

# ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 2 (40)

июнь 2021

**Формирование оптимальной логистической системы  
на основе анализа транспортной инфраструктуры  
г. Екатеринбурга**

**С. 3**



**Развитие проекта  
«Новый шелковый путь»**

**Анализ надежности устройств  
контактной сети на участке  
Екатеринбург – Челябинск**

**Разработка каркаса  
безопасности автомобиля  
для соревнований по дрифту**



## Поздравляем с юбилеем!

В 2021 году отметил свой юбилей доктор технических наук, профессор, ректор УрГУПС, главный редактор журнала «Инновационный транспорт» Александр Геннадьевич Галкин.

*Уважаемый Александр Геннадьевич!*

*От всей души поздравляем Вас с замечательным юбилеем!*



Вся Ваша биография связана с транспортным вузом. Выпускник Уральского государственного университета путей сообщения, Вы посвятили свою жизнь образованию и науке. Ваш вклад как авторитетного ученого и педагога-новатора определил целый ряд направлений развития транспортного образования и науки в области электроснабжения. Многие Ваши научные разработки внедрены на железнодорожном транспорте страны.

При Вашем непосредственном участии разработана структурная модель контактной сети, что позволяет определять техническое состояние систем электроснабжения на всех этапах жизненного цикла. Вами предложен гибридный статический и квазидинамический образец для оценки качества токосяема и прогнозирования износа контактных проводов. Создана математическая схема взаимодействия нагрузок на контактную сеть, которая позволяет разработать стратегии технического обслуживания, спланировать места и сроки проведения технического и капитального ремонта. В числе Ваших разработок — система обработки данных вагона-лаборатории для испытаний контактной сети, устройства и способы измерения износа контактных проводов, конструкция контактной подвески с термокомпенсированными струнами, способ удаления гололеда с двойных контактных проводов, способ автоматизированного проектирования и многое другое.

Благодаря Вашему профессионализму, преданности делу, целеустремленности, ответственности, широкому кругозору и неукротимой энергии в нашем вузе, регионе, стране развивается транспортная наука и транспортное образование. Уникальное сочетание качеств талантливого ученого, мудрого педагога и руководителя позволило Вам добиться значимых успехов и получить признание и высокую профессиональную оценку.

Искренне поздравляем Вас с юбилеем! Желаем Вам успехов в Вашей многогранной деятельности, реализации всего задуманного. Пусть в любых Ваших делах и начинаниях Вас окружают надежные друзья и верные единомышленники! Крепкого Вам здоровья, счастья, благополучия!

*С глубоким уважением,  
редакция журнала «Инновационный транспорт»*



## Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 2 (40), 2021 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 и издателя:** 620034, г. Екатеринбург,

ул. Колмогорова, 66. Тел. (343) 221-24-42, 221-24-90.

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

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

Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) № 586908.

Зарегистрировано в Государственном реестре товарных знаков  
и знаков обслуживания РФ 14.09.2016 г.

Изготовлено в ИБК УрГУПС,

620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге

«Пресса России» — 85022. Цена 456,86 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 28.06.2021. Дата выхода в свет 07.07.2021

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–50). Заказ № 22

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет  
путей сообщения», 2021

© Общероссийская общественная организация

«Российская академия транспорта», 2021

### МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

**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

№ 2 (40), 2021

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:**

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

Telephone: (343) 221-24-42, 221-24-90.

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

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

Subscription reference number of the issue in the All Russia Catalogue  
“Russian Press” — 85022. Price 456,86 rub.

Released for printing on 25.06.2021. Date of issue 12.07.2021. Offset printing.  
Circulation 500 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2021

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2021

### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

### EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Жужгова Ю.Е., Савельева В.В.</i> Формирование оптимальной логистической системы на основе анализа транспортной инфраструктуры города Екатеринбурга . . . . .	3
<i>Самуйлов В.М., Ткачева Т.Н., Калашников А.Е.</i> Развитие проекта «Новый шелковый путь»: функционирование в период пандемии и рост контейнерных перевозок . . . . .	8

## Организация производства (транспорт)

<i>Сай В.М., Горелова Д.Ю.</i> Методика обоснования показателей хозяйствующих субъектов для решения задач определения их надежности и устойчивости в организационной сети . . . . .	14
<i>Гилев Л.Б., Новикова А.С.</i> Анализ дефектов жилых зданий, выявленных в период гарантийного обслуживания . . . . .	21
<i>Чуб Я.В.</i> Физическая культура в формировании технологической компетентности студента в новых условиях . . . . .	27
<i>Алехин А.Н., Алехин А.А.</i> О выполнении требований Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» при проектировании оснований и фундаментов мостов . . . . .	31

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Костюченко К.Л., Зинин А.В., Рябов В.А., Зинин А.А.</i> Снижение переходного сопротивления разборных контактных соединений с помощью сплавов галлия . . . . .	38
<i>Парахненко И.Л., Гребнева Д.А.</i> Влияние лубрикации дорожек катания рельсов на силы взаимодействия при прохождении грузовым составом кривых участков с нарушением микрогеометрии пути . . . . .	44
<i>Тарасовский Т.С., Лимберг А.О.</i> Система бесконтактного автоматического регулирования напряжения БАРН с тиристорно-реакторным переключающим устройством . . . . .	49
<i>Андрюков А.В., Ковалев А.А.</i> Анализ надежности устройств контактной сети на участке Екатеринбург – Челябинск . . . . .	54

## Управление процессами перевозок

<i>Расулов М.Х., Машарипов М.Н., Абдуллаев Ж.Я.</i> Анализ степени влияния коэффициента съема пассажирских поездов на пропуск грузовых на двухпутных участках . . . . .	59
---	----

## Эксплуатация автомобильного транспорта

<i>Чеботаев А.А., Фаддеева Е.Ю., Нгуен Тунг.</i> Две модели выбора грузовых автомобилей самозанятым индивидуальным предпринимателем . . . . .	65
<i>Черников М.В., Неволин Д.Г., Киселева Н.Н.</i> Разработка каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту (предпроектные исследования) . . . . .	72
<i>Черников М.В., Неволин Д.Г., Киселева Н.Н.</i> Проектирование и производство каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту (проектно-технологическая часть) . . . . .	77
<i>Самуйлов В.М., Неволин Д.Г., Смердова А.А.</i> Использование системы ГЛОНАСС на коммерческом предприятии ООО «УМИТ» . . . . .	83

# CONTENTS

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

<i>Yuliana E. Zhuzhgova, Viktoriya V. Savel'eva.</i> Formation of an optimal logistics system based on the analysis of transport infrastructure of the city of Yekaterinburg . . . . .	3
<i>Valeriy M. Samuilov, Tatyana N. Tkacheva, Andrey Y. Kalashnikov.</i> Development of the New Silk Road project: operation during the pandemic and the increase in container transportation . . . . .	8

## The organization of production (transport)

<i>Vasily M. Say, Dariya Y. Gorelova.</i> Methodology for substantiating the indicators of economic entities for solving the problems of determining their reliability and stability in the organizational network . . . . .	14
<i>Leonid B. Gilev, Anna S. Novikova.</i> Analysis of defects in residential buildings identified during the warranty period . . . . .	21
<i>Yana V. Chub.</i> Physical culture in the formation of technological competence of a student in the new conditions . . . . .	27
<i>Alexey N. Alekhin, Andrey A. Alekhin.</i> On compliance with the requirements of Federal Law No. 384-FL «Technical Regulations on the safety of buildings and structures» in the design of foundations and foundations of bridges . . . . .	31

## Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Konstantin L. Kostyuchenko, Alexander V. Zinin, Vladimir A. Ryabov, Alexey A. Zinin.</i> Reduction of the transition resistance of demountable contact joints using gallium alloys . . . . .	38
<i>Inna L. Parakhnenko, Daria A. Grebneva.</i> The influence of lubrication of rolling tracks of rails on the interaction forces when a freight train passes curved track sections with violation of the microgeometry of a railway track . . . . .	44
<i>Timofey S. Tarasovsky, Arnold O. Limberg.</i> System of contactless automatic voltage regulation of BARN with thyristor-reactor switching device . . . . .	49
<i>Alexander V. Andryukov, Alexey A. Kovalev.</i> Analysis of reliability of contact network devices on the Yekaterinburg-Chelyabinsk section . . . . .	54

## Management of transportation processes

<i>Marufjan K. Rasulov, Masujan N. Masharipov, Zhasurbek Y. Abdullayev.</i> Analysis of the degree of influence of the removal rate of passenger trains for the passage of freight trains on double-track sections . . . . .	59
--	----

## Operation of motor transport

<i>Alik A. Cheботаev, Ekaterina Y. Faddeeva, Nguyen Tung.</i> Two models for choosing trucks by a self-employed individual entrepreneur . . . . .	65
<i>Maxim V. Chernikov, Dmitry G. Nevolin, Natalia N. Kiseleva.</i> Development of the safety frame of a conventional car type for winter drift competitions (pre-project studies) . . . . .	72
<i>Maxim V. Chernikov, Dmitry G. Nevolin, Natalia N. Kiseleva.</i> Design and production of the safety frame for a conventional car type for winter drift competitions (design and technological part) . . . . .	77
<i>Valeriy M. Samuylov, Dmitry G. Nevolin, Alisa A. Smerdova.</i> The use of the GLONASS system at the commercial enterprise «UMIT» LLC» . . . . .	83





**Юлиана Евгеньевна  
Жужгова**  
Yuliana E. Zhuzhova



**Виктория Васильевна  
Савельева**  
Viktoriya V. Savel'eva

## Формирование оптимальной логистической системы на основе анализа транспортной инфраструктуры города Екатеринбурга

### Formation of an optimal logistics system based on the analysis of transport infrastructure of the city of Yekaterinburg

#### Аннотация

Основными проблемами транспортной инфраструктуры городов являются проблемы взаимодействия разных видов транспорта, оптимизации маршрутных потоков, техническая отсталость, низкая пропускная способность, невысокая скорость поездки на общественном транспорте, низкий комфорт для пассажиров. В настоящее время это осложняется постоянным ростом населения и числа автомобилей, что неизменно приводит к необходимости оптимизации городской логистической системы. Комплексным решением представленных проблем может стать строительство сети транспортно-пересадочных узлов как новая ступень реализации транспортной реформы. В статье проведен анализ транспортной инфраструктуры г. Екатеринбурга. На основе ABC-анализа пассажиропотоков разработана методика выявления остановочных пунктов маршрутной сети, которые впоследствии можно трансформировать в транспортно-пересадочные узлы. Сформирована оптимальная логистическая система г. Екатеринбурга, состоящая из трех транспортно-логистических узлов: «Автовокзал», «Ж/д вокзал», «Профессорская».

**Ключевые слова:** транспортно-пересадочный узел, город Екатеринбург, пассажиропотоки, городской транспорт, общественный транспорт, маршрутная сеть, транспортная инфраструктура, логистическая система.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-3-7

#### Авторы Authors

*Юлиана Евгеньевна Жужгова*, канд. техн. наук, доцент кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: YuZhuzhova@usurt.ru | *Виктория Васильевна Савельева*, магистрант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: viktorija-saveleva@rambler.ru

*Yuliana Evgen'evna Zhuzhova*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Stations, Hubs and Cargo Work" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: YuZhuzhova@usurt.ru | *Viktoriya Vasil'evna Savel'eva*, Master's degree student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: viktorija-saveleva@rambler.ru



Важной задачей в развитии городского транспорта современных мегаполисов является внедрение транспортной сети, соответствующей современным требованиям. Такой проект [1] разработали специалисты фонда «Город.PRO», которые предусмотрели экономический эффект транспортной реформы (минимизация затрат на поездку и повышение частоты следования маршрутов), но не позаботились об удобстве граждан. Как сообщает РИА PrimaMedia со ссылкой на газету «Известия» [2], с улиц города исчезнут не только дублирующие направления, но и так называемые длинные маршруты. Добираться до места придется с двумя, а то и с тремя пересадками, с использованием различных видов транспорта. Сама идея актуальна, но для реализации необходим центр — транспортно-пересадочный узел (ТПУ), в котором различные виды транспорта смогут эффективно взаимодействовать, а пассажиры получат комфортную и качественную транспортную услугу [3].

Транспортно-пересадочный узел в мегаполисе — это высокоурбанизированная среда (наличие двух и более уровней, включая подземные и надземные; обслуживание тремя и более видами транспорта), в которой осуществляется максимально короткая и комфортная пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой. По сути, современный ТПУ — это конгломерат различных зданий и сооружений, которые вместе с площадями, парковками и прилегающими пространствами составляют значительную часть городской среды.

Сейчас в Екатеринбурге сеть ТПУ не создана, а значит, проблема строительства и размещения транспортно-пересадочных узлов в ближайшем будущем в связи с внедрением транспортной реформы становится все актуальнее. Не последними факторами остаются рост городского населения, увеличение числа автомобилей, отсутствие финансирования строительства второй и третьей веток метро [4].

Опыт строительства ТПУ довольно широко используется как за рубежом, так и в России. Например, в Москве успешно проектируется сеть ТПУ: по программе развития до 2030 г. [5] планируется построить 273 ТПУ, 81 из них будет плоскостным (по типу перехватывающих парковок, на которых можно оставить автомобиль и пересесть на метро), остальные — капитальными. Последние предполагают возведение в их границах торговых центров, офисов, гостиниц. Несомненно, транспортно-пересадочные узлы необходимы и Екатеринбургу.

Объектом исследования является городской общественный транспорт г. Екатеринбурга. Цель исследования — организация сети ТПУ в Екатеринбурге.

В процессе работы рассмотрены особенности организации транспортно-пересадочных узлов в г. Екатеринбурге, проведено исследование плана города, транспортной и маршрутной системы, проведен АВС-анализ пассажиропотоков на остановочных пунктах.

Проведен анализ транспортной инфраструктуры г. Екатеринбурга, который основывался на расчете удаленности населения от главного транспортного узла, в соответствии с методикой А. М. Якшина [6]. Измерителем степени компактности городского плана является показатель  $L_{уд}$  — реальная удаленность населения от главного транспортного узла или центра города, которая отражает не только форму территории, но и характер размещения населения, особенности планировки улично-дорожной сети. Определение этого показателя производится на основе графоаналитического метода, заключающегося в построении километрограмм.

Километрограмма — это совокупность километрических линий, представляющих собой геометрическое место точек, равноудаленных от центра построения по дальности пешеходного движения. Для построения километрических линий от центра построения по осям всех сходящихся улиц откладываются расстояния, равные 2, 4, 6 км и т.д. В полученных точках проводятся линии под углом  $45^\circ$  к оси улиц до их взаимного пересечения. Образуется контуры равной удаленности от центра построения при пешеходных передвижениях (рис. 1).

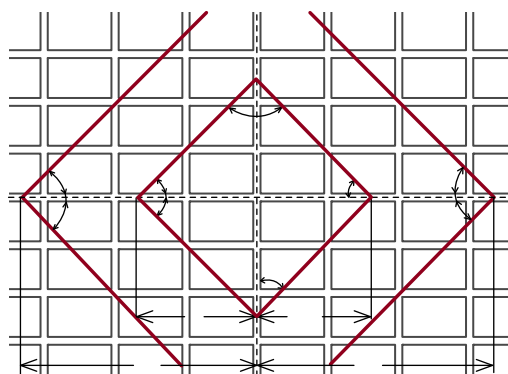


Рис. 1. Принцип построения километрических линий

Для определения величины  $L_{уд}$  необходимо совместить точечную планограмму размещения населения с километрограммой и подсчитать численность населения, проживающего в каждой километрической зоне ( $N_{i-(i+1)}$ ).

Точечная планограмма — это план города с нанесенными в определенном масштабе точками, количество которых соответствует численности проживающего населения. Масштаб точки зависит от величины города и масштаба плановой подосновы. Для города с населением 1 468 833 жителей и масштаба плана 1: 80000 рекомендуется принимать 10 000 человек в 1 точке.

Показатель  $L_{уд}$  определяется по формуле (1):

$$L_{уд} = \frac{\sum N_{i-(i+1)}(L_i + L_{i+1})}{2N}, \quad (1)$$

где  $N$  — численность населения города.



Тогда реальная удаленность населения от главного транспортного узла (центра города) равна

$$L_{уд} = \frac{5846,719}{1468,833} = 3,98 \text{ км.}$$

Таким образом, большая часть населения достаточно удалена от центра, значит, ТПУ необходимо организовывать в пределах километровой зоны, удаленной от главного транспортного узла (Екатеринбургского почтамта) на расстоянии 2–4 км.

На основании приведенных выше исследований была разработана методика выявления остановочных пунктов маршрутной сети, которые впоследствии можно трансформировать в ТПУ (рис. 2). Данная методика основана на анализе пассажиропотоков методом АВС.

**Первый этап.** Проведен мониторинг пассажиропотоков. Построена математическая модель пассажиропотоков в программном пакете PasCounterver 180719 для каждого маршрута сети с разбивкой на остановочные пункты в прямом направлении (рис. 3).

Математическая модель пассажиропотоков в обратном направлении движения представлена на рис. 4.

**Второй этап.** Проведен АВС-анализ остановочных пунктов разных видов транспорта. Результаты приведены в табл. 1.

Проанализированы направления маршрутной сети с наибольшими пассажиропотоками, которые позволили выявить стратегически важные для создания ТПУ районы города: Кировский, Чкаловский, Железнодорожный.

В табл. 1 представлены остановочные пункты, которые на начальном этапе можно считать возможными местами размещения ТПУ в городе Екатеринбурге.

**Третий этап.** Определение оптимального количества остановочных пунктов, которые можно трансформировать в ТПУ.

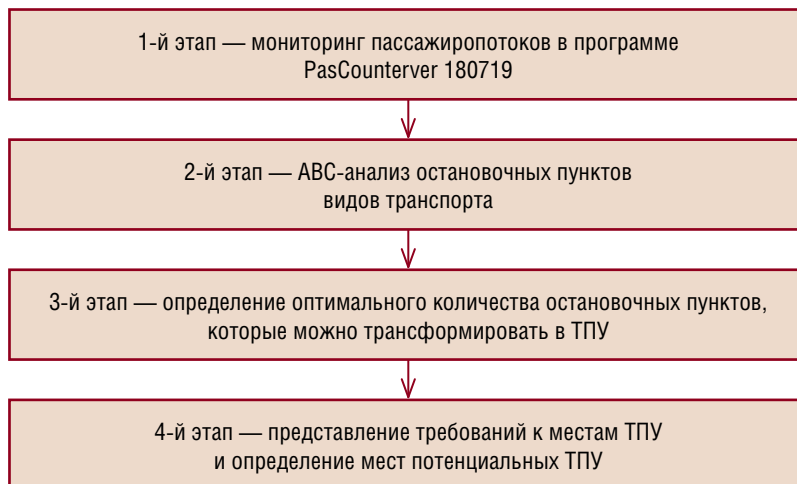


Рис. 2. Методика определения значимости остановочных пунктов

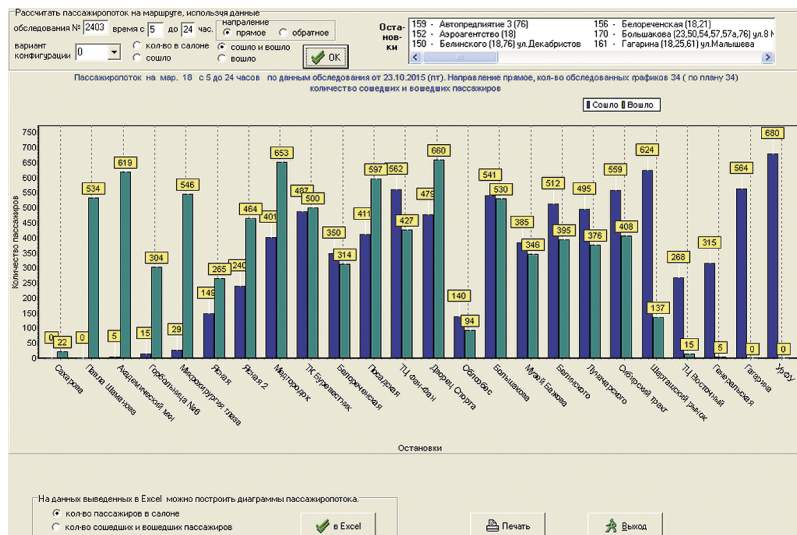


Рис. 3. Пассажиропоток на маршруте № 18 в прямом направлении

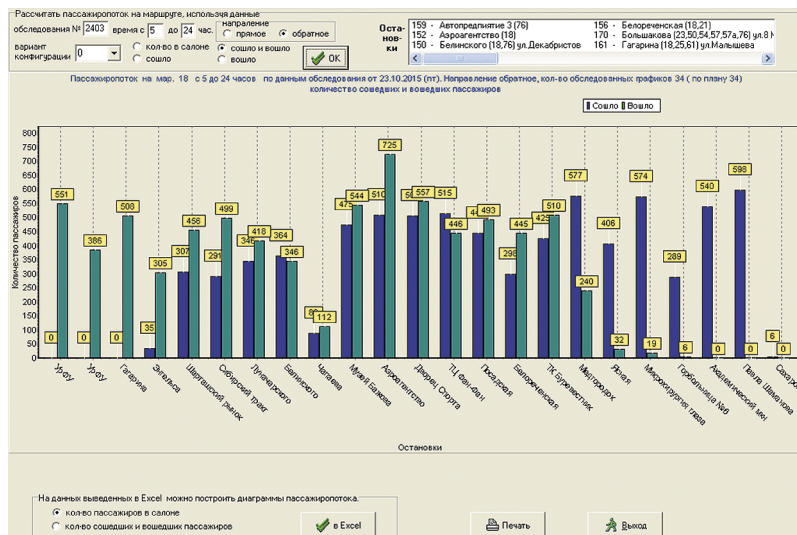


Рис. 4. Пассажиропоток на маршруте № 18 в обратном направлении



Наиболее задействованные в маршрутной сети остановочные пункты

Остановочный пункт	Пассажиропоток [7]	Район	Километровая зона	Виды транспорта
«Автовокзал» (метро «Чкаловская»)	32920	Чкаловский	2–4	метро, автобус, трамвай, троллейбус
«Ж/д вокзал» (метро «Уральская»)	31607	Железнодорожный	2–4	метро, автобус, трамвай, троллейбус
Метро «Проспект Космонавтов»	23606	Орджоникидзевский	8–10	метро, автобус, трамвай, троллейбус
«Профессорская»	10073	Кировский	2–4	автобус, трамвай, троллейбус
«Каменные Палатки»	3936	Кировский	4–6	автобус, трамвай

Определение оптимального количества транспортно-пересадочных узлов в городе Екатеринбурге проводилось путем нахождения точки безубыточности [8]. Точка безубыточности — это такое количество ТПУ, при внедрении которого полностью окупаются все издержки (расходы равны доходам). Рассчитать точку безубыточности можно по формуле:

$$BEP = \frac{FC}{TR - VC}, \quad (2)$$

где  $BEP$  — точка безубыточности, ТПУ;  $FC$  — постоянные затраты, млн руб.;  $TR$  — доходы, млн руб.;  $VC$  — переменные затраты в расчете на один ТПУ, млн руб.

На рис. 5 представлен график определения точки безубыточности, свидетельствующий, что доходы и расходы при внедрении трех ТПУ в Екатеринбурге совпадают. Данные для построения графика взяты из аналитической документации ЕМУП «Гортранс» [9].

Таким образом, анализ рис. 5 позволяет сделать следующий вывод: точка безубыточности равна трем, т.е. в Екатеринбурге с экономической точки зрения оптимальное количество ТПУ равно трем и более. В связи с тем, что внедрение такого рода новшеств происходит в Екате-

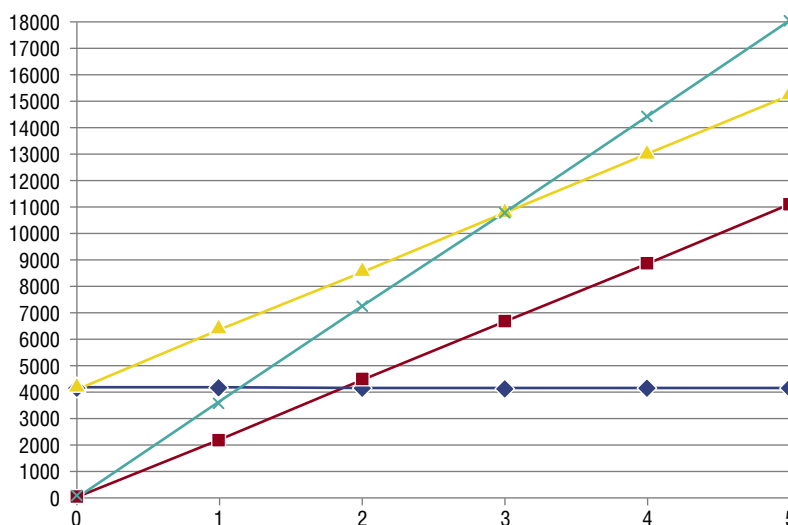


Рис. 5. Определение точки безубыточности: —♦—  $FC$ ; —■—  $VC$ ; —▲—  $TC$ ; —×—  $TR$

ринбурге впервые и неизвестно, как пройдет адаптация данного проекта, сначала следует ввести такое число транспортно-пересадочных узлов, чтобы оно было минимальным и не приносило убытков. Это значит, что будет достаточно трех ТПУ. В перспективе при положительной динамике развития этой сети может быть внедрено большее количество транспортно-пересадочных узлов, работа которых станет приносить значительную прибыль.

Внедрение трех ТПУ позволит предприятию ЕМУП «Гортранс» выйти из убыточного положения.

В 2018 г. убыток предприятия составил:  $4129,4400 - 3599,9583 = 529,4817$  млн руб. в год [9]. При действии трех транспортно-пересадочных узлов это значение будет равно нулю, так как доходы будут покрывать расходы.

**Четвертый этап.** Определение мест транспортно-пересадочных узлов в соответствии с основными требованиями к их расположению.

При определении потенциальных мест размещения ТПУ (табл. 1) необходимо учитывать следующие технические и территориальные характеристики:

**Потенциальные места размещения ТПУ в г. Екатеринбурге**

Название ТПУ	Пассажиропоток [7]	Район	Километрическая зона	Виды транспорта
«Автовокзал»	32920	Чкаловский	2–4	метро, автобус, трамвай, троллейбус
«Ж/д вокзал»	31607	Железнодорожный	2–4	метро, автобус, трамвай, троллейбус
«Профессорская»	10073	Кировский	2–4	автобус, трамвай, троллейбус

- километрическая зона 2–4 км от главного транспортно-логистического узла (Екатеринбургский почтамт);
- расположение в Кировском, Чкаловском или Железнодорожном районах Екатеринбурга;
- расположение в месте сосредоточения трех и более видов транспорта;
- пассажиропоток в месте размещения более 10000 пассажиров в сутки.

В табл. 2 представлены потенциальные места ТПУ.

Метро «Проспект Космонавтов» не подходит по двум критериям (Орджоникидзевский район и километрическая зона 8–10 км), «Каменные Палатки» — по трем критериям: пассажиропоток (3936 чел./сут.), километрическая зона (4–6 км) и виды транспорта (автобус, трамвай).

Фрагмент графического представления размещения мест ТПУ в г. Екатеринбурге приведен на рис. 6.

Оптимальной логистической системой можно считать систему маршрутов общественного транспорта, соединяющих эти потенциальные ТПУ.

Основные технико-эксплуатационные показатели: повышение скорости и удобство пересадки с одного транспорта на другой путем трансформации конкретных существующих остановочных пунктов в транспортно-пересадочные узлы.

## Выводы

В работе использован графический метод изолиний А. М. Якшина и ABC-анализ. Сформирована оптимальная логистическая система г. Екатеринбурга, состоя-



Рис. 6. Места размещения ТПУ в городе Екатеринбурге (фрагмент)

щая из трех транспортно-логистических узлов: ТПУ «Автовокзал», ТПУ «Ж/д вокзал», ТПУ «Профессорская».

Предложенная методика формирования сети ТПУ учитывает не только социальные и экологические факторы, но и транспортную инфраструктуру города и приносит экономический эффект системе муниципального городского общественного транспорта. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Проект новой сети маршрутов общественного транспорта. Карта маршрутов. Итоговый отчет. Презентация «Новая маршрутная сеть». — URL: <https://ekaterinburg.pf/jителям/транспорт/сеть>.
2. Транспортная реформа. Новости российского медиахолдинга PrimaMedia. — URL: [https:// primamedia.ru/news/562960/?from=37](https://primamedia.ru/news/562960/?from=37).
3. Шагмуратова А. А. Развитие системы транспортно-пересадочных узлов железнодорожного транспорта с учетом градостроительных факторов. — URL: <https://www.docplayer.ru>.
4. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, CD-ROM Edition. POP/DB/WUP/Rev.2014/1/F01. — URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2015/0645/barom01.php>.
5. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Проект, Москва, 2013 г. — URL: <http://www.mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents>.
6. Якшин А. М. Применение графического метода (изолиний) для комплексной оценки городских территорий // Комплексная оценка городских территорий. — М.: ЦНИИПГрадостроительства, 1971. — 204 с.
7. Суточные пассажиропотоки городского общественного транспорта. Архивные данные ЕМУП «Гортранс», 2018.
8. Точка безубыточности: примеры расчетов бизнес-идей. — URL: <https://delatdelo.com/spravochnik/osnovy-biznesa/rentabelnost/tochka-bezubytochnosti-kak-rasschitat.html>.
9. Отчетная калькуляция перевозки пассажиров по ЕМУП «Гортранс». Архивные данные ЕМУП «Гортранс», 2018.

Объем статьи: 0,52 авторских листа





**Валерий Михайлович Самуйлов**  
Valeriy M. Samuilov



**Татьяна Николаевна Ткачева**  
Tatyana N. Tkacheva



**Андрей Евгеньевич Калашников**  
Andrey E. Kalashnikov

## Развитие проекта «Новый шелковый путь»: функционирование в период пандемии и рост контейнерных перевозок

### Development of the New Silk Road project: operation during the pandemic and the increase in container transportation

#### Аннотация

В статье рассматриваются причины стабильного функционирования сухопутного транспортного коридора по маршруту Китай — Европа — Китай транзитом через Россию и Казахстан, в то время как остальной мир переживал вызванную пандемией рецессию во многих сферах. Отмечены последние достижения в развитии проекта «Новый шелковый путь», подчеркивается его экономическая значимость для Китая, России и других стран-участниц. Выделены основные задачи данного проекта, в том числе: создание удобных и скорых транзитных коридоров через центр Евразии, укрепление экономического сотрудничества внутренних регионов Китая и соседних стран, открытие новых рынков для китайских товаров. Уделяется внимание факторам, положительно влияющим на рост контейнерных перевозок через действующие транспортные коридоры.

**Ключевые слова:** Россия, Китай, Казахстан, Европа, Новый шелковый путь, контейнерные перевозки, пандемия, транспортные коридоры.

#### Abstract

The article examines the reasons for the stable functioning of the land transport corridor on the China-Europe-China route through Russia and Kazakhstan, while the rest of the world was experiencing a pandemic-induced recession in many areas. The latest achievements in the development of the New Silk Road project are noted, and its economic significance for China, Russia and other participating countries is emphasized. The main objectives of this project are highlighted, including: creating convenient and fast transit corridors through the centre of Eurasia, strengthening economic cooperation between the inner regions of China and neighbouring countries, and opening new markets for Chinese goods. Attention is paid to the factors that have a positive impact on the growth of container traffic through existing transport corridors.

**Keywords:** Russia, China, Kazakhstan, Europe, the New Silk Road, container transportation, pandemic, transport corridors.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-8-13

#### Авторы Authors

**Валерий Михайлович Самуйлов**, д-р техн. наук, действительный член РАН, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Татьяна Николаевна Ткачева**, канд. техн. наук, доцент, зам. декана строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Андрей Евгеньевич Калашников**, студент гр. СЖДт-328 строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

**Valeriy Mikhailovich Samuilov**, Doctor of Technical Sciences, full member of the Russian Academy of Sciences, Professor, "World Economy and Logistics" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Tatyana Nikolaevna Tkacheva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Andrey Evgenyevich Kalashnikov**, student of gr. SZhDt-328, Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



Рис 1. Маршруты «Нового шелкового пути»

## Актуальность проекта «Новый шелковый путь»

Современные державы должны постоянно развиваться и адаптироваться к изменяющейся конъюнктуре мировых рынков. Ускорение темпов развития экономики и окружающей среды требует изменений в экономической сфере для нормального функционирования как страны в целом, так и компаний, принадлежащих ей. Все это обязывает принимать быстрые решения и подстраиваться под изменения внешних условий, поэтому преуспевающая страна сегодня — это страна, успешно реализующая инвестиционные проекты. В современных условиях одним из ключевых направлений развития таких проектов выступает умение понимать, чего хотят партнеры, — именно эту способность в последнее время проявляет Китай [1].

«Новый шелковый путь» — это концепция новой межконтинентальной транспортной системы, продвигаемая Китайской Народной Республикой в сотрудничестве с Российской Федерацией, Республикой Казахстан и другими странами. В перспективе этот проект будет способствовать скоростному перемещению грузов и пассажиров из Китая в страны Европы (рис. 1).

Концепция «Нового шелкового пути» существует с 2013 г., ее предложил глава Китая Си Цзиньпин под лозунгом «Один пояс — один путь». Эта перспективная глобальная стратегия, объединяющая два проекта «Экономический пояс Шелкового пути» и «Морской шелковый путь XXI века», направлена на создание новых и совершенствование существующих торговых путей и экономических коридоров, увеличение экономического по-

тенциала всех стран-участниц. Основная цель — укрепить торговые отношения Китая с Россией, странами Центральной Азии, Европы и Африки.

Сухопутный коридор включает в себя железнодорожные направления: северное — проходит через территорию России, центральное и южное — проходят через территорию Центральной и Средней Азии, в том числе через Казахстан.

В морской части проекта Россия и Китай работают над арктическим маршрутом, активно разрабатывая проекты по развитию Северного морского пути (СМП) как части стратегии «Нового шелкового пути» [2].

Страны, которые располагаются вдоль транспортных коридоров, в большинстве случаев имеют политические ограничения, при этом транспортная инфраструктура часто недостаточно развита. В результате они не раскрывают потенциал сбыта своей продукции примерно на 30 % и не реализовывают свои возможности по привлечению иностранных инвестиций на 70 %. Развитие транспортных коридоров делает возможным сокращение времени грузоперевозок в направлении Восток — Запад на 15 %.

Китай целенаправленно продвигает эту масштабную стратегию, открывающую большие возможности:

1. Благодаря новым и модернизированным транспортным коридорам время транспортировки грузов из Китая в Европу должно сократиться, это позволит оптимизировать поставки и сделать дешевле китайские товары, укрепить состояние Китая на рынках Европы и Азии, а также открыть новые рынки в Африке и на Ближнем Востоке.

2. Китайские железнодорожные и государственные строительные компании активно продвигаются за пределы страны, что позволяет расширить штат сотрудников



этих отраслей и тем самым обеспечить работой на десятилетия вперед.

3. Китайцы заинтересованы в создании мощной высокоскоростной железнодорожной сети, поэтому инициативно организуют строительство инфраструктуры в слаборазвитых и нестабильных странах Восточной Африки, на территории Кении, Уганды, Руанды, Бурунди и Южного Судана, вдоль побережья Нигерии.

Россия преследует в отношении данного проекта следующие интересы:

1. Участие в строительстве трансъевразийских транспортных коридоров укрепляет роль России как крупной транзитной страны на маршрутах, проходящих с Востока и Запада. Это, в свою очередь, дает возможность увеличить окупаемость тех средств, которые были потрачены на создание и модернизацию транспортной инфраструктуры, а также усиленно развивать регионы азиатской части России.

2. Россия заинтересована в развитии и укреплении сотрудничества с Китаем, поскольку отношения с Западом нестабильные. Совместные крупные проекты являются наиболее надежным способом выстраивания долгосрочного партнерства.

3. Для регионов Сибири и Дальнего Востока необходимы близкие рынки сбыта и туризм, поэтому Россия заинтересована в установлении политической стабильности в странах Ближнего Востока и Центральной Азии, а также в экономическом развитии этих стран. Для решения этой задачи необходимо модернизировать существующую инфраструктуру и расширить трансграничные связи с Китаем.

Однако развитие сухопутного железнодорожного коридора может представлять прямую конкуренцию Северному морскому пути и Транссибирской магистрали. Предполагается, что товарооборот по китайскому коридору будет осуществляться быстрее и дешевле. Как утверждает китайская сторона, они не намерены продвигать проекты, которые могут нанести ущерб интересам и сложившимся связям с Россией, поэтому они и предлагают сотрудничество. Китай учитывает интересы каждой страны-участницы. Что касается России, то она сможет получить зоны экономического развития, в рамках «Нового шелкового пути» планируется реализация высокоскоростной магистрали Москва — Казань. Китай собирается инвестировать в Россию, а это будет стимулировать развитие нашей экономики [3–6].

### Реализация проекта «Новый шелковый путь» и последние достижения

В конце 2020 г. в ходе развития среднего коридора железнодорожных грузоперевозок Европа — Китай из Турции был принят первый товарный поезд, который транспортировал партию из 1383 холодильников общей

стоимостью около 1,6 млн долларов. Поезд отправился из Стамбула 4 декабря 2020 г., а в конечную точку маршрута — Сиань (административный центр провинции Шэньси на северо-западе Китая) прибыл 19 декабря, преодолев расстояние в 8693 км. Это событие открыло новую веху развития среднего коридора: постоянные перевозки по маршруту Стамбул — Сиань позволят увеличить потенциал железнодорожной магистрали и придадут новый импульс совместному развитию проекта «Один пояс — один путь». Перевозка товаров из Турции в Китай грузовым поездом осуществляется намного быстрее, чем доставкой по морю, что значительно облегчает торговлю [7].

Китайско-Лаосский проект является значимой частью трансасиатской железной дороги протяженностью 5,5 тыс. км, в ноябре 2020 г. он был завершен на 90 %. В рамках этого проекта железнодорожная ветка должна пройти от Куньмина через Лаос, Таиланд и Малайзию до Сингапура. Мосты, тоннели и другие необходимые сооружения, располагающиеся от города Куньмина (Китай) до столицы Лаоса — Вьентьяна, готовы к эксплуатации, и в марте китайские рабочие приступили к прокладке первых путей. Китайские компании уже начали отправлять своих рабочих за границу для поддержки местной инфраструктуры [8].

### Автомагистраль «Европа — Западный Китай»

Создание автомагистрали «Европа — Западный Китай» предусмотрено в рамках проекта «Новый шелковый путь», а также транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г. Общая протяженность маршрута составит около 8400 км (26,2 % — по территории России, 33,3 % — по территории Казахстана, 40,5 % — по территории Китая). Эта транспортная ветка должна соединить ряд экономически развитых регионов и обеспечить пропуск транзитных грузов между Востоком и Западом.

Строительные работы на наиболее протяженной части маршрута (китайская и казахстанская территории) завершились в конце 2017 г. Новая трасса связала пограничный переход на границе Казахстана с магистральной дорогой G30 (Китай). Поднебесной требовалось лишь соединить новую дорогу с существующей сетью магистральных дорог. От китайской границы коридор проложен до существующей трассы А-2 до города Шымкент (Казахстан) и далее по трассам М-32 и А-24 к соединению с российской трассой Р-239.

Если в Китае и Казахстане по большей части реконструировали и достраивали дороги (до 1-й и 2-й категории), то в России ситуация совершенно другая. Транспортная инфраструктура стала испытывать перегрузки.

Постоянно растущие транспортные потоки привели к решению о необходимости строительства с нуля практически всех магистралей, входящих в российский участок МТК. Разработан комплексный план строительства, модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, в котором выделяются такие объекты, как Западный скоростной диаметр (ЗСД) в Санкт-Петербурге, трасса М-11 «Санкт-Петербург — Москва», ЦКАД, скоростная магистраль Москва — Казань, комплекс трасс, соединяющих Казань с казахстанским участком коридора, и ответвление «Меридиан» (проходит от границы с Казахстаном до границы с Беларусью). На данный момент участки находятся на разных стадиях готовности, однако все работы должны быть завершены до 2024 г.

