

# ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 3 (49)

сентябрь 2023

**«Юнилайт» как перспективный электротранспорт  
для перевозки пассажиров и грузов**

С. 10



Перспективы развития  
троллейбусных систем  
в больших городах России

Определение длины  
разгонного пути

О возможности перевода  
двигателей локомотивов  
на газомоторное топливо



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

# РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

**ДАТА ОСНОВАНИЯ** — 1991 год

**ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ** — объединение ученых, специалистов и руководителей

**ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА** — проведение исследовательских и научно-технических работ

БОЛЕЕ **660** УЧЕНЫХ

**540** ДОКТОРОВ НАУК

БОЛЕЕ **120** КАНДИДАТОВ НАУК

**400** ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ

- **НАУЧНОЕ И ЭКСПЕРТНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**
- **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ**
- **РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ**

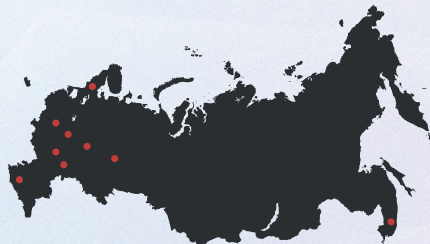
## НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- > Цифровая экономика на транспорте
- > BIM-технологии
- > Интернет вещей
- > BIG DATA
- > Взаимодействие транспорта регионов страны
- > Взаимодействие с бизнес-сообществом
- > Экспертиза взаимодействия видов транспорта
- > Научное сопровождение транспортной стратегии РФ

## КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

**РОССИЙСКИЙ** или **ИНОСТРАННЫЙ** гражданин, имеющий ученую степень:

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



**2** ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
ОТДЕЛЕНИЯ

**8** РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ОТДЕЛЕНИЙ

**Аппарат Российской академии транспорта:**  
107078, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, 11 этаж  
+7 (929) 915-74-65  
info@rosacademtrans.ru  
[www.rosacademtrans.ru](http://www.rosacademtrans.ru)

**Уральское межрегиональное отделение:**  
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, УрГУПС  
+7 (922) 205-95-92, факс: (343) 221-24-67  
anna-volinskaya@mail.ru  
[www.uralakademia.ru](http://www.uralakademia.ru)

## Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 3 (49), 2023 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 641,88 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 30.09.2023. Дата выхода в свет 13.10.2023

Печать офсетная. Тираж 250 экз. (1-й з-д 1–70). Заказ № 33

Фото на обложке: www.ust.inc

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет  
путей сообщения», 2023

© Общероссийская общественная организация  
«Российская академия транспорта», 2023

### 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 технических 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

№ 3 (49), 2023

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.

Released for printing on 30.09.2023. Date of issue 13.10.2023

Offset printing. Circulation 250 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2023

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2023

### 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**, DSc in Engineering, 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**, DSc in Engineering, 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**, DSc in Engineering, 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>Неволин Д.Г., Цариков А.А., Бондаренко В.Г., Сорогин И.Г.</i> Перспективы развития троллейбусных систем в больших городах Российской Федерации .....	3
<i>Юницкий А.Э., Цырлин М.И., Кляус С.М.</i> «Юнилайт» как перспективный электротранспорт для перевозки пассажиров и грузов .....	10
<i>Шуть В.Н., Швецова Е.В.</i> Балансовая модель интересов транспортного предприятия и пассажиров в городских перевозках автоматическим транспортом .....	18
<i>Неволин Д.Г., Цариков А.А., Бондаренко В.Г., Сорогин И.Г.</i> Перспективные направления развития конструкции подвижного состава городского пассажирского транспорта .....	23

## Организация производства (транспорт)

<i>Ильясов О.Р., Сибирякова Ю.М.</i> Совершенствование технологии работы моечной машины локомотивного депо с использованием моющего средства, содержащего неионогенное поверхностно-активное вещество .....	31
<i>Парахненко И.Л., Саттарова М.В.</i> Использование программного комплекса ЕКАСУИ при содержании элементов инфраструктуры .....	35

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

<i>Голочалов Н.С.</i> Определение длины разгонного пути .....	41
<i>Старцев А.В., Сторожев И.И., Цихалевский И.С., Мишин Я.А., Шаратов А.Т.</i> Обоснование возможности перевода двигателей подвижного состава на газомоторное топливо .....	48

## Управление процессами перевозок

<i>Арипов Н.М., Камалетдинов Ш.Ш.</i> Моделирование процессов автоматизированного сменно-суточного планирования погрузки грузов на железнодорожном транспорте .....	55
<i>Эргашев Б.З., Саматов Г.А., Мусабеков З.Э., Уралова Х.З.</i> О роли контрейлерных перевозок в Центрально-Азиатском регионе .....	60
<i>Кочнева Д.И., Пономарев Н.Ю.</i> Оптимизация схемы возврата порожних контейнеров путем использования системы контейнершеринга .....	64

## Эксплуатация автомобильного транспорта

<i>Зелюков И.М., Штрапенин Г.Л.</i> Система управления рулевым механизмом беспилотного автомобиля «Формула студент» .....	69
---	----

# CONTENTS

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

<i>Dmitry G. Nevolin, Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko, Igor G. Sorogin.</i> Prospects for the development of trolleybus systems in large cities of the Russian Federation .....	3
<i>Anatoli E. Unitsky, Michael I. Tsyrlin, Siarhei M. Kliaus.</i> uLite as future-oriented electric transport for transportation of passengers and goods .....	10
<i>Vasily N. Shuts, Alena V. Shviatsova.</i> Balance model of interests of a transport company and passengers in urban transportation by automatic transport .....	18
<i>Dmitry G. Nevolin, Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko, Igor G. Sorogin.</i> Promising areas of development of the urban passenger transport rolling stock structures .....	23

## The organization of production (transport)

<i>Oleg R. Ilyasov, Yulia M. Sibiriyakova.</i> Improving the technology of the locomotive depot washing machine using a detergent containing a non-ionic surfactant .....	31
<i>Inna L. Parakhnenko, Margarita V. Sattarova.</i> Using the UCAIMS software package for maintenance of infrastructure elements .....	35

## Rolling stock, hauling operation and electrification

<i>Nikolay S. Golochalov.</i> Determining the length of the acceleration track .....	41
<i>Andrey V. Startsev, Ivan I. Storozhev, Igor S. Tsikhalevsky, Yaroslav A. Mishin, Alexander T. Sharapov.</i> Justification of the possibility of converting rolling stock engines to gas engine fuel .....	48

## Management of transportation processes

<i>Nazirjon M. Aripov, Shokhrukh Sh. Kamaletdinov.</i> Modeling of processes of automated shift-daily planning of cargo loading on railway transport .....	55
<i>Botir Z. Ergashev, Gafor A. Samatov, Zokir E. Musabekov, Hilola Z. Uralova.</i> The role of piggyback transportation in the Central Asian region .....	60
<i>Daria I. Kochneva, Nikita Yu. Ponomarev.</i> Optimization of the empty container return scheme by using a container sharing system .....	64

## Operation of motor transport

<i>Ivan M. Zeliukov, Gennadiy L. Shtrapenin.</i> Steering mechanism control system of the Formula Student self-driving car .....	69
---	----



**Дмитрий Германович Неволин**

**Dmitry G. Nevolin**



**Алексей Алексеевич Цариков**

**Aleksey A. Tsarikov**



**Виктор Григорьевич Бондаренко**

**Viktor G. Bondarenko**



**Игорь Георгиевич Сорогин**

**Igor G. Sorogin**

## Перспективы развития троллейбусных систем в больших городах Российской Федерации

### Prospects for the development of trolleybus systems in large cities of the Russian Federation

#### Аннотация

В статье рассмотрены проблемы развития пассажирского транспорта в городах с численностью населения от 100 до 250 тысяч жителей.

Предложены возможные методы организации троллейбусных маршрутов с использованием автономного хода, позволяющие минимизировать затраты на устройство контактной сети. Проведены расчеты необходимого количества подвижного состава с различными интервалами движения.

**Ключевые слова:** пассажирские перевозки, транспортная сеть, маршрутная сеть, троллейбусы с возможностью автономного хода.

#### Abstract

The article deals with the problems of passenger transport development in cities with the population of 100 to 250 thousand inhabitants. Possible methods of organizing trolleybus routes using autonomous running are proposed to minimize the costs of establishing a contact network. Calculations of the required number of rolling stock with different intervals of movement have been carried out.

**Keywords:** passenger transportation, transport network, route network, trolleybuses with the possibility of autonomous running.

#### Авторы Authors

**Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [innotrans@mail.ru](mailto:innotrans@mail.ru) | **Алексей Алексеевич Цариков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [Zarikof@mail.ru](mailto:Zarikof@mail.ru) | **Виктор Григорьевич Бондаренко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [viktorbondarenko73@mail.ru](mailto:viktorbondarenko73@mail.ru) | **Игорь Георгиевич Сорогин**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: [ISorogin@usurt.ru](mailto:ISorogin@usurt.ru)

**Dmitry G. Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: [innotrans@mail.ru](mailto:innotrans@mail.ru) | **Aleksey A. Tsarikov**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg e-mail: [Zarikof@mail.ru](mailto:Zarikof@mail.ru) | **Viktor G. Bondarenko**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, e-mail: [viktorbondarenko73@mail.ru](mailto:viktorbondarenko73@mail.ru) | **Igor G. Sorogin**, Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, e-mail: [ISorogin@usurt.ru](mailto:ISorogin@usurt.ru)

## Современные проблемы развития городского пассажирского транспорта

Развитие городского пассажирского транспорта в России шло максимальными темпами в советский период. Советская градостроительная школа основывалась на концепции обслуживания населения транспортом общего пользования. При этом в городах с населением в 100 тысяч и более жителей рекомендовалось наряду с использованием автобусов организовывать маршруты троллейбусов [1–3].

