичность ТО в большинстве случаев не может быть реализована на уровне нормативной, она или больше, или меньше ее.

3. В условиях проведения плано-предупредительных операций ТО невозможно получить полную выборку наработок на отказ рассматриваемых элементов автомобилей.

4. При обработке усеченных выборок наработок на отказ с малой долей отказавших элементов невозможно установить закон распределения.

#### Следствия:

1. Для моделирования вероятности безотказной работы в период между последовательными ТО необходимо использовать непараметрические методы.

2. При определении периодичности ТО необходимо учитывать вариацию ее реализуемых значений.

На основе анализа ранее выполненных исследований и разработки ряда гипотез об изменении затрат на ТО и текущий ремонт (ТР), а также вероятности безотказной работы и коэффициента технической готовности при изменении периодичности ТО выдвинуто предположение, что при определении и корректировании нормативов периодичности ТО в качестве целевой функции целесообразно выбирать минимум разности между заданной  $R_d$  и реализуемой  $R_i$  вероятностью безотказной работы:

$$R_d - R_i = f(L_{TO}(X)) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Для реализации теоретического подхода к решению задачи определения периодичности ТО в условиях предупреждения большей части отказов рассчитываются вероятности отказа в точках  $L_1, L_2, \dots, L_m$  интервала наработки  $0 \dots L_{TO}$ :

$$F(L_1) = \frac{1}{N}; F(L_2) = \frac{2}{N}; \dots; F(L_m) = \frac{m}{N}.$$

Рассматриваются  $m$  пар значений  $L_i$  и  $F(L_i)$ . Они отражают влияние наработки на вероятность отказа. Эти значения аппроксимируются уравнением регрессии. По полученному уравнению определяется значение  $L_{ТО}$ , при котором  $F(L_{ТО}) = F_d$ . Предварительный анализ графического вида рассматриваемой зависимости в интервале  $0 \dots L_{ТО}$  позволил предположить, что в качестве модели можно использовать экспоненту или полином. При использовании экспоненты вида  $F(L) = A_0 e^{A_1 L}$  периодичность ТО можно определить по модели:

$$L_{ТО} = (\ln(1 - R_d) - \ln(A_0)) / A_1. \quad (2)$$

Проверка этой гипотезы и выбор наилучшей из перечисленных моделей производится на основе экспериментальных исследований.

С использованием описанного выше подхода разработана имитационная модель формирования вероятности безотказной работы автомобилей с учетом вариации периодичности ТО и использованием усеченных выборок наработок на отказ (рис. 1).

На основе анализа выполненных ранее исследований выдвинута гипотеза о том, что наибольшее влияние на отклонение периодичности ТО от нормативного значения оказывают суточный пробег и длина рейса. Исходя из изложенных выше аксиом и анализа системы формирования фактической периодичности ТО, разработана имитационная модель влияния среднесу-

точного пробега и длины рейса на фактическую периодичность ТО, алгоритм которой представлен на рис. 2.

При рассмотрении закономерности влияния среднесуточного пробега и длины рейса на фактическую периодичность ТО в качестве исходных принципов приняты аксиомы 1 и 2 из концепции определения и корректирования нормативов периодичности ТО автомобилей, а также сформулированы следующие частные аксиомы:

1. Фактическая периодичность ТО есть сумма случайных значений длины рейса в период между двумя последовательными обслуживаниями.

2. Если длина рейса меньше суточного пробега, то фактическая периодичность ТО есть сумма случайных значений суточных пробегов.

3. Если длина рейса (суточный пробег) — случайная величина, то и периодичность ТО есть тоже случайная величина.

Далее разработан ряд гипотез о виде закономерности влияния суточного пробега и длины рейса на фактическую периодичность ТО. Фактическая периодичность

ТО характеризуется средним значением  $\overline{L_{ТО}^{(Ф)}}$  и коэффициентом вариации  $V_{L_{ТО}}$ . Суточный пробег рассматривается в том случае, когда он превышает или равен длине рейса. В ином случае он не имеет значения, и рассматривается длина рейса. Для характеристики длины рейса (суточного пробега) также используется среднее значение  $L_p$  и коэффициент вариации  $V_{L_p}$ . Разработаны гипотезы о виде однофакторных и многофакторных моделей рассматриваемых зависимостей. Выдвинутые гипотезы проверяются на основе эксперимента.