В сентябре 2020 г. компания China Railway Construction Corp Ltd (CRCC) подписала соглашение о строительстве автомобильной дороги Москва — Казань (рис. 2), на этот проект выделили около 763 млн долларов [8, 9]. Более того, в последнем послании Федеральному Собранию Владимир Владимирович Путин заявил о продлении этой скоростной автомобильной дороги до Екатеринбурга, тем самым будет обеспечено скоростное движение от Балтики до Урала.

## Функционирование в период пандемии

С того момента, как коронавирусная инфекция начала распространяться, страны-участницы инициативы «Один пояс — один путь» организовали обмен противоэпидемической экипировкой, тестами на коронавирус, лекарственными препаратами, медицинской техникой. Несмотря на распространение эпидемии, которая пагубно повлияла на глобальную логистику и международную торговлю, железнодорожное сообщение по маршруту Китай — Европа стабильно функционировало, помогая странам, расположенным вдоль коридора «Новый шелковый путь», бороться с вирусом и восстанавливать производство. За первое полугодие 2020 г.

экспресс-поезда перевезли более 27 тыс. т материалов для борьбы с коронавирусной инфекцией, что позволило ликвидировать дефицит защитных костюмов и масок во многих странах. Транспортные коридоры, логистические центры и порты эксплуатировались с целью оказания медицинской помощи нуждающимся в поддержке странам-партнерам.

Избежать кризиса в области перевозок Китай смог благодаря быстрому восстановлению экономики и грамотному проведению мероприятий по борьбе с коронавирусом — с лета 2020 г. ситуация была под контролем. Суммарно в период пандемии 2020 г. поезда, прошедшие по среднему коридору (Китай — Европа), перевезли около 8 млн штук различных медицинских товаров, большую часть которых составляли противоэпидемические средства. Этот маршрут стал «коридором жизни» для разных государств в совместной борьбе с эпидемией.

В 2020 г. количество грузовых поездов, которые были отправлены из Китая в Россию и Европу, увеличилось на 50 % (более 12 400 составов), большая часть из них — контейнерные. Такая динамика произошла в основном за счет заметного увеличения объемов перевозок в Россию, а перевозки из Европы в Китай сократились, поскольку пандемия вызвала дисбаланс между перевозками в западном и восточном направлении в связи с закрытием европейских заводов. Грузовые поезда сыграли чрезвычайно важную роль в стабилизации международной логистической цепочки поставок [10, 11, 12].

## Почему растут объемы контейнерных перевозок?

За первые 6 месяцев 2020 г. количество грузовых составов по маршруту Китай — Европа через Россию и Казахстан увеличилось на 36 %, а количество двадцатифутовых контейнеров — на 41 % по сравнению с предыдущим годом.



Рис. 2. ВСМ Москва — Казань





Рис. 3. Маршрут регулярного контейнерного поезда Китай — Европа

Объем контейнерных перевозок в России увеличивается на протяжении пяти лет подряд, и 2020 г. не стал исключением. Рост контейнерных перевозок в России и других странах вызван несколькими причинами. Во время распространения коронавирусной инфекции железнодорожный транспорт стал перевозить те грузы, которые ранее отправлялись по воздушному сообщению и морю. Это связано с тем, что аэропорты перестали принимать и отправлять самолеты в китайском направлении, а морские перевозки занимают больше времени. Также большое значение имело открытие такого важного транспортного хаба, как Ухань: 30 апреля со станции Уцзяшань в сторону Дуйсбурга (Германия) с интервалом в 5 часов отправились сразу два контейнерных поезда, груженых автозапчастями, электромеханическим оборудованием, противовирусными материалами и другими товарами, произведенными в провинции.

Вместе с тем многие компании — производители стальной продукции переходят на контейнерные перевозки, и в 2020 г. объем экспорта различной стальной продукции из КНР составил около 66,2 млн т. Что касается РЖД, то, по оценкам специалистов, транспортировка стали по сети в контейнерах в 2021 г. должна вырасти почти в два раза — до 110 тысяч ДФЭ. Кроме производителей металлургической продукции контейнеризация наблюдалась и у лесозаготовщиков, которые страдали из-за нашествия короеда в Европе, поэтому им пришлось экспортировать в Китай балансовую древесину для переработки в целлюлозу по маршруту через Россию в контейнерах.

Возрос спрос на скоростные перевозки мультимодального транзитного сервиса Trans-Siberian LandBridge (маршрут, объединяющий Азию и Европу через порты Дальнего Востока и Транссибирскую магистраль), что также увеличило долю контейнеров.

Кроме того, с морского маршрута из Китая до Санкт-Петербурга произошло перераспределение объемов грузов на Дальний Восток, что увеличило его значение

в структуре контейнерного оборота импортного и экспортного направлений. Перевозчики сталкиваются с проблемой «узких мест» на железных дорогах, поэтому поезда, перевозящие контейнерные грузы, не всегда успевают в срок добраться до портов, потому что в пути они конкурируют с составами, привозящими большие объемы угля, и вынуждены пропускать их.

За период с января по ноябрь 2020 г. продажи китайских автомобилей в России составили почти 50000 шт., что на 68 % больше, чем годом ранее, это вызвало увеличение поставок запчастей из Китая, которые также высыпаются в контейнерах [13, 14, 15].

Китайская компания ZIH и их коллеги из транспортной группы FESCO создали регулярный контейнерный поезд из Гамбурга в Чжэнчжоу (рис. 3) через пограничный переход Гродеково — Суйфыньхэ. Поезд функционирует с 2019 г., имеет постоянное расписание (отправляется 1 раз в неделю), пользуется спросом у большого количества грузоотправителей, поскольку транзитное время составляет всего 13–15 дней.

## Заключение

Строительство «Нового шелкового пути» с каждым месяцем набирает обороты, что в дальнейшем сделает Центрально-Азиатский регион удобным коридором, соединяющим страны Азиатско-Тихоокеанского региона, а также обеспечит стабильное движение в Европу. Для России проект играет важную роль, поскольку к поездам, идущим по этому коридору, можно прикреплять свои вагоны, а также получать инвестиции от Китая для развития сети железных дорог и модернизации существующих линий. Пандемия незначительно повлияла на строительство и функционирование действующих транспортных коридоров за счет грамотного планирования деятельности и умения взаимодействовать со всеми участниками проекта. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Лукина А. В. Россия и Китай: четыре века взаимодействия / под ред. А. В. Лукина. — М. : Весь мир, 2013. — 704 с.
2. Самуйлов В. М., Серов К. Д., Каргапольцева Т. А. Перспективы развития Северного морского пути как международной транзитной магистрали // Инновационный транспорт. — 2019. — № 4 (34). — С. 10–13. — ISSN 2311–164X.
3. Самуйлов В. М., Неволин Д. Г., Калашников А. Е. Роль транспортного коридора «Россия — Китай» в перевозке экспортных грузов // Инновационный транспорт. — 2020. — № 4 (38). — С. 15–20. — ISSN 2311–164X.
4. Самуйлов В. М., Покровская О. Д., Цяо Ц. Концепция «Новый шелковый путь» (Китай, Россия, Германия) // Инновационный транспорт. — 2017. — № 4 (26). — С. 26–28. — ISSN 2311–164X.
5. Новый Шелковый путь: почему Россия остается на обочине // Газета.Ru. — URL: <https://inlnk.ru/WoK80> (дата обращения: 15.01.2021).
6. Самуйлов В. М., Покровская О. Д. Практика и эффективность формирования транспортно-логистических кластеров // Вестник УрГУПС. — 2016. — № 4 (32). — С. 76–88. — ISSN 2079–0392.
7. В Китай прибыл первый товарный поезд из Турции // Российская еженедельная газета «Труд». — URL: <https://inlnk.ru/r9NeZ> (дата обращения: 14.02.2021).
8. Лексютина Я. В. Китайские инициативы «Пояс и Путь» и аби: подходы Японии и Индии // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. — 2019. — № 24. — С. 145–157. — ISSN 2618–6888.
9. Ботев А. МТК Европа — Западный Китай: в России строят скоростные трассы / Информационный портал «Дор-Инфо». — URL: [https://dorinfo.ru/99\\_detail.php?ELEMENT\\_ID=73640](https://dorinfo.ru/99_detail.php?ELEMENT_ID=73640) (дата обращения: 10.02.2021).
10. Гайва Е. Пошли своей дорогой. Доехать из Москвы в Казань можно будет за шесть с половиной часов // Российская газета. — URL: <https://rg.ru/2020/07/21/reg-cfo/doehat-iz-moskvy-v-kazan-mozhno-budet-za-shest-s-polovinoj-chasov.html>.
11. «Один пояс, один путь»: открыть дорогу взаимному выигрышу // Российская еженедельная газета «Труд». — URL: [https://www.trud.ru/article/15-01-2021/1398412\\_odin\\_pojas\\_odin\\_put\\_otkryt\\_dorogu\\_vzaimnomu\\_vyigryshu.html](https://www.trud.ru/article/15-01-2021/1398412_odin_pojas_odin_put_otkryt_dorogu_vzaimnomu_vyigryshu.html) (дата обращения: 05.02.2021).
12. Дорога Китай — Европа — путь возможностей и успеха // Российская еженедельная газета «Труд». — URL: [https://www.trud.ru/article/18-12-2020/1397779\\_doroga-kitaj-evropa-put-vozmozhnostej-i-uspeha.html](https://www.trud.ru/article/18-12-2020/1397779_doroga-kitaj-evropa-put-vozmozhnostej-i-uspeha.html) (дата обращения: 15.02.2021).
13. Скорлыгина Н., Мерцалова А. Грузите все товары бочками. Мировая торговля столкнулась с нехваткой контейнеров // Газета «Коммерсантъ». — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4595411>.
14. Автомонова Л. Ю. Прогнозирование объемов контейнерных перевозок с использованием эконометрических моделей // Системный анализ и логистика. — 2018. № 1 (16). — С. 60–69. — eISSN 2077–5687.
15. Российская общенациональная газета железнодорожников «Гудок». — URL: <https://gudok.ru/news/?ID=1449372> (дата обращения: 09.02.2021).

Объем статьи: 0,58 авторских листа





**Василий Михайлович Сай**  
Vasily M. Say



**Дарья Юрьевна Горелова**  
Dariya Yu. Gorelova

## Методика обоснования показателей хозяйствующих субъектов для решения задач определения их надежности и устойчивости в организационной сети

### Methodology for substantiating the indicators of economic entities for solving the problems of determining their reliability and stability in the organizational network

**Аннотация**

В статье предложена методика подбора параметров на основе корреляционно-регрессионного анализа с целью дальнейшего включения значимых переменных в уравнение устойчивости предприятия организационной сети. Выборка состоит из десяти предприятий и десяти гипотетических контрольных точек. К рассмотрению приняты три подсистемы: технико-экономическая (девять показателей), организационно-правовая (семь показателей) и кадровый потенциал (семь показателей хозяйственной деятельности субъекта права). Предложенная методика позволяет обосновать значимые показатели по каждой из трех подсистем для определения устойчивости элементов сети (предприятий) в зависимости от общего тренда производственных мощностей: успешно развивающееся предприятие; стабильно работающее; нестабильно работающее. Данная методика позволяет прогнозировать возможный объем поставок от предприятий — элементов сети. Для достижения поставленной цели предложено использовать аппарат многофакторного анализа, в частности корреляционно-регрессионный анализ, позволяющий определить наличие связей и их тесноту между факторами, а также степень влияния на исследуемую величину. Расчеты проводились с использованием инструментов «Корреляция» и «Регрессия», входящих в пакет «Анализ данных» программы Microsoft Excel.

**Ключевые слова:** многофакторный анализ, корреляция, регрессия, многофакторная модель, подбор параметров, устойчивость организационной сети.

**Abstract**

The article proposes a method for selecting parameters based on correlation and regression analysis in order to further include significant variables in the equation of stability of an enterprise of an organizational network. The sample consists of ten businesses and ten hypothetical control points. Three subsystems are accepted for consideration: technical and economic (nine indicators), organizational and legal (seven indicators) and human resources (seven indicators of economic activity of a legal entity). The proposed methodology allows us to justify significant indicators for each of the three subsystems for determining the stability of network elements (enterprises), depending on the overall trend of production capacity: a successfully developing enterprise; a high-performing enterprise; a low-performing one. This method allows us to predict the possible volume of deliveries from enterprises - elements of the network. To achieve this goal, it is proposed to use the apparatus of multivariate analysis, in particular, correlation and regression analysis, which allows us to determine the presence of links and their closeness between factors, as well as the degree of influence on the studied value. The calculations were performed using the "Correlation" and "Regression" tools included in the "Data Analysis" package of the Microsoft Excel program.

**Keywords:** multivariate analysis, correlation, regression, multivariate model, parameter selection, organizational network stability.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-14-20

**Авторы Authors**

*Василий Михайлович Сай, д-р техн. наук, профессор кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VSay@usurt.ru | Дарья Юрьевна Горелова, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: DGorelova@usurt.ru*

*Vasily Mikhailovich Say, Doctor of Technical Sciences, Professor, "Railway Construction and Railway Track" Department of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: VSay@usurt.ru | Dariya Yuryevna Gorelova, Post-graduate student of "Railway Construction and Railway Track" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: DGorelova@usurt.ru*

## Постановка задачи

В организационно-экономических формах, например в организационных сетевых структурах, при их формировании и настройке используется множество показателей, характеризующих производственно-хозяйственную деятельность субъектов права и сети в целом. При этом применение некоторых показателей может привести к обратному эффекту — искажению результатов расчетов.

Задача исследования — дать количественную оценку показателей производственно-хозяйственной деятельности элементов сети и разработать методику обоснования показателей хозяйствующих субъектов для решения задач определения их надежности и устойчивости в организационной сети.

Для достижения поставленной цели предложено использовать аппарат многофакторного анализа (в частности, корреляционно-регрессионный анализ), позволяющий определить наличие связей и их тесноту между факторами, а также степень их влияния на исследуемую величину [1].

В связи с этим предложено распределить факторы (показатели) на три группы и далее с использованием корреляционно-регрессионного анализа [1–7] определить в группе самые значимые из них. Таким образом, были сформированы три группы показателей: технико-экономические, организационно-правовые, показатели кадрового потенциала.

## Анализ деятельности исследуемых предприятий

Определим три группы предприятий и на основании [8–10] предположим, что предприятия первой группы в рассматриваемом периоде времени работают и развиваются по закону  $Q = a + \lg b$ , второй группы —  $Q = Q_{\text{ср}} \pm \Delta$ , третьей группы —  $Q = a - \lg b$ , где  $Q$  — объем реализованной продукции, а  $\Delta$  отклонения по годам. Аппроксимируем изменение параметров по этим законам на рис. 1.

Рассмотрим графики изменения переменной «Объем реализованной продукции» для десяти предприятий, распределив их на группы, как принято выше (рис. 1). В результате к первой группе отнесены предприятия, отличающиеся стабильной работой с возрастающей динамикой производства; ко второй группе — нестабильно работающие предприятия, отличающиеся хаотичным разбросом показателей по выпускаемой продукции; к третьей группе — предприятия с наметившимся трендом падения производства.

## Многофакторный анализ показателей, влияющих на объем реализованной продукции

Воспользуемся заданным массивом из десяти предприятий с показателями за 10 лет. Оговоримся, что объем реализованной продукции (тыс. руб.)  $Y$  является зависимой переменной. Остальные показатели — независимые переменные:

$X_{\text{опф}}$  — стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.;

$X_{\text{ао}}$  — амортизационные отчисления, тыс. руб.;

$X_{\text{эф}}$  — эффективность использования основных производственных фондов, руб./руб.;

$X_{\text{вв}}$  — водоемкость, руб./руб.;

$X_{\text{фе}}$  — фондоотдача, руб./руб.;

$X_{\text{ржд}}$  — доля продукции, реализуемой холдингу «РЖД», %;

$X_{\text{р}}$  — рентабельность, %;

$X_{\text{зс}}$  — доля заемных средств, %;

$X_{\text{ср}}$  — доля собственных средств на развитие предприятия, %.

Для всех предприятий количество наблюдений  $n = 10$ ; количество переменных  $m = 9$ , табл. 1.

Поставлена задача — ранжировать по значимости вышеперечисленные показатели (факторы).

На первом этапе выполнен корреляционный анализ, призванный измерить тесноту связи между факторами и отобрать те из них, которые наиболее значимо влияют на исследуемую переменную. Отобранные факторы будем использовать для дальнейшего регрессионного анализа.

Парные коэффициенты корреляции, показывающие степень зависимости переменных между собой, определены по формуле:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  — значения данных выборки  $X$ ;  $y_i$  — значения данных выборки  $Y$ ;  $\bar{x}$  — средняя величина выборки  $X$ ;  $\bar{y}$  — средняя величина выборки  $Y$ .

Расчеты парного коэффициента корреляции для первой выборки представлены в виде матрицы в табл. 2.

Коэффициенты корреляции, равные нулю, исключаются из дальнейших вычислений. В исследуемом массиве данных таких факторов не обнаружено.

Анализ первого столбца матрицы говорит о тесноте связи между зависимой переменной «Объем реализованной продукции» с факторами, включенными в анализ: стоимость основных производственных



## Организация производства (транспорт)

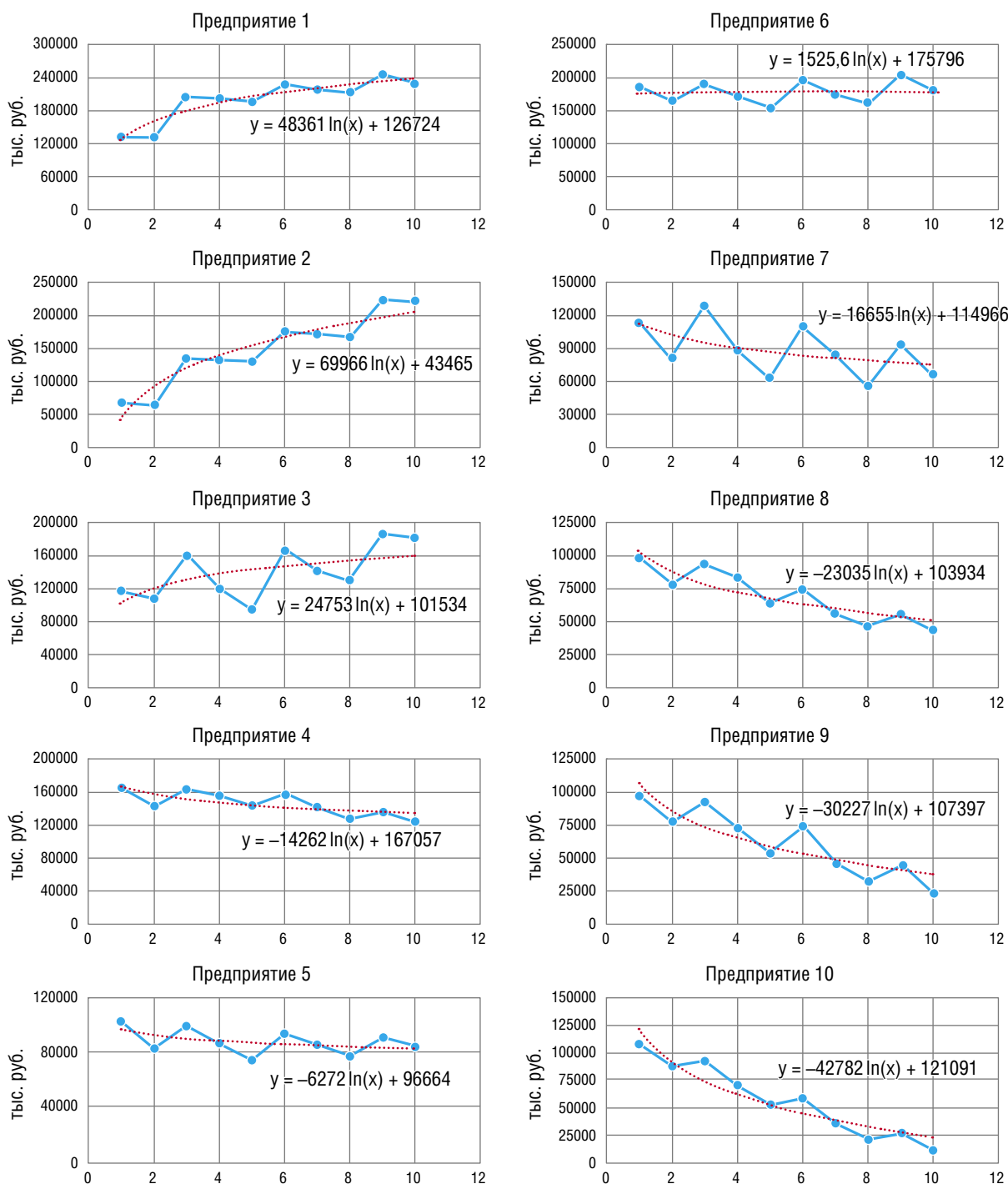


Рис. 1. Динамика переменной «Объем реализованной продукции» по предприятиям, которые отличаются стабильной работой и возрастающей динамикой производства (1–3); хаотичным разбросом показателей по выпускаемой продукции (4–6); где намечился тренд падения производства (7–10)

фондов ( $r_{yX_{\text{опф}}} = 0,984$ ), амортизационные отчисления ( $r_{yX_{\text{ао}}} = 0,828$ ), эффективность использования основных производственных фондов ( $r_{yX_{\text{эф}}} = 0,640$ ). Остальные факторы имеют слабую связь с исследуемой переменной и не могут быть включены в модель регрессии.

Для всех исследуемых показателей определена оценка коэффициентов корреляции первого столбца матрицы, табл. 3:

$$t_{\text{расч}} = \frac{r_{yX_i} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{yX_i}^2}} \quad (2)$$

Таблица 1

Исходные данные для первой выборки

Год	Y	X <sub>опф</sub>	X <sub>ао</sub>	X <sub>эф</sub>	X <sub>ве</sub>	X <sub>фе</sub>	X <sub>ржд</sub>	X <sub>р</sub>	X <sub>зс</sub>	X <sub>ср</sub>
1	185000	85000	0	1,42	0,459	2,176	30,5	19,5	30,1	15,0
2	165000	76500	0	1,39	0,464	2,157	30,2	19,0	35,4	15,5
3	190500	91375	14875	1,41	0,480	2,085	30,4	19,3	29,8	16,0
4	170000	82237	0	1,38	0,484	2,067	32,1	19,0	31,7	16,5
5	155000	74013	0	1,36	0,478	2,094	33,2	19,7	34,9	17,0
6	195000	92429	18416	1,47	0,474	2,110	30,5	19,9	36,3	17,5
7	175000	83187	0	1,45	0,475	2,104	32,3	19,5	37,2	18,0
8	160000	74868	0	1,43	0,468	2,137	33,7	19,2	35,6	18,5
9	205000	96118	21250	1,44	0,469	2,133	30,6	19,4	37,4	19,0
10	180500	86506	0	1,42	0,479	2,087	34,5	20,0	36,2	19,5

Таблица 2

Результат корреляционного анализа Предприятия 1

	Y	X <sub>опф</sub>	X <sub>ао</sub>	X <sub>эф</sub>	X <sub>ве</sub>	X <sub>фе</sub>	X <sub>ржд</sub>	X <sub>р</sub>	X <sub>зс</sub>	X <sub>ср</sub>
Y	1,000									
X <sub>опф</sub>	<b>0,984</b>	1,000								
X <sub>ао</sub>	<b>0,828</b>	<b>0,835</b>	1,000							
X <sub>эф</sub>	<b>0,640</b>	0,602	0,509	1,000						
X <sub>ве</sub>	-0,066	0,114	0,053	-0,215	1,000					
X <sub>фе</sub>	0,064	-0,115	-0,059	0,208	-1,000	1,000				
X <sub>ржд</sub>	-0,541	-0,467	-0,554	-0,187	0,407	-0,409	1,000			
X <sub>р</sub>	0,285	0,315	0,181	0,373	0,180	-0,185	0,325	1,000		
X <sub>зс</sub>	-0,007	-0,013	0,118	0,405	-0,036	0,025	0,315	0,328	1,000	
X <sub>ср</sub>	0,162	0,216	0,191	0,424	0,302	-0,311	0,617	0,453	0,745	1,000

Таблица 3

Расчетные значения t-статистики

Показатель	t <sub>расч</sub>
X <sub>опф</sub>	<b>15,4908</b>
X <sub>ао</sub>	<b>4,1797</b>
X <sub>эф</sub>	<b>2,3570</b>
X <sub>ве</sub>	-0,1874
X <sub>фе</sub>	0,1828
X <sub>ржд</sub>	-1,8198
X <sub>р</sub>	0,8423
X <sub>зс</sub>	-0,0189
X <sub>ср</sub>	0,4647

Для приведенной выборки табличное значение критерия Стьюдента равно:

$$t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05; k = n - 2 = 8) = 2,306.$$

Так как  $t_{\text{расч}} > t_{\text{табл}}$ , то коэффициенты корреляции являются значимыми для переменных: стоимость основных производственных фондов ( $r_{YX_{\text{опф}}} = 0,984$ ), амортизационные отчисления ( $r_{YX_{\text{ао}}} = 0,828$ ), эффективность использования основных производственных фондов ( $r_{YX_{\text{эф}}} = 0,640$ ) [11, 12]. Уровни значимости коэффициентов корреляции проверены по критическим значениям коэффи-

циента корреляции. Если нулевая гипотеза  $H_0: r_{ij} = 0$ , тогда критическое значение коэффициента корреляции определяется статистически [13]:

$$r^* = \sqrt{\frac{t_{(\alpha, n-2)}^2}{1 + \frac{t_{(\alpha, n-2)}^2}{n-2}}}, \quad (3)$$

где  $t_{(\alpha, n-2)}^2$  — критическое значение t-статистики Стьюдента для уровня значимости  $\alpha$  и количества степеней свободы  $n - 2$ .

Для представленной выборки критическое значение коэффи-



ента корреляции равно 0,489, т.е. все коэффициенты парной корреляции в исследуемой матрице, превышающие данное значение, являются значимыми.

Следующий шаг — исключение мультиколлинеарности между факторами ( $r_{x_i, x_j} > 0,8$ ). Мультиколлинеарность представляет собой плотную корреляцию факторных переменных, включенных в математическую модель, что может повлечь за собой отклонение размерных коэффициентов модели регрессии в сторону увеличения, затрудняя выявление самых значительных факторов, а также искажение экономического значения коэффициентов уравнения регрессии [4].

Факторы  $X_{\text{опф}}$  и  $X_{\text{ао}}$  имеют тесную связь ( $r_{x_{\text{опф}}, x_{\text{ао}}} = 0,835$ ), что подтверждает наличие коллинеарности между этими показателями. Следует оставить показатель  $X_1$  ( $r_{y, x_{\text{опф}}} = 0,984$ ), так как его влияние на исследуемую зависимую переменную «Объем реализованной продукции» выше, чем у фактора  $X_{\text{ао}}$  ( $r_{y, x_{\text{ао}}} = 0,828$ ), при этом связь прямо пропорциональная.

На основе анализа матрицы коэффициентов корреляции для включения в регрессионную модель могут быть оставлены два фактора: стоимость основных производственных фондов и эффективность использования основных производственных фондов.

### Регрессионный анализ отобранных показателей

Перейдем к регрессионному анализу исследуемых данных. Поскольку массив данных содержит более двух независимых регрессоров, необходимо обратиться к модели множественной линейной регрессии.

Корреляционная связь между факторами может быть записана в виде уравнения регрессии:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon. \quad (4)$$

Регрессионный анализ позволит получить коэффициент детерминированности  $R$ -квадрата, основанный на соотношении значений исследуемого параметра и факторных переменных. Коэффициент детерминированности отражает тесноту связей исследуемых факторов, заключенных в регрессионную модель, и итоговым показателем представляет собой числовое значение в пределах от 0 до 1 [4].

Как видно из регрессионной статистики (табл. 4),  $R$ -квадрат = 0,971, что говорит о сильном влиянии факторов на исследуемую величину и, как следствие, верном выборе результативных факторов для исследования.

Результатом проведенного корреляционно-регрессионного анализа являются коэффициенты факторных переменных (табл. 5).

Таблица 4

**Регрессионная статистика по выборке**

Множественный $R$	0,986
$R$ -квадрат	0,971
Нормированный $R$ -квадрат	0,963
Стандартная ошибка	3082,547
Наблюдения	10

Таблица 5

**Коэффициенты факторных переменных**

У-пересечение	-40241,989
$X_{\text{опф}}$	1,979
$X_{\text{эф}}$	36433,756

Итоговое уравнение регрессии для анализа производственно-хозяйственной деятельности для стабильно работающего предприятия будет иметь вид:

$$y = -40241,989 + 1,979 x_{\text{опф}} + 36433,756 x_{\text{эф}}.$$

Корреляционно-регрессионный анализ влияния технико-экономических показателей на объем произведенной продукции выполнен еще для девяти предприятий, которые были распределены на три группы в зависимости от их ритмичности в работе.

В результате расчетов установлено, что для первой группы предприятий в регрессионном уравнении потребуются учитывать два параметра, для второй группы — три параметра, а для третьей — четыре:

- для первой группы: стоимость основных производственных фондов и эффективность использования основных производственных фондов. Уравнение регрессии предприятия 1:

$$y_{T_1} = -475379,212 + 0,824 x_{\text{опф}} + 418178,726 x_{\text{эф}};$$

- для второй группы: стоимость основных производственных фондов, эффективность использования основных производственных фондов, рентабельность. Уравнение регрессии предприятия 4:

$$y_{T_4} = -183209,540 - 0,098 x_{\text{опф}} + 124204,565 x_{\text{эф}} + 6620,437 x_p;$$

- для третьей группы: стоимость основных производственных фондов, эффективность использования основных производственных фондов, рентабельность, доля собственных средств на развитие предприятия. Уравнение регрессии предприятия 8:

$$y_{тз} = -149854,418 + 4,692x_{опф} + 8548,484x_{эф} + 1602,516x_p + 960,476x_{ср}.$$

Ниже приведены результаты исследований показателей организационно-правовой группы и их влияние на объем реализованной продукции. Рассмотренные факторы: механовооруженность труда, энерговооруженность труда, уровень ритмичности производства, непрерывность использования ресурсов, равномерность использования ресурсов, показатель степени управляемости, показатель региональной концентрации.

Параметры, учитываемые для организационно-правовых показателей:

- для первой группы предприятий: энерговооруженность, уровень ритмичности производства. Уравнение регрессии предприятия 1:

$$y_{оп} = -23769,708 + 305119,145x_{эв} + 37541,204x_{рп};$$

- для второй группы предприятий: энерговооруженность, уровень ритмичности производства, непрерывность использования ресурсов. Уравнение регрессии предприятия 4:

$$y_{оп} = -24550,852 + 69753,0x_{эв} + 43106,130x_{рп} + 137,630x_{нр};$$

- для третьей группы предприятий: энерговооруженность, непрерывность использования ресурсов, равномерность использования ресурсов, показатель региональной концентрации. Уравнение регрессии предприятия 8:

$$y_{оп} = -49577,774 - 54965,639x_{эв} + 47014,889x_{рп} - 8030,673x_{нр} + 68298,115x_{рк}.$$

Далее выполнен многофакторный анализ для отбора значимых показателей кадрового потенциала десяти предприятий. Исследуемые показатели: трудовой потенциал предприятия, научно-инженерный потенциал управленческих работников предприятия, показатель эффективности труда, показатель текучести кадров, показатель затрат на обучение.

Уравнение регрессии и показатели для группы «Трудовой потенциал»:

- для первой группы предприятий: научно-инженерный потенциал, производительность труда: Уравнение регрессии предприятия 1:

$$y_k = -6234,667 + 846,715x_{нип} + 215,169x_{пт};$$

- для второй группы предприятий: показатель текучести кадров, научно-инженерный потенциал, производительность труда. Уравнение регрессии предприятия 4:

$$y_k = -44536,268 - 6230,015x_{нип} + 1074,422x_{пт} + 13516,505x_{тк};$$

- для третьей группы предприятий: показатель текучести кадров, научно-инженерный потенциал, производительность труда, показатель постоянства кадров. Уравнение регрессии предприятия 8:

$$y_k = -331914,188 - 9747,399x_{нип} + 3426,012x_{пт} - 27031,160x_{тк} + 219124,733x_{пк}.$$

Уравнения регрессии по предприятиям одной группы отличаются только величиной коэффициентов и имеют идентичный вид.

Таким образом, в результате выполненных исследований предложены уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать объем поставляемой продукции хозяйствующим субъектам или интегратору сети с учетом меняющихся параметров предприятий-поставщиков продукции и услуг.

## Заключение

1. Предложенная методика обоснования показателей хозяйствующих субъектов для решения задач определения их надежности и устойчивости в организационной сети основана на количественном подходе, что позволяет включить ее как составную часть цифровой модели сетевой организационной структуры.

2. Использование многофакторного анализа для оценки показателей производственно-хозяйственной деятельности предприятия позволяет обосновать значимые переменные для трех подсистем предприятия: технико-экономической, организационно-правовой и кадровой.

3. Для стабильно работающих или стабильно наращивающих объемы производственных мощностей предприятий при оценке их деятельности в организационной сети достаточно использовать две переменные в каждой подсистеме:

- в технико-экономической — стоимость основных производственных фондов и эффективность использования основных производственных фондов;
- в организационно-правовой — энерговооруженность и уровень ритмичности производства;
- в кадровой — научно-инженерный потенциал и производительность труда.



## Организация производства (транспорт)

4. Если у элемента организационной сети наблюдается незначительный хаотичный разброс показателя «Объем реализованной продукции», то для определения устойчивости такого предприятия целесообразно использовать по три показателя:

- технико-экономические — стоимость основных производственных фондов, эффективность использования основных производственных фондов и рентабельность;
- организационно-правовые — энерговооруженность, уровень ритмичности производства, непрерывность использования ресурсов;
- кадровые — показатель текучести кадров, научно-инженерный потенциал, производительность труда.

5. Если динамика производства продукции на предприятии явно снижается, то прогнозирование устойчивости такого предприятия необходимо определять по четырем показателям каждой подсистемы:

- для технико-экономической подсистемы: сто-

имость основных производственных фондов, эффективность использования основных производственных фондов, рентабельность, доля собственных средств на развитие предприятия;

- для организационно-правовой подсистемы: энерговооруженность, уровень ритмичности производства, непрерывность использования ресурсов, показатель региональной концентрации;
- для кадровой: показатель текучести кадров, научно-инженерный потенциал, производительность труда, показатель постоянства кадров.

6. Предложенный подход позволяет интегратору сети в зависимости от динамики развития элементов организационной сети целенаправленно прогнозировать надежность поставок продукции (оказания услуг) как другим элементам сети, так и интегратору.

7. Предложенный подход может быть использован при конструировании или настройке сетевого организационного дизайна крупных организационно-экономических образований, например холдинга «РЖД». **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Норман Р. Дрейпер, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия = Applied Regression Analysis. — 3-е изд. — М. : Диалектика, 2007. — 912 с.
2. Корреляционно-регрессионный анализ: пример, задачи, применение. Метод корреляционно-регрессионного анализа. — URL: <https://businessman.ru/new-korrelyatsionnoregressionnyj-analiz-primer-zadachi-primenenie.html> (дата обращения: 15.10.2020).
3. Метод корреляционно-регрессионного анализа. — URL: [https://studopedia.su/4\\_2452\\_metod-korrelyatsionnoregressionnogo-analiza.html](https://studopedia.su/4_2452_metod-korrelyatsionnoregressionnogo-analiza.html) (дата обращения: 10.10.2020).
4. Воскобойников Ю. Е. Эконометрика в Excel: парные и множественные регрессивные модели. — СПб. : Лань, 2018. — 260 с.
5. Rudakov K. V., Strizhov V. V., Kashirin D. O., Motrenko A. P., Stenina M. M. Selecting an Optimal Model for Forecasting the Volumes of Railway Goods Transportation // Avtomatika i Telemekhanika. — 2017. — № 1. — P. 91–105.
6. Шепелев И. Г. Математические методы и модели управления в строительстве : учебное пособие для вузов. — М. : Высш. школа, 1980. — 213 с.
7. Сай В. М., Горелова Д. Ю. Методика обоснования показателей хозяйствующих субъектов для определения устойчивости организационной сети с использованием многофакторного анализа // Вестник РГУПС. — 2020. — № 4 (80). — С. 102–112. — ISSN 0201–727X.
8. Дьяченко А. В. Устойчивый цикл эволюционного развития предприятия // Известия НВ АУК. — 2015. — № 2 (38). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivyy-tsikl-evolyutsionnogo-razvitiya-predpriyatiya> (дата обращения: 09.02.2021).
9. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф. — М. : Экономика, 1989. — 303 с. — URL: [http://www.koob.ru/ansoff\\_igor/strategicheskoe\\_upravlenie](http://www.koob.ru/ansoff_igor/strategicheskoe_upravlenie) (дата обращения: 09.02.2021).
10. Ansoff H.I. Strategies for diversification / H.I. Ansoff. — Harvard Business Review, September-October, 1957. — P. 113–124.
11. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М. : ЮНИТИ, 1998. — 1022 с.
12. Закс Л. Статистическое оценивание. — М. : Статистика, 1976. — 598 с.
13. Панков А. Р., Горяинова Е. Р., Жерносок А. И. Статистические методы обработки данных. — М. : Изд-во МАИ, 2013. — 84 с.

Объем статьи: 0,68 авторских листа



**Леонид Борисович  
Гилев**  
Leonid B. Gilev



**Анна Сергеевна  
Новикова**  
Anna S. Novikova

## Анализ дефектов жилых зданий, выявленных в период гарантийного обслуживания

### Analysis of defects in residential buildings identified during the warranty period

#### Аннотация

Статья посвящена анализу дефектов жилых зданий, выявленных в период гарантийного обслуживания. Целью исследования является сокращение затрат строительных организаций в гарантийный период обслуживания жилых зданий и повышение качества строительства. Для исследования процесса эксплуатации жилых зданий и оценки затрат был выбран жилой комплекс, состоящий из двадцати малоэтажных домов. Были выявлены ключевые дефекты, проведен их анализ. В процессе проведения исследований разработана схема операционного контроля качества, с помощью которой можно повысить уровень управления качеством строительно-монтажных работ, сократить затраты строительных организаций в гарантийный период обслуживания и, как следствие, повысить удовлетворенность и лояльность покупателей.

**Ключевые слова:** качество, система контроля качества, гарантийный период обслуживания, дефекты, принцип Парето, система операционного контроля.

#### Abstract

The article is devoted to the analysis of defects in residential buildings identified during the warranty period. The purpose of the study is to reduce the costs of construction organizations during the warranty period of maintenance of residential buildings and improve the quality of construction. A residential complex consisting of twenty low-rise buildings was selected to study the operation of residential buildings and estimate costs. Key defects were identified and analysed. In the course of the research, a scheme of operational quality control has been developed, with the help of which it is possible to increase the level of quality management of construction and installation works, reduce the costs for construction organizations during the warranty period of service and, as a result, increase customer satisfaction and loyalty.

**Keywords:** quality, quality control system, warranty period of service, defects, the Pareto principle, operational control system.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-21-26

#### Авторы Authors

*Леонид Борисович Гилев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: LGilev@usurt.ru | Анна Сергеевна Новикова, магистр Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: sman1988@yandex.ru*

*Leonid Borisovich Gilev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Engineering Construction and Construction Operations" Department, Ural State University of Railway Engineering (USURT), Yekaterinburg; e-mail: LGilev@usurt.ru | Anna Sergeyevna Novikova, Master's degree student of Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: sman1988@yandex.ru*

В настоящее время проблема качества — одна из ключевых проблем, которая является важным критерием повышения уровня жизни. Принципиально новые требования к качеству строительства предъявляет рыночная экономика. Для того чтобы устойчиво работать в секторе, необходимо быть конкурентоспособным. В строительстве конкурентоспособность определяется тремя показателями: продолжительностью, себестоимостью, качеством строительства, где качество выходит на первое место.

Нормы действующего законодательства определяют ответственность за качество работ, гарантию качества и сроки обнаружения ненадлежащего качества при исполнении договоров строительного подряда. Суть гарантии определена в статье 754 Гражданского кодекса [1].