За последние 30 лет количество троллейбусов в городах России сократилось: было закрыто 8 троллейбусных систем из 90 действующих на тот момент [4]. Стоит отметить, что закрытие троллейбусных систем происходило во многих городах развитых стран под лозунгом улучшения транспортного обслуживания. Значительное сокращение числа троллейбусов в городах пришлось на 60-е гг. XX века.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, принятая в 2021 г. [5], потребовала полного пересмотра концепции работы городского пассажирского транспорта в целом. Она предусматривает не только снижение «углеродного следа» от эксплуатации общественного транспорта в крупных и крупнейших городах России, но и увеличение доли электротранспорта в закупках подвижного состава. В соответствии с текстом стратегии, доля электротранспорта в закупках для транспорта общего пользования может достигнуть 80 % к 2035 г. Это означает, что трамваи, троллейбусы и электробусы через 10–15 лет должны будут преобладать над автобусами при обслуживании пассажиров на городских маршрутах.

Необходимо учитывать, что трамвай является рельсовым видом городского пассажирского транспорта, который требует устройства путей для движения вагонов

и контактной сети для передачи энергии. Поэтому трамвай экономически эффективен на линиях с пассажиропотоками в 3000 и более пассажиров в час в одном направлении [3]. Учитывая данный факт, можно предположить, что большая доля закупок подвижного состава придется на троллейбусы и электробусы.

Рассмотрим классификацию населенных пунктов по их крупности, принятую в существующей нормативной документации. Как указано в СП 42.13330.2016 [6], все города Российской Федерации в зависимости от численности населения делятся на 6 групп (табл. 1).

В 60-е годы XX в. отечественные специалисты разработали рекомендации для городов с различной численностью населения, какие виды транспорта необходимо использовать для обслуживания горожан [1]. Например, в городах с населением от 250 до 500 тысяч жителей основным видом транспорта должен быть трамвай. Автобус или троллейбус применяются в городах такой крупности как вспомогательные виды транспорта (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в больших городах с населением от 100 до 250 тысяч жителей рекомендуется использование троллейбусов и автобусов. Однако, как показала практика современных больших городов, троллейбусы в период роста уровня автомобилизации не могли конкурировать с автобусами, особенно с частными, поэтому наиболее сложная ситуация с троллейбусным движением началась в городах данной группы.

Вместе с тем, если рассмотреть города России с численностью более 100 тысяч жителей, то к большим городам можно отнести 54,8 % всех населенных пунктов (рис. 1). Иными словами, группа городов с численностью от 100 до 250 тысяч жителей является наиболее многочисленной, поэтому для выполнения задач Транспортной стратегии Российской Федерации необходимо массовое применение электрического транспорта в больших городах.

Таблица 1

**Классификация городов Российской Федерации по численности населения и рекомендуемые виды транспорта, используемые в них**

Группы	Численность населения, тыс. чел.	Рекомендуемые виды городского транспорта
Крупнейшие	Более 1000	Метрополитен, трамвай, автобус, троллейбус
Крупные (I)	500–1000	Трамвай, автобус, троллейбус
Крупные (II)	250–500	Трамвай и автобус
Большие	100–250	Автобус и троллейбус
Средние	50–100	Автобус
Малые	10–50	Автобус

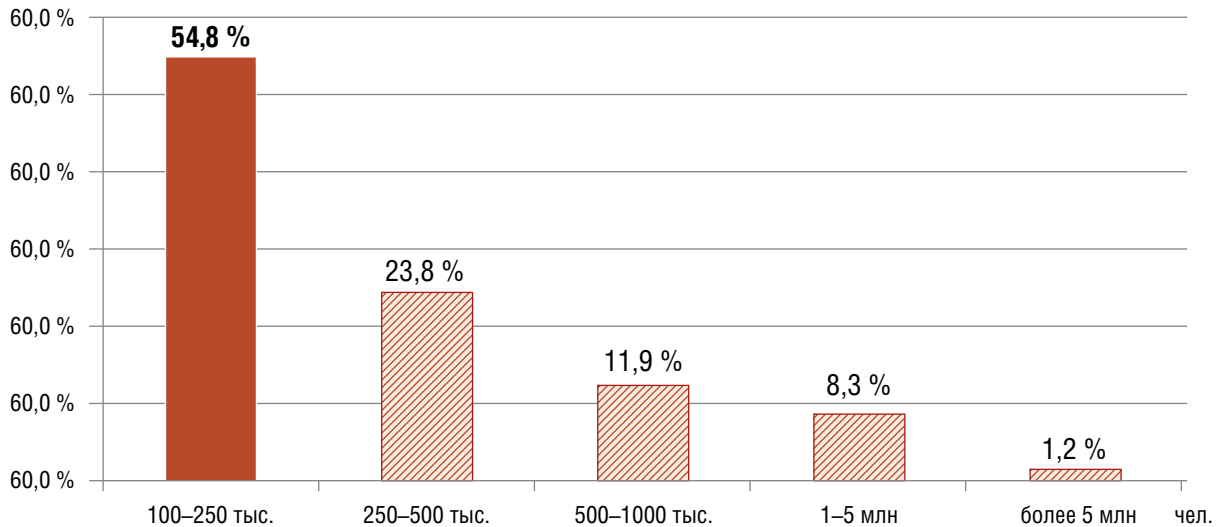


Рис. 1. Распределение городов Российской Федерации по численности населения

Возникает вопрос: почему троллейбусные системы не смогли конкурировать с частными автобусами, а особенно с подвижным составом малого класса?

Появление частных перевозчиков на рынке городского пассажирского транспорта привело к неравным условиям в работе различных видов транспорта. Частные перевозчики гибко реагировали на изменение спроса пассажиров: могли продлевать маршруты в новые районы и корректировать траектории с учетом новых точек тяготения. Подобные изменения привязанным к контактной сети троллейбусам были не под силу.

Еще одной причиной популярности частных автобусных перевозок в виде маршруток была более высокая скорость сообщения с минимальными интервалами движения, т.е. время перемещения пассажира из точки А в точку Б на маршрутках было значительно меньше, чем на троллейбусах. Однако такое увеличение скорости сообщения привело к значительному росту количества дорожно-транспортных происшествий и пострадавших.

Троллейбусные системы используются в городах как единое целое, и экономика предприятия зависит от совокупного объема дохода со всех маршрутов. При этом некоторые маршруты могут быть рентабельными и приносить прибыль, а некоторые нет. Задача троллейбусной системы — обслуживание всей сети маршрутов для обеспечения транспортных потребностей горожан. Частные перевозчики использовали несколько иную стратегию. Они организовывали маршруты по наиболее востребованным направлениям, а нерентабельные маршруты оставляли для троллейбусного движения. В результате частные перевозчики получали прибыль, а у троллейбусных предприятий росли долги. Для того чтобы возродить троллейбусное движение в больших городах, а также остановить их деградацию, необходимы новые подходы к организации систем пассажирского транспорта.

## **Предложения по развитию троллейбусного движения в городах**

Появление троллейбусов с автономным ходом открыло новые возможности в развитии троллейбусных систем. Как показали исследования [7], в городах России в конце 2022 г. эксплуатировалось 419 троллейбусов с возможностью автономного хода на 33 различных маршрутах в 16 городах. Опыт эксплуатации таких троллейбусов показал, что в большинстве случаев для движения на аккумуляторных батареях используются участки протяженностью не более 10 км. Это связано с необходимостью иметь запас заряда аккумуляторов для внештатных случаев.

Таким образом, для организации троллейбусных маршрутов на данный момент не нужно создавать контактную сеть большой протяженности. Достаточно провести электрификацию центральной части города, через которую планируется организовать все троллейбусные маршруты.

На рис. 2 показаны примеры организации маршрутной сети для ряда больших городов. Как видно из рисунка, большая часть городов с населением от 100 до 250 тысяч жителей имеет достаточно простую маршрутную сеть пассажирского транспорта. При этом маршруты связывают одну периферийную часть города с другой через центр.

Как показал предварительный анализ, через центральную часть города проходят практически все маршруты, поэтому достаточно электрифицировать только сеть улиц в центре города, чтобы заряжать аккумуляторы у троллейбусов. Иными словами, троллейбус на маршруте сначала движется за счет энергии аккумуляторов. Въезжая в центральную часть города, водитель подключается к контактной сети и движется за счет энергии

внешнего питания. Одновременно с этим происходит зарядка аккумуляторов. После выхода из центральной зоны водитель опять переходит к питанию от аккумуляторов. При этом необходимо так организовать движение троллейбусов, чтобы было время на зарядку аккумуляторов. В противном случае их энергии не хватит для дальнейшего движения на маршруте.

Еще один фактор, необходимый для эффективной работы троллейбуса в большом городе, — снижение времени его ожидания пассажирами. Интервалы между подвижным составом должны составлять 7–10 минут, а в часы пик — 5 минут. Однако для этого требуется большое количество подвижного состава, что экономически оправдано только при высоком объеме перевозок пассажиров. Логично, что подобного объема пассажиров в больших городах не наблюдается, поэтому для них необходимо разработать новую схему маршрутной сети.

Для сокращения интервалов движения между троллейбусами предлагается организовать маршрутную схему с возможностью бесплатной пересадки (рис. 3). Такая схема позволит в 2–4 раза уменьшить число маршрутов, тем самым увеличится количество подвижного состава, работающего на данном маршруте.