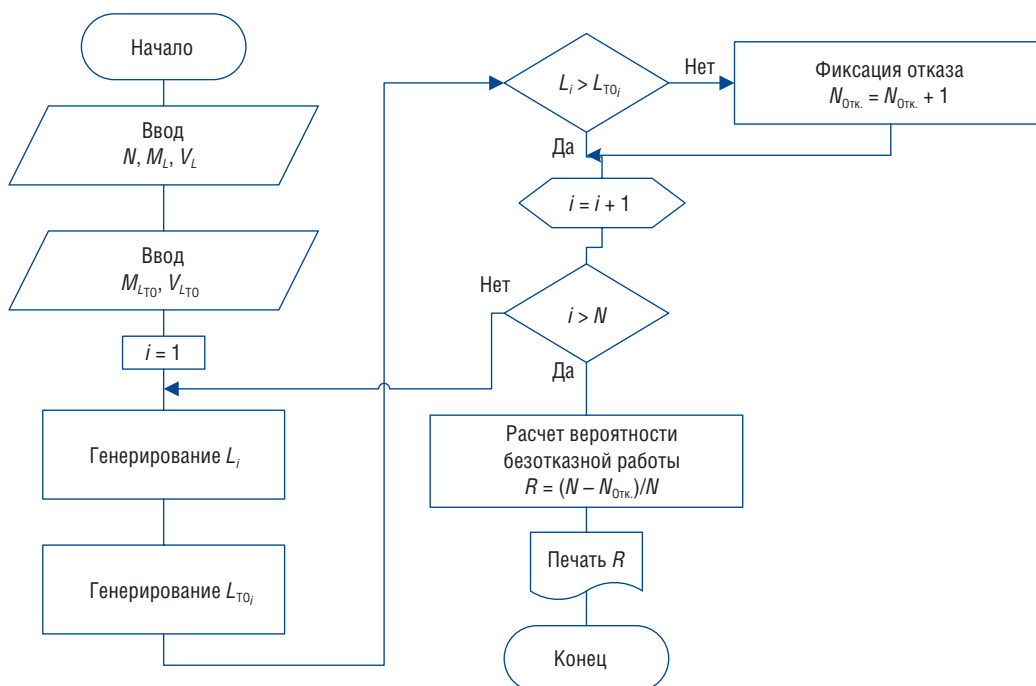
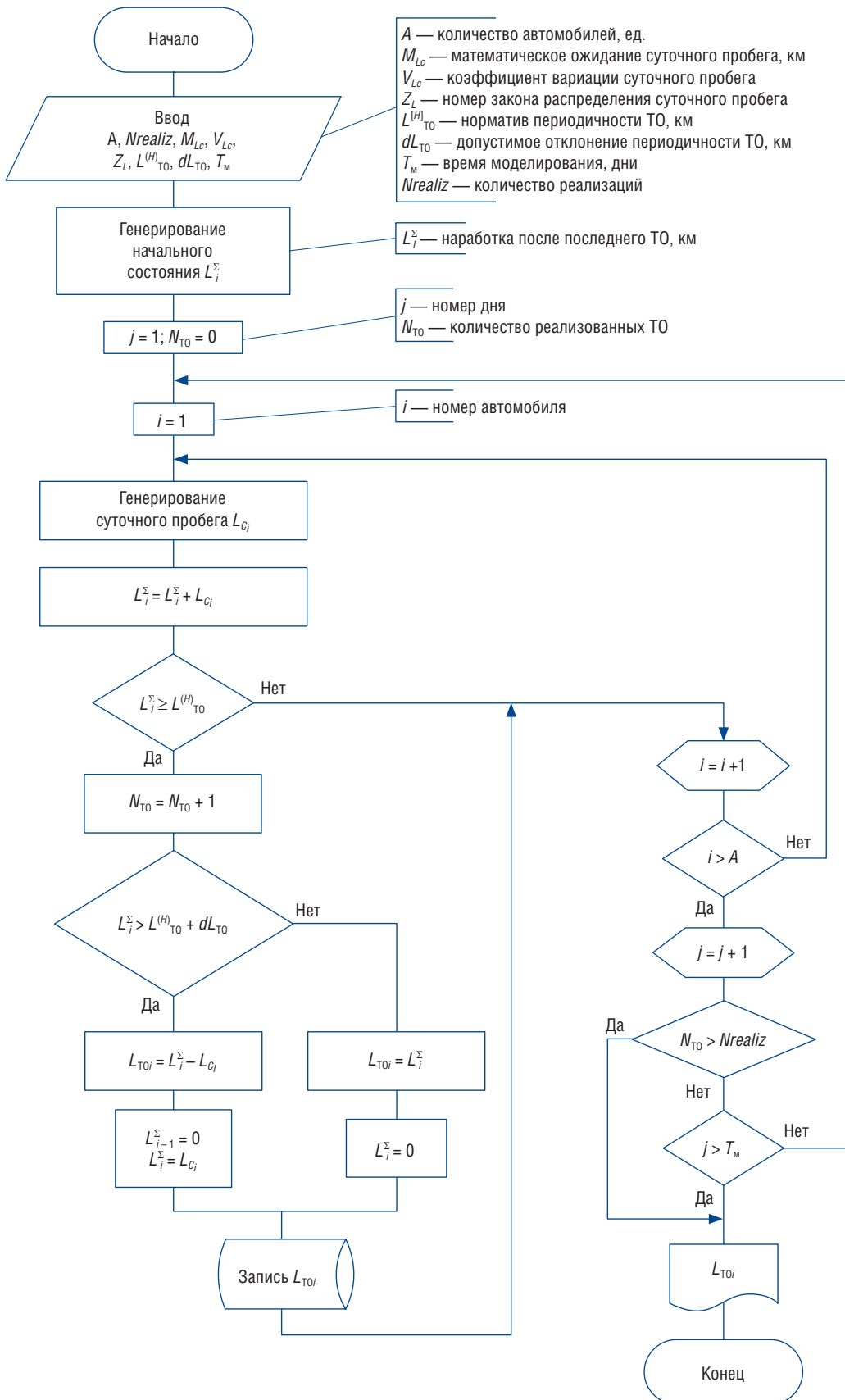


Рис. 1. Укрупненный алгоритм расчета вероятности безотказной работы



$A$  — количество автомобилей, ед.  
 $M_{LC}$  — математическое ожидание суточного пробега, км  
 $V_{LC}$  — коэффициент вариации суточного пробега  
 $Z_L$  — номер закона распределения суточного пробега  
 $L_{TO}^{(h)}$  — норматив периодичности ТО, км  
 $dL_{TO}$  — допустимое отклонение периодичности ТО, км  
 $T_m$  — время моделирования, дни  
 $N_{realiz}$  — количество реализаций

$L_i^\Sigma$  — наработка после последнего ТО, км

$j$  — номер дня  
 $N_{TO}$  — количество реализованных ТО

$i$  — номер автомобиля

Н. С. Захаров, А. Н. Макарова | Оперативное корректирование нормативов периодичности технического обслуживания автомобилей

Рис. 2. Алгоритм имитационной модели влияния среднесуточного пробега и длины рейса на фактическую периодичность ТО

В теоретических исследованиях выдвинуты предположения о том, что асимптотика и чувствительность  $Z_{\text{сум}}$  к изменению  $L_{\text{ТО}}$  зависят от отношения стоимости ТР и потерь от простоев в ТР к стоимости ТО и потерь от простоев в ТО  $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})}$ . Проверка гипотез осуществ-

лялась на основе имитационного эксперимента. Для этого была разработана имитационная модель изучаемой системы.