Зачастую некоторые дефекты могут быть выявлены только во время эксплуатации объекта по истечении определенного времени, именно поэтому в договорах прописывается гарантийный срок обслуживания.

Гарантийный срок обслуживания — это время, в течение которого строительная организация обязуется устранить обнаруженные дефекты в рамках договора. Наличие такого срока в договорах положительно влияет на качественное выполнение работ строительной организацией, так как выявленные дефекты — это дополнительные материальные и финансовые затраты по их исправлению.

В настоящее время разработано достаточно много систем и методик по контролю качества выполняемых работ, но в период гарантийного обслуживания зданий по-прежнему выявляют дефекты и отклонения от проектов, которые требуют решений и дополнительных затрат, а это значит, что вопрос остается открытым и актуальным.

В соответствии с целью исследования поставлены и решены следующие задачи:

- выявлены дефекты и работы, возникающие при вводе в эксплуатацию жилого здания в период гарантийного обслуживания;
- произведена оценка затрат на выявленные дефекты и работы в период гарантийного обслуживания;
- разработана схема операционного контроля качества;
- дана оценка экономической целесообразности разработанной схемы.

Объектом исследования выступало строительное предприятие ПАО «Группа ЛСР». Анализ управления качеством продукции ПАО «Группа ЛСР» показал, что система контроля качества предприятия прописана в документах, но есть проблемы в реализации процессов, и, как следствие, возникают дефекты, которые необходимо устранять.

Для анализа процесса эксплуатации жилых зданий и оценки затрат в период гарантийного обслуживания был выбран жилой комплекс, состоящий из двадцати малоэтажных домов. За 5 лет гарантийного обслуживания было изучено 327 обращений и выявлены дефекты, которые представлены в табл. 1.

Для анализа выявленных дефектов был использован закон Парето (или «принцип 80/20»), согласно которому можно констатировать, что 20 % причин вызывают 80 % дефектов в готовой продукции [2]. В соответствии с принципом Парето были проанализированы выявленные дефекты по трем критериям: наиболее значимые дефекты, затраты на устранение, трудоемкость.

Таблица 1

Виды выявленных дефектов

№ п/п	Вид дефекта	Кол-во квартир, шт.	Процент дефекта от общего кол-ва обращений, %
1	Разгерметизация стеклопакетов	65	19
2	Трещины по стенам (усадовые)	98	30
3	Дефекты в работе вентиляции (обратная тяга)	131	40
4	Выход из строя счетчиков (ГВС, ХВС)	33	10
5	Расхождение ламината	91	28
6	Промерзание конструкций	56	17
7	Перекося дверных проемов	36	11
8	Капельные течи отопительных приборов	18	6



Таблица 2

Распределение дефектов по значимости

№	Наименование дефектов	Количество дефектов, шт.	Накопленное количество дефектов	Процент от общей суммы дефектов, %	Накопленный процент, %
1	Дефекты в работе вентиляции (обратная тяга)	131	131	25	25
2	Трещины по стенам (усадебные)	98	229	19	44
3	Расхождение ламината	91	320	17	61
4	Разгерметизация стеклопакетов	65	385	12	73
5	Промерзание конструкций	56	441	11	84
6	Перекас дверных проемов	36	477	7	91
7	Выход из строя счетчиков (ГВС, ХВС)	33	510	6	97
8	Капельные течи отопительных приборов	18	528	3	100
Итого:		528		100	



Рис. 1. График распределения дефектов по значимости

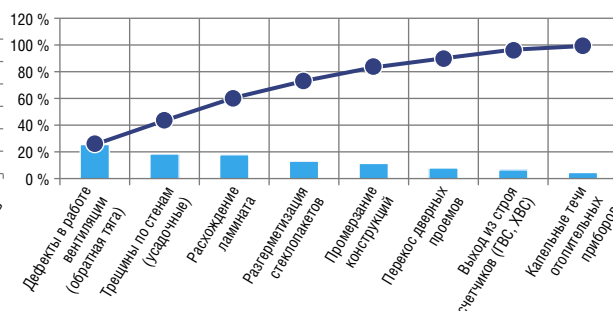


Рис. 2. График распределения дефектов по значимости нарастающим итогом

### 1. Выявление значимых дефектов

За гарантийный период было получено 327 заявлений, и выявлены дефекты, которые необходимо контролировать при выполнении строительно-монтажных работ. Установлено, что дефекты в работе вентиляции (обратная тяга) встретилась 131 раз, трещины по стенам (усадебные) 98 раз и т.д. Результаты анализа сведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что общее количество дефектов, выявленных в гарантийный период обслуживания зданий, составляет величину 528, которая определяется простым суммированием. В следующем столбце определяется количество дефектов нарастающим итогом. Аналогично определяется соотношение дефектов, выраженное в процентах.

На рис. 1, 2 полученные результаты отображены в графической форме. Построенная диаграмма наглядно показывает значимость каждого из дефектов.

На основании анализа графиков можно сделать вывод, что 84 % приходится на пять более значимых и часто встречающихся дефектов: дефекты в работе вентиляции (обратная тяга), трещины по стенам (усадебные),

расхождение ламината, разгерметизация стеклопакетов, промерзание конструкций.

Анализируя причины возникновения дефектов, можно сказать, что они связаны со строительно-монтажными работами.

### 2. Затраты на исправление дефектов

Затраты на исправление дефектов определялись по согласованным сметным расчетам. Из табл. 3 видно, что общая стоимость устранения дефектов, выявленных в гарантийный период обслуживания зданий, составила 6069,21 тыс. рублей.

На основании анализа данных табл. 3 и графиков рис. 3, 4 можно сделать вывод, что 84 % приходится на два наиболее затратных дефекта: промерзание конструкций и трещины по стенам (усадебные).

Очевидно, что если решить вопрос с контролем качества выполнения строительно-монтажных работ, то будут устранены сразу 70 % затрат, необходимых для устранения этих дефектов.

Л. Б. Гилев, А. С. Новицова | Анализ дефектов жилых зданий, выявленных в период гарантийного обслуживания

Распределение дефектов по затратам

№	Наименование дефектов	Затраты на исправление, тыс. руб.	Накопленное количество затрат на исправление, тыс. руб.	Процент к общей сумме затрат, %	Накопленный процент, %
1	Промерзание конструкций	3294,23	3294,23	54	54
2	Трещины по стенам (усадочные)	944,10	4238,33	16	70
3	Расхождение ламината	888,18	5126,51	15	85
4	Дефекты в работе вентиляции (обратная тяга)	612,00	5738,51	10	95
5	Разгерметизация стеклопакетов	202,10	5940,61	3	98
6	Перекас дверных проемов	90,00	6030,61	1	99
7	Капельные течи отопительных приборов	38,60	6069,21	1	100
8	Выход из строя счетчиков (ГВС, ХВС)	0,00	6069,21	0	100
Итого:		6069,21		100	



Рис. 3. График распределения дефектов по затратам

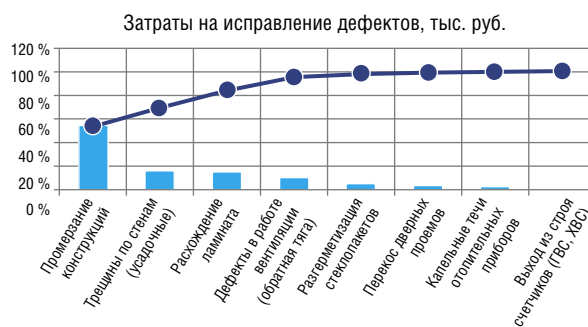


Рис. 4. График распределения дефектов по затратам нарастающим итогом

### 3. Трудоемкость работ по исправлению дефектов

На основании сметных расчетов определено, насколько трудоемкими являются работы по устранению дефектов и какие из них наиболее затратные по времени (табл. 4).

Согласно правилу Парето, наиболее трудоемкими работами по устранению дефектов в гарантийный период, на которые приходится 70 %, являются разгерметизация стеклопакетов и расхождение ламината (рис. 5, 6).

В результате проведенного анализа дефектов по трем показателям установлены основные дефекты строительной организации, требующие наибольших трудозатрат и денежных средств:

- трещины по стенам (усадочные);

- разгерметизация стеклопакетов;
- промерзание конструкций.

Следовательно, если решить вопрос с контролем качества выполнения строительно-монтажных работ, то будут устранены сразу 73 % дефектов. Остальные 27 % дефектов могут быть устранены за счет более тщательно выполнения технологических операций работниками.

На рис. 7 представлена принципиальная схема организации процессного подхода к производственному контролю качества. Организация такой системы контроля позволит целенаправленно и оперативно воздействовать на условия и факторы, влияющие на качество готовой продукции, получать информацию о состоянии технологического процесса, прогнозировать качество продукции, предупреждать дефекты и исключать возможность появления брака. В данной схеме обеспечивается взаимосвязь между браковочным, предупредительным контролем и контролем с обратной связью.

Таблица 4

Трудоёмкость работ по устранению дефектов

№	Наименование дефектов	Трудоёмкость, чел-ч	Накопленное количество трудоёмкости	Процент к общей сумме трудоёмкости, %	Накопленный процент, %
1	Разгерметизация стеклопакетов	3195	3195	40	40
2	Расхождение ламината	2331	5526	30	70
3	Капельные течи отопительных приборов	1181	6707	15	85
4	Перекося дверных проемов	443	7150	6	91
5	Трещины по стенам (усадебные)	266	7416	3	94
6	Промерзание конструкций	249	7665	3	97
7	Дефекты в работе вентиляции (обратная тяга)	210	7875	3	100
8	Выход из строя счетчиков (ГВС, ХВС)	14	7889	0	100
Итого:		7889		100	



Рис. 5. График распределения дефектов по трудоёмкости

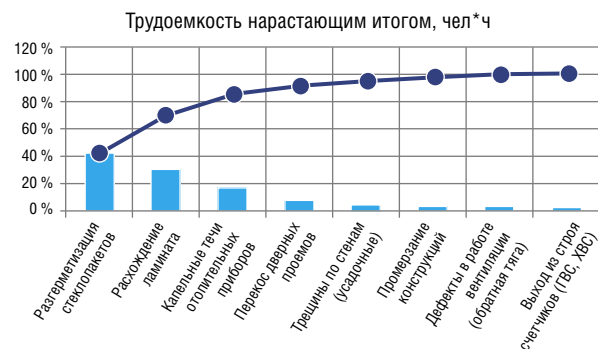


Рис. 6. График распределения дефектов по трудоёмкости нарастающим итогом

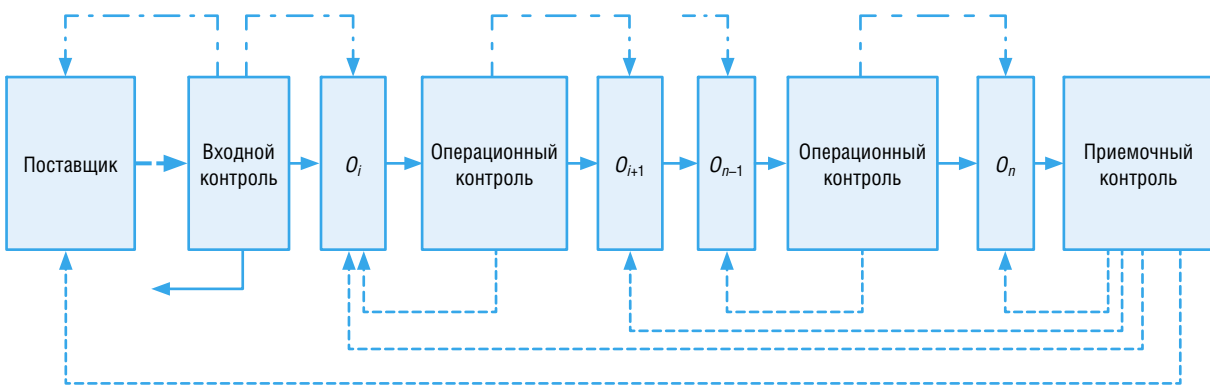


Рис. 7. Схема организации производственного контроля качества:

$O_i, O_{i+1}, O_n$  — технологические операции; сплошные стрелки показывают развитие технологического процесса, штриховые стрелки — движение информации при: — — предупредительном контроле; - - - контроле с обратной связью; — — браковочном контроле

Анализ систем управления качеством показывает, что каждой системе для достижения поставленных задач присущи свои критерии оценки качества. Выбор их зависит в первую очередь от основных требований, предъявляемых к выпускаемой продукции. Важной за-

дачей является поиск таких критериев для современной конкурентоспособной продукции.

Использование такого подхода позволяет объединить входной, операционный и приемочный контроль и направить их действие на реализацию конечной цели, что



дает возможность осуществлять активный производственный контроль качества работ на всех этапах и вмешиваться в технологический процесс с целью своевременного предупреждения дефектов и брака.

Для достижения конечного показателя качества в ходе технологического процесса можно руководствоваться блок-схемой на рис. 8. Использование этого подхода на практике позволит осуществлять оперативное регулирование как выданными решениями, так и целевыми действиями.

Эффективность внедрения методического подхода в системе операционного контроля можно оценить такими измеримыми показателями эффективности, как количество дефектов, затраты и трудоемкость (табл. 5).

По данным табл. 5, благодаря внедрению такого методического подхода можно сократить общее количество дефектов на 73 % — с 528 до 143 шт., уменьшить трудоемкость на 70 % — с 7889 до 2363 чел-ч, а также снизить затраты на устранение дефектов на 70 % — с 6069,21 до 1830,88 тыс. руб.

Внедрение предложенных мероприятий оправдано, поможет повысить уровень управления качеством строительно-монтажных работ и значительно сократить затраты. **ИТ**

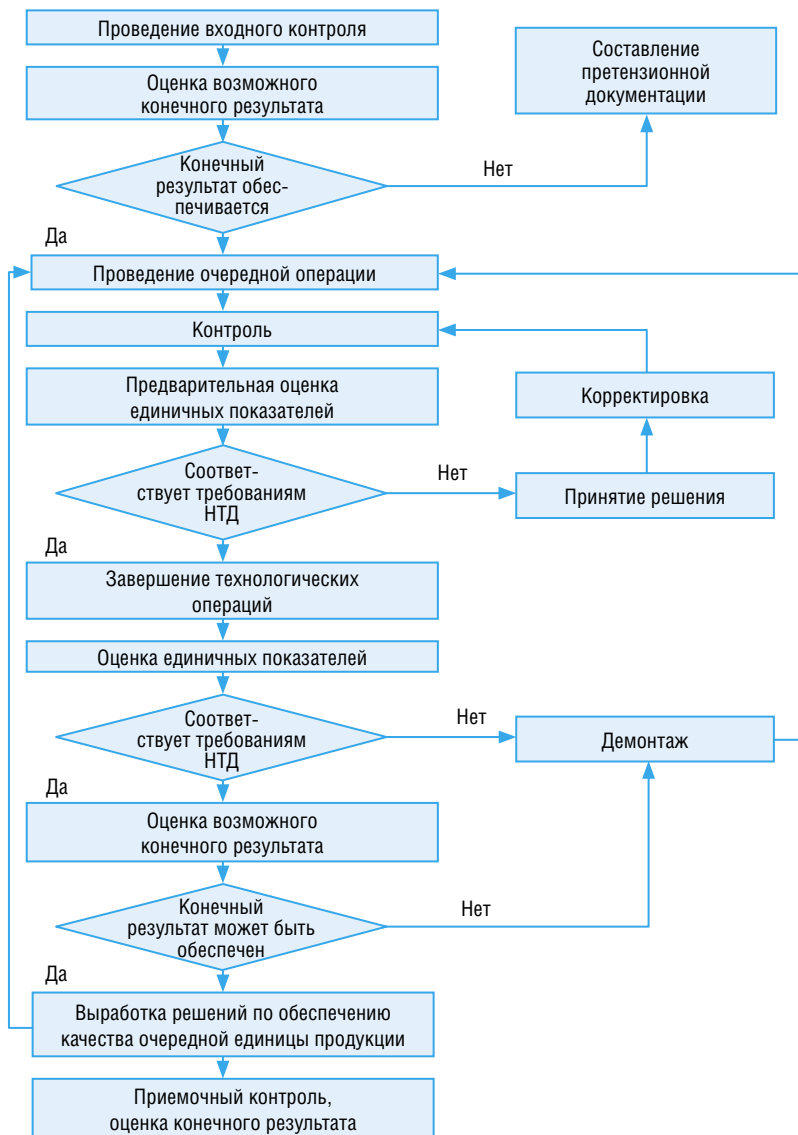


Рис. 8. Блок-схема

Таблица 5

## Оценка эффекта от внедрения предложенных мероприятий

№	Показатель эффективности	Ед. изм.	Внедрение методического подхода системы операционного контроля		Эффект, %
			до	после	
1	Количество дефектов	шт.	528	143	73
2	Трудоемкость	чел-ч	7889	2363	70
3	Затраты на исправление дефектов	тыс. руб.	6069,21	1830,88	70

## Список литературы / Reference

1. Гражданский кодекс Российской Федерации : Ч. 1, 2. — М. : Рид Групп, 2020. — 560 с.
2. Орлов В. Н., Марфицын В. В. Диаграмма Парето и ее использование для анализа качества продукции : метод. указания. — Курган : Изд-во Курганского государственного университета, 2012. — 19 с.

Объем статьи: 0,63 авторских листа



Яна Владимировна  
Чуб  
Yana V. Chub

## Физическая культура в формировании технологической компетентности студента в новых условиях

### Physical culture in the formation of technological competence of a student in the new conditions

#### Аннотация

Проведен анализ проблем современной подготовки специалиста в техническом вузе. Определена необходимость формирования способности к преодолению проблем (задач) в условиях перемен. Выявлены организационно-методические условия формирования технологической компетентности студента как профессионально важного качества специалиста, и предложена методика ее формирования. Определена возможность повышения качества профессионального образования в новых условиях удаленного обучения студентов средствами дисциплины «Физическая культура и спорт». Представлены этапы самоподготовки студента по физическому воспитанию, которая является ключевым элементом в формировании технологической компетентности будущего специалиста.

**Ключевые слова:** физическая культура, технологическая компетентность, самоподготовка.

#### Abstract

The analysis of the problems of modern training of a specialist in a technical university is carried out. The necessity in shaping the capability to overcome problems (tasks) in the conditions of changes is determined. The organizational and methodological conditions for the formation of technological competence of a student as a professionally important quality of a specialist are identified, and a method for its formation is proposed. The possibility of improving the quality of professional education in the new conditions of remote training of students by means of «Physical Culture and Sports» discipline is determined. The stages of self-training of a student in physical education, which is a key element in the formation of technological competence of a future specialist, are presented.

**Keywords:** physical culture, technological competence, self-training.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-27-30

#### Авторы Authors

Яна Владимировна Чуб, канд. пед. наук, доцент кафедры «Физвоспитание» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: uralbasket@bk.ru

Yana Vladimirovna Chub, Candidate of Educational Sciences, Associate Professor of «Physical Education» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: uralbasket@bk.ru

Стремительно развивающееся в сферах информации, индустриализации и технологизации общество зачастую сталкивается с проблемой нехватки специалистов, способных обеспечить эффективное внедрение результатов продвинутых научных исследований и современных технологий в условиях быстро меняющейся действительности [2].

Основная проблема сложившейся ситуации — необходимость постоянного поддержания уровня профессионализма работника. Но в профессиональном образовании студент, как правило, не приобретает привычку к переменам и к непрерывному самообразованию. Даже на уровне представлений он не готовится к переменчивости профессиональной деятельности. Необходима готовность, способность и привычка жить и действовать в условиях нестационарной, динамично и непредсказуемо изменяющейся среды.

Образовательные технологии повышения квалификации и переподготовки (послевузовское дополнительное образование) способствуют пополнению знаний и совершенствованию компетенций специалистов, но не ориентированы на формирование привычки к самообразованию и готовности к деятельности в нестационарной профессионально-технологической среде, в изменяющихся социокультурных условиях. Требуется определенная внутренняя установка на перемены, своего рода менталитет, формирование которого наиболее продуктивно в студенческом (юношеском) возрасте, а возможно, и раньше.

Перемены и переменчивость могут быть как внешними, так и внутренними. Внешние перемены — это перемены в социокультурной, профессиональной, повседневной среде. Внутренняя переменчивость — это готовность и направленность человека на создание, сотворение перемен в среде. В определенной степени внутренняя установка на сотворение изменений в среде является главной (первостепенной, упреждающей), а внешние перемены (готовность к ним) — повод для ответной реакции. Готовность к переменам складывается прежде всего из потребности к переменам, приобретенных знаний, в том числе новых (актуальных), а также умений оперировать знаниями в целях созидания нового продукта (умением проектирования). В связи с этим в процессе образования должны быть достигнуты две цели:

- 1) воспитание способности к мотивированному самообразованию;
- 2) формирование готовности к переменам и умений в преобразовании существующей действительности.

Моделирование ситуаций, направленных на воспитание готовности студента к переменам, возможно в любой сфере воспитательной и образовательной деятельности. Это дает нам возможность искать ресурсы в сложившейся системе высшего образования.

Самообразование как умственная самостоятельность требует опыта анализа, планирования, регулиро-

вания и оценки собственной учебной деятельности [1]. Построение педагогической технологии с элементами самооценки и самоанализа в учебной деятельности — основная задача педагога в организации и сопровождении самоподготовки студента.

Основным компонентом реализации установки на самообразование студента является его технологическая компетентность как готовность и общая способность:

- к совершенствованию деятельности путем выявления проблемы, формулирования цели, нахождения средств и реализации способов устранения проблемы;
- осознанию ответственности за принимаемые решения;
- самооценке на основе проведения информационно-аналитического исследования состояния объекта деятельности, обсуждения проблем и принимаемых решений в контексте развития общества и культурно-технологической среды [4].

Формирование технологической компетентности происходит в процессе систематизированной и целенаправленной практической деятельности студента и в большей степени средствами технических дисциплин. В то же время широкое распространение получают технологии в других областях и сферах жизнедеятельности человека [3]. Так, неотъемлемой частью жизни стали социальные, политические, экономические технологии. Таким образом, в формировании технологической компетентности главенствующую роль играет образ мысли, а направление мыследеятельности может быть перенесено на любой предмет (продукт), требующий производства или переработки.

В процессе обучения в вузе предпринята попытка формирования технологической компетентности студента средствами дисциплины «Физическая культура и спорт», которая выполняет множество функций образовательного, воспитательного и оздоровительного характера, направленных на формирование физической культуры личности. Установлено, что это далеко не все возможности дисциплины по наиболее качественной подготовке молодого специалиста, в том числе инженерного профиля. Существенная часть занятий по дисциплине — это практическая деятельность студента, в которой через изучение двигательных действий и упорный труд происходит познание собственного «Я» и формирование культуры личности. В то же время большая по объему практическая деятельность может служить и предметом проектирования в целях построения рационального действия, оптимальных условий формирования здоровья, эффективной физической подготовки.

Педагогическая технология по формированию технологической компетентности в рамках дисциплины «Физическая культура и спорт» предусматривает обеспечение некоторых организационно-методических условий [4].



1. Применение активных методов обучения (исследовательский, проектный, проблемный, ролевые игры, диалог, беседа, обсуждение) позволяет выявить и актуализировать способы достижения продуктивного результата в выполняемых двигательных действиях и работе в коллективе.

2. Организация деятельности на различных ролевых уровнях (непосредственного участника физкультурной деятельности (игрока, участника соревнований), капитана команды, организатора, инструктора) обеспечивает погружение в проблемную ситуацию под разным углом взаимодействия, активизирует деятельность по поиску новых для определенной роли решений и их реализации.

3. Организация работы студентов по анализу и оценке проблемных ситуаций, возникающих в процессе освоения учебной дисциплины, поиску возможных решений по совершенствованию физкультурно-спортивной деятельности, обсуждению проектов технологии организации деятельности и их испытанию.

Реализация данной технологии в традиционном (очном) формате обучения показала правомерность использования средств физической культуры для формирования технологической компетентности студента. Еще более широкие возможности формирования этой компетентности появляются в формате удаленного обучения в условиях пандемии и самоизоляции. Особенностью освоения дисциплины в этом формате становится самоподготовка студента в ограниченных условиях деятельности. Негативные стороны этого процесса связаны с отсутствием двигательной активности в привычной для занятия по физической культуре форме. В то же время в условиях удаленного обучения появляется возможность более детального изучения основ физической культуры, определения функционального состояния своего организма, выявления средств физической культуры для физической подготовки и планирования индивидуальных программ тренировок. Комплексы упражнений составляют самим студентом с учетом собственных предпочтений, особенностей и возможностей своего организма. Предполагается, что занятия физическими упражнениями по индивидуальным программам тренировок будут способствовать наполнению двигательной активностью в режиме дня студента и позволят избежать гиподинамии и ухудшения показателей здоровья.

Рациональным и приемлемым решением задач обучения в сложившейся ситуации послужила организация работы студента по поиску и изучению теоретического материала, апробации средств физической культуры, построению комплексов целевых упражнений, проектированию и реализации программ физической подготовки в годовом цикле, периодическому измерению показателей функционального состояния и физической

подготовленности, а также анализу достигнутого уровня подготовки. Каждая из этих процедур составляет структуру технологического мышления и направлена на преобразование существующей действительности в целях ее совершенствования.

Методически процесс самоподготовки можно разделить на следующие составляющие [5]:

- определение мотивационной направленности занятий для каждого студента;
- изучение студентом теоретического и учебно-методического материала по актуальной физкультурной деятельности;
- определение средств физической культуры для индивидуальной программы тренировок студентов;
- сбор информации о состоянии собственных функциональных систем организма, физической подготовленности на начальном, промежуточном и заключительном этапах самоподготовки, занесение данных в протоколы самоподготовки;
- анализ полученных данных и формулирование выводов по ним;
- выявление несовершенств (затруднений, проблем, негативных факторов и т.п.) физкультурной деятельности, выбранной для индивидуальной программы тренировок;
- формулирование предложений по коррекции индивидуальной программы тренировок;
- контроль проведения поэтапной самоподготовки студента и измерений его показателей функционального состояния и физической подготовленности.

Представленная методика самоподготовки полностью соответствует структуре технологической компетентности студента. Последовательная реализация процедур самоподготовки студента выступает ключевым элементом ее формирования.

Использование информационной площадки BlackBoard УрГУПС с доступом к виртуальному классу, предоставлением методических материалов, системой контроля знаний студентов и возможностью обратной связи позволяет в достаточной мере обеспечить процесс самоподготовки студента по дисциплине «Физическая культура и спорт».

Результатом самоподготовки в специальных (новых) условиях становится самообразование студента, приобретение им навыка проектирования и исследования, формирование у него способности к рефлексии. Включение этих компонентов в процесс обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» обеспечивает формирование технологической компетентности студента, дополняя тем самым усилия профильных дисциплин и дисциплин специализации в подготовке конкурентоспособного специалиста.

Кроме полученных позитивных результатов формирования технологической компетентности студентов в процессе обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» в новых условиях, необходимо отметить высокий интерес студентов к проведению проектной и исследовательской деятельности в отношении влияния физической нагрузки на организм человека. Исследование в этих условиях воспринимается как аналог

игры с установленными правилами, организованной системой подготовки, условиями оценки результатов, анализом и оценкой достигнутого уровня развития личности. Исследовательская деятельность в предложенных организационно-методических условиях вызывает у студента удовлетворение процессом подготовки по дисциплине и, как следствие, приводит к высоким результатам обучения. **ИТ**

### Список литературы / Reference

1. Мамонтова Л. И. Самообразование студентов // Инновационная наука. — 2015. — № 12–2. — С. 242–243. — ISSN 2410–6070.
2. Новиков А. М. От педагогики индустриального к педагогике постиндустриального общества / Сайт академика ПАО Новикова А. М.. — URL: <http://anovikov.ru/artikle/ped.htm> (дата обращения: 20.05.2021).
3. Овечкин В. П., Чуб Я. В. Интердисциплинарный подход к формированию общепрофессиональной технологической компетенции студентов // Вестник ИжГТУ. — № 2 (54). — 2012. — С. 184–186. — ISSN 1813–7903.
4. Чуб Я. В. Формирование общепрофессиональной технологической компетентности студентов в условиях контекстно-компетентностного обучения : автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. пед. наук. — Екатеринбург, 2015. — 238 с.
5. Чуб Я. В. Формирование технологического мышления студентов на занятиях по физической культуре : учеб.-метод. пособие. — Екатеринбург : УрГУПС, 2012. — 135 с.

Объем статьи: 0,3 авторских листа

УДК 624.1



**Алексей Николаевич  
Алехин**

**Alexey N. Alekhin**



**Андрей Алексеевич  
Алехин**

**Andrey A. Alekhin**

## О выполнении требований Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» при проектировании оснований и фундаментов мостов

### On compliance with the requirements of Federal Law No. 384-FL «Technical Regulations on the safety of buildings and structures» in the design of foundations and foundations of bridges

#### Аннотация

В статье обсуждается вопрос выполнения требований ст. 16 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» о применении при проектировании оснований и фундаментов опор мостов и других транспортных сооружений адекватной грунту физически и геометрически нелинейной модели, что существенно повысит надежность и экономичность проектных решений. Одновременно следует скорректировать методическое и приборное обеспечение транспортных вузов для эффективного обучения бакалавров и магистров методике применения на практике геотехнических требований закона № 384-ФЗ.

**Ключевые слова:** Федеральный закон № 384-ФЗ, грунт, нелинейность, испытания, фундаменты, мосты, надежность, экономичность.

#### Abstract

The article discusses the issue of complying with the requirements of Article 16 of Federal Law No. 384-FL «Technical Regulations on the safety of buildings and structures» on the use of a physically and geometrically nonlinear model adequate to the soil when developing the bases and foundations of bridge supports and other transport structures, which will significantly increase the reliability and cost-effectiveness of design solutions. At the same time, it is necessary to adjust the methodological and instrument support of transport universities for the effective training of bachelor's and master's degree students in the methodology of practical application of the geotechnical requirements of Law No. 384-FL.

**Keywords:** Federal Law No. 384-FL, soil, non-linearity, tests, foundations, bridges, reliability, efficiency.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-31-37

#### Авторы Authors

*Алексей Николаевич Алехин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Андрей Алексеевич Алехин, старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции и механика грунтов» Уральского федерального университета (УрФУ), Екатеринбург*

*Alexey Nikolaevich Alekhin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Bridges and Transport Tunnels» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Andrey Alekseyevich Alekhin, Senior Lecturer, Department of «Building Structures and Soil Mechanics», Ural Federal University (UrFU), Yekaterinburg*



Все сооружения, включая железнодорожные (мосты, вокзалы, станции, депо), взаимодействуют с грунтами как с основанием. Таким образом, грунтовое основание является несущим элементом любого сооружения, и оптимальная для каждого конкретного грунта и сооружения передача на него нагрузки посредством фундамента обеспечивает надежную работу сооружения в целом.

Решающее значение для оптимального и рационального конструктивного решения фундамента играет адекватный физической природе грунта математический расчет деформаций его основания. Такой расчет обязателен для оснований, сложенных нескальными грунтами, характеризующимися внутренними непрочными связями трения между относительно крупными песчаными частицами грунта (этот вид связей был изучен французским геотехником Кулоном в 1770-х гг.) и молекулярными связями слипания мелких глинистых частиц (этот вид связей в 1930-х гг. изучил австрийский геотехник Терцаги). Для скальных грунтов, характеризующимся прочными цементационными связями, расчет деформаций, как правило, не выполняется, за исключением скольжения фундамента по склону скалы от собственного веса сооружения или от боковой на него нагрузки, например от ветрового давления на мост.

Точность и надежность расчета деформации нескального основания зависит от соответствия предсказываемых расчетной математической моделью механических явлений реальным механическим свойствам нескального грунта. Поскольку характер взаимодействия всех сооружений с грунтом однотипен, то проектирование их оснований и фундаментов регламентируется одним нормативным документом, а именно СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*, 1985 г.) [1]. Применение этого же СП для проектирования оснований и фундаментов мостов и труб регламентируется гл. 11 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\*) [2].

Проблема состоит в том, что с 1985 г. в нормативных документах по проектированию оснований и фундаментов, включая и СНиП 2.02.01-83\*, имеется принципиальное противоречие в расчете деформаций оснований, известное с 1930–1940 гг., подробно исследованное в 1970–1980 гг., но неизвестное большинству проектировщиков. Это приводит к недостоверности расчетов, уже ставшей причиной ряда повреждений и даже обрушений зданий и сооружений, угрожая дальнейшему развитию этой ситуации. В настоящее время, например, по этой причине в Екатеринбурге в аварийном состоянии находится 16-этажный жилой дом по улице Таганской, 79 и в опасности внезапного обрушения 9-этажный жилой дом по улице Куйбышева, 104.

В то же время упомянутое выше противоречие фактически разрешено в принятом в 2009 г. Федеральном законе № 384-ФЗ, представляющем собой Технический

регламент о безопасности зданий и сооружений, и отражено в ст. 16 этого закона [3]. В связи с этим содержание СП 22.13330.2016 и некоторых других нормативных документов (например, ГОСТ 20276-2012 о полевых испытаниях грунтов) существенно изменилось с целью обеспечения выполнения на практике требования ст. 16 закона № 384-ФЗ о применении в проектировании адекватной грунту модели, учитывающей нелинейный характер его деформирования. При этом в законе № 384-ФЗ совершенно не упоминается применение для расчета грунтовых оснований теории Гука (теории линейной деформации), отражающей механические свойства совсем других по природе твердых веществ с прочными ионно-электронными внутренними связями (например, стали и резины). Тем не менее большинство проектных организаций до сих пор по незнанию, в нарушение ст. 16 закона № 384-ФЗ и соответствующего ей пункта 5.1.11 СП 22.13330.2016, применяют в расчетах оснований недостоверную для грунта расчетную модель, что приводит к грубым ошибкам при расчете осадок, кренов и других перемещений фундаментов. Особенно чувствительны надземные части всех сооружений, в том числе пролетные строения мостов (допустимые прогибы которых измеряются буквально сантиметрами), к кренам и разнице осадок фундаментов. И если допустимый по образованию трещин в надземных железобетонных и каменных конструкциях крен фундаментов всех сооружений измеряется единицами градусов, то допустимая разница осадок соседних фундаментов по той же причине измеряется в 3–5 см (в Екатеринбурге известен случай обрушения 20-метрового пролета цеха при разнице осадки фундаментов опорных колонн этого пролета всего в 5 см). И это при максимально достижимой точности расчета осадки грунтового основания с учетом всех факторов неопределенности в те же 3–5 см. Отсюда понятно, какую важную роль для принятия правильного проектного решения играет как можно более точная и обоснованная расчетная оценка деформаций основания.

С учетом указанных выше численных ориентиров допустимых деформаций и предела их оценки особое значение при проектировании фундаментов и геотехнических частей сооружений всегда имел фактор инженерной интуиции, основанный на опыте, понимании особенностей деформации грунтов и анализе геотехнической информации, главной составляющей которой как раз являются результаты геотехнических расчетов. В этих целях для правильной оценки предоставляемой проектировщикам информации о результатах исследования грунтов площадки (а это прямая обязанность проектировщиков, и они несут за такую оценку полную ответственность) важно умение строителей правильно ориентироваться в основных положениях геотехники. Конечно, они вправе принимать во внимание выводы проектной экспертизы (отсюда, кстати, важность проведения

экспертизы квалифицированными специалистами), но оправдывать выводами экспертизы принятие к исполнению негодного проекта они не имеют никакой возможности, поскольку эксперты не несут ни административной, ни финансовой ответственности за квалификацию обращающихся к ним за помощью специалистов, а значит, и за правильное или неправильное решение застройщиков по принятию проекта в работу, впрочем, как и за выбор квалифицированных или неквалифицированных проектировщиков и исследователей грунтов (инженеров-геологов и инженеров-геотехников). По сути, это правильная, но далеко не всеми участниками строительной деятельности понимаемая ситуация, поскольку противоположная ситуация будет приводить к снижению ответственности самих застройщиков, строителей и авторов проектов, что неизбежно приведет к их декалфикации (такие случаи в Екатеринбурге и Свердловской области происходят все чаще). Тем не менее эта ситуация довольно выгодна экспертным организациям, поскольку, во-первых, оправдывает их существование, а во-вторых, позволяет уклоняться от часто справедливой критики, одновременно игнорируя обязательную для всех, в том числе для сотрудников экспертиз, процедуру периодического повышения квалификации и регулярные информационные обсуждения насущных вопросов с клиентами (скорее всего, это происходит из-за боязни обнаружить свою недостаточную квалификацию в каких-то технических вопросах).

Более функциональной представляется проектная и техническая экспертиза, проводимая страховыми компаниями (в тех странах, где практикуется страхование строительной деятельности), поскольку ответственные за свои собственные финансовые средства страховые организации вынуждены отвечать и за принимаемые ими решения по оценке профессиональной квалификации



Рис. 1. Обрушение цеха в Екатеринбурге из-за разницы осадок фундаментов опорных колонн в 5 см (расчет осадок выполнялся по СНиП 2.02.01-83\*)

своих клиентов и технического качества производимой строительной продукции. При этом такие организации законодательно защищены от какого-либо административного вмешательства, поскольку являются частными компаниями.

В нашей стране такая система контроля качества строительства пока далека от реализации и подменяется в настоящее время разными структурами (СРО и различные экспертные организации), функции которых, по крайней мере в строительстве, имеют скорее оттенок администрирования, чем квалифицированной защиты качества. В геотехнической части проектов (а это проекты фундаментов и результаты исследования грунтов основания) проблема усугубляется наличием внутреннего противоречия в самом нормативном документе СП 22.13330.2016 по проектированию оснований и фундаментов, которое без глубокого знания геотехники непонятно даже сотрудникам проектных экспертиз, но может привести к серьезным авариям (рис. 1).

Это противоречие, отчетливо проявившееся после принятия в 2009 г. Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», все чаще имеет серьезные негативные по-

следствия в строительстве, обусловленные ошибочным проектированием фундаментов. А ошибочное проектирование, в свою очередь, является следствием того, что ряд наиболее активно используемых при проектировании фундаментов положений СП 22.13330.2016 в принципе противоречит природе и особенностям деформирования нескальных грунтов.

Очевидным это становится при рассмотрении, например, одной из основных формул расчета осадки фундамента, а именно формулы послойного суммирования из п. 5.6.31 СП 22.13330.2016:

$$S = \beta \sum \frac{\sigma_{zp} h_i}{E_i} \quad (1)$$

Основными позициями в этой формуле являются модуль деформации грунта  $E$  (имеющий общее название в технике — модуль Юнга), принимаемый проектировщиками, вслед за инженерами-геологами, в качестве константы для каждого слоя грунта, и величина напряжения в расчетном элементе грунта  $h_i$ :  $\sigma_{zp} = \alpha p$  ( $p$  — среднее давление под подошвой фундамента). Обе величины  $E$  и  $\sigma_{zp}$  в приведенной аналитической формуле являются недостоверными, отсюда и сама формула является недостоверной, т.е. недопустимой

## Организация производства (транспорт)

к практическому применению, так же как и другие аналитические формулы расчета деформаций основания, включая формулу расчета крена фундамента.

Следует констатировать, что недостоверные величины в этой формуле возникли не случайно, а вследствие известных исторически сложившихся ситуаций. Но это не означает, что при изменении условий возникшую недостоверность не следует исправлять, тем более, если новые условия позволяют сделать это корректно.

Первая ситуация связана с выбором расчетной модели для грунта: когда в 1920–1930 гг. решался вопрос о выборе модели для расчета деформаций грунта, никакой другой деформационной модели, кроме модели Гука для стали (твердого вещества с очень прочными ионно-электронными связями), не существовало. В результате именно эта модель, не соответствующая природе нескальных грунтов с их слабыми внутренними связями, с постоянным значением характеристики жесткости  $E$  во всех точках, отражающая прочные ионно-электронные внутренние связи стали, по рекомендации австрийско-американского геотехника Терцаги была принята для расчета деформаций грунтов. Но уже через десять лет, в 1939–1940 гг. советским ученым Боткиным по результатам испытания песков и глин в новом приборе (стабилометре) было доказано, что жесткость грунта не только зависит от напряжений, но и уменьшается при приближении напряжений к предельным. В результате им были предложены зависимости для базовых характеристик жесткости грунта, не являющихся константами, а зависящих от напряжений и деформаций: модуля объемной деформации (bulk modulus)  $K = \sigma^{1-\alpha}/A_0 \neq \text{const}$  и модуля формоизменения-сдвига (shear modulus)  $G = (A\sigma + C)/(B + \varepsilon_i) \neq \text{const}$ .