Как видно из рис. 3, все шесть маршрутов схемы пересекаются в одной из точек города. Это означает, что житель города может переместиться из любой точки города в любой район, используя одну пересадку или совсем без пересадок.

Организация бесплатной пересадки может коренным образом изменить схему работы городского пассажирского транспорта и позволит в несколько раз снизить количество маршрутов (табл. 2). Особенно эффективна такая система в городах с маршрутной сетью в виде дерева, в которой от «ствола» отходит множество веток (ответвлений). Более подробно данная тема представлена в работе [8].

## Результаты сравнения новой и старой маршрутных сетей

К основному показателю, по которому судят о степени насыщенности транспортной сети маршрутами, относится маршрутный коэффициент  $K_M$ , который определяется как отношение суммарной длины маршрутов к длине транспортной сети:

$$K_M = \frac{\sum L_M}{2 * L_C}, \quad (1)$$

где  $L_M$  — длина маршрута, км;  $L_C$  — длина транспортной сети, измеренная по оси улиц, на которых организовано движение общественного транспорта, км.

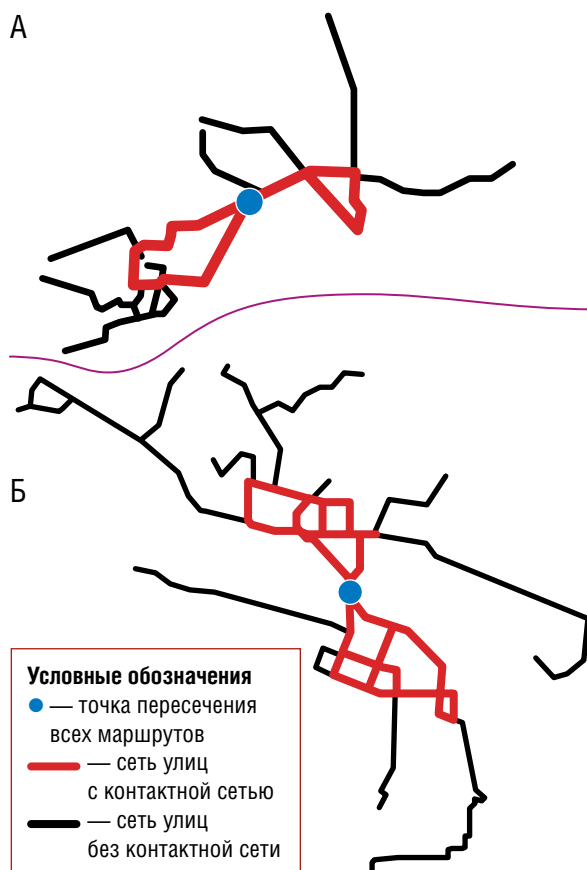


Рис. 2. Пример электрификации маршрутной сети некоторых больших городов Российской Федерации

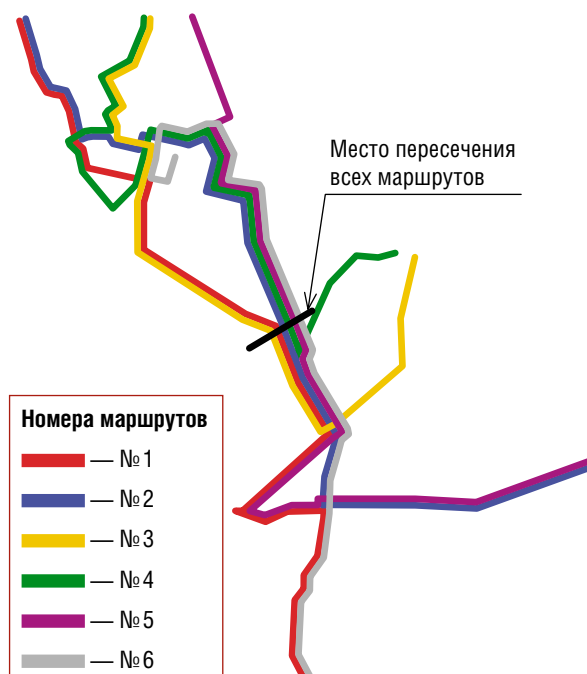


Рис. 3. Предлагаемая схема организации маршрутов троллейбуса с возможностью автономного хода в большом городе



Таблица 2

**Сравнение количества маршрутов общественного транспорта для городов Урала и Сибири в различных вариантах сети**

Город	Численность населения, тыс. чел.	Количество маршрутов городского пассажирского транспорта	
		Существующая схема	Новая схема с пересадками
Соликамск	93	20	6
Ханты-Мансийск	101	18	4
Березники	141	30	9
Миасс	151	33	8
Златоуст	166	33	8
Каменск-Уральский	167	15	7

Таблица 3

**Сравнение общей протяженности маршрутов и коэффициентов маршрутизации общественного транспорта для городов Урала и Сибири в различных вариантах сети**

Город	Существующая схема	Новая схема с пересадками	Протяженность сети общая / питания
	Протяженность маршрутов / коэффициент маршрутизации $K_M$		
Соликамск	538 км / 4,95	148 км / 1,36	54 км / 21,3 км
Ханты-Мансийск	530 км / 3,23	236 км / 1,43	82 км / 15 км
Березники	401 км / 3,43	173 км / 1,65	58,4 км / 26 км
Миасс	706 км / 5,97	243 км / 2,05	59,1 км / 20 км
Златоуст	1051 км / 5,56	287 км / 1,52	94,5 км / 25 км
Каменск-Уральский	394 км / 2,44	287 км / 1,67	80,2 км / 26,4 км

Для существующей маршрутной сети города Каменска-Уральского этот показатель равен:

$$K_M = \frac{\sum L_M}{2 * L_C} = \frac{394}{2 * 80,2} = 2,44.$$

Отечественные специалисты рекомендуют принимать значение коэффициента маршрутизации  $K_M$  в пределах от 1,5 до 4 единиц [1, 9]. При этом, чем меньше численность населения города, тем меньшее значение должен иметь данный коэффициент. Значение коэффициента маршрутизации  $K_M$  и общей протяженности всех маршрутов в рассматриваемых городах представлено в табл. 3.

Как видно из табл. 3, коэффициент маршрутизации  $K_M$  в рекомендуемых пределах зафиксирован только

в трех из шести городов: Ханты-Мансийске, Березниках и Каменске-Уральском. В Соликамске, Миассе и Златоусте высокие коэффициенты маршрутизации свидетельствуют об избыточном количестве маршрутов. Столь высокие коэффициенты маршрутизации можно отметить и в других российских городах [10, 11].

Как указывалось выше, одной из причин деградации городского общественного транспорта является избыточное количество маршрутов. Перевозчика с точки зрения хозяйственной деятельности интересует прибыль, поэтому ему хотелось бы перевозить большее число пассажиров с наименьшими затратами, т.е. минимальным количеством подвижного состава. Пассажиру, наоборот, хотелось бы передвигаться с максимальным комфортом и ожидать транспорт на остановке как можно меньше.

Сравнение количества подвижного состава, необходимого для организации маршрутов общественного транспорта для городов Урала и Сибири в различных вариантах сети

Город	Существующая схема	Новая схема с пересадками
Соликамск	162/232	45/64
Ханты-Мансийск	160/229	71/101
Березники	121/173	52/74
Миасс	212/303	73/104
Златоуст	316/452	87/124
Каменск-Уральский	119/170	87/124

Примечание: в числителе указано количество подвижного состава, необходимое при движении с интервалом 10 минут, в знаменателе — 7 минут.

В табл. 4 представлены данные расчетов необходимого количества подвижного состава для существующей схемы маршрутов общественного транспорта и для новой схемы с учетом бесплатной пересадки. При этом отдельно проведены расчеты для систем с 7-минутными и 10-минутными интервалами движения.

Очевидно, что для организации в городах маршрутов пассажирского транспорта с 10-минутными интервалами движения необходимо большое количество подвижного состава. Так, для Соликамска этот показатель равен 162 единицы. Но если в данном городе использовать троллейбусы с автономным ходом и организовать маршруты с одной бесплатной пересадкой, то подвижного состава необходимо 45 единиц, т.е. почти в 4 раза меньше. А чем меньше подвижного состава использует автотранспортное предприятие, тем меньше затраты на заработную плату, горюче-смазочные материалы, запасные части и пр.

Для Каменска-Уральского достаточно 87 троллейбусов с автономным ходом, чтобы обслуживать все маршруты общественного транспорта. При этом интервал движения составит 10 минут. Отметим, что движение троллейбусов было закрыто в Каменске-Уральском в 2015 г., а максимальный его парк достигал 60 единиц. Грамот-

ный и научный подход позволил бы сохранить троллейбусную систему в городе и удовлетворить потребности пассажиров.

### Выводы

Троллейбус при сравнении с автобусом является не только более экологичным видом транспорта, но и более простым с точки зрения конструкции. Это уменьшает затраты на его эксплуатацию и сокращает сроки ремонта оборудования и агрегатов.

На современном этапе развития городского пассажирского транспорта необходимы единые системы, когда используется только троллейбусный транспорт или весь подвижной состав обслуживает городские маршруты в целом, без выделения отдельных предприятий и конкуренции.

Для эффективной организации общественного транспорта большим городам России нужны федеральные программы и национальные проекты, которые позволят обновить парк троллейбусов и изменить подход к организации обслуживания пассажиров. **ИТ**

### Список литературы

1. Страментов А.Е., Сосянц В.Г., Фишельсон М.С. Городской транспорт и организация движения. М. : Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1960. 352 с.
2. Юдин В.А., Самойлов Д.С. Городской транспорт : учебник для вузов. М. : Стройиздат, 1975. 287 с.
3. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок : учебное пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1980. 535 с.