Результаты эксперимента показали, что наличие или отсутствие экстремума на кривой  $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$  зависит не только от рассматриваемого отношения, но и от вариации наработок на отказ. На графике рис. 3 показаны зоны немонотонности рассматриваемой зависимости.

Для оценки влияния периодичности ТО на суммарные затраты в районе их минимума проведен имитационный эксперимент по определению доверительного интервала  $L_{\text{ТО0}}$  при различных погрешностях оценки суммарных затрат  $dC$ . Величина доверительного интервала  $L_{\text{ТО0}}$

зависит от величины отношения  $\frac{(C_{\text{ТР}} + П_{\text{ТР}})}{(C_{\text{ТО}} + П_{\text{ТО}})}$ . Чем больше это отношение, тем уже доверительный интервал.

При увеличении погрешности определения суммарных затрат величина доверительного интервала  $L_{\text{ТО0}}$  возрастает. Во всех случаях доверительный интервал имеет достаточно большую величину (рис. 4): при погрешности определения суммарных затрат 1% и отношении затрат на ТР к затратам на ТО, равном 10,0, доверительный интервал составляет 15,9% от  $L_{\text{ТО0}}$ , а при погрешности 10% и таком же отношении затрат — 53,3%. Поэтому область использования технико-экономического метода имеет соответствующие ограничения. Таким образом, на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований подтверждена гипотеза о целевой функции.

Для проверки гипотезы о виде модели влияния периодичности ТО на вероятность безотказной работы автомобилей в условиях предупреждения большей части отказов проведены имитационные эксперименты. Генерировались выборки наработок на отказ элементов машин, распределенные по нормальному, логарифмически нормальному законам и закону Вейбулла. Рассчитывались эмпирические значения вероятности отказа в интервале  $F(L) = 0 \dots 0,2$ . Пары значений  $L_i$  и  $F(L_i)$  аппроксимировались интегральной функцией распределения, полиномом второго порядка и экспонентой (рис. 5). Наименьшую среднюю ошибку аппроксимации обеспечивает экспоненциальная модель. Для нее максимальное значение составило 2,15%, а минимальное — 0,6%. Более низкие значения ошибки аппроксимации в ключевых точках — при вероятности безотказной работы 0,90 и 0,95 — имеет также экспоненциальная модель:  $\varepsilon_{0,90} = 0,06 \dots 2,58\%$ ;  $\varepsilon_{0,95} = 0,02 \dots 1,39\%$ .

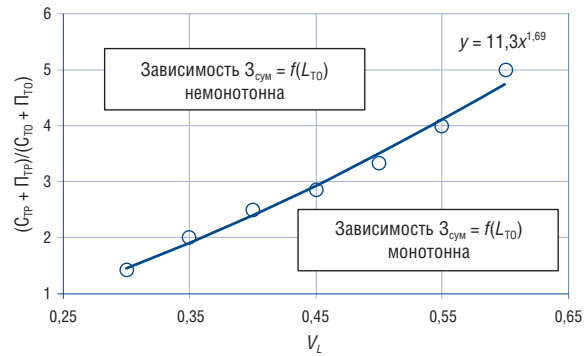


Рис. 3. Зона немонотонности зависимости  $Z_{\text{сум}} = f(L_{\text{ТО}})$

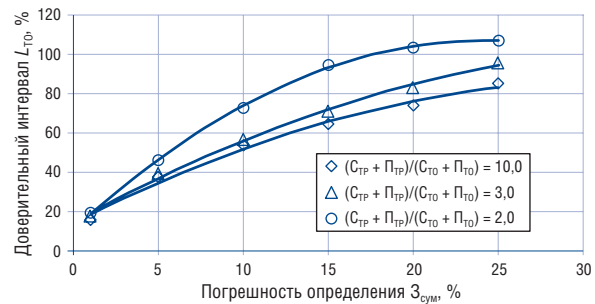


Рис. 4. Влияние погрешности определения суммарных затрат на величину доверительного интервала  $L_{\text{ТО0}}$

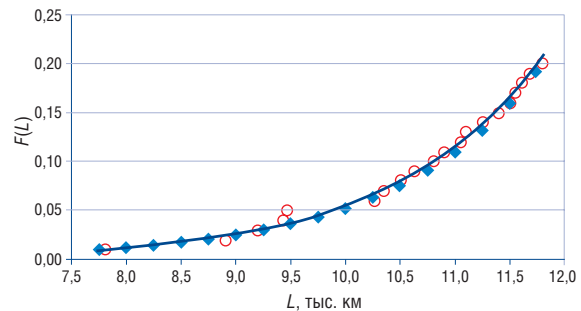


Рис. 5. Аппроксимация эмпирических значений вероятности отказа экспоненциальной моделью:   
 ○ — экспериментальные значения вероятности отказа;   
 — — экспоненциальная модель;   
 ◆ — восстановленные значения интегральной функции распределения

Учитывая: а) более высокую точность экспоненциальной модели; б) то, что полином второй степени имеет перегиб в области малых наработок, что противоречит физическому смыслу; в) невозможность с достаточной точностью оценить параметры законов распределений при малой доле реализованных наработок на отказ, предпочтение следует отдать экспоненциальной модели. Для приведенного на рис. 5 примера модель имеет вид:

$$F(L) = 3,1 \cdot 10^{-5} e^{0,74L}. \quad (3)$$

Проверка адекватности имитационной модели формирования вероятности безотказной работы автомобилей с учетом вариации периодичности ТО и использова-



нием усеченных выборок наработок на отказ выполнена на основе сравнительных экспериментов. Сначала получены данные о фактических наработках на отказ в циклах до очередного ТО, а также данные о фактических периодичностях ТО в семи транспортных предприятиях ОАО «Сургутнефтегаз». На основе данных о наработках на отказ определены численные значения параметров экспоненциальной модели зависимости вероятности отказа от наработки. Затем выполнена статистическая обработка данных о фактических периодичностях ТО. Оценка адекватности имитационной модели эксперименту проводилась по критерию Фишера. Дисперсионное отношение составило 3,41. С вероятностью 0,90 это значение превышает табличное, равное 3,05. Средняя ошибка аппроксимации составила 0,61 %.