Отсюда согласно положениям теории сплошной среды (это для стали, резины, пластилина и камня, а для грунта и бетона ее логичнее называть непрерывной средой, подразумевая при этом ее полную механико-математическую идентичность со сплошной средой) можно записать формулы для двух других характеристик жесткости твердой среды: модуля Юнга (Young's modulus — в грунтах его принято называть модулем деформации)  $E = 3KG/(K + G) \neq \text{const}$  и коэффициента Пуассона (Poisson's ratio)  $\nu = 0,5 \times (K - 2G)/(K + G) \neq \text{const}$ . Такая деформационная модель по виду внешнего проявления деформации называется физически нелинейной, а поскольку она адекватно отражает реальную деформацию грунтов, то и грунты упрощенно называют физически нелинейной средой (или средой с физически нелинейным характером деформирования). Экспериментальная диаграмма деформации грунтов в параметрах напряжений и деформаций показана на рис. 2.

Аналогичную цепочку характеристик жесткости и соответствующую диаграмму можно представить для альтернативной среды с жесткими внутренними связями (ионно-электронными, например стали, или це-

ментационными, например бетона, камня):  $K = \text{const}$ ,  $G = \text{const} \Rightarrow E = \text{const}$ ,  $\nu = \text{const}$  (рис. 3).

Но недостоверность формулы расчета осадки  $S$  заключается не только в принятии деформации грунта по схеме на рис. 3 с  $E = \text{const}$  (физическая линейность) вместо реальной его деформации по схеме на рис. 2 с  $E \neq \text{const}$  (физическая нелинейность), но и в том, что сама величина модуля Юнга  $E$  характеризует жесткость твердой среды в условиях только одноосного напряженного состояния, когда нагрузка приложена вдоль одной оси, а по двум другим отсутствует, что обеспечивает строго параллельное перемещение частиц среды в одном направлении, как, например, растяжение или сжатие элементов металлической или железобетонной ферм и балок или сжатие и растяжение металлических и железобетонных колонн. В грунте такая ситуация никогда не возникает, а всегда имеет место пространственное напряженное состояние. Поэтому для расчета удлинения или сжатия стержней никогда не используют не предназначенные для этой цели характеристики жесткости  $K$  и  $G$ , хотя в принципе это возможно, но технически неудобно. Кроме того, при любом виде нагружения дефор-

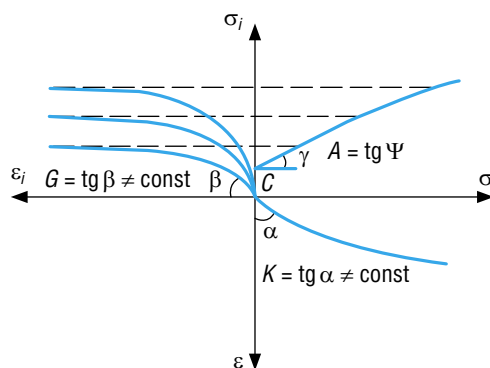


Рис. 2. Диаграмма нелинейного деформирования грунта:  $K$  — модуль объемной деформации,  $K = \sigma/\varepsilon$ ;  $G$  — модуль сдвига,  $G = \sigma_i/\varepsilon_i$ ;  $\sigma$ ,  $\varepsilon$  — первые инварианты тензоров напряжений и деформаций (изменение объема);  $\sigma_r$ ,  $\varepsilon_r$  — вторые инварианты девиаторных частей тензоров напряжений и деформаций (изменение формы — сдвиг)

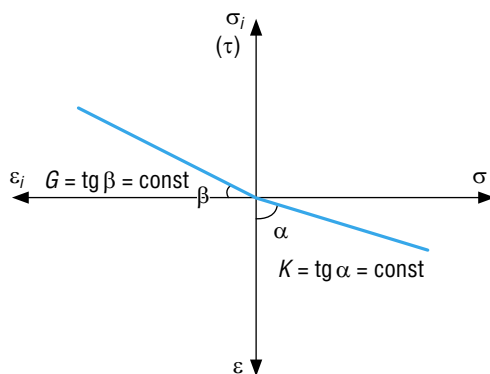


Рис. 3. Диаграмма нелинейного деформирования конструкционных материалов



мация любой твердой среды должна описываться минимум двумя характеристиками жесткости: парой для модуля Юнга  $E$  является коэффициент Пуассона  $\nu$ , который входит в коэффициент  $\beta$  в формуле для  $S$ , а также в формулы для определения модуля  $E$  по данным всех видов прямых статических испытаний грунта, как полевых (штамп, прессиометр), так и лабораторных (одеметр, стабиллометр). Косвенные способы типа зондирования здесь не обсуждаются ввиду их узкоспецифического назначения (для приближенных оценок степени плотности песка и несущей способности забивных свай), а также из-за специфической формы обработки информации. Однако коэффициент Пуассона  $\nu$ , так же как и модуль  $E$ , для грунта величина непостоянная, как это принимается в перечисленных выше формулах, к тому же не существует способов измерения его в грунтах, кроме вычисления через значения  $K$  и  $G$ , которые надо сначала определить. Наконец, логичным результатом всех этих несоответствий применения модуля  $E$  как константы грунта является его неинвариантность относительно способа определения, поскольку в каждом из них своя система напряжений, а модуль  $E$  и коэффициент  $\nu$  для грунта зависят от них.

В 1949 г. в СССР, несмотря на наличие публикаций Боткина 1939 и 1940 гг. о разработанной им физически нелинейной модели нескольких грунтов, было принято предложение Терцаги о расчете деформаций грунта с применением теории Гука. Одновременно с целью быстрее удовлетворения запросов послевоенного проектирования важных объектов на основе модели Гука путем, казалось, временной подмены реальной сложной физически нелинейной модели грунта более простой физически линейной моделью металла математиком Польшиным был разработан способ расчета осадки грунта  $S$  по схеме послойного суммирования (формула (1)). При этом в условиях полного отсутствия необходимых по мощно-

сти для полноценных и сложных расчетов деформаций грунтов средств вычислений и средств организации этих вычислений (ЭВМ и языков программирования) Польшиным вынужденно была принята в формуле для  $S$  недостоверная формула для расчета напряжений в грунте  $\sigma_{zp}$ . Эта величина является недостоверной, поскольку получена из одного лишь общего в природе положения о конечности дистанции любого влияния — так называемого принципа французского механика Сен-Венана. В механике это означает, что с увеличением расстояния от силы вследствие эффекта рассеивания уменьшаются создаваемые ею в твердой среде напряжения; на самом деле характер рассеивания зависит от деформационных свойств среды (достаточно сравнить деформации резины и пластилина при нажатии на них пальцем или каким-нибудь твердым предметом). Это доказывает, что для вычисления любой механической величины в рамках теории сплошной среды (напряжение, деформация, перемещение) необходимо решать систему из трех групп дифференциальных соотношений: уравнения равновесия (автор Ньютон, 1687 г.); геометрические соотношения совместности (непрерывности) деформаций (автор Коши, 1822 год); физические соотношения связи между деформациями и напряжениями (обобщенный закон Гука с модулем  $E$  и коэффициентом  $\nu$  (автор Генки, 1920-е гг.)) в совокупности с определяющими деформационными соотношениями для конкретного материала или среды (авторы: Гук для стали, 1640 г.; Боткин для грунта, 1939 г.).

Кроме того, в решении необходимо учесть граничные условия по границам деформируемого массива. Такая совокупность сложных соотношений могла быть решена только специальными численными методами (конечных элементов и конечных разностей), для чего при практически бесконечном количестве точек в массиве грунта требуются мощные компьютеры, которые сейчас есть на столах всех проектировщи-

ков. Но в 1949 г. пришлось применить упрощенное соотношение для радиального напряжения  $\sigma_R$ , предложенное французским механиком Буссинеском в 1885 г. и изображенное на рис. 4, из которого интегрированием по площадям были получены коэффициенты  $\alpha$  для вычисления напряжений  $\sigma_{zp} = \alpha p$ : как следует из формулы, в нее не входят механические параметры ни грунта, ни вообще какого-либо материала. Действительно, Буссинеск в 1885 г. и не мог знать физические соотношения Генки, которые появились только через 135 лет; уравнения же Ньютона и соотношения Коши он, конечно, знал, но из них смог использовать только уравнение равновесия на ось  $Z$ , для учета величины силы в константе  $C = 1,5 F_v/\pi$ .

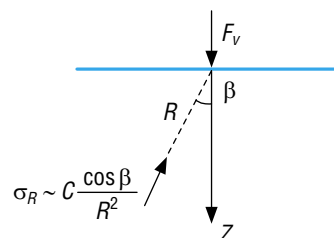


Рис. 4. Радиальные напряжения в массиве (Буссинеск, 1885 г.)

Таким образом, в формулу послойного суммирования для расчета осадки грунта  $S$ , как и в другие аналитические формулы для расчета деформаций грунта, входят недостоверные данные о жесткости грунта  $E$  и о действующих в грунте напряжениях  $\sigma_{zp}$ , что делает эти формулы недостоверными и не отвечающими требованиям Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а значит, недопустимыми к применению. По той же причине к недостоверным формулам относятся формула для расчетного сопротивления грунта основания (условной границы линейного участка графика осадки фундамента)  $R$  и формула для учета влияния соседних фундаментов (так называемый метод угловых точек).



## Организация производства (транспорт)

Проблема заключается в том, что все эти недостоверные формулы, не отвечающие требованию Федерального закона об учете нелинейного характера деформирования грунта, приведены в разделе 5.6. «Расчет оснований по деформациям» (п. 5.6.6, 5.6.31, 5.6.32, 5.6.37) СП 22.13330.2016, применены в широко распространенных программах типа «Лира», «SCAD» и аналогичных. Кроме того, недостоверные для грунта формулы (Шлейхера и Ляме) в силу констатации в них постоянства модуля  $E$  применяются для обработки результатов испытаний грунтов по ГОСТ 20276-2012 инженерами-геологами. Это, по сути, делает их главными виновниками первоначальной недостоверной информации о механических свойствах грунта, что вводит в заблуждение даже знающих проблему проектировщиков, вынуждая их совершать проектные ошибки, которые и приводят к аварийным ситуациям. Но главная вина лежит на сотрудниках проектных экспертиз, которые обязаны в своих оценках требовать от других соблюдения ст. 16 и 15 Федерального закона № 384-ФЗ, а также соответствующего ей п. 5.1.11 главы 5 «Проектирование оснований» относительно выбора расчетной модели грунта, а не заставлять проектировщиков, используя свое служебное положение, применять при проектировании недостоверные формулы и некачественные проектные средства. Особенно такими действиями отличается Государственная экспертиза.

В то же время грамотное выполнение проекта с соблюдением геотехнических требований п. 5.1.11 и части п. 5.3.3, касающейся определения параметров нелинейного деформирования грунта СП 22.13330.2016, а также соответствующих им требований ст. 16 и 15 Федерального закона № 384-ФЗ позволяет возводить высоконадежные, с минимально возможной стоимостью фундаменты любых сооружений. На рис. 5 изображен 105-метровый 34-этажный жилой дом, фундаменты которого



Рис. 5. 105-метровый жилой дом (слева), фундаменты которого запроектированы в соответствии с требованиями ст. 16 Федерального закона № 384-ФЗ; справа такие же дома на свайных фундаментах

на естественном основании запроектированы в соответствии с требованием ст. 16 Федерального закона № 384-ФЗ об учете нелинейного характера деформирования грунта. Его осадка за два года после постройки не превысила 5 см, а стоимость фундамента оказалась на 50 млн рублей меньше стоимости фундаментов таких же соседних домов, но на сваях.

Выполнение указанных выше требований означает, что автоматизированное геотехническое проектирование, в том числе оснований и фундаментов мостов, должно выполняться с использованием всей системы разрешающих соотношений нелинейной механики грунтов (Ньютона, Коши, Генки, Боткина), с использованием параметров нелинейной модели грунта (например, модели Боткина:  $A_0, \alpha, A, B, C$ ), полученных из результатов полевых (in situ) испытаний.

Что касается выполнения требования Федерального закона № 384-ФЗ о применении в проектировании фундаментов адекватной грунта модели, отражающей нелинейный характер их деформирования, то для фундаментов мостов, а также для столбчатых, ленточных и повы-

шенной жесткости плитных фундаментов этот вопрос решен как в теоретическом, так и в практическом плане. В настоящее время на кафедре «Мосты и транспортные тоннели» УрГУПС выполняется госбюджетная тема по дальнейшей апробации нелинейных расчетов оснований мостов и по разработке методических пособий и обучающих программ по нелинейным расчетам грунтовых оснований для студентов специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» специализации «Мосты».

В нормативно-организационном плане требуется внесение поправок в СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» примерно следующего содержания: «Пункт 11.1. Основания и фундаменты мостов и труб следует проектировать в соответствии с требованиями статьи 16 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и соответствующих ей пунктов 5.1.10 и 5.1.11 СП 22.13330.2016; значения необходимых при этом механических характеристик грунтов следует определять по результатам полевых испытаний».





**Константин  
Леонидович  
Костюченко**

**Konstantin L.  
Kostyuchenko**



**Александр  
Владимирович  
Зинин**

**Alexander V.  
Zinin**



**Владимир  
Александрович  
Рябов**

**Vladimir A.  
Ryabov**



**Алексей  
Александрович  
Зинин**

**Alexey A.  
Zinin**

## Снижение переходного сопротивления разборных контактных соединений с помощью сплавов галлия

### Reduction of the transition resistance of demountable contact joints using gallium alloys

#### Аннотация

В статье изучена возможность снижения переходного сопротивления разборных электрических контактных соединений в лабораторных условиях с помощью применения многокомпонентных сплавов галлия. Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью снижения потерь электроэнергии и повышения надежности контактной сети.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, повышение надежности, контактные соединения, переходное сопротивление, многокомпонентный сплав галлия.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-38-43

#### Abstract

The article studies the possibility of reducing the transition resistance of demountable electrical contact joints in laboratory conditions by using multicomponent gallium alloys. The relevance of the chosen topic is attributed to the need for reducing energy losses and improve the reliability of a contact network.

**Keywords:** energy saving, energy efficiency, reliability improvement, contact joints, transition resistance, multicomponent gallium alloy

#### Авторы Authors

*Константин Леонидович Костюченко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные технологии и защита информации» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Александр Владимирович Зинин, заведующий сектором отдела магнетизма твердых тел НИИ ФМ ИЕНиМ УрФУ, Екатеринбург | Владимир Александрович Рябов, генеральный директор ООО «ЭнергоТехнология», Екатеринбург | Алексей Александрович Зинин, заместитель директора ООО «ЭнергоТехнология», Екатеринбург*

*Konstantin Leonidovich Kostyuchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Information Technologies and Information Security» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Alexander Vladimirovich Zinin, Head of the Sector of the Department of Solid State Magnetism of Research Institute, Faculty of Applied Mathematics of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, Yekaterinburg | Vladimir Alexandrovich Ryabov, CEO of «Energotechnologiya» LLC, Yekaterinburg | Alexey Alexandrovich Zinin, Deputy CEO of «Energotechnologiya» LLC, Yekaterinburg*

## Введение

Увеличение грузопотоков на железнодорожном транспорте требует повышения скорости движения поездов и увеличения их массы, а следовательно, и мощности, передаваемой электроподвижному составу через контактную сеть. Однако в системе тягового электроснабжения есть ряд различных ограничений. Одно из них — состояние разборных контактных соединений и элементов коммутации контактной сети, которое определяется их сопротивлениями, характеристиками нагрева, механической прочностью.

Во многом переходное сопротивление контактных соединений определяет надежность контактной сети и пропускную способность электрифицированных железных дорог.

Проблема снижения переходного сопротивления решается сплошным металлическим покрытием контактных поверхностей с применением многокомпонентных галлиевых сплавов [1]. Разработанная и доведенная до промышленного применения технология позволяет существенно снизить переходное сопротивление, защитить контактные поверхности, а также восстанавливать поврежденные ранее металлические покрытия.

В свою очередь, понижение сопротивления токоведущих элементов положительно сказывается на показателях энергоэффективности.

В данной работе рассмотрено применение технологии обработки контактных поверхностей разборных электрических контактных соединений с применением многокомпонентных галлиевых сплавов [1], которая за счет сплошного металлического покрытия обеспечивает защиту контактных поверхностей и восстановление поврежденных металлических покрытий, нанесенных ранее [2].

## Методика испытаний

Целью испытаний является определение возможности снижения переходного сопротивления разборных электрических контактных соединений путем нанесения на контактную поверхность многокомпонентного галлиевого сплава.

Испытания проводились на ремонтно-ревизионном участке Свердловской дистанции электроснабжения лаборатории Свердловской дирекции по энергообеспечению ОАО «РЖД».

Для подачи тока использовался стационарный мотор-генератор постоянного тока со следующими параметрами:

- входное напряжение 380 В переменного тока частотой 50 Гц;
- выходное напряжение 6 В постоянного тока;
- максимальный постоянный ток выхода 6 кА.

Объектами испытаний являлись необработанные контактные соединения и контактное соединение с нанесением многокомпонентного галлиевого сплава.

Разработанный многокомпонентный сплав галлия предназначен для нанесения на разборные контактные соединения и устройства коммутаций электротехнического оборудования [1].

Результаты применения многокомпонентного галлиевого сплава:

- снижение и стабилизация переходного электрического сопротивления в разборных электрических контактных соединениях, формирование сплошного металлического галлиевого покрытия;
- увеличение эффективной площади контактного соединения и токовой нагрузочной способности;
- уменьшение технических потерь электрической энергии в контактных соединениях, стабильность и надежность работы электроустановок в целом; понижение и стабилизация температурного режима контактного соединения;
- защита контактных электрических сетей от внешних агрессивных сред, повышение стойкости контактного соединения к гальванической электрохимической коррозии и возможность соединения типа «алюминий — медь» без применения дополнительных средств: токопроводящих паст, смазок, переходных конструктивных элементов (шайбы, пластины и т.д.);
- восстановление разрушенных в процессе эксплуатации ранее нанесенных покрытий (олово, серебро, никель, кадмий и т.д.);
- увеличение межремонтных периодов, минимизация эксплуатационных затрат на обслуживание обработанного электротехнического оборудования, стабильность электроснабжения потребителей электроэнергии.

Технические характеристики галлиевого сплава приведены в табл. 1.

## Область применения технологии

Применяется в соответствии с ГОСТ 10434-82 («Соединения контактные электрические») для обработки контактных поверхностей разборных электрических контактных соединений (РЭКС) при производстве, монтаже нового оборудования, во время планово-предупредительных ремонтов и восстановительных работ, на электрических контактных соединениях действующего электротехнического оборудования в цепях постоянного и переменного тока.

Средства измерения приведены в табл. 2.

Для испытаний использовались медные и алюминиевые шины, собранные в одну цепь при помощи болтовых соединений. В опытах проверялись следующие



Технические характеристики галлиевого сплава

№	Наименование	Значение
1	Температура нанесения	от +10 до +45 °С
2	Подготовка поверхности	зачистка от загрязнений и оксидных пленок, обезжиривание
3	Расход	0,0045 г/см <sup>2</sup>
4	Внешний вид готового покрытия	равномерный, серебристого цвета
5	Возможность нанесения на поверхности	медь — медь, алюминий — медь, с обработкой медной части контакта, сталь
6	Время стабилизации покрытия	10–15 мин. (сборка возможна сразу после нанесения материала)
7	Электропроводность	100 %
8	Токсичность	нет
9	Срок службы	> 12 лет
10	Температура эксплуатации	от –50 до 300 °С
11	Диапазон применимости	— по $U = 380–110$ кВ; — по току нагрузки $I = 50–70000$ А в сетях постоянного и переменного тока

Таблица 2

Проверка средств измерения

№ п/п	Тип прибора	Заводской №	Дата последней проверки	Дата очередной проверки
1	Тепловизор Testo 882	03366486	27.11.2020	26.11.2021
2	Цифровой микроомметр ИКС-5	1018	19.12.2019	18.12.2022
3	Цифровой мультиметр APPA-109N	0350338	12.01.2021	11.01.2022

соединения: «медь — медь», «медь — алюминий» и «алюминий — алюминий». Через данную цепь пропускаться постоянный ток величиной от 1 до 6 кА, подаваемый мотор-генератором. Общий вид испытательной схемы приведен на рис. 1, а контактные соединения, для которых производились измерения, — на рис. 2.

В ходе испытаний измерялось переходное сопротивление контактных соединений до и после подачи тока. Для исключения влияния на переходное сопротивление силы затяжки болтового соединения во всех опытах соединения затягивались с одинаковым моментом. Во время протекания тока с помощью тепловизора периодически фиксировалась температура данных соединений. Продолжительность протекания тока для значений до 2,5 кА составляла 10 минут, что позволяло достичь установившихся значений температур контактных соединений. При значениях 4–6 кА продолжительность испытаний ограничива-

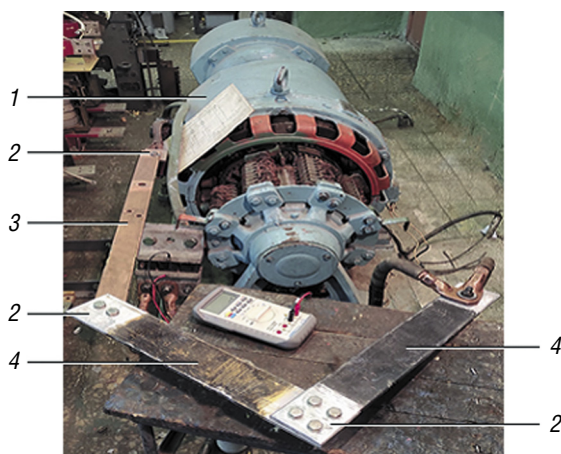


Рис. 1. Общий вид испытательной схемы: 1 — мотор-генератор, 2 — исследуемые контактные соединения, 3 — медная шина, 4 — алюминиевая шина

лась нагревом контактного соединения и используемой медной шины меньшего сечения, поэтому длительность протекания тока составляла 3 минуты [3, 4].

В опытах использовались соединительные шины различного сечения с разной площадью контактных поверхностей. Для обеспечения одинакового значения фиксированных величин тока (1 кА, 2,5 кА, 4 кА, 6 кА) для всех участков цепи, при всех вариантах обработки контактных поверхностей применена электрическая схема последовательного включения. Переходные сопротивления контактных соединений измерялись ми-

кроометром на обесточенной цепи до и после режима токовой нагрузки [4].

## Результаты измерений

Согласно результатам измерений (табл. 3), при обработке контактных поверхностей соединений сплавом галлия переходное сопротивление соединений «алюминий — алюминий» (рис. 3), «медь — медь» (рис. 4) и «медь — алюминий» (рис. 5), измеренное до и после подачи тока, ниже, чем до обработки.

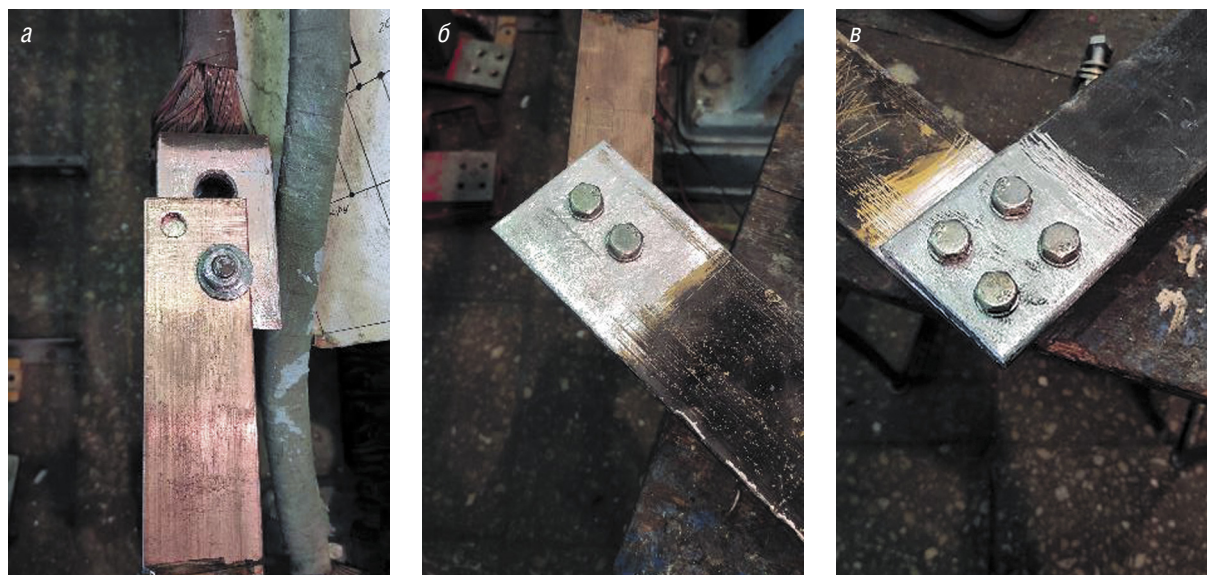


Рис. 2. Контактные соединения: а — «медь — медь», б — «медь — алюминий», в — «алюминий — алюминий»

Таблица 3

### Результаты измерений переходного сопротивления для различных случаев обработки контактных соединений

Наименование		Переходное сопротивление, мкОм										
		алюминий — алюминий				медь — медь			медь — алюминий			
		1 кА	2,5 кА	4 кА	6 кА	1 кА	2,5кА	4 кА	1 кА	2,5 кА	4 кА	6 кА
До обработки	До подачи тока	5,5	5,6	—	—	5,2	4,7	—	5,2	6,0	—	—
	После подачи тока	5,6	6,75	—	—	4,65	6,3	—	6,6	8,75	—	—
После обработки	До подачи тока	3,0	3,0	3,2	3,55	4,25	4,1	5,0	4,65	4,7	5,0	4,9
	После подачи тока	2,9	3,3	4,1	4,4	4,4	5,0	5,1	4,9	5,15	6,45	5,85

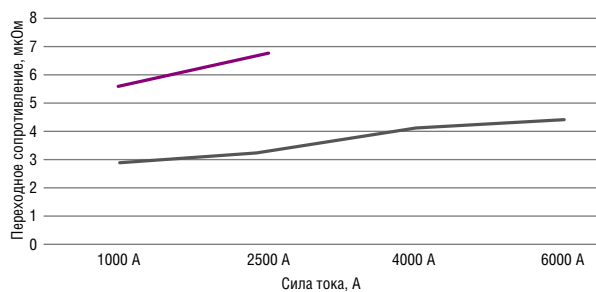


Рис. 3. Диаграмма показателей переходного сопротивления после подачи тока соединений «алюминий — алюминий»: — без обработки; — сплавы галлия [1]

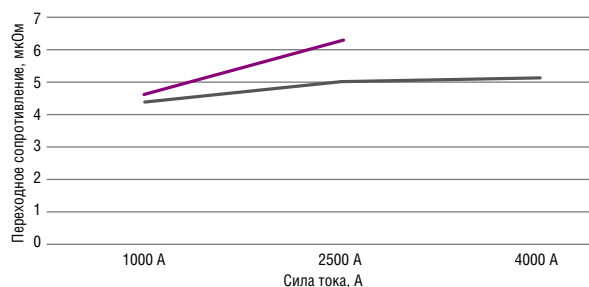


Рис. 4. Диаграмма показателей переходного сопротивления после подачи тока соединений «медь — медь»: — без обработки; — сплавы галлия [1]

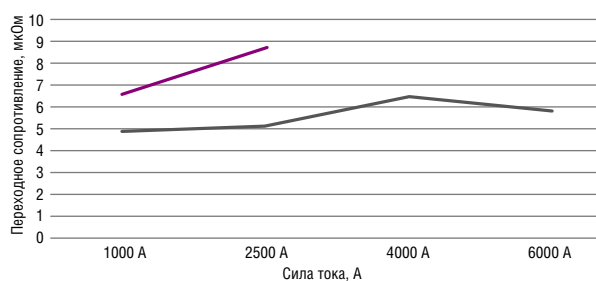


Рис. 5. Диаграмма показателей переходного сопротивления после подачи тока соединений «медь — алюминий»: — без обработки; — сплавы галлия [1]

После обработки поверхности контактов сплавами галлия [1] для соединения «алюминий — алюминий» переходное сопротивление снизилось на 41 %, для соединения «медь — медь» — на 12 %, для соединения «медь — алюминий» — на 19 %.

Термограммы соединений «алюминий — медь», «медь — медь», «алюминий — алюминий» при пропуске тока 2500 А в течение 10 минут представлены на рис. 6–8.



Рис. 6. Термограмма соединения «алюминий — медь» ( $I = 2500 \text{ А}$ ,  $t = 10 \text{ мин.}$ ): а — без отработки, б — с обработкой галлиевым сплавом

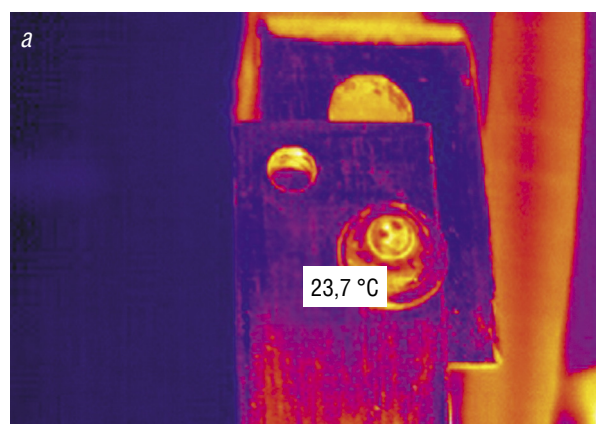


Рис. 7. Термограмма соединения «медь — медь» ( $I = 2500 \text{ А}$ ,  $t = 10 \text{ мин.}$ ): а — без отработки, б — с обработкой галлиевым сплавом



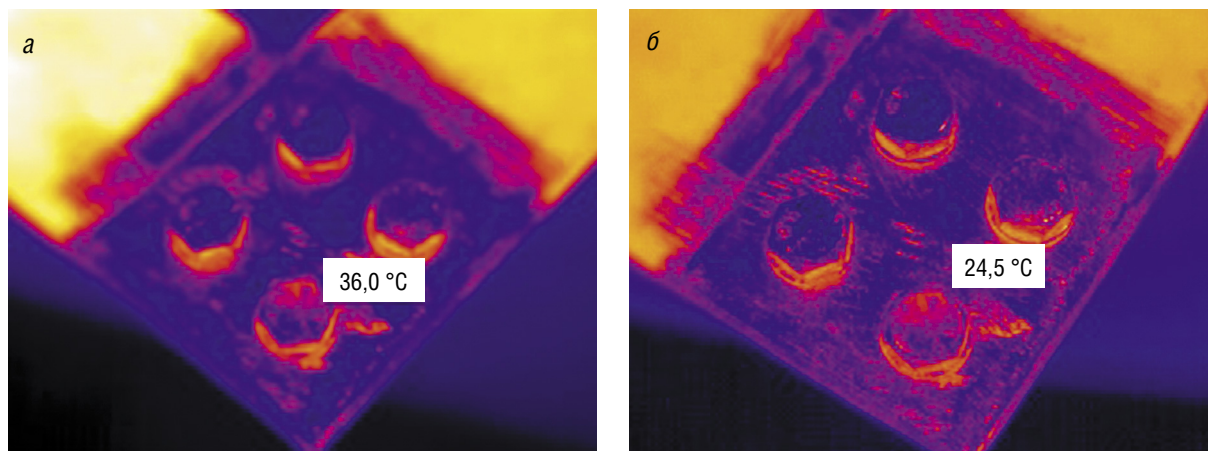


Рис. 8. Термограмма соединения «алюминий — алюминий» ( $I = 2500 \text{ A}$ ,  $t = 10 \text{ мин.}$ ):  
а — без обработки, б — с обработкой галлиевым сплавом

Результаты проведенных испытаний позволяют сделать следующие выводы.

1. Применение сплава галлия для обработки всех видов исследуемых контактных соединений снижает переходное сопротивление на 12–41 % в разных режимах работы:
  - без обработки: 1 кА (10 минут); 2,5 кА (10 минут); 4,6 кА не проводилось в связи с сильным перегревом ( $> 100 \text{ °C}$ ) шины и контактного соединения;
  - с применением многокомпонентного галлиевого сплава [1]: 1 кА (10 минут); 2,5 кА (3 минуты); 4 кА (3 минуты); 6 кА (3 минуты).

2. Снижение переходного сопротивления приводит к уменьшению температуры контактного соединения под нагрузкой во всех режимах на 15–36 %.

3. Предлагаемый способ нанесения многокомпонентных галлиевых сплавов на поверхности контактных соединений будет способствовать энергосбережению, а также повышению надежности контактной сети.

4. В дальнейшем технологию необходимо исследовать по пути дополнительного снижения и стабилизации переходного электрического сопротивления. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Пат. 2411305 Российская Федерация, МПК С 23С 26/02. Способ обработки контактных поверхностей разборного электрического контактного соединения / Рябов В. А. — Заявл. 30.12.2008 г. ; опубл. 10.02.2011.
2. Компенсация потерь электроэнергии и повышение надежности контактных соединений / ООО «ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ» // Электроэнергия. Передача и распределение. — 2015. — № 3 (30) — С. 56–60. — ISSN 2218–3116.
3. Ковалев А. А. Анализ структуры энергопотребления собственных нужд электропоезда / А. А. Ковалев, Д. С. Даниленко // Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива : сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 60-летию кафедры «Системы электроснабжения» и 100-летию плана ГОЭЛРО / под ред. И. В. Игнатенко, С. А. Власенко. — 2020. — С. 112–117.
4. Ковалев А. А. Анализ показателей качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей железнодорожного транспорта / А. А. Ковалев, Т. Т. Шаюхов, С. А. Чебаков, А. Т. Шараров // Транспорт Урала. — 2020. — № 4 (67). — С. 86–90. — ISSN 1815–9400.

Объем статьи: 0,61 авторских листа





Инна Леонидовна  
Парахненко

Inna L. Parakhnenko



Дарья Александровна  
Гребнева

Daria A. Grebneva

## Влияние лубрикации дорожек катания рельсов на силы взаимодействия при прохождении грузовым составом кривых участков с нарушением микрогеометрии пути

### The influence of lubrication of rolling tracks of rails on the interaction forces when a freight train passes curved track sections with violation of the microgeometry of a railway track

#### Аннотация

В исследовании по результатам моделирования в программном комплексе «Универсальный механизм» рассмотрено изменение продольных и боковых сил, возникающих в кривых различных радиусов, при прохождении грузовыми составами пути с имеющимися нарушениями макрогеометрии. Рассмотрены варианты лубрикации дорожек катания рельсовых нитей, снижающие действия сил в кривых и смягчающие прохождение неровностей.

**Ключевые слова:** отступление, дорожка катания, лубрификация, продольные силы, боковые силы, кривая.

#### Abstract

The study, based on the results of modelling in the «Universal Mechanism» software package, considers the change in longitudinal and lateral forces that occur in curves of different radius when freight trains pass a track with existing violations of macrogeometry. The variants of lubrication of rolling tracks of rail threads, reducing the action of forces in curves and smoothing passing over unevenness, are considered.

**Keywords:** retreat, rolling track, lubrication, longitudinal forces, lateral forces, curve.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-44-48

#### Авторы Authors

*Инна Леонидовна Парахненко, старший преподаватель кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Дарья Александровна Гребнева, студентка 5-го курса строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Inna Leonidovna Parakhnenko, Senior Lecturer of «Railway Construction and Railway Track» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Daria Alexandrovna Grebneva, the 5th year student of Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg*

Эксплуатация железнодорожного пути под воздействием различных факторов приводит к отклонениям состояния колеи от исходной геометрии. Неисправности (расстройства) пути влияют на периодичность и состав ремонтных работ, скорость и безопасность движения. Горизонтальные неровности оказывают влияние на динамические поперечные воздействия состава на путь. Согласно существующей классификации, все отступления разделены на 4 степени:

- I степень — отступления, находящиеся в пределах норм устройства рельсовой колеи и не требующие выполнения работ по их устранению;
- II степень — отступления, не требующие уменьшения скорости поездов, но оказывающие влияние на плавность хода состава и интенсивность расстройства пути;
- III степень — отступления, которые при их устранении после обнаружения за период до очередной проверки пути вагоном-путеизмерителем могут достичь величин, значительно ухудшающих плавность движения поездов и повышающих интенсивность накоплений остаточных деформаций пути;
- IV степень — отступления, вызывающие увеличение сил взаимодействия пути и подвижного состава до таких значений, которые при наличии неблагоприятных сочетаний могут привести к сходу его с рельсов.

По данным лент вагона-путеизмерителя, при исследовании отклонений в плане на участке Свердловской железной дороги протяженностью 150 км выявлено, что 64 % всех горизонтальных расстройств пути относятся к отступлениям II степени. Этот факт стал определяющим для проведения моделирования с использованием программного комплекса «Универсальный механизм» продольных и боковых сил, возникающих в контакте «колесо — рельс» при прохождении составом кривых участков железнодорожного пути, имеющих неровности II степени.

Авторами исследований [1, 2] определены места возникновения максимальных напряжений при наличии отступлений в кривых и доказано, что наибольшие поперечные усилия возникают при прохождении составом круговой кривой. В данной работе в макрогеометрию участка, представленного в [3], в начале круговой кривой для каждого из рассматриваемых радиусов (990 м, 630 м, 540 м, 380 м) внесена горизонтальная неровность, не требующая ограничения скорости, имеющая параметры: длина 30 м, стрела изгиба 20 мм.

Целью работы является исследование влияния лубрикации поверхностей катания рельсовых нитей на силы, возникающие в контакте «колесо — рельс», при прохождении кривых участков по колее, имеющей отступления. Рассмотрены трибологические варианты [4]:

- лубрикация дорожки катания наружной рельсовой нити;
- лубрикация дорожки катания внутренней рельсовой нити;
- лубрикация дорожек катания обеих рельсовых нитей.

Для определения влияния отступлений на силы, возникающие в контакте «колесо — рельс», первоначально проведено сравнение полученных результатов при сухом трибологическом состоянии рельсовых нитей (без лубрикации), с целью определения максимально возможных усилий. Приняты условия моделирования для грузового состава весом 6400 т, движущегося в тяговом режиме со скоростью 40 км/ч. На рис. 1 и 2 представлены сравнительные графики продольных и боковых сил в кривых при проектной геометрии колеи и с имеющейся неровностью в начале круговой кривой.

Анализируя графики, можно сделать вывод, что наличие неровностей в начале круговой кривой вызывает резкое изменение (скачок) как продольных, так и боковых сил. После прохождения неровности состав начинает испытывать волнообразные изменения сил (колебания) на протяжении оставшейся длины круговой кривой, а в некоторых случаях и в выходной кривой ( $R = 540$  м). Максимальная амплитуда колебаний наблюдается в кривых  $R = 620$  м и  $R = 990$  м.

Далее рассмотрено влияние лубрикации на изменение сил для принятых трибологических вариантов (рис. 3–4).

Максимально эффективный вариант для снижения продольных сил при наличии в кривой отступления достигается при смазывании дорожек катания обеих рельсовых нитей (рис. 3). Следует отметить, что все рассматриваемые варианты уменьшают действие сил, однако при уменьшении коэффициента трения на дорожке катания наружной нити, особенно в кривых  $R > 600$  м, при прохождении неровности экипаж на протяжении оставшейся длины круговой кривой испытывает колебания (в исследовании под колебаниями понимается волнообразное изменение сил при установившемся движении экипажа). Лубрикация дорожки катания внутренней нити снижает продольные силы, смягчает скачок при прохождении экипажем неровности.