### References

1. Stramentov A. E., Sosyants V. G., Fishelson M. S. Urban transport and traffic organization. Moscow : Publishing House of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1960. 352 p.
2. Yudin V. A., Samoilov D. S. Urban transport : textbook for universities. M. : Stroyizdat, 1975. 287 p.
3. Efremov I. S., Kobozev V. M., Yudin V. A. Theory of urban passenger transportation : a textbook for universities. Moscow : Higher School, 1980. 535 p.

- Цариков А. А., Бачинина А. В., Пятанов М. С. Негативные тенденции в развитии троллейбусных систем России // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Международной (XXVII Екатеринбургской, II Минской) научно-практической конференции. Минск : БНТУ, 2018. С. 190–197.
- Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р // Минтранс России. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577>.
- СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* // Минстрой России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14465>.
- Троллейбусный транспорт в России. Состояние и перспективы рынка : аналитический отчет. М., 2022. 122 с. URL: <https://strategy.ru/research/research/21>.
- Цариков А. А., Пятанов М. С., Бондаренко В. Г. Организация маршрутов городского пассажирского транспорта с учетом бесплатных пересадок // Инновационный транспорт. 2020. № 2 (36). С. 18–26. ISSN 2311-164X.
- Об утверждении Правил организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте : Приказ Минавтотранса РСФСР от 31.12.81 № 200. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/9028678/modid/99>.
- Цариков А. А., Бачинина А. В., Тапасева О. Ю. Анализ основных показателей развития сетей и маршрутов пассажирского транспорта городов России // Инновационный транспорт. 2017. № 2 (24). С. 20–27. ISSN 2311-164X.
- Цариков А. А., Бачинина А. В., Тапасева О. Ю., Пятанов М. С. Анализ основных показателей развития пассажирского транспорта больших и крупных городов России // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции. Хабаровск, 2017. С. 123–129.
- Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Pyatanov M. S. Negative trends in the development of trolleybus systems in Russia // Socio-economic problems of development and functioning of transport systems of cities and zones of their influence : materials of the XXIV International (XXVII Yekaterinburg, II Minsk) scientific and practical conference. Minsk : BNTU, 2018. P. 190–197.
- Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 : approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 3363-r dated November 27, 2021 // Ministry of Transport of Russia. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577>.
- SP 42.13330.2016. A set of rules. Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of the SNiP 2.07.01-89\* // The Ministry of Construction of Russia. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14465>.
- Trolleybus transport in Russia. The state and prospects of the market : analytical report. M., 2022. 122 p. URL: <https://strategy.ru/research/research/21>.
- Tsarikov A. A., Pyatanov M. S., Bondarenko V. G. Organization of urban passenger transport routes with free transfers // Innotrans. 2020. No. 2 (36). P. 18–26. ISSN 2311-164X.
- On approval of the Rules for the Organization of Passenger Transportation by Road : Order of the Ministry of Transport of the RSFSR dated 31.12.81 No. 200. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/9028678/modid/99>.
- Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Tapaseva O. Yu. Analysis of the main indicators of the development of passenger transport networks and routes in Russian cities // Innotrans. 2017. No. 2 (24). P. 20–27. ISSN 2311-164X.
- Tsarikov A. A., Bachinina A. V., Tapaseva O. Yu., Pyatanov M. S. Analysis of the main indicators of passenger transport development in large and large cities of Russia // Far East: problems of development of architectural, construction and road transport complex : materials of the International scientific and practical conference. Khabarovsk, 2017. P. 123–129.



Анатолий  
Эдуардович  
Юницкий

Anatoli E.  
Unitsky



Михаил  
Иосифович  
Цырлин

Michael I.  
Tsyrlin



Сергей  
Михайлович  
Кляус

Sjarhei M.  
Kliaus

## «Юнилайт» как перспективный электротранспорт для перевозки пассажиры и грузов

### uLite as future-oriented electric transport for transportation of passengers and goods

#### Аннотация

В статье обозначена проблема необходимости качественного улучшения эксплуатационных показателей существующих транспортных систем, повышения уровня их экологичности, экономичности и безопасности. В качестве решения, альтернативного традиционному, предложено использование струнного транспорта Unitsky String Technologies (uST). В частности, представлены конструкция и технические характеристики электромотоцикла «Юнилайт U4-830», предназначенного для перевозки пассажиров и грузов по бирельсовой рельсо-струнной путевой структуре второго уровня. Указаны преимущества данного беспилотного электромотоцикла на стальных колесах в составе транспортного комплекса uST и целесообразность его дальнейшего массового коммерческого использования.

**Ключевые слова:** струнный транспорт, Unitsky String Technologies, грузопассажирский электромотоцикл, юнимобиль, юнилайт, транспортный комплекс uST.

#### Abstract

The paper outlines the problem of the need to qualitatively improve the performance of existing transport systems, increase the level of their environmental friendliness, efficiency and safety. As an alternative solution to the traditional ones, the use of string transport by Unitsky String Technologies (uST) is proposed. In particular, the design and technical characteristics of the uLite U4-830 electric vehicle, designed to transport passengers and goods on a second-level birail string-rail track structure, are presented. The advantages of this unmanned electric vehicle on steel wheels as part of the uST transport complex and the expediency of further mass commercial use thereof are indicated.

**Keywords:** string transport, Unitsky String Technologies, cargo-passenger electric vehicle, uMobile, uLite, uST transport complex.

#### Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, председатель совета директоров и генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@unitsky.com | Михаил Иосифович Цырлин, канд. техн. наук, ведущий специалист научно-исследовательского отдела ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com | Сергей Михайлович Кляус, ведущий инженер-конструктор Управления подвижного состава ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: s.klyaus@unitsky.com

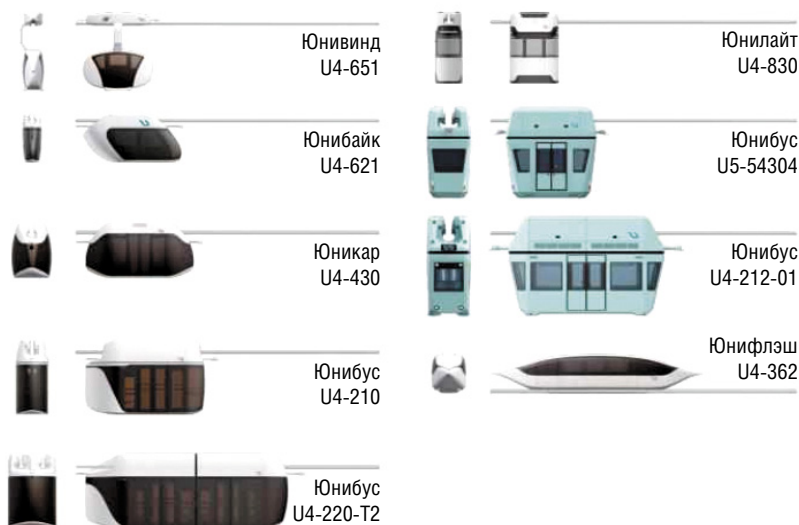
Anatoli E. Unitsky, Chairman of the Board of Directors and General Designer, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: a@unitsky.com | Michael I. Tsyrlin, Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist of Scientific Research Department, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com | Sjarhei M. Kliaus, Leading Design Engineer of the Rolling Stock Department, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: s.klyaus@unitsky.com

В настоящее время остро стоит вопрос качественного улучшения эксплуатационных показателей железнодорожного и автомобильного транспорта, повышения экологичности, экономичности и безопасности [1]. Указанная проблематика в том числе вызвана тем, что традиционные виды транспорта имеют ряд недостатков:

- существенное негативное влияние на окружающую среду — по количеству выбросов в нее продуктов горения, а также выхлопных газов, являющихся основной причиной превышения допустимых концентраций токсичных веществ и канцерогенов в атмосфере крупных городов, образования смогов, являющихся частой причиной отравления в замкнутых пространствах, разрушения озонового слоя и т.д.;
- низкая энергоэффективность — низкий КПД (для бензиновых двигателей — около 25 %, для дизельных двигателей — 40–50 % [2]) приводит к повышенному расходу энергоносителей и их нерациональному использованию;
- проблема строительства и эксплуатации транспортных систем — под строительство отчуждаются земельные ресурсы, которые могут быть задействованы под парковые зоны, посевные площади и т.д.;
- проблемы обеспечения городского трафика, в особенности в часы пик;
- высокая стоимость возведения и эксплуатации транспортных систем;
- безопасность эксплуатации — высокий уровень смертности и получения телесных повреждений (ежегодно в мире в результате дорожно-транспортных происшествий и их последствий погибает около 1,3 млн человек, при этом более 10 млн человек получают травмы, становятся инвалидами и теряют трудоспособность [3]).

В связи с этим перспективным видом транспорта, готовым осуществ-

## Пассажирские юнимобили



## Грузовые юнимобили

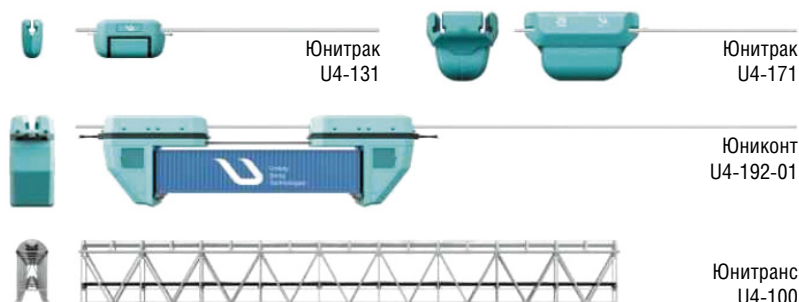


Рис. 1. Модельный ряд юнимобилей производства UST Inc.