Для оценки факторов, влияющих на отклонение фактической периодичности ТО от нормативного значения, на основе анализа ранее выполненных исследований сформирован их исходный перечень (рис. 6). С использованием метода априорного ранжирования установлено, что наибольшее влияние на фактическую периодичность ТО оказывают: X1 — средняя длина рейса; X2 — технологическая дисциплина; X5 — пропускная способность зоны ТО. Поскольку X2 и X5 — управляемые факторы, то, воздействуя на них, можно нивелировать негативное влияние на периодичность ТО. Управлять длиной рейса при выполнении определенного транспортного задания практически невозможно (возможно только в некоторых случаях в небольших пределах путем оптимизации маршрута движения), поэтому данный фактор необходимо учитывать при определении и корректировании нормативов периодичности ТО.

Проверка адекватности имитационной модели влияния среднесуточного пробега и длины рейса на фактическую периодичность ТО выполнялась путем сравнения фактических периодичностей ТО, полученных на предприятиях ОАО «Сургутнефтегаз» на основе пассивного эксперимента, и расчетных значений, полученных для тех же условий на имитационной модели. Оценка адекватности имитационной модели экспериментальным данным при расчете значений средней периодичности ТО проводилась по критерию Фишера. Дисперсионное отношение составило 13,80. С вероятностью 0,99 это значение превышает табличное. Средняя ошибка аппроксимации составила 1,86 %.

Для проверки гипотезы о виде двухфакторной модели влияния длины рейса и коэффициента вариации длины рейса на фактическую периодичность определены численные значения параметров модели и рассчитаны ее статистические характеристики. В графическом виде модель представлена на рис. 7. Модель имеет следующий вид:

$$\overline{L_{TO}^{(Ф)}} = 1,03 + 0,71L_p + 0,038V_p + 0,37L_pV_p. \quad (4)$$

Двухфакторная модель зависимости коэффициента вариации периодичности ТО от длины рейса и коэффициента вариации длины рейса (рис. 8) имеет вид:

$$V_{L_{TO}} = 0,013 + 0,22L_p + 0,05V_p + 0,34L_pV_p + 0,008L_p^2 - 1,23L_pV_p. \quad (5)$$

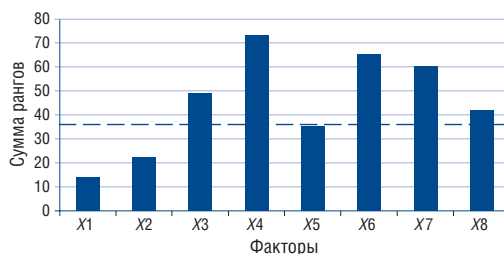


Рис. 6. Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на отклонение фактической периодичности ТО от нормативного значения: X1 — средняя длина рейса; X2 — технологическая дисциплина; X3 — размер и структура предприятия; X4 — величина норматива; X5 — пропускная способность зоны ТО; X6 — метод планирования постановки автомобилей на ТО; X7 — специфика обслуживаемого производства; X8 — обеспеченность материалами для проведения ТО

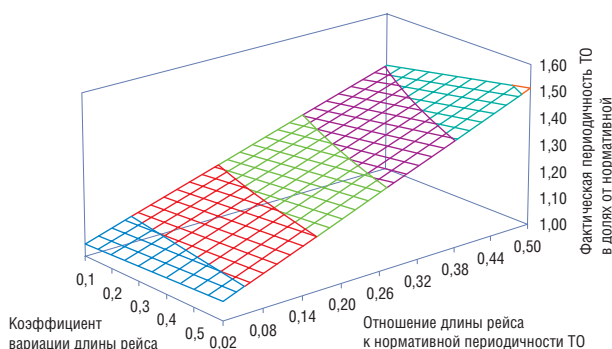


Рис. 7. Влияние среднего значения и коэффициента вариации длины рейса на среднюю фактическую периодичность ТО

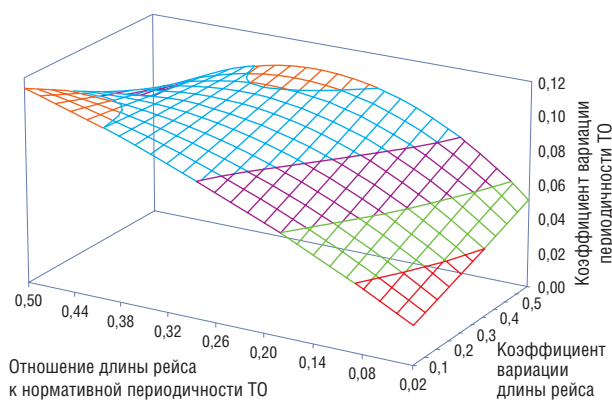


Рис. 8. Влияние относительной длины рейса в долях от нормативной периодичности ТО и коэффициента вариации длины рейса на коэффициент вариации периодичности ТО

Проверка гипотезы о виде математической модели влияния вариации периодичности ТО на вероятность безотказной работы автомобилей проводилась на основе имитационного эксперимента. Анализ результатов, полученных для разных значений средней периодичности ТО, показал, что наилучшую аппроксимацию экспериментальных данных обеспечивает полином третьей степени.

Полученная модель не позволяет в полной мере судить о рассматриваемой закономерности, поскольку с изменением среднего значения фактической периодичности ТО численные значения параметров математической модели влияния вариации периодичности ТО на вероятность безотказной работы меняются. Поэтому для большей наглядности на основе полного факторного активного имитационного эксперимента получена двухфакторная модель (рис. 9):

$$R(L_{TO}) = 0,938 + 0,41L_{TO} - 0,32V_{L_{TO}} - 0,37L_{TO}^2 + 0,085V_{L_{TO}}^2 + 0,022L_{TO}^3 - 0,83V_{L_{TO}}^3. \quad (6)$$

Проверка по критерию Фишера показала адекватность модели экспериментальным данным с вероятностью 0,99, средняя ошибка аппроксимации — 2,41 %.