Применение лубрикации в кривой радиусом более 900 м, как показали результаты моделирования, не снижает действие боковых сил (рис. 4). Уменьшение коэффициента трения на одной из дорожек катания вызывает интенсивные колебания экипажа после прохождения неровностей в этой кривой. При уменьшении радиуса смазывание дорожек катания обоих рельсов и отдельно внутренней нити уменьшает значения боковых сил как при прохождении места отступления, так и в оставшейся круговой кривой.

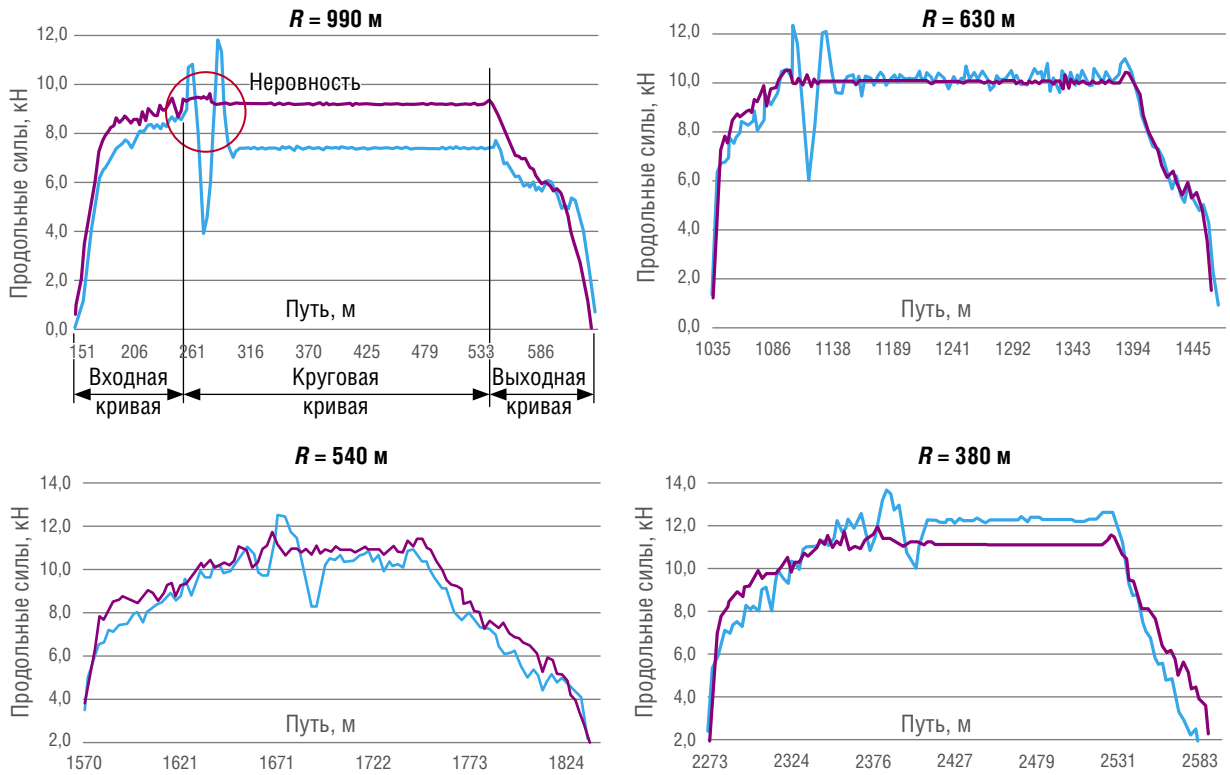


Рис. 1. Сравнение продольных сил при сухом трибологическом состоянии рельсов с различной геометрией пути:  
 — с отступлением II степени; — без нарушений геометрии пути

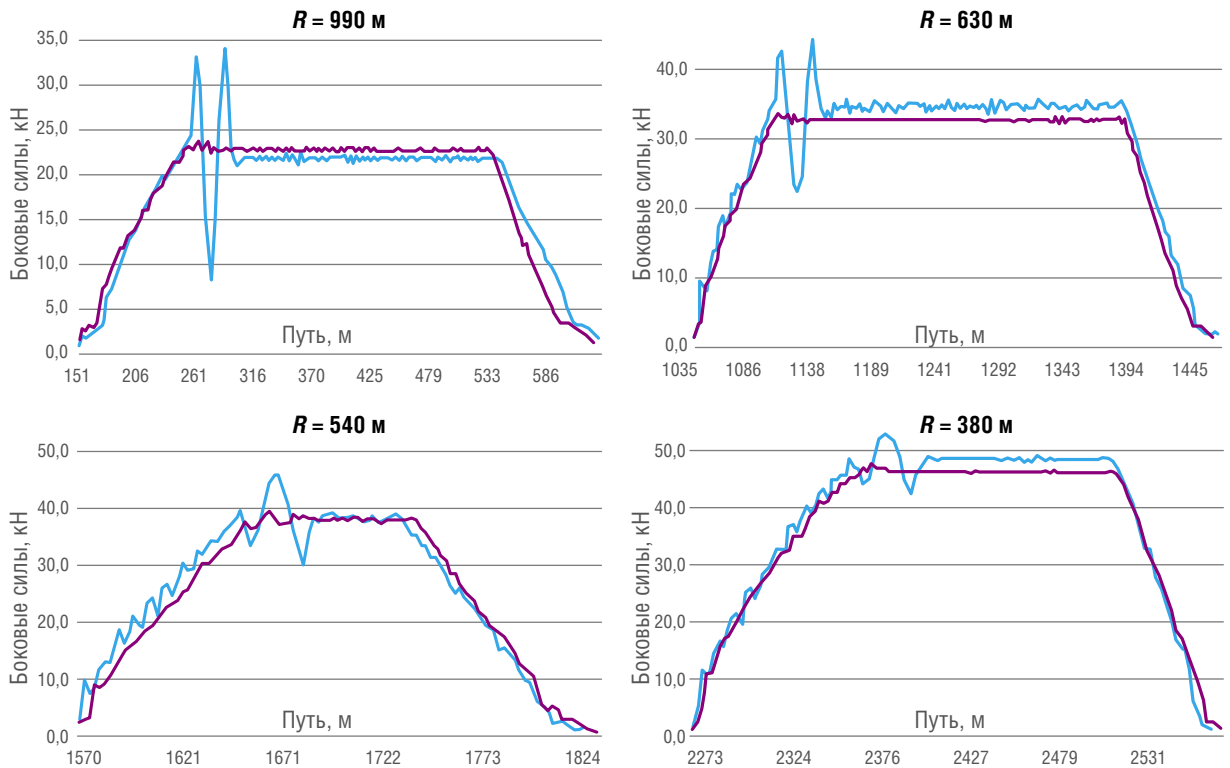


Рис. 2. Сравнение боковых сил при сухом трибологическом состоянии рельсов с различной геометрией пути:  
 — с отступлением II степени; — без нарушений геометрии пути

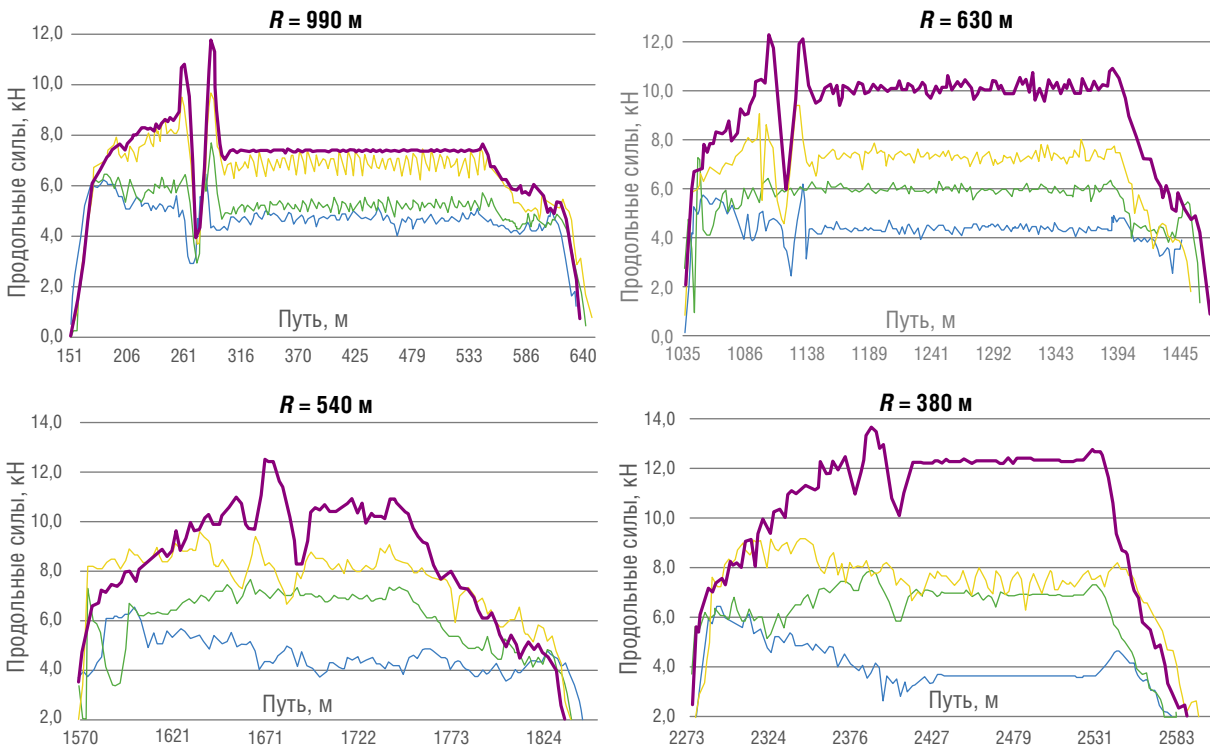


Рис. 3. Сравнение эффективности применения лубрикации для снижения продольных сил:  
 — сухое состояние рельсовых цепей; — лубрификация дорожки катания наружной нити;  
 — лубрификация дорожки катания внутренней нити; — лубрификация дорожек катания обеих нитей

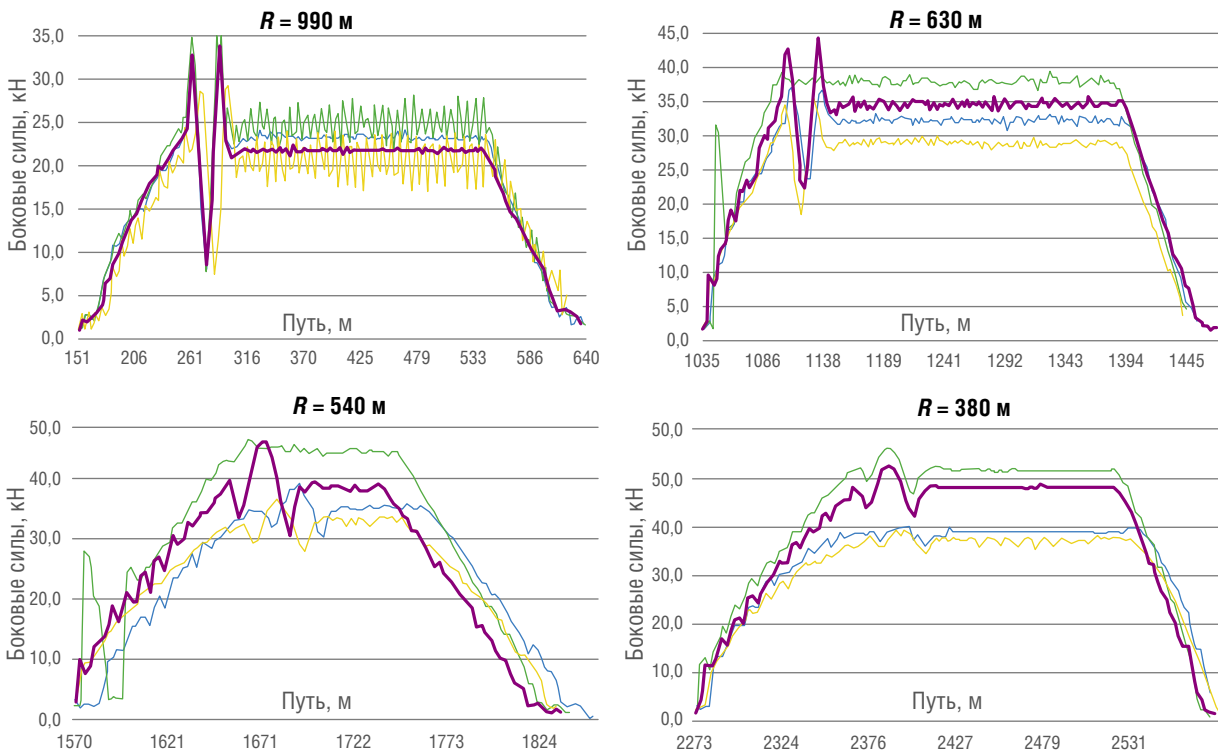


Рис. 4. Сравнение эффективности применения лубрикации для снижения боковых сил  
 — сухое состояние рельсовых цепей; — лубрификация дорожки катания наружной нити;  
 — лубрификация дорожки катания внутренней нити; — лубрификация дорожек катания обеих нитей

И. Л. Парахненко, Д. А. Гребнева | Влияние лубрикации дорожек катания рельсов на силы взаимодействия грузовым составом кривых участков...



## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Отклонение параметров геометрии колеи от проектной приводит к резкому изменению продольных и боковых сил, возникающих при прохождении грузовым составом кривых участков.

2. После прохождения имеющегося отступления

экипаж начинает испытывать колебания на протяжении круговой кривой, а в некоторых случаях и в пределах выходной кривой.

3. Применение лубрикации на дорожках катания рельсовых нитей смягчает прохождение имеющихся неровностей, снижая возникающие в кривых продольные и боковые силы. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Мильникова М. А. Мониторинг напряженного состояния бесстыкового пути при помощи бализы : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / Мильникова Мария Александровна. — Екатеринбург, 2019.
2. Скутин Д. А. Устойчивость верхнего строения пути в кривых с использованием вертикально распложенной геосетки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / Скутин Дмитрий Александрович. — Екатеринбург, 2018.
3. Парахненко И. Л., Аккерман С. Г. Эффективность управления трением в контакте «колесо — рельс» // Транспорт Урала. — 2014. — № 2 (41). — С. 58–61. — ISSN 1815–9400.
4. Парахненко И. Л. Анализ сил взаимодействия в контакте «колесо — рельс» при различных трибологических вариантах // Транспорт Урала. — 2019. — № 2 (61). — С. 54–57. — ISSN 1815–9400.

Объем статьи: 0,45 авторских листа



**Тимофей Сергеевич  
Тарасовский**  
Timofey S. Tarasovsky



**Арнольд Оскарович  
Лимберг**  
Arnold O. Limberg

## Система бесконтактного автоматического регулирования напряжения БАРН с тиристорно-реакторным переключающим устройством

### System of contactless automatic voltage regulation of BARN with thyristor-reactor switching device

#### Аннотация

Рассмотрена функциональная схема замкнутой системы бесконтактного автоматического регулирования напряжения БАРН преобразовательного агрегата с тиристорно-реакторным переключающим устройством ТРПУ регулирования напряжения. Представлены предполагаемые внешние характеристики преобразовательного агрегата с системой БАРН и ТРПУ при использовании преобразовательного трансформатора ТРСНП-12500/10. Рассмотрен алгоритм формирования регулятором системы — шкафом ШАУН 6 — сигнала управления исполнительным регулируемым тиристорно-реакторным переключающим устройством, на основании которого на лабораторной физической модели преобразовательного агрегата с преобразовательным трансформатором мощностью 30 кВА реализованы стабилизированные внешние характеристики преобразователя.

**Ключевые слова:** тяговая подстанция, преобразовательный агрегат, система бесконтактного автоматического регулирования напряжения, тиристорно-реакторное устройство регулирования напряжения под нагрузкой, алгоритм формирования сигнала управления, тяговый режим, рекуперация.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-49-53

#### Авторы Authors

*Тимофей Сергеевич Тарасовский, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: tar-tima@yandex.ru | Арнольд Оскарович Лимберг, инженер, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Timofey Sergeevich Tarasovsky, Senior Lecturer of «Power Supply of Transport» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: tar-tima@yandex.ru | Arnold Oskarovich Limberg, Engineer, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg*

Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [1] установлено, что на участках железных дорог, электрифицированных на постоянном токе, напряжение на токоприемнике электровагона должно быть не менее 2,7 кВ и не более 4,04 кВ, а на отдельных участках железнодорожных путей в исключительных случаях допускается уровень не менее 2,4 кВ [2]. Для поддержания в системе тягового электроснабжения уровня напряжения в указанных пределах широко применяется система бесконтактного автоматического регулирования напряжения БАРН [3], которая обеспечивает автоматическую стабилизацию выпрямленного напряжения на шинах тяговых подстанций на заданном уровне.

Система БАРН включает в себя реакторное устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), подключаемое к отводам регулировочной части первичной обмотки преобразовательного трансформатора, и шкаф автоматического управления напряжением ШАУН 5, который осуществляет подмагничивание и размагничивание управляемых реакторов устройства РПН.

С целью снижения массо-габаритных показателей системы БАРН, ее стоимости, а также потерь электроэнергии в устройстве РПН перспективным направлением ее совершенствования является совместное использование в устройстве РПН неуправляемого реактора (НР) и полупроводниковых управляемых силовых приборов.

На рис. 1 изображена функциональная схема замкнутой системы бесконтактного автоматического регулирования напряжения преобразовательного агрегата с тиристорно-реакторным переключающим устройством.

Выходной регулируемой величиной системы БАРН с ТРПУ является выпрямленное напряжение преобразовательного агрегата  $U_d$ , значение которого измеряется с помощью датчика напряжения (ДН) и подается на вход вычислительного устройства В регулятора Р, куда подается также значение заданного уровня стабилизации  $U_{дст-3}$ . Вычислительное устройство В регулятора Р перерабатывает полученную информацию в соответствии с алгоритмом и формирует сигнал управления, который через усилитель Ус, подается на тиристорный ключ ТК исполнительного регулируемого устройства ИРУ и обеспечивает ступенчатое бесконтактное изменение выпрямленного напряжения в пределах регулировочной зоны.

Представленная система БАРН с ТРПУ проектируется на базе регулятора Р шкафа автоматического управления напряжением ШАУН 6, исполнительного регулируемого тиристорно-реакторного переключающего устройства ТРПУ [4, 5, 6], объекта регулирования ОР (преобразовательного агрегата ПА, включающего в себя преобразовательный трансформатор ПТ и выпрямительный блок ВБ) и датчика напряжения ДН для осуществления обратной связи в системе.

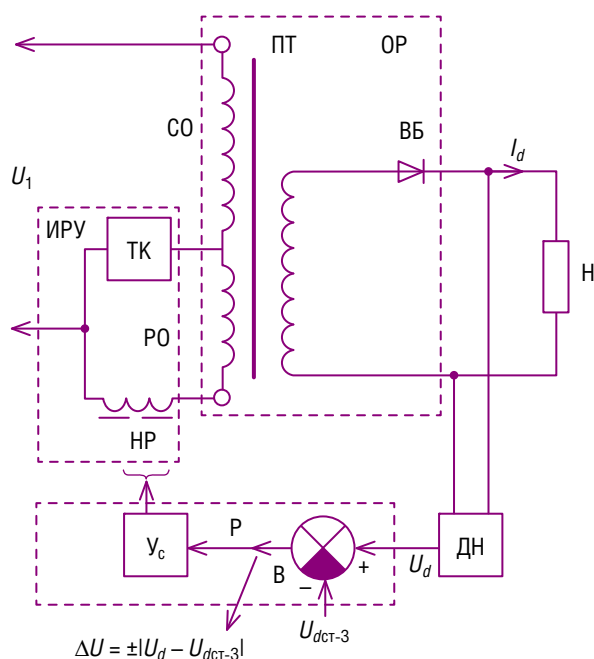


Рис. 1. Функциональная схема замкнутой системы бесконтактного автоматического регулирования напряжения преобразовательного агрегата с тиристорно-реакторным переключающим устройством: CO, PO — сетевая и регулировочная обмотки преобразовательного трансформатора; ОР — объект регулирования; ПТ — преобразовательный трансформатор; ВБ — выпрямительный блок; Н — нагрузка; ДН — датчик напряжения; Р — регулятор; В — вычислительное устройство; Ус — усилитель; ИРУ — исполнительное регулируемое устройство

Система обеспечивает бесконтактное регулирование напряжения в диапазоне 14 % при использовании преобразовательного трансформатора ТРСНП-12500/10 [2].

Предполагаемые внешние характеристики ПА с преобразовательным трансформатором ТРСНП-12500/10 и системой БАРН-ТРПУ показаны на рис. 2.

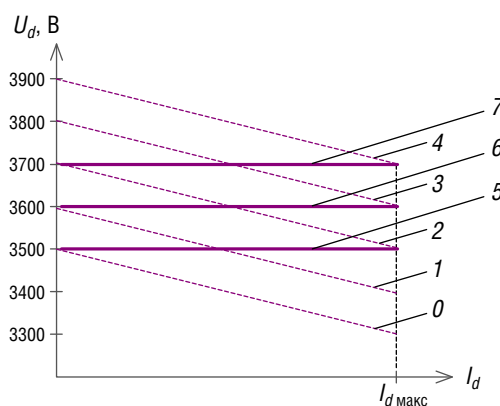


Рис. 2. Предполагаемые внешние характеристики ПА с преобразовательным трансформатором ТРСНП-12500/10 и системой БАРН с ТРПУ: 0-4 — естественные характеристики; 5-7 — стабилизированные характеристики

Естественные внешние характеристики выпрямленного напряжения ПА с ПТ ТРСНП-12500/10 и соответствующие им сигналы управления шкафа ШАУН 6

Уровень выпрямленного напряжения холостого хода ПА $U_{d0}$ , В	Номер внешней естественной характеристики выпрямленного напряжения ПА (рис. 4)	Сигнал управления от шкафа ШАУН 6
3500	0	0000
3600	1	1000
3700	2	1100
3800	3	1110
3900	4	1111

В системе БАРН с ТРПУ получение внешних стабилизированных характеристик 5–7 происходит путем переключения между естественными внешними характеристиками 0–4. Управление тиристорами ТРПУ осуществляется в соответствии с полученным сигналом управления от шкафа ШАУН 6 по принципу широтно-импульсной модуляции на низкой частоте, где каждой естественной характеристике соответствует свой сигнал управления СУ от шкафа ШАУН 6 в виде числа с двоичным кодом.

В табл. 1 показаны естественные внешние характеристики выпрямленного напряжения ПА с ПТ ТРСНП-12500/10 и соответствующие им сигналы управления шкафа ШАУН 6.

В СУ от шкафа ШАУН 6 в ТРПУ логическая 1 соответствует подаче сигнала на электроды управления тиристорного ключа ТК, при этом ТРПУ будет работать в режиме с открытыми тиристорными ключами в течение одного периода питающего напряжения  $U_1$ . В данном режиме напряжение питающей сети  $U_1$  приложено только к СО ПТ, тем самым обеспечивается наибольшее напряжение на шинах выпрямительного блока.

При логическом 0 СУ от шкафа ШАУН 6 на электроды управления тиристорных ключей отсутствует, соответственно, ТРПУ работает в режиме с закрытыми тиристорными ключами ТК в течение одного периода питающего напряжения  $U_1$ . В данном режиме напряжение питающей сети  $U_1$  приложено к СО, РО трансформатора и НР, тем самым обеспечивается наименьшее напряжение на шинах выпрямительного блока.

В соответствии с табл. 1, подача каждого цикла сигнала управления от шкафа ШАУН 6 в шкаф ТРПУ осуществляется в течение четырех периодов питающего напряжения  $U_1$ .

Алгоритм формирования СУ шкафом ШАУН 6 для автоматического регулирования выпрямленного напряжения ПА [7] представлен на рис. 3.

Для регулирования выпрямленного напряжения ПА СУ от шкафа ШАУН 6 изменяется в зависимости от ре-

зультата сравнения заданного уровня стабилизации выпрямленного напряжения ПА ( $U_{dct-3}$ ), значения выпрямленного напряжения ПА, измеренного ДН ( $U_d$ ) и уровня выпрямленного напряжения холостого хода ПА  $U_{d0}$  (табл. 1) естественных характеристик 0–4 (рис. 2), соответствующих СУ шкафа ШАУН 6.

После включения шкафа ШАУН 6 осуществляется подача СУ, соответствующего 0 характеристике (блок 1).

В начале каждого цикла подачи СУ осуществляется определение заданного уровня стабилизации  $U_{dct-3}$  (блок 2).

Далее в блоке 3 осуществляется сравнение заданного уровня стабилизации выпрямленного напряжения  $U_{dct-3}$  и измеренного ДН значения выпрямленного напряжения ПА  $U_d$ . Если в результате сравнения  $U_d \geq U_{dct-3}$ , срабатывает выдержка времени, включающая в себя цикл, повторяющийся в течение времени  $t$  (блок 4). Тело цикла производит сравнение измеренного напряжения  $U_d$  с заданным уровнем стабилизации выпрямленного напряжения  $U_{dct-3}$  (блок 5). Если результат сравнения не изменился, начинается формирование СУ, в соответствии с естественной характеристикой действующего СУ (блок 6) и подача СУ (блок 7). Если по истечении выдержки времени результат сравнения  $U_d$  и  $U_{dct-3}$  не изменился, тогда шкаф ШАУН 6 будет формировать СУ, соответствующий пониженному на одну ступень номеру внешней характеристики ПА (блок 8).

Далее активируется выдержка времени, включающая в себя цикл (блок 9), повторяющийся в течение 1 с. Тело цикла включает в себя формирование и подачу СУ (блок 10, 11) и последующее сравнение измеренного напряжения  $U_d$  с  $U_{d0}$  естественной характеристики действующего СУ (блок 12).

Если в результате сравнения  $U_d \geq U_{d0}$ , цикл повторяется вплоть до понижения действующего уровня СУ до характеристики 0, чем обеспечивается возможность рекуперативного торможения подвижного состава. При приближении подвижного состава к тяговой подстанции



нагрузка увеличивается и  $U_d < U_{d0}$ , цикл прерывается, шкаф ШАУН 6 повышает номер характеристики (блок 14), формирует (блок 15) и подает СУ (блок 16).

Если в результате сравнения (блок 3)  $U_d < U_{dct-3}$ , шкаф ШАУН 6 сравнивает (блок 13) напряжение  $U_{d0}$  естественной характеристики действующего СУ (табл. 1) и заданный уровень стабилизации напряжения  $U_{dct-3}$ .

Если в результате сравнения напряжение  $U_{d0}$  естественной характеристики действующего СУ (табл. 1) не превышает уровень  $U_{dct-3}$  на две ступени (блок 13), шкаф ШАУН 6 повышает номер характеристики (блок 14), формирует (блок 15) и подает СУ (блок 16), а если превышает на две ступени, осуществляется формирование СУ в соответствии с естественной характеристикой действующего СУ (блок 17) и его подача (блок 18), тем самым обеспечивая защиту оборудования подстанции от перегрузок.

С целью подтверждения возможности реализации внешних стабилизированных характеристик (характеристики 5–7, рис. 2) в соответствии с рассмотренным алгоритмом формирования СУ (рис. 3), были проведены испытания на физической модели преобразовательного агрегата с тиристорно-реакторным переключением устройством ТРПУ.

Физическая модель ПА включает в себя трехфазный преобразовательный трансформатор мощностью 30 кВА с линейным первичным напряжением 380 В и схемой соединения обмоток У/УД.

Вторичные обмотки преобразовательного трансформатора подключены к диодному выпрямительному блоку с двенадцатипульсовой последовательной схемой выпрямления. Выпрямительный блок через сглаживающий реактор подключен к нагрузке.

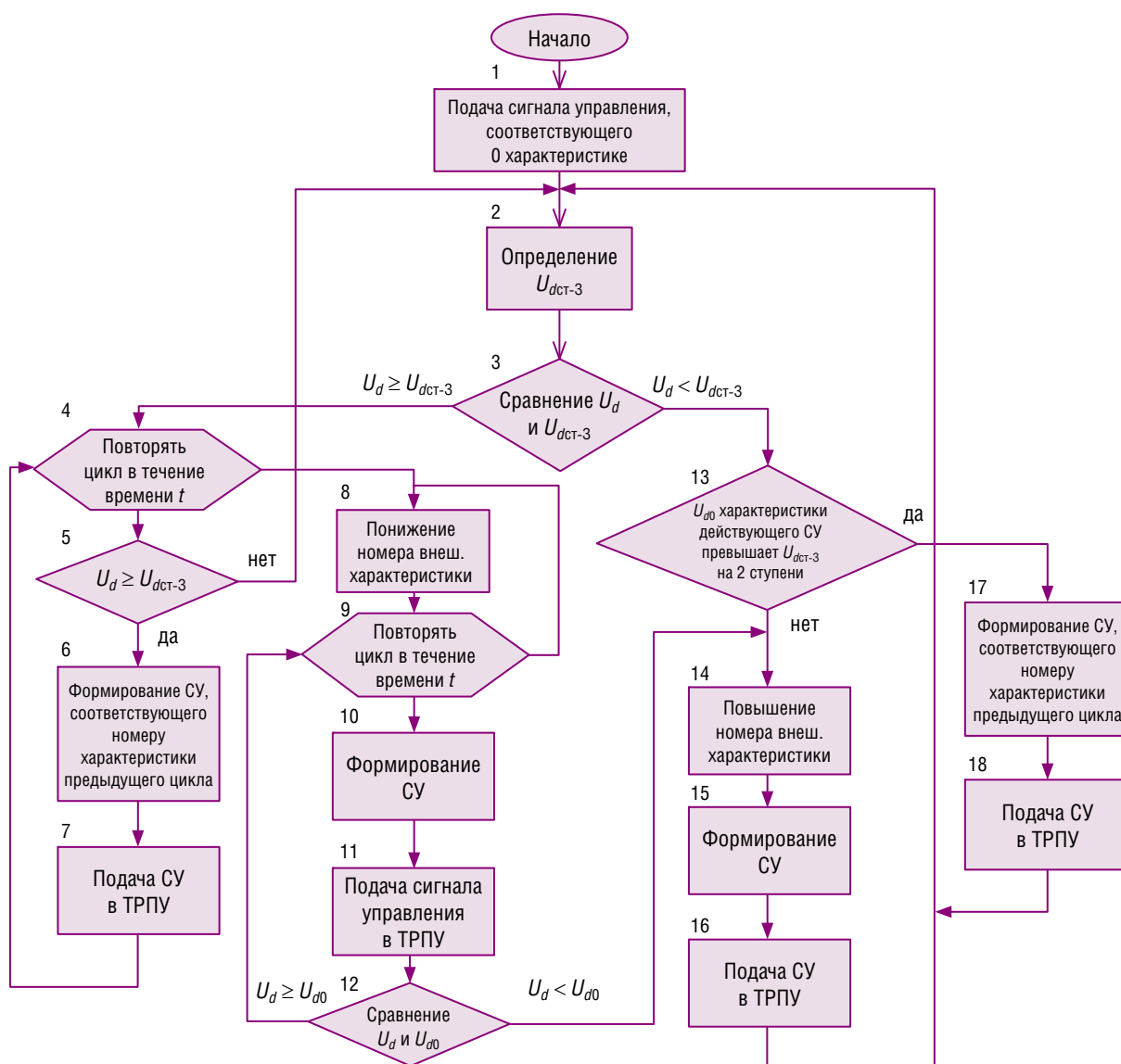


Рис. 3. Алгоритм формирования СУ шкафом ШАУН 6 для автоматического регулирования выпрямленного напряжения ПА в системе БАРН с ТРПУ

Для подтверждения возможности блоком управления обеспечить стабилизированные внешние характеристики 5–7 были сняты осциллограммы выпрямленного напряжения  $U_d$  при различных заданных уровнях стабилизации при плавном изменении сопротивления нагрузки.

Заданным уровням стабилизации ПА с ПТ ТРСНП-12500/10 и системой БАРН с ТРПУ 3500 В, 3600 В и 3700 В соответствуют следующие значения напряжения физической модели: 187 В, 194 В и 202 В.

На рис. 4 показаны осциллограммы выпрямленного напряжения  $U_d$  при различных заданных уровнях стабилизации.

Таким образом, можно сделать вывод, что при стабилизации напряжения в соответствии с алгоритмом (рис. 3) на уровнях 187 В (рис. 4, а) и 194 В (рис. 4, б) средние значения выпрямленного напряжения  $U_d$  равны 185 В и 192 В соответственно, что отличается от заданного уровня стабилизации на 2 В. При стабилизации на уровне 202 В (рис. 4, в) значение выпрямленного напряжения  $U_d$  равно 199 В, что отличается от заданного уровня стабилизации на 3 В. Погрешность регулирования не превышает 2 %, поэтому можно сделать вывод о работоспособности представленного алгоритма. **ИТ**

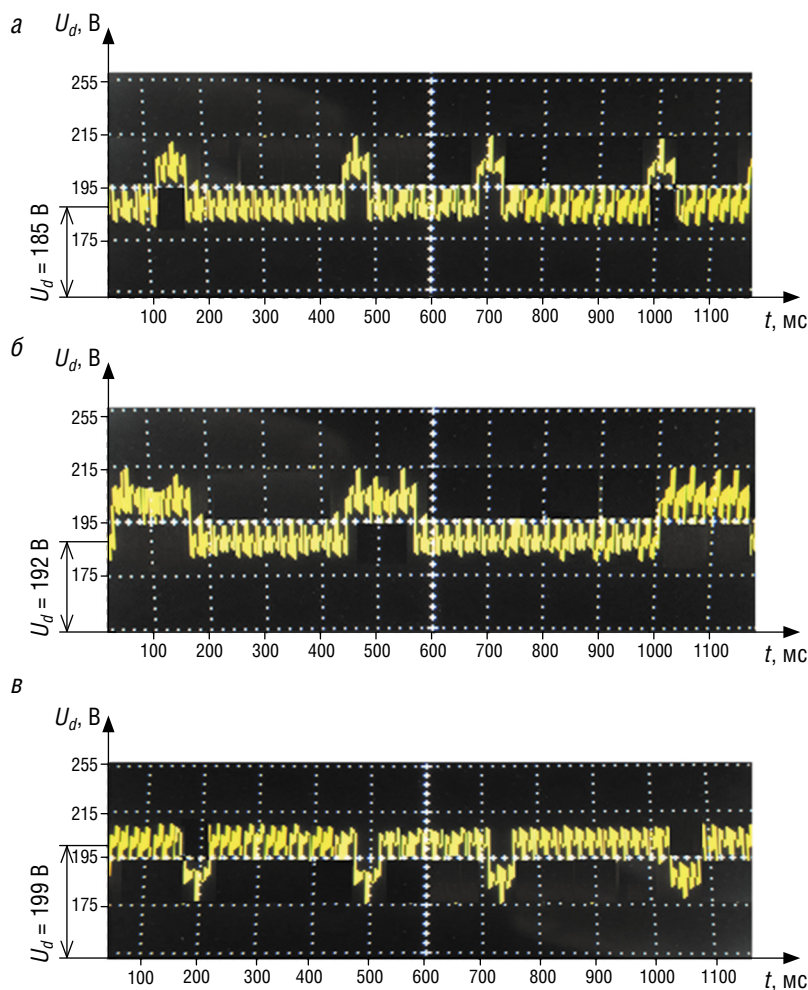


Рис. 4. Осциллограммы выпрямленного напряжения  $U_d$  при заданных уровнях стабилизации: а — 3500 В; б — 3600 В; в — 3700 В

## Список литературы / Reference

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. — Екатеринбург : ИД «УралЮр-Издат», 2013.
2. Аржанников Б. А., Бадер М. П., Бурков А. Т., Котельников А. В., Набойченко И. О. Совершенствование основных требований к системе и устройствам тягового электроснабжения постоянного тока // Электротехника. — 2016. — № 9. — С. 51–57. — ISSN 0013–5860.
3. Аржанников Б. А., Набойченко И. О. Усиление системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при пропуске тяжеловесных поездов // Транспорт Урала. — 2015. — № 2 (45). — С. 13–17. — ISSN 1815–9400.
4. Аржанников Б. А. Устройства регулирования напряжения преобразовательных трансформаторов под нагрузкой : учеб. пособие. — Екатеринбург : УрГУПС, 2017. — 101, [1] с.
5. Тарасовский Т. С. Тиристорно-реакторное устройство регулирования напряжения под нагрузкой РПН преобразовательного трансформатора ТРСЗП-12500/10 ЖУ1 // Транспорт Урала. — 2017. — № 3 (54). — ISSN 1815–9400.
6. Arzhannikov B., Baeva I., Tarasovskiy T. Energy efficiency electrified section with automatic voltage regulation // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2020. — Т. 1115. — С. 87–97. — ISSN 2194–5357.
7. Пат. 196985 РФ на полезную модель, В 60М 3/02. Устройство для автоматического регулирования напряжения на тяговой подстанции / Аржанников Б. А., Лимберг А. О., Тарасовский Т. С. — № 2019137181; заявл. 19.11.19; опубл. 23.03.20, Бюл. № 9.

Объем статьи: 0,52 авторских листа



**Александр Владимирович  
Андрюков**  
Alexander V. Andryukov



**Алексей Анатольевич  
Ковалев**  
Alexey A. Kovalev

## Анализ надежности устройств контактной сети на участке Екатеринбург – Челябинск

### Analysis of reliability of contact network devices on the Yekaterinburg-Chelyabinsk section

#### Аннотация

Повреждения в контактной сети негативно сказываются на движении поездов: 70 % отказов приводят к их задержкам. Перерывы в движении при этом составляют более часа и в отдельных случаях достигают трех-четырех часов. В статье проводится анализ надежности и отказов устройств контактной сети на Южно-Уральской железной дороге. Приведены статистические данные отказов устройств контактной сети с 2018 по 2019 г., определен характер отказов технических средств. По карте климатического районирования приведено долевое соотношение гололедных районов РФ и филиалов ОАО «РЖД». Выделены участки трассы Екатеринбург — Челябинск по климатическим районам, что позволяет провести статистический анализ отказов на выделенных участках, связанных с гололедообразованием.

**Ключевые слова:** контактная сеть, отказ, надежность, гололед, карта районирования, климатические районы, трасса Екатеринбург — Челябинск.

#### Abstract

Damage to the contact network negatively affects the movement of trains: 70 % of failures lead to their delays. Breaks in the movement are more than an hour and in some cases reach three to four hours. The article analyzes reliability and failures of contact network devices on the South Ural Railway. The statistical data of failures of contact network devices from 2018 to 2019 are given, the nature of failures of technical means is determined. According to the map of climatic zoning, the share ratio of icy regions of the Russian Federation and branches of JSC «Russian Railways» is given. The sections of the Yekaterinburg — Chelyabinsk section are identified by climatic regions, which allows us to conduct a statistical analysis of failures in the selected sections associated with ice formation.

**Keywords:** contact network, failure, reliability, ice, zoning map, climatic regions, Yekaterinburg — Chelyabinsk section.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-54-58

#### Авторы Authors

*Александр Владимирович Андрюков, ассистент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Алексей Анатольевич Ковалев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Alexander V. Andryukov, Assistant of «Transport Power Supply» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Alexey A. Kovalev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of «Transport Power Supply» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg*

Наибольшее количество отказов на контактной сети (КС) происходит из-за недостатков в эксплуатационной работе, отклонений в технических параметрах элементов системы. Значительная часть нарушений связана с внешними климатическими факторами, например, с гололедом, который существенно повышает нагрузку на провода. Гололедообразование на контактом проводе ухудшает токосъем, вызывая образование электрической дуги.

Существующие районы гололедообразования, указанные в справочной литературе, отличаются от фактических значений температур, зафиксированных в процессе эксплуатации. В связи с этим появляется потребность их уточнения для определения риска гололедообразования на контактной сети. Алгоритмы управления рисками из-за гололедообразования на участках контактной сети не разработаны.

При анализе работы любого элемента контактной сети используется понятие «повреждение». Для нормальной оценки недостаточно пользоваться лишь данными о произошедших отказах [1]. Причины повреждений могут быть как внезапными (короткое замыкание, обрыв провода), так и постепенными (износ провода, загрязнение изоляторов и т.д.). Современная диагностика и замена изношенных деталей поможет повысить надежность устройств и уменьшит число их отказов.