лять грузопассажирские перевозки с учетом решения обозначенных проблемных моментов, может стать струнный транспорт uST (струнный транспорт Юницкого).

Струнный транспорт uST включает подвижной состав в виде беспилотных рельсовых электромобилей на стальных колесах, получивших название юнимобиль, предварительно напряженную рельсо-струнную эстакаду и инфраструктуру второго уровня (станции, терминалы, депо, автоматизированную систему управления, энергообеспечение, связь, иное) и характеризуется высокой скоростью движения, комфортом, безопасностью, а также низкой материалоемкостью и высокой энергоэффективностью [4, 5].

Задача, стоявшая перед разработчиками струнного транспорта, — создать перспективный, конкурент-

ный с точки зрения технико-экономической составляющей грузопассажирский юнимобиль для эксплуатации в составе транспортной системы нового поколения.

Подвесной юнимобиль «Юнилайт U4-830», разработанный научно-инжиниринговой компанией UST Inc. (ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь) на основе идей и запатентованной технологии белорусского ученого-изобретателя А. Э. Юницкого, предназначен для перевозки пассажиров и грузов по бирельсовой рельсо-струнной путевой структуре второго уровня [6]. В нем предусмотрена функция модульности: салон может быть выполнен как для перевозки пассажиров, так и для транспортировки грузов. При этом в модельном ряду юнимобилей струнного транспорта uST (рис. 1) юнилайт — один из самых легких электромобилей.

Технические характеристики модели «Юнилайт U4-830»

Наименование параметра	Значение параметра
Пассажировместимость, чел.	6
Масса, не более, кг:	
● в снаряженном состоянии	1050
● технически допустимая максимальная	1500
Общее количество колес опорных/ведущих, шт.	8/8
Максимальная конструкционная скорость в снаряженном состоянии, км/ч	80
Номинальная эксплуатационная скорость с технически допустимой максимальной массой, км/ч	50
Максимальная эксплуатационная скорость ТС с технически допустимой максимальной массой, км/ч	60
Преодолеваемый уклон пути, % (град.)	до 10 (5,7)
Запас хода при номинальной эксплуатационной скорости, км, не менее	20
Номинальная потребляемая мощность электродвигателя, кВт	3
Габаритные размеры, мм:	
● длина	2150±50
● ширина	1135±50
● высота	3135±50

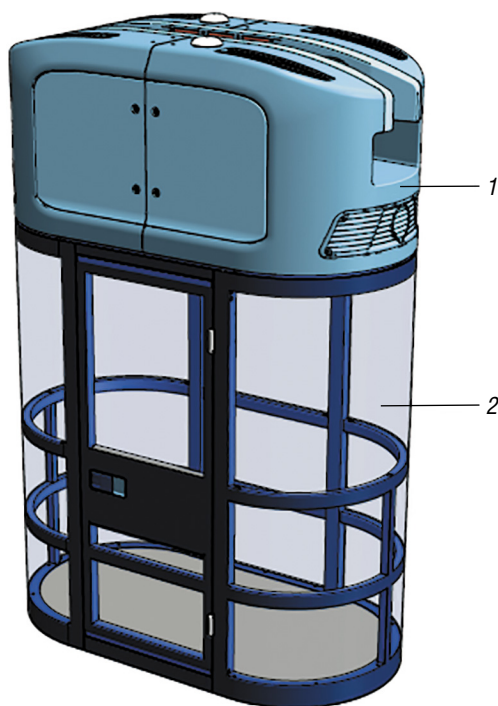


Рис. 2. Визуализация юнилайта U4-830:  
1 — тяговый модуль; 2 — грузопассажирский модуль

Ключевыми моментами при разработке модели являются простота конструкции с использованием только необходимого для бесперебойного функционирования, безопасности и эргономики оборудования. В то же время при всем вышеуказанном U4-830 — это полноценный юнимобиль с автоматизированной системой управления: эффективный, экономичный, экологичный, безопасный и простой в эксплуатации.

Основные технические характеристики юнилайта представлены в табл. 1 [7].

Юнилайт состоит из тягового модуля (ТМ) и грузопассажирского модуля (ГПМ), соединенных между собой при помощи механической связи и демпфирующих элементов, обеспечивающих дополнительное гашение вибрации при движении (рис. 2).

ТМ воспринимает нагрузку от ГПМ и служит для направления движения юнилайта по путевой структуре (ПС), является установочной базой для монтажа входящих узлов и систем (рис. 3).

За функцию обеспечения движения юнилайта отвечает **тележка тяговая**, основные элементы которой представлены на рис. 4.

**Рама** является одним из несущих элементов конструкции юнилайта и предназначена для размещения оборудования и систем, необходимых для функционирования электромобиля (рис. 5). Она представляет собой сварную конструкцию из труб, листового и фасонного металлопроката. Материал — низкоуглеродистая конструкционная сталь с улучшенными механическими свойствами.

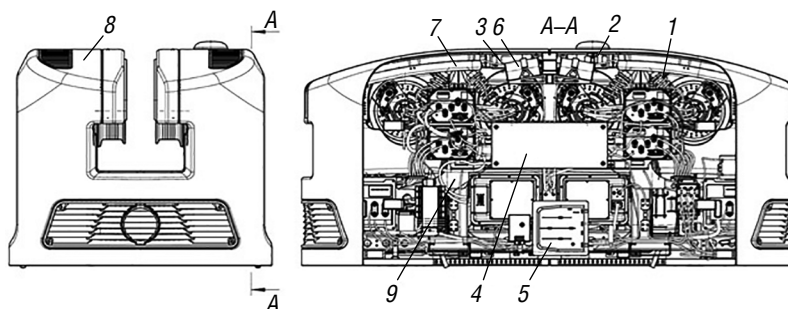
Крутящий момент, приводящий юнилайт в движение, генерируется непосредственно **мотор-колесами** (рис. 6). Конструктивно мотор-колеса представляют собой тандем из электродвигателей с жестко посаженными на их корпус колесами. Колеса состоят из колесного диска, с размещенными на его поверхности бандажными и ребордными дисками. Диски имеют разную геометрию и материал, что обуславливается необходимостью выполнения различных функций: бандажные диски изготовлены из стали и выполняют опорную функцию, в то время как реборды выполнены из полимера и выполняют функцию удержания рельсового электромотоцикла на путевой структуре при его движении.

**Накопители энергии** предназначены запасать и переносить электроэнергию, обеспечивать бесперебойное питание тягового и вспомогательного электрооборудования. Накопители энергии установлены тандемом из двух независимых устройств, тем самым обеспечивая функцию движения юнимобиля, в том числе при выходе из строя одного из них.

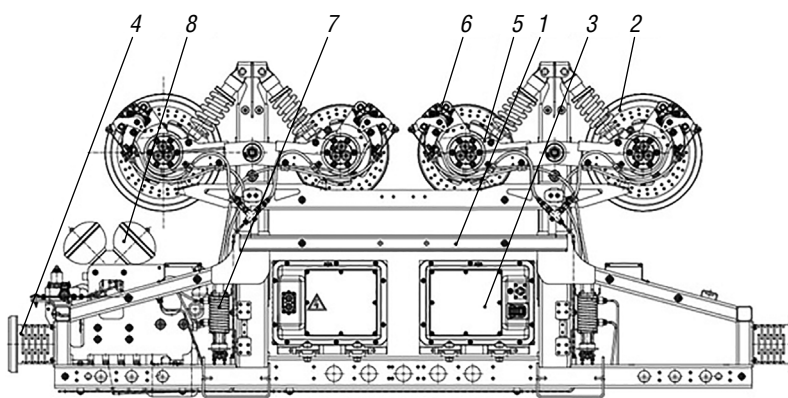
**Буферы тупиковых отбойников**, установленные спереди и сзади рамы, предназначены для поглощения энергии удара при аварийном соударении с тормозными устройствами, расположенными в тупиках анкерных опор.

**Подвеска U4-830** обеспечивает упругую связь между рамой и мотор-колесами и предназначена для снижения интенсивности вибраций, действующих на пассажиров и перевозимый груз при движении по путевой структуре. Подвеска юнилайта при этом независимая с установленными на продольных рычагах моноамортизаторами, выполняющими роль упругих и демпфирующих элементов.

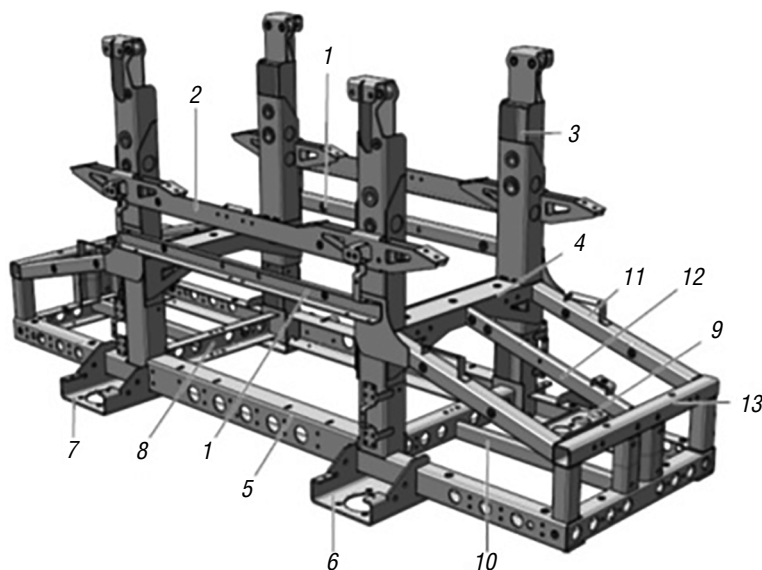
**Тормозная система** юнилайта комбинированного типа (рис. 7), при этом функционально предусмотрено экстренное, аварийное, удерживающее и стояночное торможение. В части реализации функций применяется механическое и электродинамическое торможение.