При использовании на практике результатов исследований для определения или корректирования норматива периодичности ТО необходимо собрать данные об отказах, исходя из планового значения коэффициента технической готовности (КТГ), определить заданную вероятность отказа и рассчитать норматив с использованием разработанной в диссертации методики. Предлагается два варианта расчетов: для подготовленных пользователей — с помощью Microsoft Excel; для менее подготовленных — с использованием специально разработанной программы.

Определение потенциальной вероятности безотказной работы автомобилей, работающих в специфических условиях эксплуатации, с учетом распределения длины рейса производится в следующем порядке:

- 1) на основе фактических данных рассчитываются средняя длина рейса и коэффициент вариации длины рейса;
- 2) исходя из средней длины рейса и коэффициента вариации длины рейса, по номограмме рис. 10 определяется средняя периодичность ТО;
- 3) исходя из средней длины рейса и коэффициента вариации длины рейса, по номограмме рис. 11 определяется коэффициент вариации периодичности ТО;
- 4) исходя из среднего значения и коэффициента вариации периодичности ТО, по номограмме рис. 12 определяется вероятность безотказной работы.

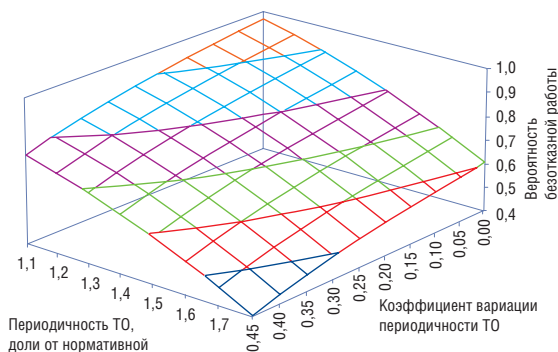


Рис. 9. Влияние среднего значения и коэффициента вариации периодичности ТО на вероятность безотказной работы

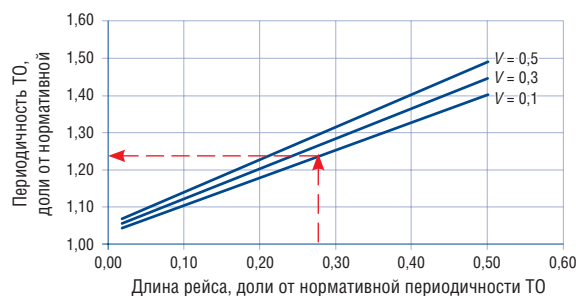


Рис. 10. Влияние среднего значения и коэффициента вариации длины рейса на среднюю периодичность ТО

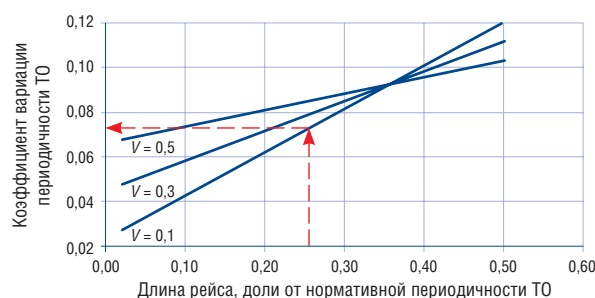


Рис. 11. Влияние среднего значения и коэффициента вариации длины рейса на коэффициент вариации периодичности ТО

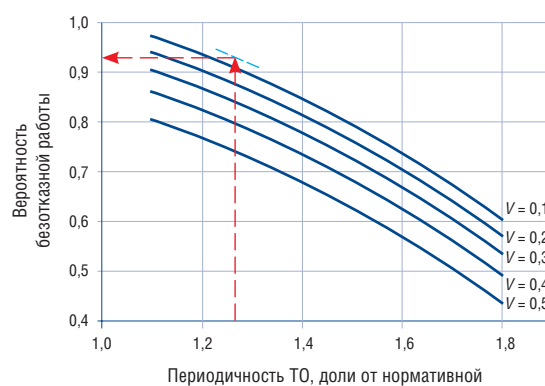


Рис. 12. Влияние среднего значения и коэффициента вариации периодичности ТО на вероятность безотказной работы

Полученное значение вероятности безотказной работы можно сравнить с фактическим и оценить резервы повышения надежности автомобилей. При этом прежде всего необходимо рассмотреть варианты снижения отклонений от нормативной периодичности ТО за счет оптимизации длины рейсов, а также снижения коэффициента вариации длины рейса, например, закреплением автомобилей за определенными маршрутами.

Оценка эффективности результатов исследований состоит в определении уровня реализации цели в соответствии с целевой функцией. В качестве примера для расчета эффекта от корректирования нормативов периодичности ТО выбраны автомобили-самосвалы MAN TGA 40.410. По рекомендации завода-изготовителя для них установлена периодичность ТО, равная 40 000 км. Но практика использования автомобилей в тяжелых дорожных условиях показала, что количество отказов достаточно велико, КТГ составля-

ет только 0,75. Выбор нормативов и оценка эффекта от их изменения проводилась на основе выполненных исследований. В результате было установлено, что для обеспечения КТГ = 0,92 необходимо обеспечить вероятность безотказной работы 0,95 (по объектам обслуживания, включенным в перечень операций ТО), что соответствует в рассматриваемом случае периодичности ТО 25 000 км. Расчеты показали, что при изменении норматива увеличиваются удельные затраты на ТО, а потери прибыли из-за простоев в ТР снижаются. Экономический эффект составляет 7 124 руб. на один автомобиль в год.

Таким образом, на основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена научно-практическая задача по повышению надежности автомобилей путем оперативного определения и корректирования периодичности технического обслуживания при эксплуатации в различных условиях. **ИТ**

### Список литературы

1. Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче : учебное пособие / Н. С. Захаров, А. И. Ягвкин, С. А. Асеев и др.; под ред. Н. С. Захарова. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. — 508 с.
2. Кузнецов Е. С. Техническое обслуживание и надежность автомобилей. — М. : Транспорт, 1972. — 224 с.
3. Захаров Н. С. Техническое обслуживание автомобилей и автомобильные эксплуатационные материалы : учебное пособие. — Тюмень : Вектор бук, 1997. — 176 с.
4. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Минавтотранс РСФСР. — М. : Транспорт, 1986. — 76 с.