На основании проведенного статического анализа отказов устройств на контактной сети Южно-Уральской железной дороги составлена диаграмма (рис. 1).

Из диаграммы видно, что главными причинами отказов контактной сети в 2018–2019 гг. явились обрывы и пережоги проводов и тросов (21 %), разрушение зажимов (19 %), обрывы поддерживающих струн (16 %), перекрытие и разрушение изоляторов (13 %).

## Анализ основных причин отказов контактной сети

1. Обрывы и пережоги контактной сети — 24 случая (21 % от общего количества). Все обрывы и пережоги приходятся на тросы и усиливающие провода и происходят из-за плохого токосъема. Когда токоприемник отрывается от проводов, происходит образование электрической дуги и перегрев контактного провода — это приводит к рискам отказов участка контактной сети. Проведение технического обслуживания позволяет уменьшить количество отказов контактного провода, но снижает уровень риска лишь частично.

2. Разрушение зажимов — 22 случая (19 % от общего количества). На данный момент наиболее повреждаемыми зажимами являются КС-049 и КС-046. Неудачная установка в проектное положение конструкций является основной причиной разрушения зажимов, особенно в период гололедообразования.

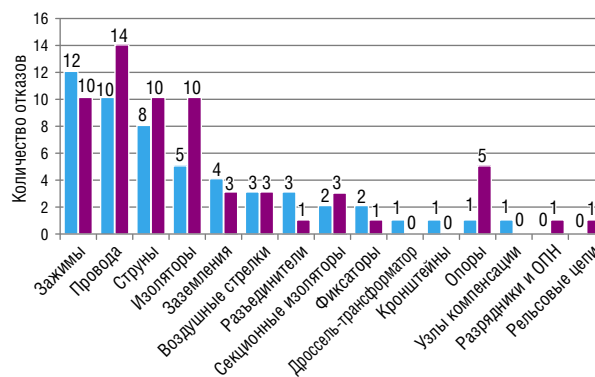


Рис. 1. Статистический анализ отказов устройств контактной сети на примере Южно-Уральской железной дороги:

■ — 2018 г.; ■ — 2019 г.

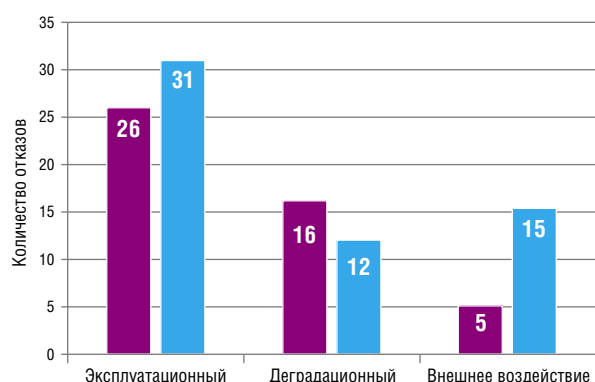


Рис. 2. Характер отказов технических средств:

■ — 2018 г.; ■ — 2019 г.

3. Обрывы струн — 18 случаев (16 % от общего количества), часто происходят в полукомпенсированных контактных подвесах, применяемых в том числе на участке Екатеринбург — Челябинск.

4. Перекрытие и повреждение изоляторов — 15 случаев (13 % от общего количества). Основной причиной повреждений является нарушение изоляционных свойств фарфоровых изоляторов. Для того чтобы повысить надежность контактной сети, необходимо проводить диагностику изоляторов на участке Екатеринбург — Челябинск, что выполняется не всегда из-за сложности процесса.

Количество отказов эксплуатационного характера составило 31 случай в 2019 г. против 26 случаев в 2018 г. (увеличение на 17,0 %) (рис. 2). Тем не менее наблюдается уменьшение на 25 % деградационных отказов, которые связаны с износом и старением эксплуатируемых устройств контактной сети.

Анализ случаев отказов устройств контактной сети из-за внешнего воздействия показывает значительное увеличение их количества: 5 случаев в 2018 г. и 15 случаев в 2019 г. (67,0 %), что свидетельствует о необходимости усиления требований в части технического обслуживания и ремонта.



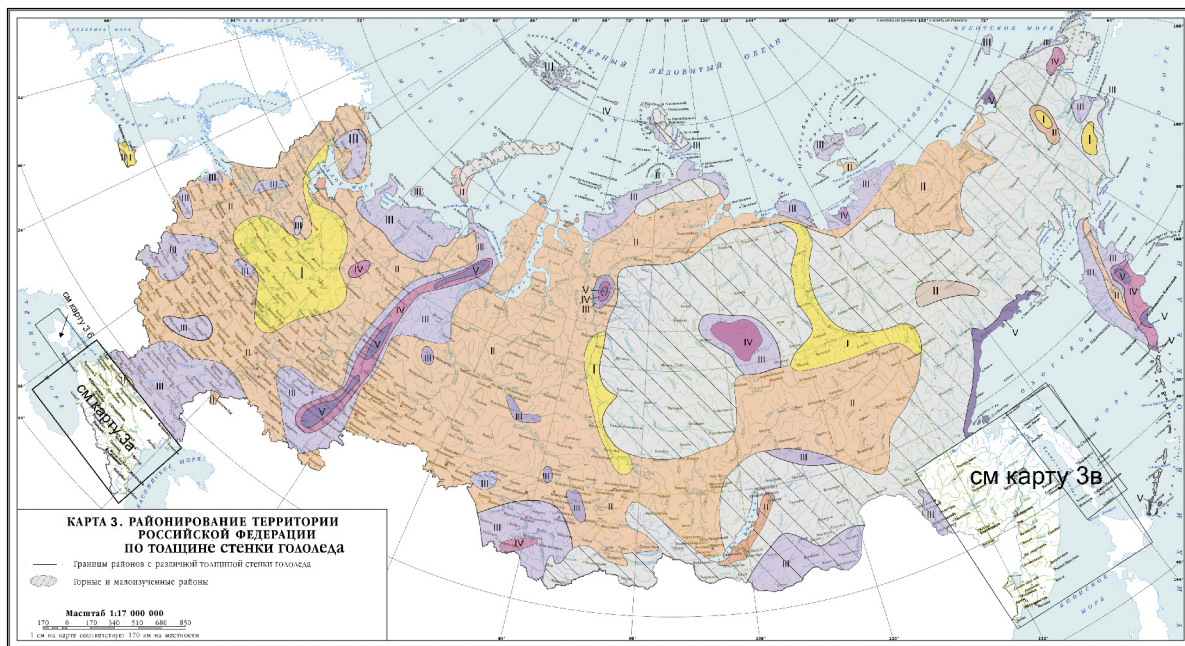


Рис. 3. Карта климатического районирования по толщине стенки гололеда

Таблица 1

### Гололедные районы филиалов ОАО «РЖД»

Филиал (дорога)	Гололедные районы
Восточно-Сибирская	I
Горьковская	II
Дальневосточная	II
Забайкальская	III
Западно-Сибирская	III
Калининградская	III
Красноярская	I
Куйбышевская	III
Московская	III
Октябрьская	I
Приволжская	III
Свердловская	II
Северная	I
Северо-Кавказская	IV
Юго-Восточная	III
Южно-Уральская	III

Чтобы отказы не повторялись, нужно совершенствовать диагностику устройств КС. Правильная установка оборудования контактной сети поможет уменьшить риск отказов всей системы на железной дороге и усовершенствовать технологические карты на обслуживаемой контактной сети [5].

При расчете воздушных линий электропередачи и их элементов должна учитываться толщина стенки гололеда. Определение расчетных условий по гололеду производится на основании соответствующих карт климатического районирования территории РФ с уточнением параметров увеличения или уменьшения температур по региональным картам и материалам многолетних наблюдений за размерами и видом гололедно-изморозевых отложений (рис. 3).

На основании карты климатического районирования было составлено долевое соотношение гололедных районов РФ и филиалов ОАО «РЖД» (табл. 1, рис. 4). Это соотношение поможет в дальнейших разработках для исследования отдельных участков железнодорожного пути.

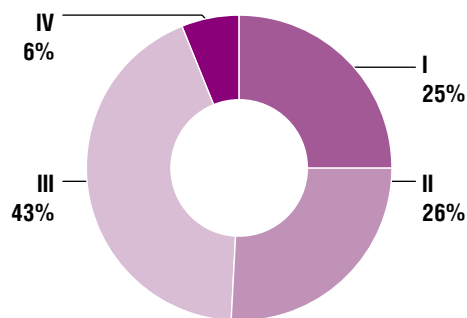


Рис. 4. Долевое соотношение гололедных районов

Причины отказов устройств контактной сети на железных дорогах РФ, связанные с гололедообразованием:

- 1) большая стрела провеса контактного провода компенсированной подвески;
- 2) изменение расстояния между проводами по сравнению с нормативным значением;
- 3) увеличение механической нагрузки на оборудование контактной сети;
- 4) появление электрической дуги и, как следствие, перегорание контактных проводов.

Согласно табл. 1, Свердловская и Южно-Уральская железные дороги располагаются во II и III климатических районах, поэтому исследование риска гололедообразования решено провести здесь [2, 4, 6].

В рамках выполнения научно-исследовательской работы сотрудниками НИЛ «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» УРГУПС было предложено распределить участки трассы Екатеринбург — Челябинск по трем климатическим районам (рис. 5).

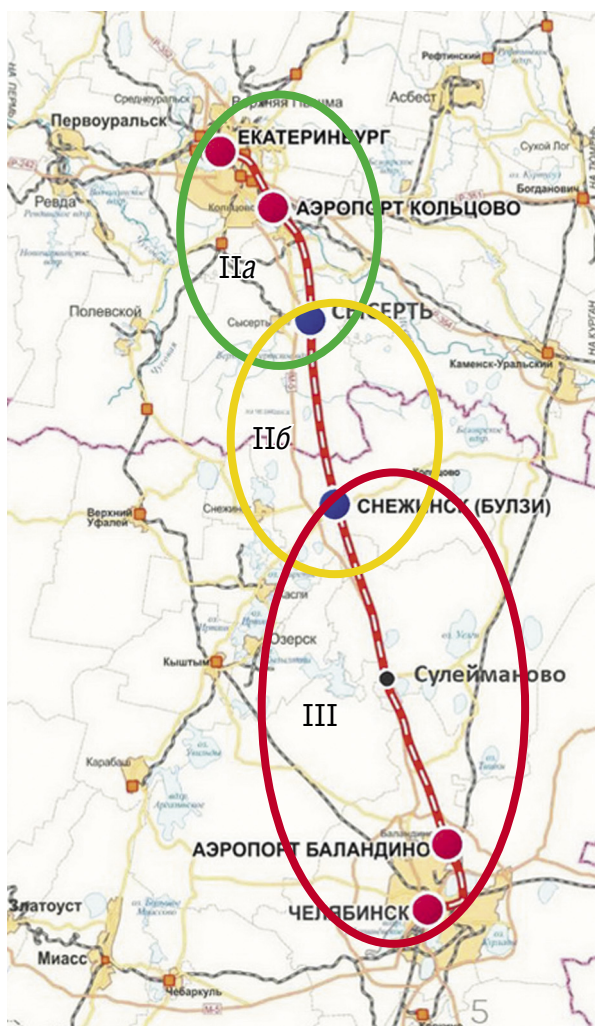


Рис. 5. Карта рельефов трассы Екатеринбург — Челябинск: IIa — участок Екатеринбург — Сысерть; IIб — участок Сысерть — Снежинск; III — участок Снежинск — Челябинск

Для повышения эксплуатационной надежности и снижения рисков отказов из-за гололедообразования на участке Екатеринбург — Челябинск в дальнейшем необходимо:

1. Выполнить статистический анализ оценки рисков на выделенных участках трассы по причине гололедообразования с помощью Комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов в работе технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ). Провести анализ замеров обледенения (определить места намерзания льда на контактной сети, массу льда в зависимости от погодных условий).

2. Определить вероятность возникновения отказа на каждом участке:

- определить финальную вероятность  $P_{oi}(t)$  возникновения отказов на всем участке Екатеринбург — Челябинск;
- вычислить риск задержки поездов  $R$ .

3. Определить критерии, которые могут привести к авариям на участке Екатеринбург — Челябинск:

- определить вероятность возникновения опасного фактора  $P_{\phi}(t)$ ;
- вычислить риски появления опасных погодных условий  $r_c$ , способствующих обледенению контактной сети;
- провести статистический анализ по количеству дней и часов в году  $T_{отк}$ , когда будут зафиксированы опасные погодные условия.

4. Вычислить величину гололедообразования, приводящую к недопустимому риску  $G$ :

- провести анализ изменения погодных условий в течение года, определить долю сочетаний опасных факторов, приводящих к авариям;
- выделить зоны трассы с повышенным риском гололедообразования;
- определить вероятность превышения льдом опасных размеров  $P_{л}$ ;
- определить риск гололедообразования  $r_z$ .

Далее за счет построения нескольких матриц определения риска для каждого гололедного участка следует определить перечень рисков на участке и классифицировать их по значимости:

- риск повреждения поддерживающих конструкций КС;
- риск повреждения контактной подвески;
- риск повреждения инфраструктуры от складывания льда с электроподвижным составом.

Полученные матрицы будут инструментом для принятия решения при проектировании высокоскоростного участка контактной сети «Екатеринбург — Челябинск» в части выбора типа контактной подвески, максимальных длин пролетов, анкерных участков, поддерживающих конструкций и др. С помощью матриц можно также обосновать необходимость применения специальных материалов для предотвращения

гололедообразования, за счет чего будет исключено время профилактического подогрева контактной подвески, и, как следствие, снизятся эксплуатационные затраты.

Предлагаемая методика позволит повысить надежность устройств контактной сети и на других участках железных дорог, где требуется исключить гололедообразование. **ИТ**

### Список литературы / Reference

1. Замышляев А. М. Прикладные информационные системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами на железнодорожном транспорте / А. М. Замышляев. — Ульяновск, 2013. — 143 с.
2. Иванов В. А. Разработка контактной сети для ВСМ России / В. А. Иванов, А. Г. Галкин, А. А. Ковалев, Е. В. Кудряшов // Инновационный транспорт. — 2011. — № 1 (1). — С. 16–21. — ISSN 2311–164X.
3. Ефимов А. В. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / А. В. Ефимов, А. Г. Галкин. — М. : УМК МПС России, 2000. — 510, [1] с. — ISBN 5-89035-022-6.
4. Ковалев А. А. Применение высокотехнологичного покрытия для защиты системы токосъема в условиях воздействия внешней среды / А. А. Ковалев, А. А. Кардаполов // Инновационный транспорт. — 2012. — № 2 (3). — С. 8–11. — ISSN 2311–164X.
5. Ковалев А. А., Окунев А. В., Микава А. В., Крапивин Н. В. Требования к оценке надежности поддерживающих конструкций несущего и контактного провода // Транспорт Урала. — 2020. — № 2 (65). — С. 98–102. — ISSN 1815–9400.
6. Ковалев А. А., Несмелов Ф. С., Микава А. В., Кардаполов А. А., Исаков Н. А. Комплексное внедрение инноваций на железнодорожном транспорте России // Транспортное дело России. — 2013. — № 4. — С. 24–26.

Объем статьи: 0,43 авторских листа





**Маруфджан  
Халикович  
Расулов**  
Marufjan Kh.  
Rasulov



**Масуджан  
Нумонжонович  
Машарипов**  
Masudjon N.  
Masharipov



**Жасурбек  
Якубович  
Абдуллаев**  
Zhasurbek Ya.  
Abdullayev

## Анализ степени влияния коэффициента съема пассажирских поездов на пропуск грузовых на двухпутных участках

### Analysis of the degree of influence of the removal rate of passenger trains for the passage of freight trains on double-track sections

#### Аннотация

Статья посвящена анализу, расчетам, методике определения коэффициента съема и степени его влияния при взаимном расположении грузовых и пассажирских поездов на графике движения. В статье обобщаются результаты массовых аналитических расчетов для определения коэффициента съема, приводятся расчеты по экспериментальным графикам движения поездов. Расчет коэффициента съема произведен новым способом, при котором учтены факторы, гарантирующие безопасность движения и наиболее полное использование наличной пропускной способности железных дорог, а также предложена формула расчета.

**Ключевые слова:** железнодорожный участок, график движения поездов, пропускная способность, коэффициент съема поездов, интервал между поездами.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-59-64

#### Авторы Authors

**Маруфджан Халикович Расулов**, канд. техн. наук, профессор кафедры «Организация движения на транспорте» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан | **Масуджан Нумонжонович Машарипов**, канд. техн. наук, и.о. доцента кафедры «Организация движения на транспорте» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: masudcha@mail.ru | **Жасурбек Якубович Абдуллаев**, ассистент кафедры «Организация движения на транспорте» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан

**Marufjan Khalikovich Rasulov**, Candidate of Technical Sciences, Professor of "Organization of Traffic on Transport" Department of Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan | **Masudjon Numonzhonovich Masharipov**, Candidate of Technical Sciences, Acting for Associate Professor of "Organization of Traffic on Transport" Department, Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: masudcha@mail.ru | **Zhasurbek Yakubovich Abdullayev**, assistant of "Organization of traffic on transport" Department, Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan



## Введение

При непараллельном графике движения поездов расчет пропускной способности осуществляется с учетом скорости движения пассажирских и грузовых поездов, которая различается для каждой из этих категорий. Известно, что пропускная способность определяется фактически в грузовых поездах, следовательно, необходимо привести все другие категории поездов к одному знаменателю с помощью коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими [1, 2]. Этот коэффициент оказывает большое влияние на пропуск поездов с различными скоростями следования. Кроме того, взаимное расположение в графике таких поездов существенно влияет на наличную пропускную способность участка. При увеличении ходовых скоростей движения пассажирских поездов происходит снятие с графика движения поездов других категорий, что, в свою очередь, приводит к уменьшению наличной пропускной способности ниток грузовых поездов.

## Обзор научных работ по теме исследования

Потребную пропускную способность участков железнодорожного транспорта определяют по заданным участкам, для которых вычисляются коэффициенты съема поездов. Определение коэффициента съема в целом на заданных участках является первостепенной задачей.

В начале XIX века В. Н. Щегловитовым [3] были отмечены факторы, которые влияют на пропускную способность заданного железнодорожного участка в период составления графика движения поездов из-за количества поездов срочного обращения. Им был введен в практику обращения термин «коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими». В. Н. Щегловитов также установил влияние этого коэффициента на графике движения поездов при разрозненной и пачечной прокладке.

В середине XX века большой вклад в развитие теории расчета коэффициента съема внесли труды таких ученых, как П. Я. Гордеенко [4], В. В. Гранквист [5], Б. М. Максимович [6], Ф. П. Кочнев [7]. Ими были предложены рекомендации для расчета пропускной способности заданных участков при непараллельном графике, а также высчитаны коэффициенты съема ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов при рациональных соотношениях.

Б. М. Максимович предложил формулу по определению коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими [6]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{(0,25 + 0,7 \cdot j) \cdot (1 - \Delta) \cdot t_{\text{гр}}}{I_{\text{гр}}} + 1,3 \cdot \Delta + 0,5,$$

где  $t_{\text{гр}}$  — время хода грузового поезда по ограничивающему перегону, мин;  $\Delta$  — соотношение ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов;  $j$  — коэффициент неидентичности перегонов;  $I_{\text{гр}}$  — расчетный межпоездный интервал на участке, мин.

Для исчисления коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими Ф. П. Кочнев рекомендовал следующую формулу [7]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{2 \cdot (I_{\text{гр}} - 1) \cdot \Delta + 2 + t_{\text{раз}} + t_3 + (1 - \Delta) \cdot t_{\text{гр}}}{I_{\text{гр}}} - 0,2,$$

где  $t_{\text{раз}}, t_3$  — время на разгон и замедление грузового поезда соответственно, мин.

В работе А. К. Угрюмова [8] исследовано влияние, которое оказывается на коэффициент съема в зависимости от соотношения ходовых скоростей движения грузовых и пассажирских поездов на двухпутных участках. Автор доказал, что коэффициент съема при автоблокировке резко возрастает, когда уменьшается соотношение ходовых скоростей движения ранее описанных поездов, преимущественно при непакетном расположении пассажирских поездов и значительных параметрах значения отношения времени хода грузового поезда по ограничивающему перегону к интервалу между ними. В исследовании указано, что соотношение ходовых скоростей находится в пределах от 0,6 до 0,8 и является удовлетворительным с точки зрения показателей графика и реализации наибольшей пропускной способности. А. К. Угрюмовым была предложена формула по определению коэффициента съема [8]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{I_{\text{по}} + I_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3 + (1 - \Delta) \cdot t_{\text{гр}}}{I_{\text{гр}}} + \frac{I_{\text{гр}} - 1}{2 \cdot I_{\text{гр}}},$$

где  $I_{\text{по}}, I_{\text{пп}}$  — интервалы попутного отправления грузового поезда и попутного прибытия пассажирского поезда соответственно, мин.

Величина  $\Delta$  имеет следующий вид:

$$\Delta = \frac{t_{\text{пас}}}{t_{\text{гр}}} = \frac{V_{\text{гр}}}{V_{\text{пас}}}. \quad (1)$$

В своей работе [9] Д. Ю. Левин рекомендовал рассчитывать пропускную способность при непараллельном графике движения поездов посредством коэффициента съема для однопутных и двухпутных участков для использования пропускной способности, а не для ее расчета. В исследовании проанализировано использование пропускной способности участков согласно графику движения поездов.

Методика и рекомендации по определению наличной пропускной способности железных дорог и расчету коэффициента съема приведены в Паспорте наличной пропускной способности в работах [10–13]. Одна-

ко в них не учитывалось влияние пакетной прокладки пассажирских и грузовых поездов в графике движения на коэффициент съема.

В исследовании А. А. Грачева и В. Л. Белозерова [14] проведен сравнительный анализ разных способов расчета коэффициента съема, приведены методологические подходы к исследованию процесса съема поездов на различных этапах развития, а также дан анализ нормативного графика движения поездов.

В соответствии с [15], коэффициент съема на двухпутных участках, оборудованных автоблокировкой (диспетчерской централизацией), где количество обращающихся пассажирских и ускоренных поездов не более 60, и имеющих скорость до 140 км/ч, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{(0,8 - 0,005 \cdot n_{\text{пас}}) \cdot (1 - \Delta) \cdot t_{\text{гр}}}{l_{\text{гр}}} + 1,3, \quad (2)$$

где  $n_{\text{пас}}$  — общее количество пассажирских и ускоренных (грузовых) поездов на участке обращения.

При скоростях движения пассажирских и ускоренных поездов от 140 до 200 км/ч формула для расчета коэффициента съема принимает вид [15]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{(0,8 - 0,005 \cdot n_{\text{пас}}) \cdot (1 - \Delta) \cdot t_{\text{гр}}}{l_{\text{гр}}} - 0,11 \cdot n_{\text{пас}} + 2,5 - \Delta \cdot (0,85 - 0,11 \cdot n_{\text{пас}}). \quad (3)$$

Когда общие размеры пассажирского движения (в том числе пригородного) не превышают 15 пар, а скорость движения при непакетной прокладке пассажирских поездов варьируется от 201 до 350 км/ч, то коэффициент съема на двухпутных участках исчисляется по формуле [11]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = n_p - n_{\text{max}}^T + 0,5, \quad (4)$$

где  $n_p, n_{\text{max}}^T$  — расчетное и фактическое количество обгонов грузовых поездов на участке обращения.

Фактическое количество обгонов грузовых поездов на участке обращения находим по формуле:

$$n_{\text{max}}^T = \frac{t_{\text{гр}} (1 - \Delta)}{\tau_{\text{пс}} + t_3}, \quad (5)$$

где  $\tau_{\text{пс}}$  — интервал попутного прибытия пассажирских поездов за грузовым на станцию обгона, мин.

Обобщение опыта исследований по определению коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими, а также сопоставление результатов расчетов с показателями действующих нормативных графиков привели к следующему выводу: в проведенных исследованиях в недостаточной степени учитывались особенности пропуска грузовых и пассажирских поездов, их взаимное расположение в графике движения.

## Результаты по теме исследования

В настоящее время значительное увеличение размеров движения грузовых и пассажирских поездов на заданных железнодорожных направлениях требует усиления пропускной способности участков. В этих условиях очень важно рационально использовать существующие перевозочные мощности железнодорожных линий. Большое влияние на использование пропускной способности оказывает прокладка пассажирских и грузовых поездов. Однако до сих пор еще нет достаточно точного метода определения размеров коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими, и не установлены достоверные причины, вызывающие этот съем. Неумение правильно оценить ситуацию ведет к тому, что теряется возможность применить окончательные меры, нейтрализовать или смягчить то негативное влияние, которое оказывается на использование пропускной способности при прокладке поездов с большими скоростями движения. В исследованиях [3–8, 14] показано, что коэффициент съема на двухпутных участках определяется исходя из пропускной способности ограничивающего перегона. Однако полученные результаты расчетов по ограничивающему перегону часто не совпадают с фактическими данными вследствие того, что на остальных перегонах возникают задержки, вызываемые необходимостью удаления впереди идущих поездов. Для определения пропускной способности на железнодорожных линиях надо рассчитывать коэффициент съема в целом по участку, иначе неизбежны неточности в расчете. Коэффициент съема для пассажирского поезда нужно определять в зависимости от взаимного расположения грузовых и пассажирских поездов на графике движения.

Для получения формулы расчета коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими в целом по участку с учетом вышеуказанных факторов используем графоаналитический метод.

В общем случае коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими рассчитывается по формуле [16]:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{T'}{l_{\text{гр}}} - 1 - n_{\text{max}}^T, \quad (6)$$

где  $T'$  — период графика между смежными грузовыми поездами, не подверженными обгонам пассажирскими.

Здесь первый член формулы (6)  $\left( \frac{T'}{l_{\text{гр}}} - 1 \right)$  представ-

ляет собой количество поездов, которое можно было пропустить по участку при отсутствии пассажирского поезда, а вычитаемое  $n_{\text{max}}^T$  — фактическое количество грузовых поездов, пропущенных за период  $T'$  и подверженных обгону. Продолжительность периода  $T'$  определяет первый из обгоняемых грузовых поездов — смежный с пас-

сажирским, который будет отправлен на участок после безостановочного пропуска пассажирского поезда.

Приведем пример графоаналитического метода расчета коэффициента съема на двухпутном железнодорожном участке по фрагменту графика движения поездов (рис. 1).

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

— возможная линия хода грузового поезда при безостановочном движении;

$Z$  — промежуток времени, в течение которого можно пропустить безостановочно максимальное количество грузовых поездов через первую попутную промежуточную станцию «Г» (время с момента безостановочного пропуска поезда № 2202 до момента возможного безостановочного пропуска поезда № 2210), мин;

$m$  — промежуток времени между грузовым поездом № 2202 по проследованию первой попутной промежуточной станции «Г» и первым грузовым поездом № 2210, имеющим остановку на этой же станции, мин;

$t_x^r, t_x^g$  — время проследования грузового поезда по начальному перегону и железнодорожному участку с учетом времени на разгон и замедление, мин;

$t_x^p, t_x^n$  — время проследования пассажирского поезда по начальному перегону и железнодорожному участку, мин;

$I_{gp}$  — интервал между грузовыми поездами, мин.

Из графика видно, что

$$Z = m - 1, \quad (7)$$

где 1 — время на замедление грузового поезда (принято на основе анализа нормативного графика), мин.

Из рисунка следует, что

$$m = t_x^r - t_x^{r'} - t_x^n + t_x^{n'}. \quad (8)$$

С учетом формулы (8) выражение (9) можно записать следующим образом:

$$Z = t_x^r - t_x^{r'} - t_x^n + t_x^{n'} - 1. \quad (9)$$

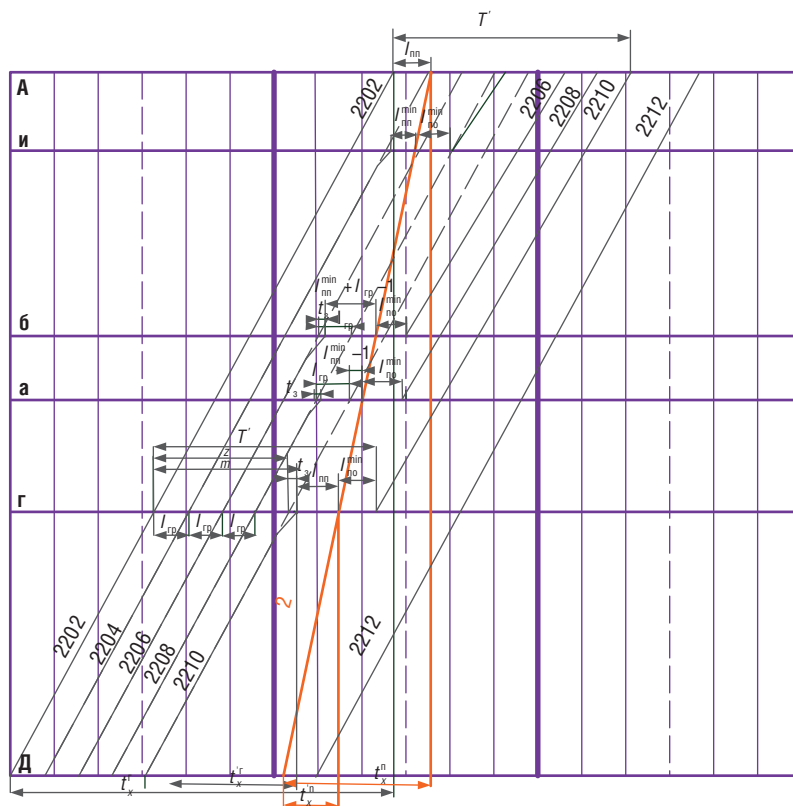


Рис. 1. Фрагмент графика обгона грузовых поездов пассажирским

В случае, когда грузовым поездом № 2202 для обгона его пассажирским поездом № 2 проследовал безостановочно по промежуточным станциям участка «Д – А», величина его интервала попутного прибытия ( $I_{nn}$ ) на станции «А» должна соответствовать минимальному значению ( $I_{nn}^{\min}$ ) или превышать ее (но не более чем  $I_{gp}^{\min} + I_{gp} - 1$ , иначе между этими поездами рекомендуется прокладывать еще одну нитку грузового поезда):

$$I_{nn}^{\min} \leq I_{nn} \leq I_{gp}^{\min} + I_{gp} - 1.$$

В связи с первоочередной прокладкой пассажирских поездов на графике движения, сначала необходимо определить для каждой нитки величину интервала попутного прибытия и рассчитать для всего графика движения поездов его среднее значение. Одновременно при известной величине интервала попутного прибытия, расположенного на равномерном отрезке временной оси от  $I_{gp}^{\min}$  до  $I_{gp}^{\min} + I_{gp} - 1$ , с высокой степенью точности, особенно с значи-

тельными размерами пассажирского движения, ее можно рассчитать по формуле:

$$I_{nn} = I_{gp}^{\min} + \frac{I_{gp} - 1}{2}. \quad (10)$$

Если учесть, что

$$t_{bx}^r = t_x^r - t_x^{r'}, \quad (11)$$

$$t_{bx}^n = t_x^n - t_x^{n'}, \quad (12)$$

где  $t_{bx}^r, t_{bx}^n$  — время проследования грузовых и пассажирских поездов по участку без учета первого перегона, мин.; то из рис. 1 видно, что время занятия перегона при пропуске грузовых поездов, не обгоняемых пассажирскими поездами, суммируется значениями величины  $Z$ , времени интервала попутного прибытия пассажирского поезда за грузовым и интервала попутного отправления грузового поезда за пассажирским, а также дополнительного времени на разгон и замедление:

$$T' = t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n - 1 + l_{\text{по}}^{\text{min}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3. \quad (13)$$

Из выражения (13) следует, что коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими при их разрозненной прокладке в графике движения определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{разр}} &= \frac{T'}{l_{\text{гр}}} - 1 - \Pi_{\text{max}}^{\tau_0} = \\ &= \frac{t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n - 1 + l_{\text{по}}^{\text{min}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3}{l_{\text{гр}}} - 1 - \Pi_{\text{max}}^{\tau_0}. \end{aligned} \quad (14)$$

При пакетном пропуске двух пассажирских поездов коэффициент съема высчитывается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пак}} &= \frac{\frac{T'}{l_{\text{гр}}} - 1 - \Pi_{\text{max}}^{\tau_0}}{2} = \\ &= \frac{t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n - 1 + l_{\text{по}}^{\text{min}} + l_{\text{нас}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3}{2 \cdot l_{\text{гр}}} - \frac{1}{2} - \frac{\Pi_{\text{max}}^{\tau_0}}{2}. \end{aligned} \quad (15)$$

В случае пропуска трех пассажирских поездов

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пак}} &= \frac{\frac{T'}{l_{\text{гр}}} - 1 - \Pi_{\text{max}}^{\tau_0}}{3} = \\ &= \frac{t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n - 1 + l_{\text{по}}^{\text{min}} + 2 \cdot l_{\text{нас}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3}{3 \cdot l_{\text{гр}}} - \\ &- \frac{1}{3} - \frac{\Pi_{\text{max}}^{\tau_0}}{3} \text{ и т. д.} \end{aligned} \quad (16)$$

Отсюда при пакетной прокладке пассажирских поездов коэффициент съема определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пак}} &= \frac{t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n - 1 + l_{\text{по}}^{\text{min}} + (i-1) \cdot l_{\text{нас}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3}{i \cdot l_{\text{гр}}} - \\ &- \frac{1}{i} - \frac{\Pi_{\text{max}}^{\tau_0}}{i}, \end{aligned} \quad (17)$$

где  $i$  — количество пассажирских поездов в пакете.

В общих чертах коэффициент съема при частично-пакетном графике движения поездов можно определить по формуле:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_{\text{разр}} \cdot \alpha + \varepsilon_{\text{пак}} \cdot \beta, \quad (18)$$

где  $\varepsilon_{\text{разр}}$ ,  $\varepsilon_{\text{пак}}$  — коэффициенты съема грузовых поездов пассажирскими для непакетного и пакетного графи-

ков движения поездов соответственно;  $\alpha$ ,  $\beta$  — соответственно доли непакетного и пакетного графика для пропуска пассажирских поездов.

Тогда доля прокладки пассажирских поездов при пропуске непакетным способом определяется следующим образом:

$$\alpha = \frac{c_1}{N_{\text{нас}}}. \quad (19)$$

А долю пассажирских поездов при пропуске их в графике движения пакетным способом можно представить в виде:

$$\beta = \frac{c_2}{N_{\text{нас}}}, \quad (20)$$

где  $c_1$ ,  $c_2$  — число поездов, проложенных без и в пакетах соответственно;  $N_{\text{нас}}$  — общее число пассажирских поездов на графике движения, поезд.

Подставляя полученные значения  $\varepsilon_{\text{разр}}$  (14) и  $\varepsilon_{\text{пак}}$  (17) в формулу (18), после некоторых преобразований получим формулу расчета величины коэффициента съема для всех случаев прокладки пассажирских поездов в графике движения:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{общ}} &= \frac{1}{i \cdot N_{\text{нас}}} \times \\ &\times \left( (c_1 \cdot i + c_2) \cdot \left( \frac{t_{\text{бх}}^r - t_{\text{бх}}^n + l_{\text{по}}^{\text{min}} + l_{\text{пп}} + t_{\text{раз}} + t_3}{l_{\text{гр}}} - \Pi_{\text{max}}^{\tau_0} - 1 \right) + \right. \\ &\left. + \frac{c_2 \cdot (i-1) \cdot l_{\text{нас}}}{l_{\text{гр}}} \right). \end{aligned} \quad (21)$$

Для определения корректности предложенной методики произведен сравнительный анализ результатов расчета  $\varepsilon_{\text{общ}}$  для одного из участков АО «Узбекистан темир йуллари». При этом для сравнения выбраны приведенные выше методики, предложенные профессорами А. К. Угрюмовым, Ф. П. Кочневым и Б. М. Максимовичем, а также группой специалистов в Инструкции по расчету наличной пропускной способности (ИПС).

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1., значения коэффициента съема, рассчитанные по предложенному методу, близки к фактическим результатам нормативного графика. При этом отклонения значений коэффициента съема составили 0,3–6,0 % от фактических значений. Таким образом, предложенную формулу расчета коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими можно считать корректной и рекомендовать ее для определения коэффициента съема на однопутных и двухпутных участках, а также для теоретических и практических расчетов потребной пропускной способности на двухпутных железнодорожных линиях.



Сравнительный анализ результатов расчета коэффициента съема для участка Узбекистан – Баяут АО «Узбекистан темир йуллари» (со скоростью движения грузовых поездов 60 км/ч)

№ п/п	Наименование методов	Участок Узбекистан – Баяут			Отклонение от нормативного графика, %		
		Скорости движения пассажирских поездов					
		120	160	250	120	160	250
1	Проф. А. К. Угрюмов	3,9	4,05	—	+32,7	+14,57	—
2	Проф. Ф. П. Кочнев	3,16	4,76	7,11	+17,04	+28,65	+5,8
3	По ИПС	2,04	2,95	7,1	-23,02	-15,71	+5,65
4	Проф. Б. М. Максимович	2,1	3	7	-20,8	-14,3	+4,2
5	Предлагаемый метод	2,7	3,7	6,74	+1,89	+5,71	+0,3
Значение $\epsilon_{\text{общ}}$ по нормативному графику		2,65	3,5	6,72	—	—	—

Выводы

Как показал анализ научных и практических работ по определению коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими, особенности пропуска грузовых и пассажирских поездов учитывались в недостаточной степени, как и их взаимное расположение в графике движения.

Рекомендован новый метод расчета коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими, который учитывает факторы, гарантирующие безопасность движения и наиболее полное использование наличной пропускной способности железных дорог. К этим факто-

рам относятся станционные интервалы и их продолжительность, скорость движения грузовых и пассажирских поездов различных категорий, а также их взаимная укладка на графике.

Проведен сравнительный анализ методов расчета коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими. Значения коэффициента съема, произведенные по предложенному методу, наиболее близки к фактическим значениям показателей нормативного графика. При этом отклонения расчетных значений от фактических составили 0,3–6,0 % в зависимости от скоростей движения грузовых и пассажирских поездов различных категорий. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Абдуллаев Ж. Я. Анализ коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими на двухпутных участках // Перспективы будущего в образовательном процессе : сборник тезисов национальной научно-технической конференции. — СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. — С. 17–19.
2. Абдуллаев Ж. Я. Анализ пропускной способности на двухпутных участках железнодорожных линий в соответствии с инструкцией // Материалы международной научно-практической конференции «Наука и образование: достижения и перспективы». — Самара ; Саратов : Филиал СамГУПС в г. Саратове, 2018. — С. 131–134.
3. Щегловитов В. Н. Влияние поездов срочного обращения на пропускную способность графика и коммерческую скорость хода товарных поездов. — Варшава : Типография А. Г. Сыркина, 1911. — 115 с.
4. Гордеенко П. Я. Организация движения поездов на железнодорожном транспорте / П. Я. Гордеенко, И. И. Васильев. — М. : Гос. транспорт ж. д., 1953. — 340 с.
5. Гранквист В. В. Организация движения поездов по графику. — Л. : ВТА, 1941. — 223 с.
6. Максимович Б. М. Вопросы организации движения поездов / Б. М. Максимович, Ф. П. Кочнев. — М. : Трансжелдориздат, 1961. — 212 с.
7. Кочнев Ф. П. Комплексное повышение скоростей движения поездов. — М. : Транспорт, 1989. — 176 с.
8. Угрюмов А. К. Вопросы организации движения на двухпутных участках // Вопросы эксплуатации железных дорог СССР. Труды ЛИИЖТа. — Л. : Трансжелдориздат, 1960. — Вып. 170. — С. 34–63.
9. Левин Д. Ю. Расчет и использование пропускной способности железных дорог / Д. Ю. Левин, В. Л. Павлов. — М. : ФГОУ «Учебно-методический центр образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 364 с.
10. Кириллова С. Ю. К определению коэффициентов съема пропускной способности участков железных дорог / С. Ю. Кириллова, К. Ю. Николаев // Вестник ВНИИЖТ. — 2020. — Т. 79, № 4. — С. 230–238.
11. Методика определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования: утв. приказом Минтранса России от 18.07.2018 № 266. — 305 с.
12. Технология функционирования автоматизированной системы «Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД»: утв. ОАО «РЖД» от 14.04.2016 г. № 658р. — 53 с.
13. Федоров Ю. Н. Разработка научно обоснованных рекомендаций по развитию пропускной способности и управлению эксплуатацией железнодорожных линий / Ю. Н. Федоров, А. Ф. Бородин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2015. — № 4. — С. 31–40. — ISSN 2304–9642.
14. Грачев А. А. «Вечные» вопросы организации движения поездов на двухпутных участках / А. А. Грачев, В. Л. Белозеров // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб. : ПГУПС, 2017. — Т. 14, № 3. — С. 397–405. — ISSN 1815–588X.
15. Голигузова А. Н. Методы оптимизации ходовых скоростей движения грузовых поездов на железнодорожных участках : дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, специальность : 05.22.08 / А. Н. Голигузова. — М. : МИИТ, 2014. — 160 с.
16. Резер С. М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте : монография / С. М. Резер. — М. : ВИНТИ РАН, 2007. — 516 с.