**Рис. 3. Тяговый модуль юнилайта:**  
1 — тележка тяговая; 2 — токоприемники; 3 — электрооборудование тягового модуля; 4 — жгуты электрооборудования; 5 — силовые провода; 6 — оборудование связи и технического зрения; 7 — система пожаротушения; 8 — дренажная система; 9 — облицовка тягового модуля



**Рис. 4. Тележка тяговая юнилайта:**  
1 — рама; 2 — мотор-колеса; 3 — накопители энергии; 4 — буферы тупиковых отбойников; 5 — подвеска; 6 — фрикционная тормозная система; 7 — стояночная тормозная система; 8 — гидросистема



**Рис. 5. Рама юнилайта:**  
1 — поперечина продольная; 2 — кронштейн продольный; 3 — стойка; 4 — поперечина торцевая верхняя; 5 — основание рамы; 6, 7 — ухо; 8 — поперечина торцевая нижняя; 9 — кронштейн; 10 — усилитель; 11 — раскос боковой; 12 — раскос центральный; 13 — рамка торцевая

А. Э. Юницкий, М. И. Цырлин, С. М. Кляус | «Юнилайт» как перспективный электротранспорт для перевозки пассажиров и грузов

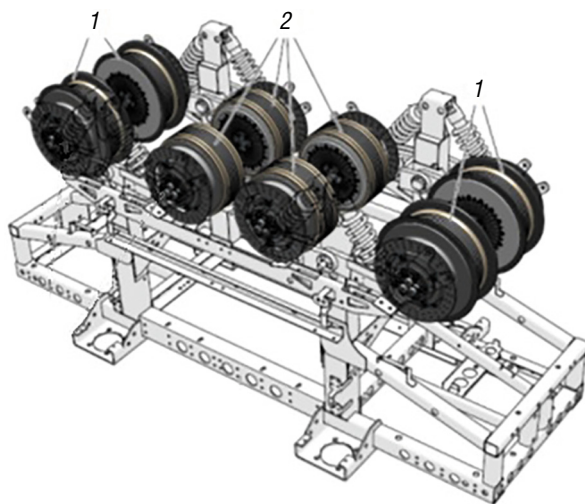


Рис. 6. Мотор-колеса юнилайта:  
1 — мотор-колеса с ребордами; 2 — мотор-колеса без реборд

Механическое торможение осуществляется за счет **фрикционной тормозной системы**, использующей для торможения трение между фрикционными тормозными накладками и тормозным диском. При торможении кинетическая энергия преобразуется в тепловую и рассеивается тормозными дисками и элементами тормозной системы. Тормозная сила приводится к мотор-колесам U4-830. Привод фрикционных тормозных механизмов гидравлический и применяется при рабочем, экстренном, аварийном торможениях, кратковременном удержании и стоянке.

**Электродинамическое торможение** юнилайта обеспечивается преобразованием кинетической энергии в электрическую путем перевода электродвигателей в генераторный режим. При торможении осуществляется рекуперация электроэнергии. Тормозная сила производится мотор-колесами U4-830. Данный вид торможения применяется при рабочем и экстренном торможениях.

При длительной стоянке U4-830 активизируется **стояночная тормозная система**. Стояночный тормоз представляет собой механизм, интегрированный в суппорта фрикционной тормозной системы. Механизмы стояночного тормоза установлены на всех колесах; под действием пружин механизм стояночного тормоза блокирует тормозной диск.

Привод основной механической тормозной системы реализован путем установки **гидравлической системы**. Аналогичным образом также осуществляется растормаживание стояночного тормоза.

**Токосъемники** (см. рис. 3) установлены на облицовке тягового модуля в ее верхней части и предназначены для зарядки накопителей энергии ТС во время его нахождения на станции.

**Электрооборудование тягового модуля** предназначено для организации электропитания исполнительной части оборудования и состоит из следующих основных функциональных систем:

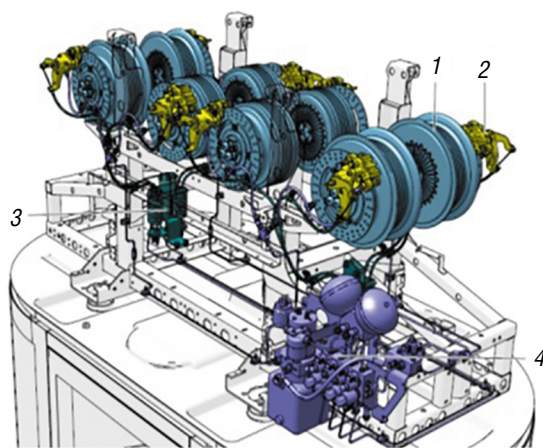


Рис. 7. Тормозная система юнилайта:  
1 — мотор-колеса; 2 — фрикционная тормозная система;  
3 — стояночная тормозная система;  
4 — гидравлическая система

1) бортовая система управления, которая организована на базе установленного в составе тягового модуля электронного оборудования и осуществляет первичное автоматизированное управление установленными системами и режимами движения юнилайта с возможностью внешнего управления благодаря системе управления транспортного комплекса;

2) тяговое электрооборудование включает высоковольтные аппараты, предназначенные для регулирования тяги и торможения (токоприемники, коммутационная и защитная аппаратура, тяговые преобразователи, тяговые электродвигатели и прочее);

3) вспомогательное электрооборудование, которое включает оборудование для собственных нужд (системы охлаждения тягового оборудования, компрессор), источники питания и электрические потребители систем жизнеобеспечения; осуществляет работу тягового электрооборудования в соответствии с их заданными характеристиками, питание цепей управления, связи и систем жизнеобеспечения.

**Силовые провода и жгуты электрооборудования** предназначены для непосредственной коммутации узлов из состава электрооборудования юнилайта.

**Оборудование связи и технического зрения** непосредственно участвует в коммуникации, обеспечении непрерывного бесперебойного обмена информацией между юнилайтом и транспортным комплексом uST, принимает участие в управлении режимами движения и обеспечении безопасности эксплуатации.

**Система пожаротушения** тягового модуля автоматическая и основана на установке в подкапотном пространстве автоматических модулей с огнетушащим веществом, а также датчиков наличия воспламенения.

**Дренажная система** является частью облицовки юнимобиля и предназначена для предотвращения накопления и эффективного отведения атмосферных осадков.



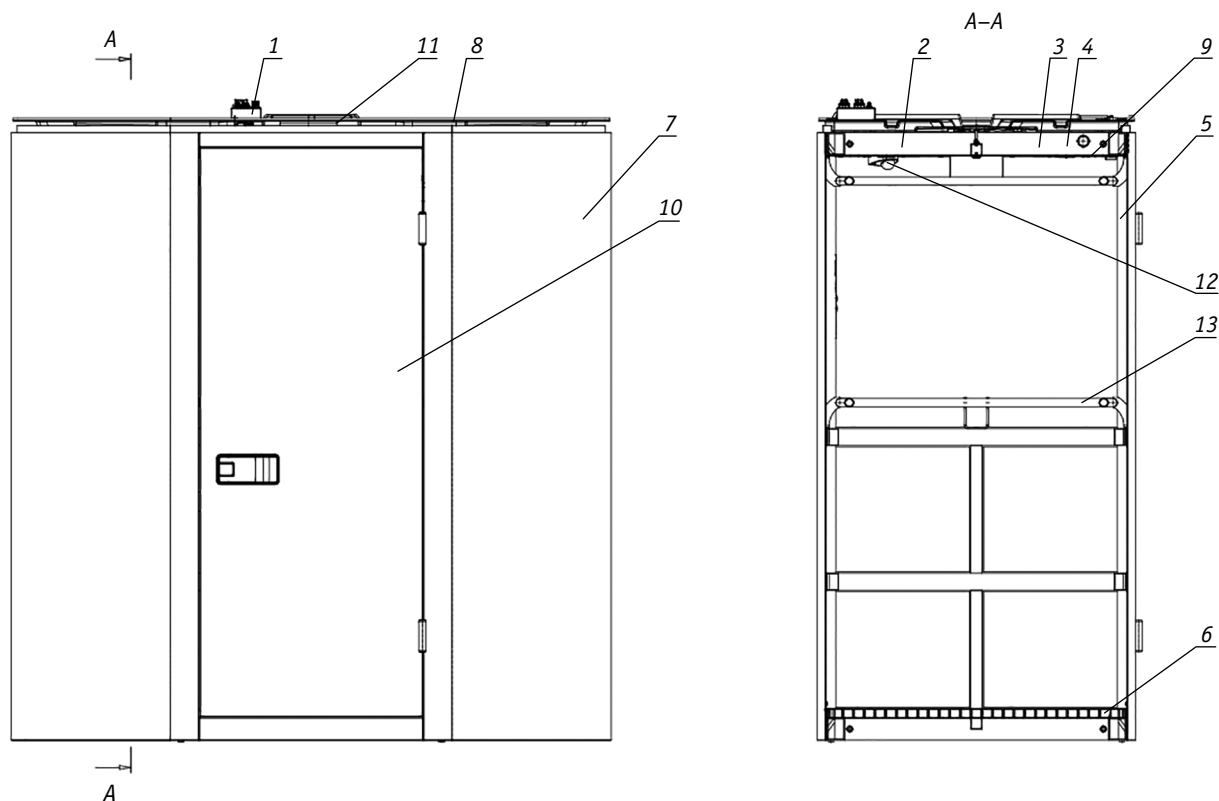


Рис. 8. Пассажирский модуль юнилайта:

1 — электрооборудование пассажирского модуля; 2 — огнетушитель; 3 — система эвакуации; 4 — спасательные жилеты; 5 — каркас; 6 — настил пола; 7 — остекление; 8 — поддон дренажный; 9 — потолочные панели; 10 — дверь; 11 — блокировка двери; 12 — видеоконтроль; 13 — поручни

Состоит из концентраторов осадков и системы каналов для их отведения за пределы юнилайта.