**Дмитрий  
Алексеевич  
Дрючин**  
Dmitriy A.  
Dryuchin



**Дмитрий  
Германович  
Неволин**  
Dmitry G.  
Nevolin



**Николай  
Николаевич  
Якунин**  
Nikolay N.  
Yakunin

## Распределение транспортных корреспонденций городского населения по видам общественного транспорта на примере города Оренбурга

### Distribution of transportation correspondence of urban population by means of public transport using the example of the city of Orenburg

#### Аннотация

В статье дана общая характеристика городского общественного транспорта, описана его структура, дана краткая характеристика отдельных видов. Выдвинута гипотеза о том, что параметры транспортных корреспонденций, реализуемых легковыми такси, являются индикаторами, позволяющими выявить недостатки работы городского маршрутного транспорта. Представлены результаты исследования параметров транспортных корреспонденций, реализуемых легковыми такси в городе Оренбурге. Сделаны выводы о правомерности выдвинутой гипотезы.

**Ключевые слова:** общественный транспорт, транспортные корреспонденции, легковое такси, пассажирские перевозки, транспортная подвижность населения.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-70-73

#### Summary

The article gives a general description of urban public transport, its structure described; brief characteristics of individual types of transport are given. A hypothesis is proposed that parameters of transport correspondence supported by passenger taxis are the indicators that allow to identify the shortcomings in urban public transport operation. The results of the study of parameters of transport correspondence realized by passenger taxis in the city of Orenburg are described. Conclusions about the legitimacy of this hypothesis are made.

**Keywords:** public transport, transport correspondences, passenger taxis, passenger transport, transport mobility of the population.

DOI: 10.20291/2311-164X-2016-1-70-73

#### Авторы Authors

**Дмитрий Алексеевич Дрючин**, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета, г. Оренбург; e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, профессор, действительный член РАТ, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Николай Николаевич Якунин**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета, г. Оренбург; e-mail: yakunin-n@yandex.ru

**Dmitriy Alekseevich Dryuchin**, PhD in Engineering, Associate Professor, Motor Transport Department, Orenburg State University, Orenburg; e-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru | **Dmitriy Germanovich Nevolin**, DSc in Engineering, Professor, full member of the RAT, Head of Design and Operation of Automobiles Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Nikolay Nikolaevich Yakunin**, DSc in Engineering, Professor, Head of Motor Transport Department, Orenburg State University, Orenburg; e-mail: yakunin-n@yandex.ru



Высокая социально-экономическая значимость городского общественного транспорта не вызывает сомнений, так как он выполняет одну из важнейших функций — удовлетворяет спрос населения на передвижения. Транспортные потребности городского населения могут быть удовлетворены различными способами: передвижением пешком, велосипедным видом транспорта, частным транспортом, легковыми такси и городским общественным транспортом, осуществляющим перевозки по регулярным маршрутам.

Выбор того или иного способа определяется множеством факторов, основными из которых являются:

- расстояние передвижения;
- социально-демографический статус;
- уровень экономического благосостояния;
- организация движения и состояние городской дорожной сети;
- качество транспортного обслуживания населения городским общественным транспортом.

Качество транспортного обслуживания населения традиционно определяется множеством показателей, характеризующих следующими категориями: доступность, результативность, надежность, удобство пользования.

Очевидно, что каждый из видов городского общественного транспорта имеет те или иные преимущества и недостатки. Так, например, легковые такси обладают очевидным превосходством над маршрутным транспортом по таким показателям, как территориальная и временная доступность, комфортабельность, регулярность и др. Наряду с этим для легковых такси свойственны очевидные недостатки: меньшая доступность для населения в финансовом плане, ограниченные возможности при осуществлении массовых перевозок и худшие экологические показатели (исходя из объема удельных выбросов, приходящихся на одного пассажира). Исходя из указанных особенностей, легковому такси, как правило, отводится компенсаторная роль в плане удовлетворения транспортных потребностей населения. Услугами такси население пользуется в тех случаях, когда другие виды общественного транспорта не соответствуют тем или иным параметрам транспортных потребностей.

Учитывая вышеизложенное, авторы выдвинули гипотезу о том, что параметры транспортных корреспонденций, реализуемых легковыми такси, являются индикаторами, позволяющими выявить недостатки работы городского маршрутного транспорта.

Опираясь на представленный материал, авторы сформулировали цель работы: разработка методов определения направлений совершенствования работы городского общественного транспорта на основе анализа параметров распределения транспортных корреспонденций населения по видам городского общественного транспорта.

Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

- определить перечень исследуемых показателей транспортной подвижности городского населения;
- разработать методику проведения исследования;
- провести исследование транспортной подвижности населения, обслуживаемого различными видами транспорта;
- обработать полученные данные и провести анализ результатов.

Транспортная подвижность населения характеризуется такими показателями, как объем перевозок, транспортная работа, пассажиропоток, а также распределением этих показателей по временным интервалам и направлениям.

Сведения об объемах перевозок были определены на основе исследования показателей работы представительной выборки транспортных средств различных видов городского общественного транспорта г. Оренбурга. Расчет объема выборки и оценка достоверности полученных данных были выполнены с использованием традиционных методов статистического исследования и математического анализа.

Проведенное статистическое исследование включало в себя четыре этапа:

1. Сбор информации.
2. Статистическая сводка и обработка информации.
3. Обобщение и экстраполяция полученных результатов относительно генеральной совокупности транспортных средств.
4. Сопоставление полученных данных с укрупненными показателями работы пассажирского общественного транспорта.