М. Х. Расулов, М. Н. Машаритов, Ж. Я. Абдуллаев | Анализ степени влияния коэффициента съема пассажирских поездов на пропуск грузовых на двухпутных участках



**Алик  
Александрович  
Чеботаев**

**Alik A.  
Chebotaev**



**Екатерина  
Юрьевна  
Фаддеева**

**Ekaterina Yu.  
Faddeeva**



**Нгуен  
Тунг**

**Nguyen  
Tung**

## Две модели выбора грузовых автомобилей самозанятым индивидуальным предпринимателем

## Two models for choosing trucks by a self-employed individual entrepreneur

### Аннотация

В статье рассмотрены методические принципы выбора транспортных средств применительно к свойствам перевозимых товаров-грузов. Освещены условия и факторы, влияющие на построение технико-эксплуатационной и денежно-финансовой моделей выбора грузовых автомобилей индивидуальными предпринимателями.

**Ключевые слова:** товары-грузы, типы кузовов автомобилей, модели выбора автомобилей, чистый дисконтируемый доход.

### Abstract

The article considers the methodological principles of the choice of vehicles in relation to the properties of the transported goods-cargo. The conditions and factors influencing the construction of technical and operational and monetary models of the choice of trucks by individual entrepreneurs are highlighted.

**Keywords:** goods-cargo, types of car bodies, models of car selection, net discounted income.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-65-71

### Авторы Authors

*Алик Александрович Чеботаев*, д-р техн. наук, профессор ФГБУ «Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации», лауреат Премии Совета Министров СССР, Москва | *Екатерина Юрьевна Фаддеева*, канд. техн. наук, доцент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва | *Нгуен Тунг* (Вьетнам), аспирант Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва

*Alik Alexandrovich Chebotaev*, Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Institution «Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation», Laureate of the USSR Council of Ministers Prize, Moscow | *Ekaterina Yuryevna Faddeeva*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow | *Nguyen Tung* (Vietnam), Post-graduate student of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow

Индивидуальные предприниматели являются одними из самых распространенных по количеству в стране. Однако в отличие от акционерных фирм, юридических лиц, имея, по сути, неограниченную материальную ответственность и будучи единственными собственниками грузового автомобиля (автобуса), ежегодно разоряются в большом количестве.

По данным ФНС, в 2020 г. в стране единым государственным реестром зафиксировано 5,7 млн субъектов малого и среднего бизнеса. Кроме того, из общего парка грузовых автомобилей (3,8 млн) и автобусов (0,36 млн) почти половина первых и 30 % вторых находятся в собственности физических лиц.

Ахиллесовой пятой развития малого предпринимательства является повышенный риск. Чтобы разобраться в том, как формируется бизнес самозанятого частного индивидуального предпринимателя в области грузовых автомобильных перевозок, рассмотрим ключевую проблему — выбор транспортного средства, который базируется на двух моделях: технико-эксплуатационной и денежно-финансовой. Обе модели требуют отдельного рассмотрения на рынке перевозок товаров-грузов.

## Технико-эксплуатационная модель выбора

Перевозки товаров-грузов осуществляются различными видами транспорта. Выбор вида транспорта является сложной проблемой. Отдавая предпочтение одному виду транспорта, мы отказываемся от услуг другого. Наиболее сложным является выбор автомобильных транспортных средств, которые участвуют в смешанных перевозках с другими видами транспорта, а также технологически наиболее тесно связаны с поставщиками и потребителями.

Основными технико-эксплуатационными факторами, определяющими выбор наиболее рационального автомобильного транспортного средства на рынке услуг, являются: транспортные, дорожные (с допустимыми осевыми нагрузками) и климатические (связанные с различными температурными режимами).

Для учета транспортных условий эксплуатации важно выбрать тип кузова автомобиля, соответствующий свойству товара-груза.

В рыночных эксплуатационных условиях существует обширная номенклатура подлежащих перевозке товаров-грузов. На рис. 1 приведена теоретическая матрица многочисленных  $X_{mn}$  товаров-грузов размером  $m$  (их количество)  $\times$   $n$  (их свойства).

Следовательно, перед каждым предпринимателем стоит вопрос: для какого вида товара-груза и его свойств выбрать тип кузова. При этом предприниматель смотрит на проблему с точки зрения максимальной сохранности перевозимых товаров-грузов и наиболее полной механизации выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1i} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2i} & \dots & X_{2n} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{3i} & \dots & X_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{k1} & X_{k2} & X_{k3} & \dots & X_{ki} & \dots & X_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{m3} & \dots & X_{mi} & \dots & X_{mn} \end{pmatrix}$$

Рис. 1. Теоретическая матрица номенклатуры перевозимых товаров-грузов размером  $m \times n$

В табл. 1 приведена разработанная технология выбора по принципу «свойства товара-груза — тип кузова».

В условиях современного рынка важным технико-эксплуатационным и экономическим параметром, кроме типа кузова, является грузоподъемность автомобиля  $q$ , т. Основным фактором, определяющим решение о том, какой грузоподъемности приобретать автомобиль, является партионность перевозок  $q_p$ , т. Партионность определяется по данным анализа будущей обслуживаемой клиентуры. Таким образом, результатом статистического анализа является грузоподъемность приобретаемого автомобиля, установленная из соотношения  $q_p = q$ , т и соответствующая геометрическая емкость кузова в  $m^3$ . Отношение грузоподъемности к емкости кузова определяет удельную грузоподъемность кузова  $U_v$ , т/ $m^3$ .

В конкретных условиях эксплуатации необходимо стремиться к тому, чтобы параметры приобретаемого автомобиля в наибольшей степени соответствовали плотности  $Z$ , т/ $m^3$  перевозимых товаров-грузов. Для такой оценки рекомендуется использовать, например, пороговый коэффициент адаптации по грузоподъемности ( $A_q$ ):

$$A_q = \begin{cases} 0 & \text{при } Z_x < Z_{\min} \\ Z_x / U_v & \text{при } Z_{\min} < Z_x \\ 1 & \text{при } Z_x = U_v \end{cases} \quad (1)$$

Из функции (1) видно, что коэффициент  $A_q$  в условиях конкретных перевозок может изменяться в диапазоне от 0 до 1,0 при перевозке товаров-грузов с различной плотностью  $Z_x$ . Если же в данном приобретенном автомобиле планируется перевозить товары-грузы преимущественно с плотностью  $Z_x = U_v$ , то наступит полная адаптация. При перевозке товаров-грузов с плотностью  $Z_x$ , превышающей равенство  $Z_x = U_v$ , наступит зона декомпенсации кузова. Потребуется увеличение геометрического объема кузова автомобиля или замены кузова с другими параметрами.

## Модель выбора типа кузова

№ п/п	Свойства перевозимых товаров-грузов	Тип выбираемого кузова, шасси с дополнительным оборудованием
1	Вид товара-груза (с соответствующей плотностью)	Самосвал, фургон (обычный, изотермический, рефрижераторный), бортовой и безбортовой кузов, цистерна. Кузов с удельной грузоподъемностью, равной плотности товара-груза. Кузов-контейнер и др.
2	Вид тары, упаковки: тарные, бестарные, частично затаренные	Кузов с устройством для крепления товара-груза. Бортовой или безбортовой со стойками, тентом. Кузов с устройством, обеспечивающим большую сохранность бестарных товаров-грузов. Кузов-контейнер
3	Форма: круглая, цилиндрическая, сферическая, шарообразная, квадратная, прямоугольная и т.п.	Форма кузова, пола (днища) в поперечном и продольном сечении, соответствующая форме груза. Специальные стойки для крепления товара-груза или для его погрузки и выгрузки
4	Габаритные (геометрические размеры — длина, ширина, высота); габаритные и негабаритные, крупногабаритные товары-грузы	Кузов переменной длины с минимальными размерами шин, ровный или ступенчатый пол. Рама кузова: скелетного, лонжеронного или хребтового типа. Кузов с несущим основанием. Состав транспортного средства — автомобиль-тягач с прицепом; седельный тягач с полуприцепом
5	Масса неделимого товара-груза: большой и нормальной массы (в пределах грузоподъемности)	Кузов-платформа с минимальной погрузочной высотой, диаметром шин. Шасси с многочисленным количеством осей. Специальные автомобили-тягачи с мотор-колесами
6	Физическое состояние: твердое, жидкое, газообразное, промежуточное состояние (полужидкое, жидко-газовые смеси и т.п.)	Открытый, закрытый тип кузова. Кузов, выдерживающий внутреннее давление. Повышенная взрывобезопасность кузова. Кузов с отдельными изолированными секциями. Кузов с рефрижераторной установкой. Кузов-цистерна. Кузов-контейнер
7	Приспособленность товара-груза к выполнению погрузочно-разгрузочных работ: навалочные, насыпные, тарно-штучные, пакетируемые на поддоне, контейнерные, наливные, газообразные, негабаритные (крупногабаритные) и грузы большой массы	Кузов с грузоподъемным бортом, консольным, порталным краном. Кузов, приспособленный для механизированной погрузки-выгрузки: сверху, сбоку, сзади. Съёмный кузов, кузов-контейнер, сдвижная съёмная крыша. Кузов, оборудованный насосом, компрессором с системой разрежения воздуха. Кузов с пониженной погрузочной высотой и прочным полом. Кузов-цистерна
8	Физико-химические свойства: абразивные, воспламеняющиеся, взрывоопасные, жесткая сопротивляемость сдвигу, пластичные, смачивающиеся, смерзающиеся, легкие, выдуваемые ветром, сыпучие. Товар-груз, требующий теплового и влажностного режима. Товары-грузы радиоактивные, токсичные	Кузов с подогревом днища и большим углом опрокидывания. Кузов-фургон закрытого типа с температурным режимом. Кузов, обеспечивающий охлаждение, подогрев, влажностный режим и вентиляцию. Кузов закрытого типа с покрытием, снижающим радиоактивное излучение. Кузов-цистерна
9	Товары-грузы, требующие повышенной сохранности при перевозке: бьющиеся, деформируемые, восприимчивые к динамическим нагрузкам при движении и скоропортящиеся	Кузов с системой подвесок и крепления; предохранительным покрытием стенок и днища, с оборудованием более мягкой подвески. Кузов с регулируемым температурным режимом, секционные кузова
10	Товары-грузы с высоким или низким центром тяжести	Кузов с пониженной погрузочной высотой и высокими стойками крепления. Шасси кузова с увеличенной колесной базой и многоколесное



№ п/п	Свойства перевозимых товаров-грузов	Тип выбираемого кузова, шасси с дополнительным оборудованием
11	Срочность доставки товаров-грузов: срочные, несрочные	Кузов, приспособленный для быстрой механизированной погрузки-разгрузки. Шасси с высокими тягово-скоростными качествами. Шасси повышенной проходимости
12	Объявленная стоимость товара-груза: ценные, малоценные, без объявленной стоимости	Кузов повышенной прочности. Двери кузова, исключаящие их открытие снаружи. Пуленепробиваемый кузов-фургон. Специальное, затемненное остекление кузова. Беспилотники с цифровым управлением
13	Товары-грузы в виде частиц: пылевидные, мелкие, порошкообразные, крупные (кусковые)	Закрытые кузова, оборудованные шлангами, патрубками, горловинами для пневматической, вакуумной погрузки-выгрузки. Использование гравитационной погрузки-выгрузки. Кузов-цистерна. Кузов-самосвал
14	Товары-грузы в таре или без тары: товары-грузы нетто, товары-грузы брутто (на поддоне)	Кузов-фургон, кузов-контейнер с устройствами крепления внутри перевозимых товаров-грузов на поддонах
15	Масса перевозимого товара-груза: партионные, массовые (для расчета тарифа на перевозку)	Различные типы кузовов и шасси с предельной грузоподъемностью для автомобильных дорог с различными нормативно допустимыми нагрузками на одиночную ось 5,5 (6) т или 9 (10) и 10,5 (11,5) т

В условиях ожидаемых партионностей перевозок с большой массой у обслуживаемой клиентуры возникает необходимость учесть ограничения, связанные с дорожными условиями эксплуатации. Дело в том, что автомобильные транспортные средства перемещаются по дорожной сети, которая из-за конструктивных особенностей имеет различные допустимые осевые нагрузки. Рассмотрим конкретный пример с учетом нормативного государственного регулирования по допустимым нагрузкам на ось<sup>1</sup>. На рис. 2 приведена гиперболическая зависимость формирования максимальной партионности, ограниченной предельной грузоподъемностью.

Построенные кривые представляют собой равнобочные гиперболы, отстоящие от оси ординат (интенсивность) и от оси абсцисс (интервал). Полученные две непересекающиеся кривые (предложения транспортных возможностей) остаются постоянными при любых сочетаниях  $Q$  и  $t$ . В одном случае это  $q_{np\gamma} = 29,5(30)$  т, в другом  $q_{np\gamma} = 16$  т. Площадь  $S$  под кривыми в интер-

вале, например, от 4 до 6 образует площадь  $S = \int_4^6 \frac{16}{t} dt$

или площадь  $S = \int_4^6 \frac{30}{t} dt$ , которые определяют в эксплу-

атации набор множества точек партионности перевозок, не превышающих предельные грузоподъемности по двум группам автомобильных дорог.

Можно сказать, что зависимость между этими параметрами в эксплуатации представляется отдельными точками на плоскости в декартовых координатах, где  $Q \times t = q_n = q_\gamma$ , т. Это необходимо учитывать при оформлении самозанятости в грузоперевозках, где существуют пока ограничения на грузоподъемность используемых автомобилей.

Выбранный автомобиль с определенным типом кузова и грузоподъемностью в эксплуатации характеризуется производительностью в т, т-км.

Производительность зависит от конкретных условий обслуживаемой клиентуры: способов выполнения погрузочно-разгрузочных работ, расстояния перевозок, видов товаров-грузов, режима работы и времени в наряде, предпочтительного использования маятниковых или кольцевых маршрутов, объема взимаемых с клиента тарифов и др. Для самозанятого предпринимателя значимым показателем является годовая производительность в тоннах, которая является важной составляющей в реализации денежно-финансовой модели выбора грузового автомобиля.

В конкретных условиях годовая производительность, исходя из предположения, что принятые параметры соответствуют требованиям клиентуры, рассчитывается по формуле:

$$Q_t = q_\gamma \times n \times 365 \times \alpha_v, \frac{T}{\text{год}}, \quad (2)$$

где  $\gamma$ ,  $n$  — среднегодовой коэффициент использования грузоподъемности и среднее количество оборотов авто-

<sup>1</sup>Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 (ред. от 14.08.2020) «Об утверждении перевозок грузов автомобильным транспортом».

мобилиа за время в наряде за сутки;  $\alpha_B$  — среднее годовое значение коэффициента выпуска на линию, ед.

При умножении  $Q_T$  на расстояние перевозки за время в наряде получим годовую производительность в т-км.

## Денежно-финансовая модель выбора

Одним из существенных недостатков частных самозанятых предпринимателей является небольшой размер бизнеса. Но в конкуренции с более крупными транспортными фирмами они часто выигрывают гибкостью услуг по отношению к клиентам, обеспечивая перевозку точно в срок и уменьшая таким образом их складские расходы. Поэтому выбрать транспортное средство на базе технико-эксплуатационного анализа не достаточно для успеха в бизнесе.

Для успешной и эффективной работы самозанятого индивидуального предпринимателя нужны определенные, свои или заемные, финансовые ресурсы — для получения дохода-прибыли, выполнения ремонта, нормативного техобслуживания, формирования амортизационных отчислений, которые с течением времени понадобятся, и для приобретения уже нового транспортного средства. Основная часть внутренних финансовых средств образуется на базе оплаты клиентами выполненных транспортных услуг при осуществлении перевозок. Как осуществлять перевозки, какое время в наряде, сколько ездов за время в наряде и какая при этом будет годовая производительность (например, по формуле (2)) — все эти задачи предприниматель решает самостоятельно, на свой страх и риск, руководствуясь известным рыночным принципом купли-продажи. При этом нужно иметь в виду, что установить закономерность между величиной тарифа и объемом спроса на транспортную услугу заранее практически невозможно.

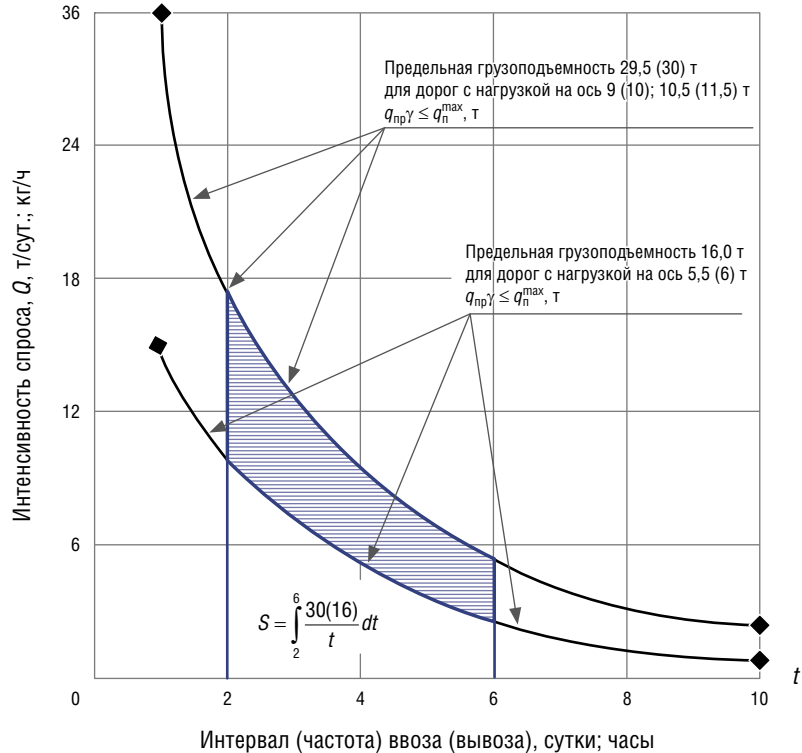


Рис. 2. Гиперболическая зависимость между интенсивностью спроса клиентуры и интервалом ввоза-вывоза с учетом ограничений максимальной партионности предельной грузоподъемностью по перевозкам по дорогам с различными допустимыми нагрузками на ось

Чтобы подтвердить свою материально-денежную самостоятельность выбора и полностью распоряжаться полученным доходом (прибылью), необходимо выполнить некоторые инвестиционные денежно-финансовые расчеты.

В мировой практике для экономической оценки инвестиционных проектов, основанных на денежном потоке (cash flow), используются критерии, разработанные Мировым банком (World Bank) с участием UNIDO ООН: индекс доходности (PI), расчетная норма прибыли, т.е. рентабельность (ARR), внутренняя норма доходности (IRR), срок окупаемости (PP), чистый номинальный дисконтированный доход (ЧДД), ИДД (NPV).

NPV (ИДД) — это разница между приведенной к настоящей стоимости денежных притоков за период эксплуатации и величиной оттока используемых инвестиций.

Наиболее важным для формирования малого предприниматель-

ства в области грузовых перевозок имеет ЧДД, который характеризует в текущих ценах целесообразность реализации инвестиционного проекта. ЧДД рассчитывается как разница по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД (NPV)} &= \\ &= -I_n + \sum_{t_1}^T \frac{B_t}{(1+E)^t}, \text{ руб.}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $I_n$  — единовременные инвестиции в начальный период времени (т.е. отток), руб.;  $B_t$  — выручка в  $t$ -й расчетный период (т.е. приток), руб.;  $T$  — срок службы транспортного средства, лет;  $E$  — ставка дисконта, т.е. норма доходности инвестиций, по данным ЦБ — 4,5 % (или 6–8 % для рублевых операций).

Вложения считаются эффективными, если ЧДД > 0.

Приток годовых денежных средств за весь период эксплуатации автомобиля на основании расчета чистой прибыли осуществляется по формуле:

$$\text{ЧП} = (B - C - A - \Phi_k) \times (1 - H) + A + D_d, \text{ руб.}, \quad (4)$$

где  $B$  — ожидаемая выручка использования автомобиля (без НДС), руб.;  $C$  — себестоимость перевозки, руб.;  $H$  — ставка налога на прибыль, доля ед.;  $A$  — амортизационные отчисления, руб.;  $\Phi_k$  — внешние кредитные выплаты (при использовании кредитов), руб.;  $D_d$  — приток доходов из других источников (проценты на капитал и др.), руб.

### Пример расчета

Допустим, самозанятый индивидуальный предприниматель решил за свои накопленные денежные средства приобрести по технико-эксплуатационной модели грузовой автомобиль с кузовом-фургоном с грузоподъемным бортом определенной грузоподъемности. Стоимость автомобиля, например,  $4 \cdot 10^6$  руб. Условия эксплуатации — городские, с маятниковыми маршрутами, с 3–4 ездкими за время в наряде. Коэффициент использования грузоподъемности 0,65, коэффициент выпуска 0,7. По формуле (2) годовая производительность составит  $1,18 \cdot 10^6$  кг в год. Налоговая ставка 6 % (вместо 4 %). Инфляция 4 %. Срок службы 5 лет. По истечении срока службы автомобиль списывается. Средневзвешенная стоимость капитала 4,5 %.

В табл. 2 по формуле (4) построена модель формирования чистого номинального денежного потока, построенного на ожидании, что самозанятый субъект хозяйственной деятельности нормально функционирует, не платит НДФЛ в накопительный пенсионный фонд, а также не нанимает сотрудников, а работает сам.

На основании данных табл. 1 по формуле (2) рассчитан ЧДД.

Чистый настоящий денежный доход проекта самозанятого индивидуального предпринимателя при ставке дисконтирования 4,5 %, в тыс. руб., равен:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} = & -4000 + \frac{1200}{(1+0,045)} + \frac{1248}{(1+0,045)^2} + \frac{1298}{(1+0,045)^3} + \\ & + \frac{1350}{(1+0,045)^4} + \frac{1404}{(1+0,045)^5} = 1687 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Следовательно, проект может быть одобрен, так как  $\text{ЧДД} > 0$ . Срок возврата инвестиций через среднегодовую прибыль:

$$t_{\text{воз}} = \frac{4000}{871} = 4,6 \text{ лет.}$$

На основании предпроектных расчетов, выполненных на базе двух моделей выбора, можно сделать вывод о целесообразности приобретения грузового автомобиля и оформления необходимых документов по организации малого индивидуального предприятия по перевозке товаров-грузов в соответствии с Федеральным законом 422-ФЗ. Для регистрации в налоговой службе используется в ФНС сервис «Мой налог».

Однако необходимо отметить, что в рыночных условиях каждый самозанятый индивидуальный предприниматель должен рассматривать среднегодовую производительность автомобиля и ожидаемый доход (прибыль) как случайные события с некоторой вероятностью их наступления, т.е. с рисками. Риски с возможными исхода-

Таблица 2

Модель формирования чистого номинального денежного потока, тыс. руб.

№ п/п	Статьи инвестиционного проекта	Годы эксплуатации				
		1	2	3	4	5
1	Выручка	9000	9360	9734	10124	10529
2	Расходы в эксплуатации (без учета амортизационных отчислений)	7756	8066	8389	8724	9073
3	Амортизационные отчисления (без учета инфляции)	396	396	396	396	396
4	Полученная прибыль от перевозок	848	882	917	954	992
5	Уплачиваемый налог на прибыль (при ставке 6 % вместо 4 %)	51	53	55	57	60
6	Чистая прибыль	804	836	870	904	941
7	Чистый номинальный денежный поток (чистая прибыль + амортизация)	1200	1248	1298	1350	1404

ми проявляются в реальных условиях эксплуатации из-за неполной информации, возможной потери перевозимых товаров-грузов, аварий, отказа клиентов от услуг и т.п. Любая случайная величина описывается математическим ожиданием и средним квадратическим отклонением  $\sigma$ . Целесообразно знать средневзвешенное ожидаемое значение, например, производительности и дохода (прибыли)  $\bar{A}$  из всех возможных вариантов эксплуатации. Математически, с учетом энтропийной формулы К. Шеннона, это записывается в виде:

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^n A_i \times P_i, \quad (5)$$

где  $A_i$  —  $i$ -я ожидаемая среднегодовая производительность, доход (прибыль);  $P_i$  —  $i$ -я вероятность среднегодовой производительности, доход (прибыль);  $n$  — количество изучаемых возможных вариантов.

Следовательно, самозанятый грузоперевозками предприниматель должен знать о неопределенности на рынке перевозок с целью предотвращения неожиданных последствий.

## Выводы

Эффективный переход к рыночным отношениям в области перевозок товаров-грузов невозможен без научно обоснованных моделей выбора грузовых автомобилей, например, самозанятыми индивидуальными предпринимателями. Наблюдаемое игнорирование при выборе соотношения «груз — кузов» часто приводит к банкротству. Разработанные взаимозависимые модели основываются на технико-эксплуатационных и денежно-финансовых факторах, которые позволяют более устойчиво функционировать субъектам рынка в виде собственников транспортных средств.

Коллектив авторов далек от мысли, что в предложенном исследовании удалось всесторонне изучить все конкретные вопросы, возникающие на рынке перевозок. В то же время следует отметить, что многие теоретические и практические вопросы изложены достаточно детально. Полученные знания могут быть использованы при подготовке квалифицированных специалистов в области грузовых перевозок. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Чеботаев А. А. Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения. — М.: Транспорт, 1988. — 159 с.
2. Староверова Г. С. Экономическая оценка инвестиций: учебное пособие / Г. С. Староверова, А. Ю. Медведев, И. В. Сорокина. — М.: КНОРУС, 2006. — 312 с. — ISBN 5-85971-468-8.
3. Чеботаев А. А., Чеботаев Д. А. Логистика и менеджмент товародвижения. — М.: Экономика, 2012. — 400 с. — ISBN 978-5-282-03190-4.
4. Карсетская Е. В. Самозанятые: налог на профессиональный доход. — АйСиГрупп, 2019. — 80 с. — ISBN 978-5-6042809-0-4.

Объем статьи: 0,76 авторских листа





**Максим  
Вячеславович  
Черников**  
**Maxim V.  
Chernikov**



**Дмитрий  
Германович  
Неволин**  
**Dmitry G.  
Nevolin**



**Наталья  
Николаевна  
Киселева**  
**Natalia N.  
Kiseleva**

## Разработка каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту (предпроектные исследования)

## Development of the safety frame of a conventional car type for winter drift competitions (pre-project studies)

### Аннотация

В статье представлены результаты предпроектных исследований, необходимые для дальнейшего проектирования каркаса безопасности автомобиля классического семейства для подготовки к соревнованиям по зимнему дрифту. Проведен сбор и анализ данных для разработки каркаса, рассмотрены основные положения официального регламента соревнований Российской автомобильной федерации для участников соревнований по дрифту.

**Ключевые слова:** классический автомобиль, зимний дрифт, подготовка к соревнованиям, каркас безопасности.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-72-76

### Авторы Authors

**Максим Вячеславович Черников**, бакалавр кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: maksim-chernikov@mail.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Наталья Николаевна Киселева**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kiseleva.n@inbox.ru

**Maxim Vyacheslavovich Chernikov**, Bachelor of “Design and Operation of Automobiles” Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: maksim-chernikov@mail.ru | **Dmitry Germanovich Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Natalia Nikolaevna Kiseleva**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of “Design and Operation of Automobiles” Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: kiseleva.n@inbox.ru

## Введение

Для того чтобы соревнования были безопасными для участников, разработан регламент, содержащий правила, которые обязательно нужно соблюдать при подготовке автомобиля [1]. Самая главная ошибка, из-за которой участники могут не допустить к соревнованиям, — это незнание или несоблюдение регламента соревнований, поэтому участники зачастую не могут пройти проверку технического комиссара [2].

Одно из самых главных правил соревнований по зимнему дрифту — подготовка автомобиля, необходимо хорошо знать конструкцию и технические составляющие своего автомобиля [3]. Также не менее важна подготовка пилота к соревнованиям. Сам пилот должен хорошо понимать траекторию прохождения трассы, а для этого необходимо много тренироваться [4]. Если неопытный участник выедет на трассу, он может допустить множество ошибок в показательных заездах, которые нередко приводят к серьезным авариям на трассе [5].

Для соревнований допускается установка любого рулевого колеса с замкнутым ободом. Угол рулевой колонки можно заменить на подходящий для участника. Возможна замена на нестандартную систему рулевого управления при наличии надежного крепления [6–9], оригинальные опоры стоек и амортизаторы также можно заменить [10–12].

Разрешено усиливать кузов таким материалом, который повторяет форму без изменений внешнего вида автомобиля [13].

Аккумулятор разрешено переносить в салон автомобиля или в багажник. Устройство должно быть надежно закреплено на площадке с помощью специальной пластины и болтов. Аккумулятор, расположенный в салоне, обязан быть закрыт пластиковой накладкой [14–15].

Для увеличения веса можно использовать несколько грузов, но они должны быть надежно закреплены [16–17].

При подготовке автомобиля необходимо знать, какой материал использовать для той или иной конструкции. Все это прописано в регламенте [18].

В соревновании по дрифту разрешена городская резина без повреждений и деформаций. Специальные спортивные шины не допускаются, запрещена доработка резины и шипа [19].

Если в команде принимает участие несколько участников, то их автомобили должны быть оформлены в одинаковой стилистике [20].

Дрифт в России появился относительно недавно, и он еще не известен так, как в других странах, поэтому приходится искать информацию на зарубежных сайтах и форумах [21].

Для изготовления трехмерных моделей нам потребуется специальное программное обеспечение [22–23].

## 1. Проектные решения

Каркас безопасности должен соответствовать требованиям, закрепленным в официальном регламенте Российской автомобильной федерации, приложение J, ст. 253 «Оборудование безопасности», п. 8 «Структуры безопасности» [24].

В п. 8.1 даны общие замечания:

Установка каркаса безопасности в автомобиль обязательна. Каркас безопасности должен соответствовать всем правилам и требованиям приведенной ниже статьи регламента, омологирован или сертифицирован Национальной автомобильной федерацией по всем требующим правилам, омологирован Международной автомобильной федерацией (ФИА).

В п. 8.2 представлены основные определения:

*Клетка безопасности* — это конструкция, изготовленная из труб, которая установлена в салоне и находится близко от кузова. Данная конструкция разработана для предотвращения деформации кузова при столкновениях и поворотах автомобиля (п. 8.2.1).

*Дуга безопасности* — это трубчатая рама с опорами (п. 8.2.2).

*Главная дуга* — это конструкция, которая состоит из почти вертикальной рамы, сделанной из одной трубы и находящейся поперек автомобиля, а именно за водителем и пассажирским сиденьем (п. 8.2.3).

*Передняя дуга* аналогична главной дуге, но находится за стойками переднего стекла (п. 8.2.4).

*Продольная дуга* состоит из почти вертикальной рамы, расположенной по бокам автомобиля. Состоит из одного куска трубы (п. 8.2.5).

В п. 8.3 даны требования к структуре каркаса.

В п. 8.3.1 описаны основные структуры:

1) две продольных распорки, одна главная дуга, одна передняя дуга и две наклонных распорки (рис. 1, а);

2) две наклонных распорки, две продольных дуги и две поперечных распорки (рис. 1, б);

3) две продольных дуги и две наклонных дуги, еще одна главная дуга и одна поперечная распорка (рис. 1, в).

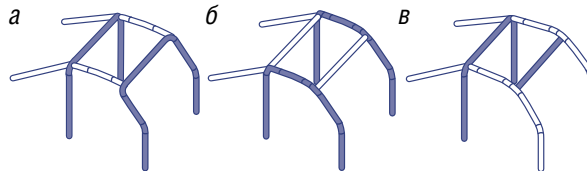


Рис. 1. Основные структуры каркаса

Наклонные распорки должны располагаться как можно ближе к боковой поверхности, но должны быть прямыми, без каких-либо изгибов. Распорки направляются назад и должны образовывать угол не меньше 30 градусов.

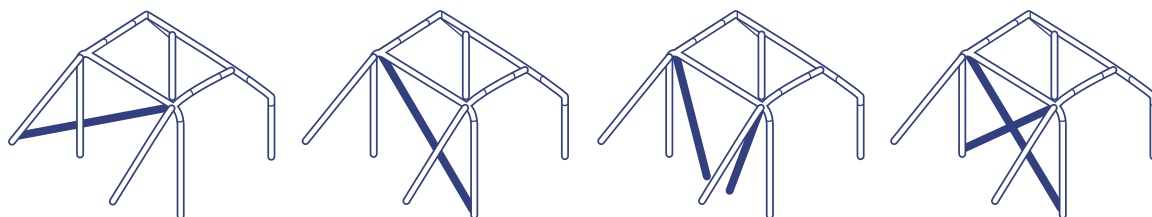


Рис. 2. Диагональные распорки каркаса

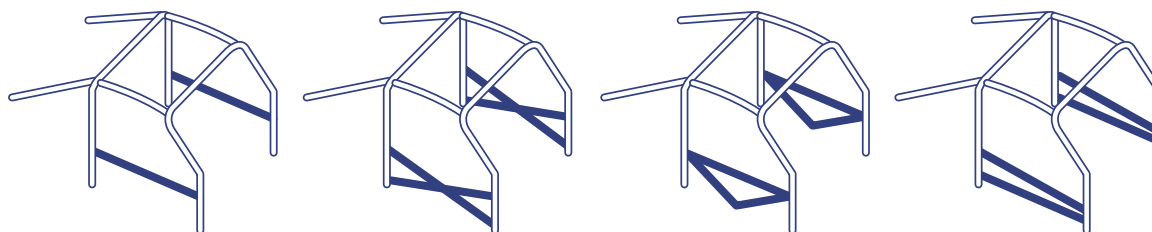


Рис. 3. Дверные распорки (боковая защита)

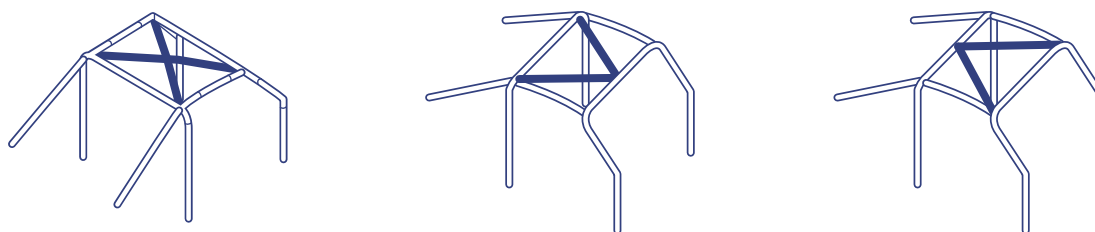


Рис. 4. Усиление крыши

Полученную конструкцию нужно дополнить обязательными усилениями и элементами (п. 8.3.2.1), позже в конструкцию можно добавить разрешенные элементы и усиления (п. 8.3.2.2).

## Обязательные усиления и элементы (п. 8.3.2.1)

- **Диагональная распорка** (п. 8.3.2.1.1)

1. Автомобили с каркасами, которые были омологированы до 01.01.2002.

На рис. 2 изображены диагональные распорки, которые находятся за передними сидениями. Один из вариантов данных распорок должен присутствовать на каркасе.

Второй конец диагонали, который находится внизу, крепится к главной дуге или к наклонной распорке, за исключением тех случаев, где диагонали приходят на кузов автомобиля (рис. 2).

2. Автомобили с каркасами, которые были омологированы начиная с 01.01.2002.

Распорки должны быть выполнены из прямой трубы, без каких-либо изгибов, по желанию можно сделать их съемными. Нижний и верхний конец диагонали соответствует автомобилям, которые были омологированы до 01.01.2002.

- **Дверные распорки (боковая защита)** (п. 8.3.2.1.2)

Как показано на рис. 3, у автомобиля должно быть как минимум по одной распорке с боковой стороны.

При желании можно сделать дверные распорки съемными. Располагать боковую защиту (дверную распорку) нужно как можно выше, но не выше половины дверного проема. Можно соединить дверные распорки с усилителем стойки (рис. 5). Если место для второго пассажира не предусмотрено, то боковую защиту можно сделать только с водительской стороны.

- **Усиление крыши** (п. 8.3.2.1.3)

Только для автомобилей, омологированных начиная с 01.01.2005.

На рис. 4 показано, как должно выглядеть усиление крыши. На каркасе безопасности должен присутствовать один из указанных вариантов.

Распорки, сделанные для усиления крыши, могут повторять форму (изгиб) крыши. Если место для пассажира не предусмотрено, то распорка может быть установлена только со стороны водителя.

- **Усиление стойки лобового стекла** (п. 8.3.2.1.4)

1. Автомобили, омологированные начиная с 01.01.2006.

Если размер «А» превышает 20 см, то с каждой стороны должно быть выполнено усиление передней дуги (рис. 5).

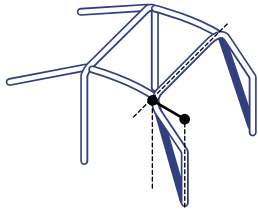


Рис. 5. Усиление стойки

При виде с боку распорка должна быть прямая, и угол изгиба не должен быть больше 20 градусов.

**Разрешенные дополнительные элементы и усиления (п. 8.3.2.2)**

- Усилители крыши (п. 8.3.2.2.1) (рис. 4).

Если место для пассажира будет отсутствовать, то можно установить одну диагональ, но тогда переднее соединение должно находиться на стороне водителя.

В п. 8.3.2.2 представлена минимальная конфигурация каркаса безопасности.

Боковая защита (дверные распорки) и усилители крыши (рис. 6) могут выглядеть по-разному, в соответствии в п. 8.2.1.2 и 8.2.1.3.

В п. 8.3.2.3 идет речь о дополнительных ограничениях.

Если каркас расположен в проеме двери, то он должен соответствовать следующим требованиям (рис. 7): размер *A* должен быть не меньше 30 см, размер *B* — не больше 25 см, размер *C* — не больше 30 см, размер *E* — не больше половины дверного проема (*H*).

П. 8.3.2.4 разъясняет, как должен крепиться каркас безопасности на кузов. Количество креплений в кузове: по одному креплению на стойке передней дуги; по одному креплению на стойке продольной дуги; одно крепление должно быть для главной дуги; одно крепление — для задней распорки. Все монтажные точки комплектуются пластиной 3 мм. Каждая опора фиксируется на три болта к стальной усилительной пластине.

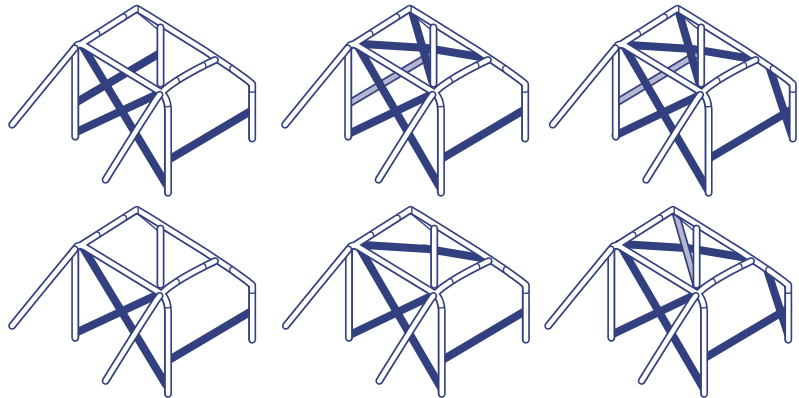


Рис. 6. Усилители крыши и дверные распорки

Примеры крепления каркаса приведены на рис. 8. Болты для крепления размером М8. Монтажные точки наклонных (задних) распорок. Крепления со стопорными шайбами или самоконтрящиеся.