**Облицовка тягового модуля** предназначена для защиты установленного оборудования от внешних воздействий, в том числе атмосферных осадков, ветра, пыли и т.д., а также участвует в формировании оптимальных аэродинамических характеристик и формировании внешнего дизайна юнилайта.

**Пассажирский модуль** непосредственно участвует в размещении и перевозке пассажиров и/или грузов и состоит из деталей и узлов, указанных на рис. 8.

**Электрооборудование пассажирского модуля** состоит из набора оборудования, а также жгутов и разъемов, предназначенных для электрического подключения установленного оборудования.

В салоне пассажирского модуля установлен ручной **огнетушитель**

типа ОВЭ для борьбы с возгоранием в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Огнетушитель скрыт за потолочной панелью с организованным легким доступом.

Салон оснащен **системой эвакуации** канатно-блочного типа, предназначенной для организации эвакуации пассажиров из салона на поверхность земли в чрезвычайных ситуациях. Механизм скрыт за потолочной панелью с легким доступом.

Также, учитывая особенности организации транспортного комплекса, а именно наличие траектории движения, проходящей над водными поверхностями, в салоне предусмотрено наличие **спасательных жилетов**, расположенных за потолочной панелью с легким доступом.

Основным элементом пассажирского модуля является его **каркас**, который представляет собой сварную конструкцию, выполненную из легкосплавного профилированного про-

ката, обеспечивающего требуемую жесткость конструкции при снижении ее общей массы (рис. 9).

**Настил пола** выполнен из пожаробезопасного полимера в форме просечного листа, что препятствует накоплению в салоне грязи, пыли, воды.



Рис. 9. Каркас юнилайта

Пассажирский модуль имеет **панорамное остекление**. Остекление выполнено из поликарбоната, что исключает возможность травмирования пассажиров осколками при столкновении пассажирского модуля с возможными препятствиями, а также способствует снижению общей массы. На внешнюю и внутреннюю поверхности стекол нанесено защитное покрытие, существенно повышающее их эксплуатационные свойства.

На внешней верхней поверхности пассажирского модуля установлен **дренажный поддон**, обеспечивающий влагозащиту и водоотведение.

Салон оснащен быстросъемными декоративными **потолочными панелями**, за которыми скрыты отсеки для дополнительного оборудования.

В салоне предусмотрено наличие **входной двери** распашного типа для организации входа/выхода. В основании двери — металлический каркас, выполненный из элементов легкосплавного металлопроката, обеспечивающий жесткость и прочность конструкции. С внешней стороны двери установлено остекление из поликарбоната. Дверь оснащена доводчиком, а также механизмом блокировки закрытого состояния.

В салоне установлена **камера видеонаблюдения**, обеспечивающая панорамный обзор салона и контроль салонного пространства.

По периметру салона в центральной и верхней его части расположены **поручни** для возможности удержания пассажиров в процессе движения юнимобиля.

К настоящему времени компанией UST Inc. завершено изготовление и испытание первого юнимобиля (рис. 10), а также легкой рельсо-струнной путевой структуры гибкого типа протяженностью более 1 км в г. Марьина Горка (Республика Беларусь), по которой он осуществляет передвижение. В июне 2023 г. указанный транспортный комплекс uST введен в эксплуатацию.

Разработанный электромобиль в составе транспортного комплекса uST обладает рядом достоинств, обозначенных в табл. 2.

Новизна решений, заложенных в конструктивных особенностях рассмотренного рельсового электромобиля, включает в себя:

- использование легкосплавных материалов, высокопрочных полимеров и их комбинаций для снижения собственной массы при неизменности характеристик безопасности;
- применение модульной конструкции с размещением только необходимого набора оборудования, обеспечивающего безопасность, а также возможность движения в заданном диапазоне технических характеристик;
- применение модифицированного контакта колес с рельсом, что снижает энергозатраты при движении. Реборды из высокопрочного полимера, снижающего неподрессоренную массу, препятствуют сходу юнимобиля с рельсов, обеспечивают снижение трения и, как следствие, сни-



Рис. 10. Внешний вид юнилайта

жение потерь при контакте с рельсом в движении. Возможность рекуперации энергии при замедлении/торможении;

- использование материалов с высокими конструктивными характеристиками, применение дополнительных решений для предотвращения вероятности разрушения конструктивных элементов;
- применение системы управления с дублированием функций по безопасности, оснащение салона всеми необходимыми средствами безопасности (спасательные жилеты, огнетушители);
- отсутствие необходимости выведения из оборота земельного фонда, отсутствие вредных выбросов в атмосферу и почву, низкий уровень внешнего и внутреннего шумов;
- применение логико-программного управления узлами и механизмами для выполнения алгоритмов работы, обеспечения индикации, связи и диагностики с предоставлением пассажирам возможности непосредственно влиять на трафик движения.

Таким образом, результаты проведенного анализа конструктивных особенностей подвесного рельсового электромобиля «Юнилайт U4-830» для перевозки пассажиров и грузов, а также вышеуказанные преимущества делают целесообразным его применение в составе транспортного комплекса uST в условиях городской застройки, пригорода, а также парковых зон, безопасного преодоления природных препятствий (реки, озера) и посевных площадей. **IT**

**Преимущества ТС «Юнилайт U4-830»**

<b>Преимущество</b>	<b>Краткое описание</b>
Низкая снаряженная масса	Юнимобиль имеет снаряженную массу 1050 кг, что при пассажироместимости в 6 человек либо грузоподъемности 450 кг существенно предпочтительнее по сравнению с большинством образцов (единиц подвижного состава) других транспортных систем
Низкие затраты на возведение путевой структуры	Из-за особенностей конструкции рельсо-струнной путевой структуры, имеющей низкую материалоемкость, и благодаря большому шагу опор (более 200 м) стоимость возведения транспортной эстакады значительно снижена по сравнению с аналогичными традиционными решениями и составляет менее 1 млн долл. США за 1 км
Конкурентная стоимость электромобиля	Простота исполнения пассажирского модуля позволяет существенно снизить стоимость изготовления и обслуживания рельсового электромобиля в целом
Низкое значение энергопотребления	Благодаря электроприводу, а также особенностям конструкции путевой структуры и мотор-колес существенно снижено потребление энергии электромобилем
Высокий уровень безопасности	Применение разработанного электромобиля в составе транспортного комплекса второго уровня позволяет полностью исключить возможность его столкновения с пешеходами, животными и наземными транспортными средствами. Все системы юнилайта спроектированы и изготовлены в соответствии с современными требованиями безопасности, сводя к минимуму возможность травмирования пассажиров в процессе его эксплуатации
Независимость от городского трафика	Эксплуатация рельсового электромобиля в составе транспортного комплекса второго уровня позволяет в полной мере решить проблему городского трафика
Экологичность	Благодаря электроприводу в процессе эксплуатации юнилайта полностью отсутствуют какие-либо выбросы в атмосферу. Кроме того, возведение транспортного комплекса второго уровня требует минимального отчуждения земли
Низкие издержки при эксплуатации комплекса	Благодаря автоматизации процессов управления комплексом, а также частичному участию пассажиров в организации трафика движения снижается потребность в большом штате персонала, задействованного в обеспечении движения

**Список литературы**

1. Галабурда В. Г., Соколов Ю. И., Королькова Н. В. Управление транспортной системой. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. 343 с.
2. Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания / Б. Л. Охотников. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 140 с.
3. Дорожно-транспортные травмы. Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (дата обращения: 11.05.2023)].
4. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе. Силакрогс : ПНБ принт, 2019. 576 с.
5. Юницкий А. Э. Инновационные транспортно-инфраструктурные технологии uST : альбом. Минск, 2021. 94 с.
6. Юницкий А. Э., Гарах В. А., Цырлин М. И. Струнный транспорт для городских перевозок пассажиров // Наука и техника транспорта. 2021. № 3. С. 19–25. ISSN 2074–9325.
7. Средство транспортное Юнилайт U4-830. Руководство по эксплуатации P143.83000.0000.000PЭ. Минск : ЗАО «Струнные технологии», 2023. 357 с.

**References**

1. Galaburda V. G., Sokolov Yu. I., Korolkova N. V. Transportation System Management. M. : FSBEI «Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport». 2016. 343 p.
2. Ohotnikov B. L. Operation of internal combustion engines / B. L. Ohotnikov. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2014. 140 p.
3. Road traffic injuries. World Health Organization website [Electronic resource]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (date of access: 11.05.2023).
4. Yunitskiy A. E. String transport systems: on Earth and in Space. Silacogs : PNB print, 2019. 576 p.
5. Yunitskiy A. E. uST innovative transport and infrastructure technologies : album. Minsk, 2021. 94 p.
6. Yunitskiy A. E., Garakh V. A., Tsyrlin M. I. String transport for urban passenger transportation // Science and technology of transport. 2021. No. 3. P. 19–25. ISSN 2074–9325.
7. Vehicle uLite U4-830. Operation Manual P143.83000.0000.0000M. Minsk: Unitsky String Technologies, Inc, 2023. 357 p.