По итогам проделанной работы получены следующие результаты. Установлено распределение объема перевозок по месяцам года для маршрутного транспорта и для автомобилей такси. Данное распределение представлено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение объема перевозок, выполняемых общественным транспортом по месяцам года  
■ — маршрутный транспорт; ▨ — такси

Полученные данные позволили определить процентную долю объема перевозок, выполняемых легковыми такси, относительно общего объема перевозок общественного транспорта города. Указанные доли, вычисленные для различных месяцев года, представлены в виде диаграммы (рис. 2). Как видно из диаграммы, доля пассажиров, перевозимых легковыми такси, колеблется от 7,62% до 10%. Следует также отметить повышение спроса на услуги такси в зимние месяцы.

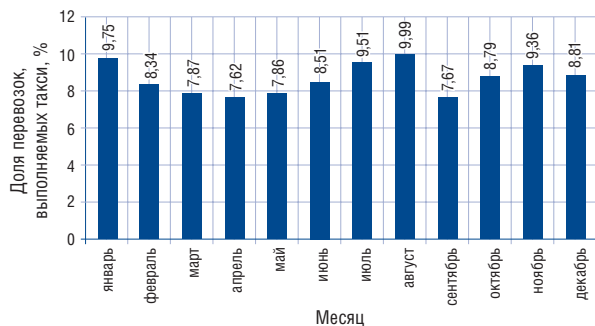


Рис. 2. Доля перевозок, выполняемых легковыми такси, от общего объема перевозок общественного транспорта

Кроме годового распределения объема перевозок, определенный интерес представляет распределение объема перевозок по времени суток. На рис. 3 представлены обобщенные результаты данного распределения для всех дней недели. Следует отметить устойчивый рост спроса на услуги такси в период с вечера пятницы до утреннего времени в воскресенье. Это свидетельствует о преимущественном использовании такси для нерабочих поездок.

Для сопоставления показателей работы такси и городского маршрутного транспорта и анализа изменения показателей по времени суток были построены графики (рис. 4, 5). На рис. 4 представлены данные, полученные для рабочих дней, на рис. 5 — для выходных дней.

Полученные данные позволили определить, как в течение суток изменяется доля транспортной работы, выполняемой легковыми такси, относительно всего объема перевозок, осуществляемого городским общественным транспортом. Диаграммы, иллюстрирующие динамику доли транспортной работы, выполняемой легковыми такси, представлены на рис. 6, 7.

Очевидно, что в ночное время, когда маршрутный транспорт не работает, весь объем пассажирских перевозок выполняется автомобилями такси. В период активной работы маршрутного транспорта доля объема перевозок, выполняемых такси, невелика и близка к 1–2%. В вечернее время эта доля постепенно увеличивается, когда возрастает количество недельных поездок, увеличиваются интервалы движения и снижается регулярность работы маршрутного транспорта.

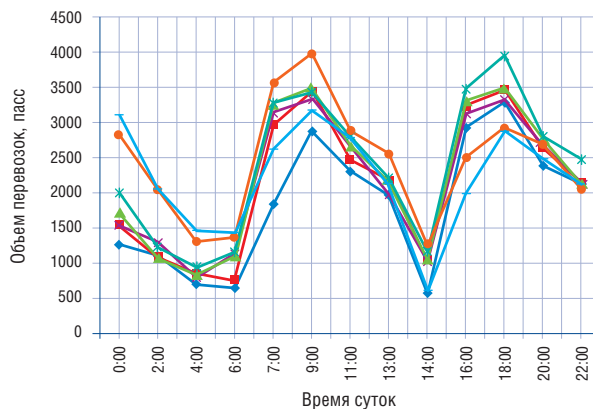


Рис. 3. Распределение объема перевозок, выполняемых легковыми такси по времени суток:  
 — понедельник; — вторник; — среда; — четверг;  
 — пятница; — суббота; — воскресенье

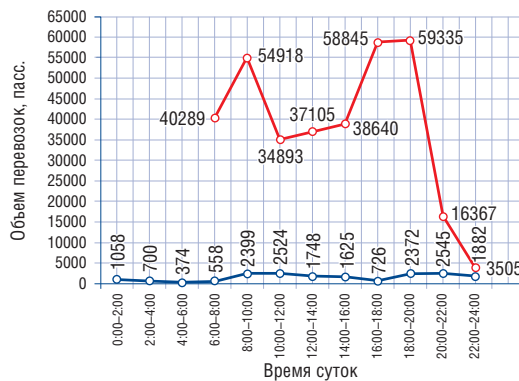


Рис. 4. Распределение объема перевозок, выполняемых общественным транспортом по времени суток в рабочие дни:  
 — такси; — маршрутный транспорт

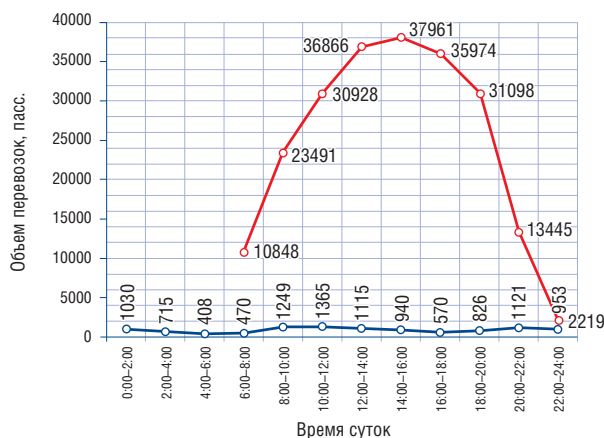


Рис. 5. Распределение объема перевозок, выполняемых общественным транспортом по времени суток в выходные дни:  
 — такси; — маршрутный транспорт

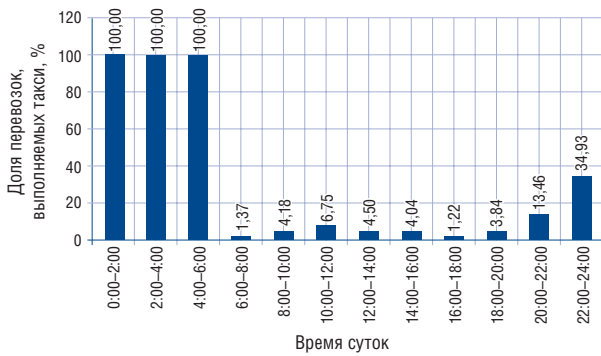


Рис. 6. Доля перевозок, выполняемых легковыми такси, от общего объема перевозок общественного транспорта в рабочие дни