Разрешено приклеивать усилительные пластины в том случае, если кузов выполнен не из стали.

В п. 8.3.3 закреплены требования к материалам.

Труба обязательно должна быть круглой. Для изготовления каркаса безопасности должна использоваться не легированная сталь, которая содержит максимальное количество присадок: 1,7 % должно использоваться для марганца и 0,6 % для других элементов. Выбирать сталь для изготовления каркаса нужно внима-

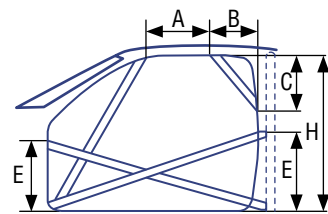


Рис. 7. Элементы двери каркаса

тельно. Самое главное свойство — это хорошая свариваемость и удлинение труб.

П. 8.3.4 — руководство по сварке.

Место стыков труб должно быть проварено полностью. Для сварки должна использоваться электродуговая сварка. С ее помощью можно добиться красивого, аккуратного и качественного шва.

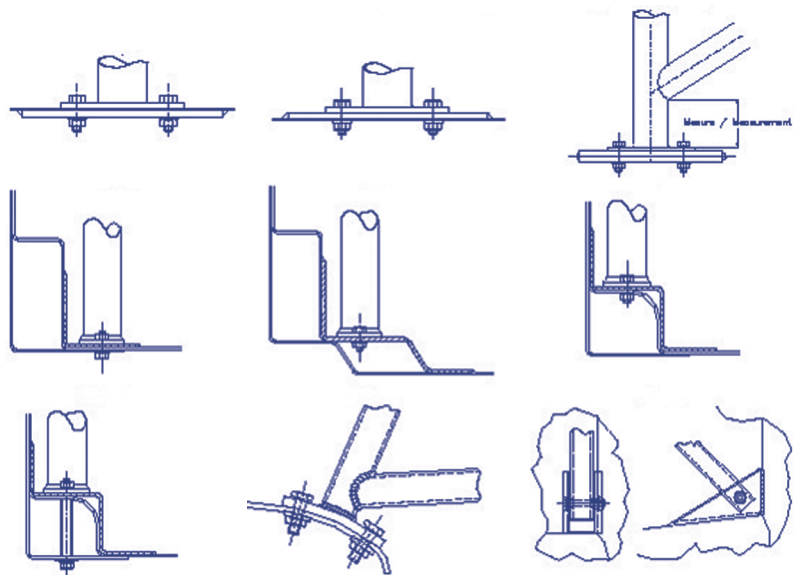


Рис. 8. Крепление каркаса



П. 8.3.5 про защитные накладки. Если где-то возможен контакт с частью тела, нужно применить накладки на каркас безопасности, чтобы не получить травмы.

### 2. Основные требования к каркасу безопасности

Каркас безопасности — это клетка, точнее конструкция, которая собрана из труб и представляет собой жесткий «скелет» кузова. Данная конструкция может быть сварной (места крепления и некоторые трубы привариваются к кузову) и съемной

(с помощью специального крепежа соединяется с кузовом автомобиля).

Главные задачи каркаса безопасности: безопасность для пилотов при серьезных авариях и переворотах автомобиля во время соревнований; усиление жесткости кузова.

Каркас безопасности может быть представлен разными вариантами. Самый простой вариант — дуга, проходящая над головой водителя. Самый сложный — пространственный скелет, объединяющий передние чашки, пороги и заднюю подвеску автомобиля.

Каркас безопасности применяется в основном в автоспорте и зависит от регламента конкретного вида соревнований. Для получения мак-

симальной жесткости используют сварной каркас вместо серийного.

### 3. Выводы по статье

В ходе проведенных предпроектных исследований для подготовки автомобиля к соревнованиям по зимнему drifting была собрана вся необходимая информация для проектирования и изготовления каркаса безопасности в соответствии с официальным регламентом соревнований Российской Федерации автоспорта (приложение J, ст. 253 «Оборудование безопасности», п. 8 «Структуры безопасности»). **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Регламент соревнований Winter Drift Battle. — URL: [http://redring.info/docs/WDB\\_2020/reglament\\_TT\\_WDB\\_2019.pdf](http://redring.info/docs/WDB_2020/reglament_TT_WDB_2019.pdf)
2. Официальный сайт соревнований Winter Drift Battle. — URL: <http://redring.info/competitions/winter-drift-battle>.
3. Официальный сайт соревнований Russian Drift Series. — URL: <https://vdrifte.ru/>.
4. Успенский Н. Н., Мельников А. А. Проектирование подвески автомобиля. — М.: Машиностроение, 1976. — 168 с.
5. Агапова В. П. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса. (Fahrwerktechnik: Stobdampfer) : производственное издание / В. П. Агапова. — пер. с немецкого; под ред. О. Д. Златовратского. — М.: Машиностроение, 1986.
6. Вахламов В. К. Конструкция автомобиля: Автомобили. Конструкция и элементы расчета : учебник для студентов вузов / В. К. Вахламов. — М.: Академия, 2006. — 480 с.
7. Дербаремдикер А. Д. Амортизаторы транспортных машин. — М.: Машиностроение, 1985. — 199 с.
8. Вермеюк В. Н., Черепанов Л. А. Проектирование подвески автомобиля : учебное пособие. — Куйбышев, 1984. — 60 с.
9. Лукин П. П. и др. Конструирование и расчет автомобиля. — М.: Машиностроение, 1984. — 375 с.
10. Родионов В. Ф., Фиттерман Б. М. Проектирование легковых автомобилей — М.: Машиностроение, 1980. — 480 с.
11. Приложение J. — URL: <https://www.drive2.ru/l/2607026/>
12. Литература по эксплуатации автомобиля ВАЗ 2105. — URL: [http://www.automnl.com/model/vaz\\_2105/1](http://www.automnl.com/model/vaz_2105/1).
13. Официальная группа AST сервис. — URL: <https://vk.com/astservicespb>.
14. Официальный сайт FAS. — URL: <http://fas.ur.ru>.
15. Официальный сайт RAF. — URL: <http://www.raf.su>.
16. Официальный сайт RHHCC. — URL: [http://www.rhhcc.ru/media/files/static/Unlimited\\_TT\\_2019.pdf](http://www.rhhcc.ru/media/files/static/Unlimited_TT_2019.pdf).
17. Официальный сайт РСКГ. — URL: [http://pskr.pf/media/documents/kitt\\_26\\_S\\_1600\\_2019\\_2018-12-21.pdf](http://pskr.pf/media/documents/kitt_26_S_1600_2019_2018-12-21.pdf).
18. Форум автоспорта. — URL: <https://forum.f1news.ru/topic/70022-prilozhenie-j-i-klassifikatsiya-fia>.
19. Официальный сайт этапа соревнований Winter Drift Battle. — URL: <http://redring.info/competitions/winter-drift-battle>.
20. Официальный сайт JZ SERVICE. — URL: <http://jz-service.ru/prilozhenie-j>.
21. Официальный сайт «Автоспорт и автотюнинг». — URL: <http://www.alpsport.ru/JR.pdf>.
22. Официальный сайт Kompas 3D. — URL: <https://kompas.ru>.
23. Ресурс обучающих материалов для работы в Kompas 3D. — URL: <https://autocad-lessons.ru/obuchenie-v-kompas-3d-dlja-nachinajushhih>.
24. Официальный сайт Российской автомобильной федерации. — URL: <http://www.raf.su/kst/category/74-prilozheniya-j>.

Объем статьи: 0,48 авторских листа



**Максим  
Вячеславович  
Черников**  
**Maxim V.  
Chernikov**



**Дмитрий  
Германович  
Неволин**  
**Dmitry G.  
Nevolin**



**Наталья  
Николаевна  
Киселева**  
**Natalia N.  
Kiseleva**

## Проектирование и производство каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту (проектно-технологическая часть)

### Design and production of the safety frame for a conventional car type for winter drift competitions (design and technological part)

#### Аннотация

В статье представлена проектно-технологическая часть проектирования и производства каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту. Разработана трехмерная модель каркаса безопасности, проведены симуляции поведения конструкции в разных ситуациях.

**Ключевые слова:** классический автомобиль, каркас безопасности автомобиля, соревнования, зимний дрифт.

#### Abstract

The article presents the development and technological part of design and production of the safety frame for a conventional car type for winter drift competitions. A three-dimensional model of the safety frame was developed, and simulations of the frame behaviour in different situations were carried out.

**Keywords:** conventional car, car safety frame, competitions, winter drift.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-77-82

#### Авторы Authors

**Максим Вячеславович Черников**, бакалавр кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: maksim-chernikov@mail.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Наталья Николаевна Киселева**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kiseleva.n@inbox.ru

**Maxim Vyacheslavovich Chernikov**, Bachelor of "Design and Operation of Automobiles" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: maksim-chernikov@mail.ru | **Dmitry Germanovich Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair "Design and Operation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Natalia Nikolaevna Kiseleva**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: kiseleva.n@inbox.ru

## 1. Технология подготовки автомобиля, проектирование и производство каркаса безопасности

Технология подготовки автомобиля, проектирование и производство каркаса безопасности включают в себя следующие процессы:

1. Изучение официального регламента соревнований Российской автомобильной федерации (приложение J, ст. 253 «Оборудование безопасности», п. 8 «Структуры безопасности») [1].
2. Разработка и проектирование каркаса безопасности.
3. Определение материала для изготовления каркаса безопасности.
4. Создание трехмерной модели каркаса безопасности.
5. Проведение симуляций поведения каркаса безопасности в разных ситуациях.
6. Обработка полученных результатов после проведения симуляций на трехмерной модели.
7. Утверждение производства каркаса безопасности.
8. Производство каркаса безопасности.
9. Контроль полученного каркаса и проверка схожести трехмерной и опытной модели образца.

## 2. Исходные данные для проектирования

Основой для проектирования каркаса безопасности по регламенту [1] является кузов автомобиля классического семейства VA3 2105 (рис. 1).

## 3. Этапы технологического расчета

### 3.1. Разработка скелета каркаса безопасности

Разработка скелета каркаса безопасности выполняется в инженерном программном обеспечении КОМПАС 3D в виде трехмерного эскиза [2–4]. Эскиз каркаса должен соответствовать всем требованиям регламента. На рис. 2 изображен скелет каркаса безопасности по приложению J с описанием каждой трубы в каркасе.

### 3.2. Выбор материала для каркаса безопасности

Для изготовления каркаса был взят круглый профиль, рекомендованный в официальном регламенте соревнований в приложении J.

Материал профиля — сталь 20, соответствует требованию регламента (для изготовления каркаса необходима холоднотянутая нелегированная углеродистая

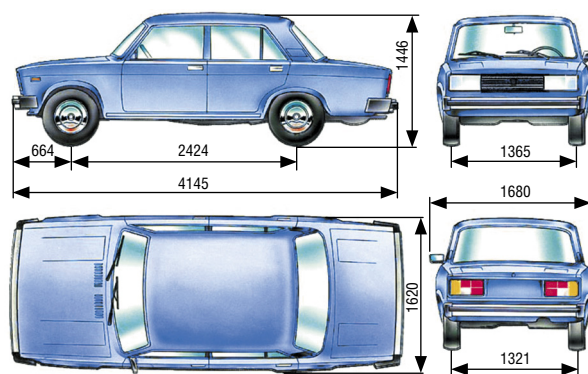


Рис. 1. Размеры кузова автомобиля VA3 2105

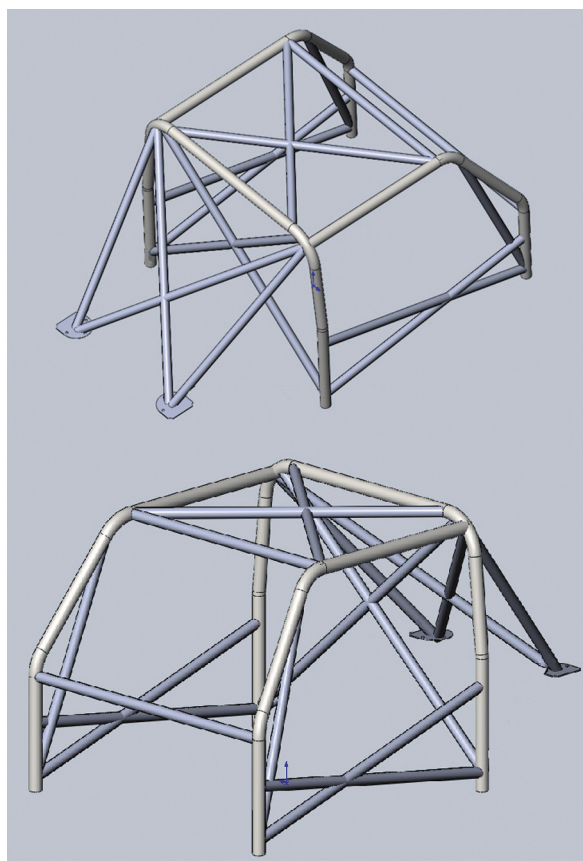


Рис. 2. Каркас безопасности по приложению J

сталь (бесшовная труба), содержащая максимум 0,3 % углерода). В табл. 1, 2 представлены химический состав и физические свойства стали 20.

Для выполнения каркаса безопасности выбраны два вида профиля:

- 1) ГОСТ 8734-75. Труба 45x2,5, бесшовная, холоднотянутая;
- 2) ГОСТ 8734-75. Труба 38x2,5, бесшовная, холоднотянутая.

На рис. 3 показан профиль трубы каркаса безопасности.

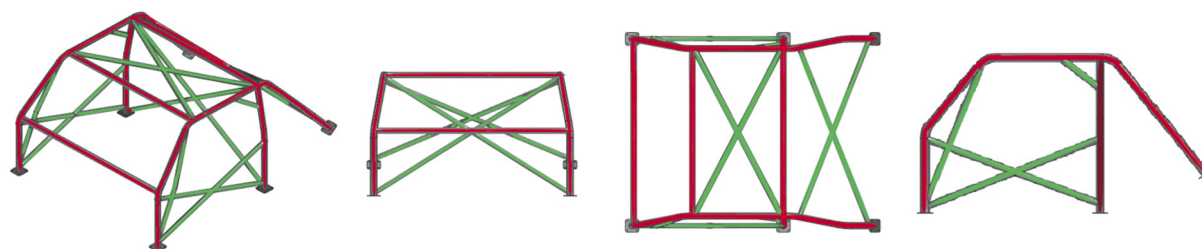


Рис. 3. Профиль трубы каркаса безопасности:  
 — 45×2,5; — 38×2,5

Таблица 1

### Химический состав материала сталь 20

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3	до 0,08

Таблица 2

### Физические свойства материала сталь 20

Сортамент	Размер	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	Термообр.
—	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м <sup>2</sup>	—
Лист термообработанный ГОСТ 4041-71		340–490		28			
Трубы горячедеформированные ГОСТ 550-75		431	250	22	50	780	
Трубы ГОСТ 8731-87		412	245	21			
Трубы ГОСТ 1050-88		372	225	22			
Прокат ГОСТ 1050-88	до 80	410	245	25	55		Нормализация
Прокат нагартованный ГОСТ 1050-88		490		7	40		
Прокат отожженный ГОСТ 2284-79		390		21	50		
Лента отожженная ГОСТ 2284-79		310–540		18			
Лента нагартованная ГОСТ 2284-79		490–830					

### 3.3. Создание трехмерной модели каркаса безопасности

Спроектирована и нарисована трехмерная модель каркаса безопасности, которая готова к проведениюм симуляций (рис. 4).

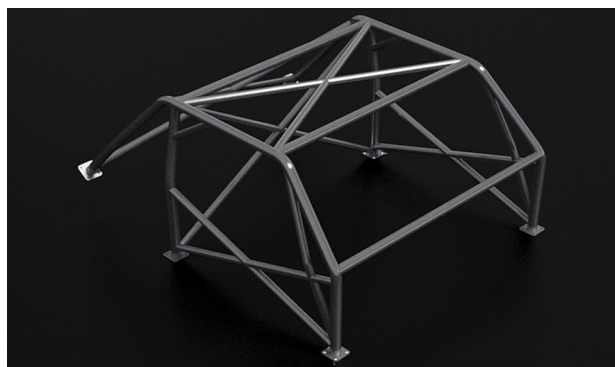


Рис. 4. Трехмерная модель каркаса безопасности



## 3.4. Проведение симуляций поведения каркаса безопасности в возможных ситуациях

После изготовления трехмерной модели каркаса безопасности необходимо провести симуляции различных ситуаций, чтобы понять, соответствует ли каркас требованиям регламента соревнований или нет.

К каркасу безопасности будут приложены следующие нагрузки:

### 1. Боковая нагрузка (рис. 5).

Точка нагрузки: боковая сторона каркаса безопасности. Приложенная нагрузка 1 т. Максимально допустимое отклонение 20 мм. Каркас безопасности не должен разрушаться.

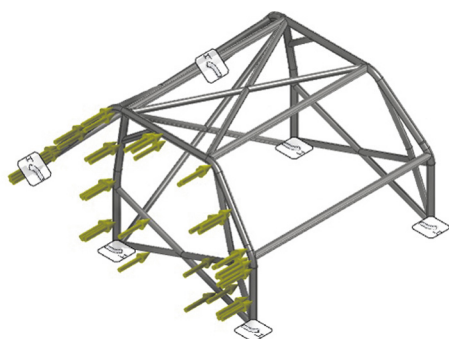


Рис. 5. Нагрузка на боковую часть каркаса безопасности

### 2. Нагрузка на стойку (рис. 6).

Точка нагрузки: боковая стойка главной дуги каркаса безопасности. Приложенная нагрузка 2 т. Максимально допустимое отклонение 20 мм. Каркас безопасности не должен разрушаться.

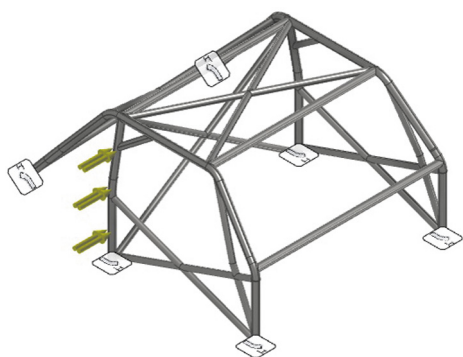


Рис. 6. Нагрузка на боковую стойку каркаса безопасности

### 3. Нагрузка на крышу (рис. 7).

Точка нагрузки: верхняя часть каркаса безопасности. Приложенная нагрузка 1 т. Максимально допустимое отклонение 20 мм. Каркас безопасности не должен разрушаться.

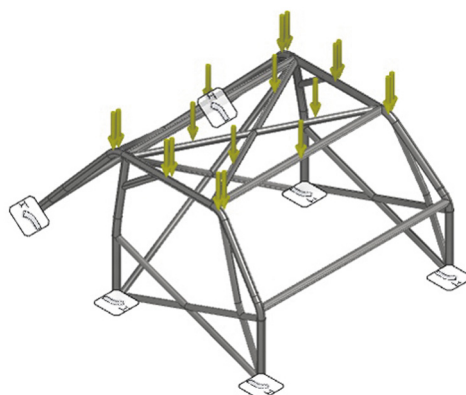


Рис. 7. Нагрузка на верхнюю часть каркаса безопасности

### 4. Нагрузка на переднюю часть (рис. 8).

Точка нагрузки: передняя часть каркаса безопасности. Приложенная нагрузка 2 т. Максимально допустимое отклонение 20 мм. Каркас безопасности не должен разрушаться.

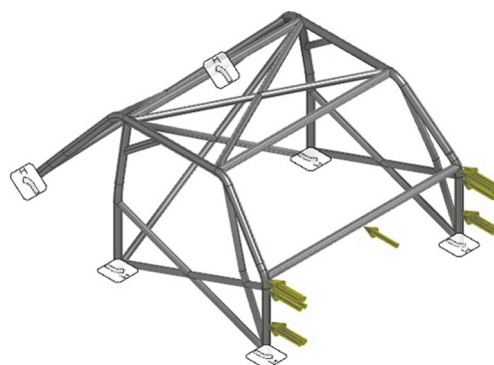


Рис. 8. Нагрузка на переднюю часть каркаса безопасности

### 5. Нагрузка на заднюю часть (рис. 9).

Точка нагрузки: задняя часть каркаса безопасности. Приложенная нагрузка 2 т. Максимально допустимое отклонение 20 мм. Каркас безопасности не должен разрушаться.

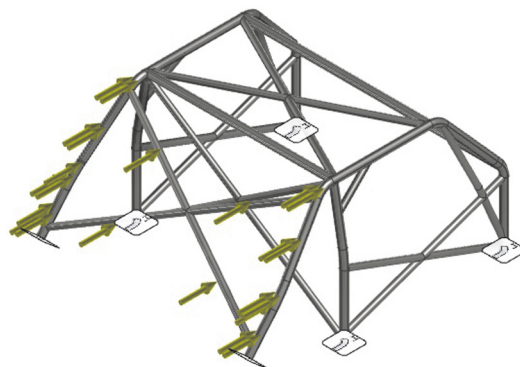


Рис. 9. Нагрузка на заднюю часть каркаса безопасности

## 4. Результаты испытаний

### Результаты испытания 1

Максимальное смещение: 2,36 мм (рис. 10).  
 Максимальное напряжение: 53,35 МПа (рис. 11).

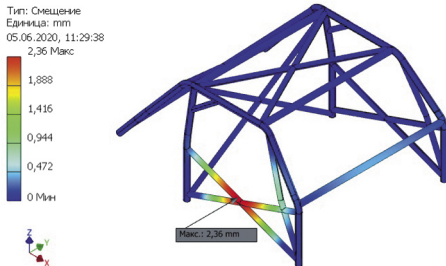


Рис. 10. Изображение смещения

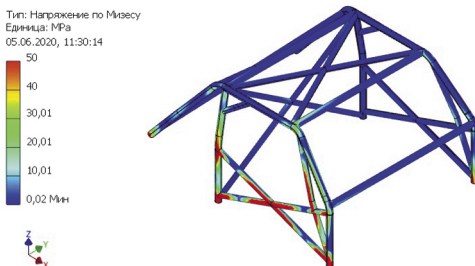


Рис. 11. Изображение напряжения

### Результаты испытания 2

Максимальное смещение: 3,585 мм (рис. 12).  
 Максимальное напряжение: 113,2 МПа (рис. 13).

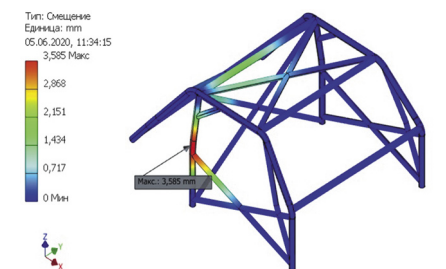


Рис. 12. Изображение смещения

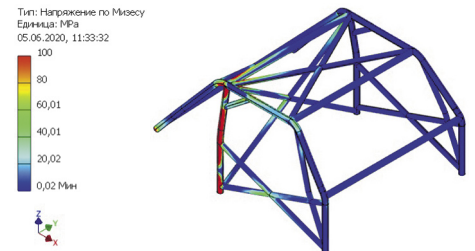


Рис. 13. Изображение напряжения

### Результаты испытания 3

Максимальное смещение: 3,433 мм (рис. 14).  
 Максимальное напряжение: 56,2 МПа (рис. 15).

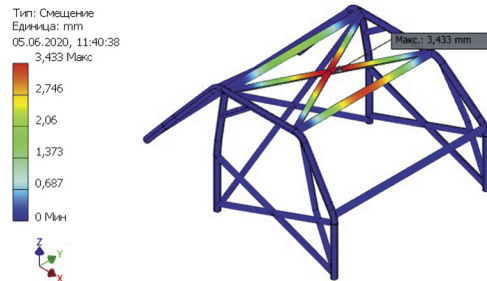


Рис. 14. Изображение смещения

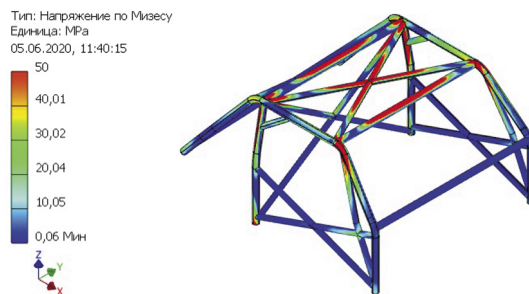


Рис. 15. Изображение напряжения

### Результаты испытания 4

Максимальное смещение: 7,288 мм (рис. 16).  
 Максимальное напряжение: 105,4 МПа (рис. 17).

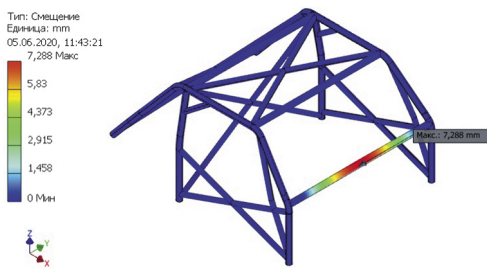


Рис. 16. Изображение смещения

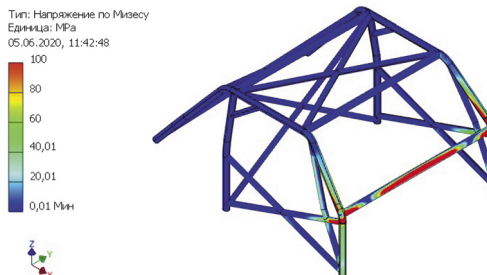


Рис. 17. Изображение напряжения

## Результаты испытания 5

Максимальное смещение: 6,61 мм (рис. 18).  
Максимальное напряжение: 115 МПа (рис. 19).

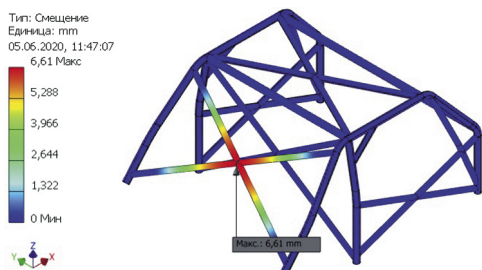


Рис. 18. Изображение смещения

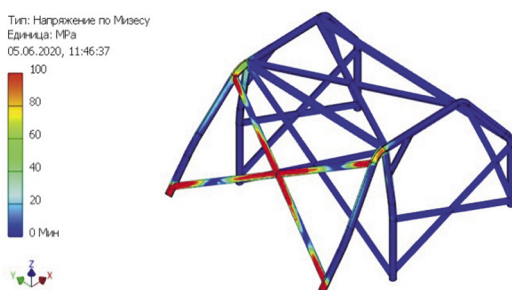


Рис. 19. Изображение напряжения

### Испытание каркаса безопасности на торсионную жесткость

Торсионная жесткость — это способность тела сопротивляться скручиванию. Нагрузки прикладываются к точкам крепления каркаса безопасности к кузову (рис. 20).

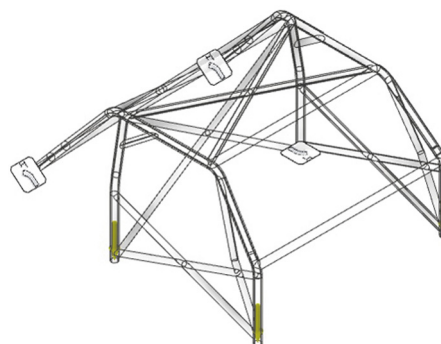


Рис. 20. Силы при испытании рамы на торсионную жесткость

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что каркас безопасности прошел проверку и готов к производству опытного образца.

## 5. Выводы по статье

1. Разработана технология проектирования и производства каркаса безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту в соответствии приложением J.
2. Сформулированы этапы технологического расчета параметров каркаса безопасности.
3. Проведены симуляции поведения каркаса безопасности в возможных ситуациях.
4. Установлено, что каркас безопасности автомобиля классического семейства для соревнований по зимнему дрифту прошел проверку и готов к производству опытного образца. **ИТ**

## Список литературы / Reference

1. Официальный сайт Российской автомобильной федерации. — URL: <http://www.raf.ru/kst/category/74-prilozheniya-j>.
2. Официальный сайт Компас 3D. — URL: <https://kompas.ru>.
3. Открытый источник информации Wikipedia. — URL: <https://ru.wikipedia.org>.
4. Ресурс обучающих материалов для работы в Компас 3D. — URL: <https://autocad-lessons.ru/obuchenie-v-kompas-3d-dlja-nachinajushhih>.

Объем статьи: 0,52 авторских листа



**Валерий Михайлович Самуйлов**

**Valeriy M. Samuylov**



**Дмитрий Германович Неволин**

**Dmitry G. Nevolin**



**Алиса Андреевна Смердова**

**Alisa A. Smerdova**

## Использование системы ГЛОНАСС на коммерческом предприятии ООО «УМИТ»

### The use of the GLONASS system at the commercial enterprise «UMIT» LLC»

#### Аннотация

В статье рассмотрен успешный опыт использования системы ГЛОНАСС на коммерческом предприятии ООО «УМИТ» (система СКАУТ «Спутниковый контроль, аналитика и управление транспортом»). Отмечены технические и технологические особенности системы ГЛОНАСС, изучены принципы ее работы и функциональность. Продемонстрировано различие систем GPS и ГЛОНАСС.

**Ключевые слова:** глобальная навигационная система ГЛОНАСС, система СКАУТ, автотранспорт, мониторинг, GPS-координаты, ГСМ, эффективность внедрения.

#### Abstract

The article describes the successful experience of using the GLONASS system at the commercial enterprise «UMIT» LLC (the SCATM (SCAUT system «Satellite control, analytics and Transport Management»). The technical and technological features of the GLONASS system are noted, the principles of its operation and functionality are studied. The difference between GPS and GLONASS systems is demonstrated.

**Keywords:** global navigation system GLONASS, the SCATM (SCAUT system, road transport, monitoring, GPS coordinates, POL (petroleum, oil and lubricants), implementation efficiency.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-2-83-86

#### Авторы Authors

**Валерий Михайлович Самуйлов**, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Samuilov-sv@convex.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Алиса Андреевна Смердова**, студентка гр. ЭКэ-140 факультета экономики и управления Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

**Valeriy M. Samuylov**, Dr. of Tech. Sciences, full member of the Russian Academy of Transport, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Samuilov-sv@convex.ru | **Dmitry G. Nevolin**, Dr. of Tech. Sciences, full member of the Russian Academy of Transport, Professor, Head of the Department "Designing and Exploitation of Automobiles" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Alisa A. Smerdova**, Student gr. EK ek-140 of the Faculty of Economics and Management of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg



### Навигационная система ГЛОНАСС

ГЛОНАСС — это разработанная российскими учеными научно-техническая система, точно определяющая любые географические координаты. Она охватывает все сферы транспортных перевозок. Наблюдение ведется за автомобилями, самолетами, поездами и всеми видами кораблей. Разрешение к навигационным сигналам могут получить все пользователи без каких-либо ограничений.

### Различие систем ГЛОНАСС и GPS

Начало XXI века было ознаменовано научно-техническим прогрессом, который был просто необходим предприятиям для повышения рентабельности. ООО «УМИТ» также нуждалось в реформации. Перед фирмой стоял выбор между двумя навигационными моделями — американской и отечественной. Американская система GPS уже давно вышла на рынок и использовалась на практике. В России похожая конструкция появилась только в начале 2000-х гг. Это была система ГЛОНАСС. На самом деле ее разработка началась примерно в одно время с созданием американской системы, но была забыта. Со временем отечественная система резко начала набирать темпы в своем совершенствовании и стала использоваться во многих транспортных фирмах. В 2001 г. количество продаж и установок системы ГЛОНАСС составило 149 % от ожидаемого результата. ГЛОНАСС стала главным конкурентом американской системы, несмотря на то что у них совершенно разные концепции работы.

Основные различия в работе систем GPS и ГЛОНАСС [1]:

1. Работа GPS и ГЛОНАСС основана на взаимодействии космических спутников, их количество в каждой системе составляет 24 единицы, од-



Рис. 1. Устройство системы СКАУТ

нако GPS предусматривает увеличение их количества до 48.

2. Расположение космических аппаратов. Американские спутники располагаются в шести плоскостях по четыре аппарата в каждой, при этом спутники GPS синхронизированы с вращением Земли. В системе ГЛОНАСС восемь спутников распределены в трех плоскостях и вращаются независимо от Земли.

3. Каждый спутник системы ГЛОНАСС передает непрерывные навигационные сигналы на собственной несущей частоте в поддиапазонах L1 и L2 (1600 и 1250 МГц), а модели GPS IIF излучают на частоте L5 = 1176,45 МГц. Эти частоты являются соответственно 154-й, 120-й и 115-й гармониками фундаментальной частоты 10,23 МГц.

### Принцип работы системы

Навигационная система представляет собой совокупность космических аппаратов (24 спутника) и различных технических механизмов, находящихся на Земле, например, телефонов или планшетов. Связь между этими объектами можно установить путем подключения приемника как минимум к четырем спутникам. Устройство, отвечающее за навигацию, принимает сигнал о геопозиции аппарата, находящегося в космосе. Приемник анализирует информацию: уточняет время, в которое отправил сообщение, и время, когда оно пришло. На основании этих данных происходят расчеты [2].

### Целесообразность оснащения автотранспорта ООО «УМИТ» спутниковой навигацией ГЛОНАСС

Предприятие ООО «УМИТ» («Управление механизации и транспорта») начало свою работу в 2004 г. в городе Каменске-Уральском. Основной вид деятельности — перевозка грузов неспециализированными автотранспортными средствами. Дополнительными видами деятельности являются работы строительные, специализированные, а также не включенные в другие группировки; техническое обслуживание и ремонт различных автотранспортных средств; хранение и складирование прочих грузов; деятельность стоянок для транспортных средств.

При выборе навигационной системы в 2008 г. предприятие остановилось на системе СКАУТ (рис. 1) — современной технологии ГЛОНАСС/GPS/GSM-мониторинга и контроля транспорта. Система СКАУТ («Спутниковый контроль, аналитика и управление транспортом») — это комплексное решение, разработанное с учетом российского и мирового опыта для повышения эффективности работы транспорта. Система работает на базе спутников ГЛОНАСС и позволяет контролировать работу водителей и транспортных средств в автопарке любого масштаба.

Основные функции системы СКАУТ:

1. Сетевое наблюдение и отслеживание местонахождения объекта.
2. Расчет и построение рентабельных маршрутов.
3. Осуществление качественного контроля за транспортными средствами, отслеживание и исключение неучтенных рейсов, отклонений от маршрута и графика движения, приписки пробегов.
4. Создание и систематизация отчетности в формате документа, ориентированного на определенное время, обо всех передвижениях, остановках и заправках транспортного средства.
5. Контроль и учет расхода топлива, включая заправки, сливы и утечки, для сокращения расходов на ГСМ.

Система GPS/GSM-мониторинга автотранспорта СКАУТ позволяет контролировать местоположение и состояние автотранспорта в режиме реального времени, вся информация поступает к диспетчеру в течение 5–10 секунд, что в случае любого ЧП позволяет незамедлительно предпринять соответствующие меры.

Устройства для мониторинга автотранспорта имеют небольшие габариты, они просты в установке на грузовые автомобили марок МАЗ, КамАЗ, Longking, Skania и Volvo и не создают неудобств в эксплуатации.

Программа имеет много возможностей для контроля за автопарком и расходом топлива (список заправок и сливов с GPS-координатами), чем сильно упрощает работу диспетчера [3].

В табл. 1 представлены результаты мониторинга системы ГЛОНАСС — точное местоположение транспортных средств, вплоть до номера дома. По данным таблицы видно, что происходит оснащение основным питанием всех субъектов, но полноценно работают только три

машины из пяти возможных, при этом только у трех машин работает датчик слива топлива. Работа аккумулятора происходит за счет основного питания (система подзарядки), однако в случае выхода ее из строя автоматически будет включена система обеспечения резервного питания. Аналоговый выход (линейный выход) используется в ПЛК (программируемые логические контроллеры) для управления устройствами и механизмами, имеющими аналоговое управление: направляющими устройствами, регулируемыми клапанами, преобразователями частоты и др.

Мобильная характеристика работающего автотранспорта (табл. 1) составлена согласно маршрутам, изображенным на рис. 2.

По мнению директора ООО «УМИТ» Геннадия Егоровича Паластрова, работа предприятия в 2004–2008 гг. без навигационной системы была финансово нерентабельной. После установки системы СКАУТ в первые месяцы работы выручка увеличилась на 140 %, активы на 120 %, чистая прибыль на 96 %. Также можно наблюдать ежегодный прогресс: в 2020 г. выручка выросла на 39 %, а активы увеличились на 17 % [4]. Плюсы использования навигационной системы ГЛОНАСС на предприятии заключаются в том, что осуществляется полный контроль за работой транспорта, отмечается снижение пробега, предприятие экономит до 6 % ГСМ с каждой машины. Заметно упростилась работа персонала диспетчерской службы. Каждое утро контролеры предприятия выходили на маршрут для проверки соблюдения водителями трудовой дисциплины. С внедрением навигационных технологий предприятие получило возможность сократить штат контролеров, так как большую часть задач можно выполнить в автоматическом

Таблица 1

**Мобильная характеристика работающего автотранспорта**

Гос. номер	Дата / время	Скорость, км/ч	Аналоговый выход для ГЛОНАСС, ед.	Датчик слива топлива (кол-во 1)	Питание	Место работы автомобиля
6263	01.03.2021	0	—	—	Осн. питание от аккумулятора	ул. Абрамова, д. 23а
6442	01.03.2021	45	226,0	вкл	Осн. питание от аккумулятора	пр. Победы, д. 1
6448	01.03.2021	37	208,0	вкл	Осн. питание от аккумулятора	пр. Победы, д. 1
6770	01.03.2021	0	360,0	вкл	Осн. питание от аккумулятора	пр. Победы, д. 1
6771	01.03.2021	60	111,4	—	Осн. питание от аккумулятора	ул. Южная, д. 147



### 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> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <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: «___» _____ 2021 г.</p>
<b>Квитанция</b>	<p><b>Получатель:</b> Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС <b>КПП:</b> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <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: «___» _____ 2021 г.</p>



**Подписка на 2021 год.**

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 85022.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1

**АБОНЕМЕНТ**

на ~~газету~~  
журнал

**85022**

(индекс издания)

**Иновационный транспорт**

(наименование издания)

Количество  
комплектов:

на 2021 год по месяцам:

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

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

на ~~газету~~  
журнал

**85022**

(индекс издания)

**Иновационный транспорт**

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.	

на 2021 год по месяцам:

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

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

# Технические требования и рекомендации к оформлению статей

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

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

## 2. Материалы подготавливаются в редакторе MS Word.

## 3. Объем статьи не более 15 страниц.

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

## 5. Требования к разметке и форматированию текста.

Поля страницы – по 2 см с каждого края. Страницы должны быть без нумерации. Текст статьи: шрифт Times New Roman, кегль 14; межстрочный интервал

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

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

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

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

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

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

**28-30 СЕНТЯБРЯ**

**УФА 2021**

**ВДНХ ЭКСПО**



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
РЕСПУБЛИКИ  
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА  
И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ТРАНСПОРТНАЯ ДИРЕКЦИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

# ТРАНСПОРТ





## TRANSPORT OF THE URALS

VI specialized Forum and Exhibition



VI специализированный  
форум и выставка

# УРАЛА

-  [www.uraltransexpo.ru](http://www.uraltransexpo.ru)
-  (347) 246-42-00, 246-42-29
-  [avto@bvkexpo.ru](mailto:avto@bvkexpo.ru)
-  @transforumufa
-  Транспортный форум

[www.uraltransexpo.ru](http://www.uraltransexpo.ru)

#транспортныйфорум #транспурала