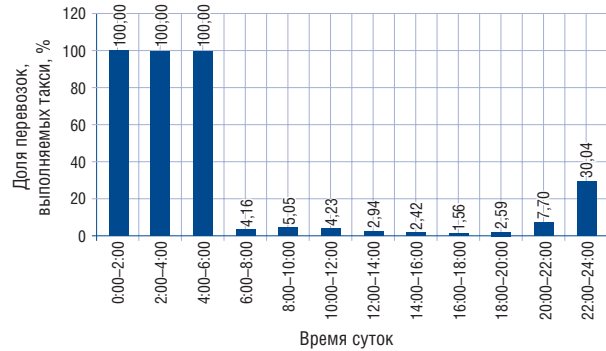


Рис. 7. Доля перевозок, выполняемых легковыми такси, от общего объема перевозок общественного транспорта в выходные дни

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. В структуре городского общественного транспорта легковые такси выполняют компенсаторную функцию, в плане удовлетворения транспортных потребностей населения в тех случаях, когда другие виды общественного транспорта не соответствуют тем или иным параметрам транспортных потребностей.

2. Доля пассажиров, перевозимых легковыми такси, в г. Оренбурге колеблется от 7,62 % до 10 %. Спрос на услуги такси возрастает в зимнее время. Также отме-

чается увеличение спроса в вечернее время суток, в выходные и праздничные дни, что свидетельствует о преимущественном использовании такси для неделовых корреспонденций.

3. Учитывая компенсаторную функцию легковых такси как общественного транспорта, данные о показателях их работы могут быть использованы в качестве дополнительной информации при разработке мероприятий, направленных на совершенствование работы городского маршрутного транспорта. **ИТ**

## Список литературы

1. Варелопуло Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте [Текст] / Г. А. Варелопуло. — М. : Транспорт, 1990. — 208 с.
2. Гудков В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии / В. А. Гудков, М. М. Бочкарева, Н. В. Дулина / ВолгГТУ. — Волгоград, 2008. — 163 с.
3. Якунина Н. В. Методология повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом : монография / Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин. — Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2013. — 289 с.
4. Статистика [Текст] : учеб. для вузов / Л. П. Харченко [и др.]; под ред. В. Г. Ионина. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2008. — 445 с.

**Уважаемые читатели и авторы журнала «Инновационный транспорт»!**

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

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

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

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

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

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

**Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!**

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

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

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

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

<b>Извещение</b>	<p><b>Получатель:</b> Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС <b>КПП:</b> 667001001 <b>ИНН:</b> 6670317893 <b>ОКТМО:</b> 65701000 <b>Р/сч.:</b> 40703810863010000192 <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> 046577795 <b>К/сч.:</b> 30101810900000000795 <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.  Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2016 г.</p>
<b>Квитанция</b>	<p><b>Получатель:</b> Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС <b>КПП:</b> 667001001 <b>ИНН:</b> 6670317893 <b>ОКТМО:</b> 65701000 <b>Р/сч.:</b> 40703810863010000192 <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> 046577795 <b>К/сч.:</b> 30101810900000000795 <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.  Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2016 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 «Роспечать» — 85022.**

# УрГУПС: наука, образование, исследования и разработки в области внедрения системы менеджмента бизнеса

УрГУПС — единственный транспортный вуз России, имеющий сертификат системы менеджмента по требованиям международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS (International Railway Industrial Standard) для области проектирования СЦБ

Мы способны создавать и транслировать лучшие практики:

- интеграция систем менеджмента на базовой платформе требований международного стандарта ISO 9001:2015 и профессиональных требований для организаций железнодорожного транспорта;
- конструктивные решения молодых ученых и специалистов в области технологий менеджмента применительно к специфике железнодорожного производства и управлению бизнесом;
- использование АСУ и программных средств при проектировании систем СЦБ



18 мая 2016 года в УрГУПС проводится конференция:  
«Современные методы управления рисками и возможностями бизнеса в требованиях международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS»



Формат конференции

- Доклады высшего руководства предприятий железнодорожной отрасли («Росжелдорснаб», АО «НПК «Уралвагонзавод», компании – производители ж/д техники и их поставщики, предприятия, обеспечивающие инфраструктуру и электроснабжение железной дороги)
- Организация выставки предприятий – участников конференции
- Проведение круглого стола по обмену опытом по вопросам разработки, внедрения и улучшения СМБ по требованиям IRIS на предприятиях Уральского региона

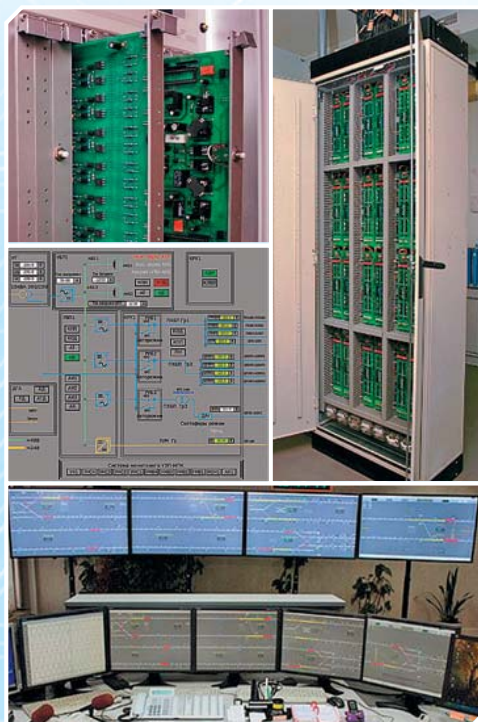
Подробнее о конференции на сайте университета: <http://www.usurt.ru/science/konferentsii>



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

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

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



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