Василий Николаевич  
Шуть

Vasily N. Shuts



Елена Владимировна  
Швецова

Alena V. Shviatsova

## Балансовая модель интересов транспортного предприятия и пассажиров в городских перевозках автоматическим транспортом

### Balance model of interests of a transport company and passengers in urban transportation by automatic transport

#### Аннотация

В работе исследуется технология организации перевозочного процесса в пассажирской городской транспортной системе на базе беспилотных автоматических транспортных средств. В последнее время интенсивно ведутся исследования в области разработки беспилотного транспорта во многих странах мира. На базе этих транспортных средств в дальнейшем должны быть разработаны полностью автоматические транспортные системы, исключая человека-диспетчера из контура управления городскими пассажирскими перевозками. Такие системы имеют параметры и возможности, намного превосходящие современные городские транспортные системы.

**Ключевые слова:** автоматический транспорт, информационно-транспортная система, организация перевозок, матрица корреспонденций, алгоритм организации перевозок, инфобус.

#### Abstract

The paper investigates the technology of organizing the transportation process in the passenger urban transport system based on unmanned automatic vehicles. Recently, research has been intensively conducted in the field of development of unmanned vehicles in many countries of the world. On the basis of these vehicles, fully automatic transport systems should be developed in the future, excluding the human dispatcher from the control loop of urban passenger transportation. Such systems have parameters and capabilities far superior to modern urban transport systems.

**Keywords:** automatic transport, information and transport system, transportation organization, correspondence matrix, transportation organization algorithm, infobus.

#### Авторы Authors

*Василий Николаевич Шуть, канд. техн. наук, доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь; e-mail: lucking@mail.ru | Елена Владимировна Швецова, аспирант, ст. преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь; e-mail: helengood@internet.ru*

*Vasily N. Shuts, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Intelligent Information Technologies Department, Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus; e-mail: lucking@mail.ru | Alena V. Shviatsova, Post-graduate student, Senior Lecturer of the Intelligent Information Technologies Department, Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus; e-mail: helengood@internet.ru*



Рис. 1. Автопоезд из одного и двух инфобусов на перекрестке

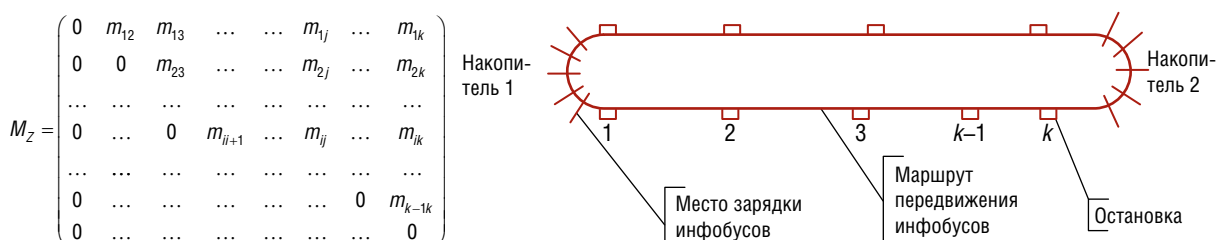


Рис. 2. Матрица корреспонденций и схема маршрута движения инфобусов

## Введение

Перед предприятиями, осуществляющими городские пассажирские перевозки, всегда стоит задача оптимизации перевозочной деятельности, достижения ситуации, когда спрос на перевозки совпадал бы с предложением, при минимальных транспортных издержках. С другой стороны, требуется повышение качества обслуживания пассажиров.

Качество пассажироперевозок оценивают регулярностью движения транспортных средств, величиной маршрутного интервала, наполнением транспортных средств (ТС), затратами времени пассажиров на ожидание ТС на остановках, скоростью сообщения [1]. Все эти показатели можно значительно улучшить, внедряя в городские перевозки автоматический транспорт [2].

## Автоматический городской пассажирский транспорт

Развитие информационных технологий позволяет пересмотреть концепцию организации и управления современным городским транспортом [3–5]. При этом все разнообразие городских пассажирских транспортных средств может быть упразднено и сведено к одной транспортной единице номинальной вместимости — инфобусу. Инфобус — это беспилотный электрокар небольшой вместимости (до тридцати пассажиров). В зависимости от интенсивности пассажиропотока на маршруте

управляющая ЭВМ (координирующий сервер) высылает на маршрут такое число инфобусов, чтобы суммарный объем их был равен или незначительно превышал объем пассажиропотока. При этом инфобусы собираются в кассеты, состоящие из различного числа единиц (рис. 1). Таким образом можно собрать транспортное средство любой вместимости, требуемое на маршруте в данный момент, быстро и без затрат, так как механические соединения в кассете отсутствуют. Соединение виртуальное, как в автопоездах [6].

Автоматическая транспортная система работает следующим образом. Пассажир, проходя через турникет остановочного пункта и оплачивая проезд, указывает остановку, до которой ему ехать. Так он инициализирует свое появление в системе с требованием на обслуживание и при этом преимущественно безостановочное либо с минимальным числом промежуточных остановок от пункта отправления и до пункта назначения.

Такая транспортная система является адаптивной к пассажиропотоку. Она своевременно и оперативно меняется и подстраивается под пассажиропоток.

Информация с терминалов поступает на координирующий сервер, который формирует матрицу корреспонденций  $M_Z$ ,  $Z = 1, 2, \dots$  (рис. 2), в которой фиксируется каждый прибывающий на остановку пассажир.

В матрице корреспонденций  $M_Z$ ,  $Z = 1, 2, \dots$  каждый элемент  $m_{ij}$  определяет число пассажиров, следующих с остановки  $i$  на остановку  $j$ ,  $i = \overline{1, k-1}$ ,  $j = \overline{2, k}$ . Здесь  $k$  — число остановок одного (прямого либо обратного) направления маршрута (рис. 2) [2, 7].

## Балансовая модель интересов

Различают два вида потерь перевозочного процесса:

- потери автотранспортного предприятия (АТП),  $P_A$ ;
- потери пассажира,  $P_P$ .

Потери АТП состоят в недозагрузке транспортного средства (ТС) на маршруте. Полный объем ТС составляет  $V$  пассажиров (пассажировместимость). На одного пассажира отводится  $\frac{1}{V}$  объема ТС. В случае если в ТС едет  $r$  пассажиров ( $r < V$ ), то недогрузка ТС составляет  $(V - r)$ . Это потери АТП, выраженные в пассажирах. Умножив  $P_A = V - r$  на стоимость проезда, получим эти потери в денежном эквиваленте.

На рис. 3 изображен график потерь АТП. В данной транспортной системе перевозка пассажиров с остановки  $i$ ,  $i = \overline{1, k-1}$  до остановки  $j$ ,  $j = \overline{2, k}$  осуществляется преимущественно без промежуточных остановок либо с минимальным числом таковых [2, 7].

На рис. 3 показан процесс снижения потерь по мере заполнения ТС, которое повезет пассажиров безостановочно от остановки  $i$  до  $j$ . График потерь АТП является ступенчатым, где размер ступеньки  $\frac{1}{V}$  указывает на приход на остановку  $i$  очередного пассажира до остановки  $j$  и снижение потерь АТП на эту величину.

Так, первый пассажир поступает на остановку  $i$  в момент времени  $t_1$  (он фиксируется в элементе  $ij$  матрицы корреспонденций  $M_2$ ). В момент времени  $t_2$  к остановке  $i$  подошли еще два пассажира, которые конечным пунктом поездки указали остановку  $j$ . График потерь АТП сразу понизился на две ступеньки и т.д.

Поступающие на остановку  $i$  пассажиры фиксируются в  $i$ -строке матрицы корреспонденций  $M_2$ . В некоторый момент времени  $t_r$  на остановке  $i$  оказалось число пассажиров, едущих до остановки  $j$ , равное  $r = m_{ij} = a \cdot V$ ,  $a \in [0.8, 1]$ . Это является критерием и сигналом к началу перевозки, так как транспортное средство будет до-

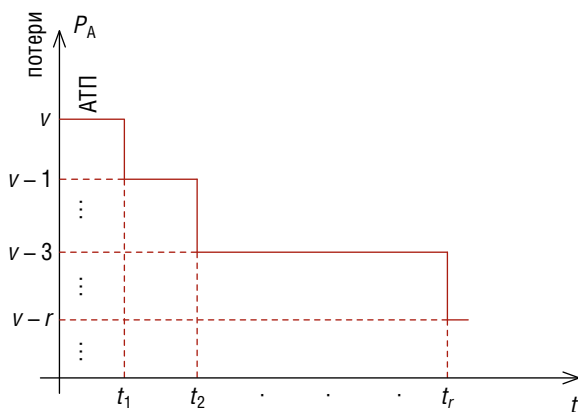


Рис. 3. График потерь АТП

вольно полно загружено пассажирами одной остановки назначения ( $j$ ) и потери АТП ( $P_A$ ) минимальны и составляют  $V - r$ . Единицей измерения потерь является один пассажир (пасс.).

Здесь коэффициент  $a$  регулирует уровень наполняемости транспортного средства пассажирами маршрута  $ij$ . При достижении требуемого уровня заполнения салона начинается перевозка. Положим, если установили  $a = 0.8$ , то при 80 % заполнении салона транспортного средства запускается процесс перевозки от остановки  $i$  к  $j$ .

Рассмотрим потери  $P_P$  пользователей ТС (пассажиров). Потери пассажиров  $P_P$  состоят в потере времени на ожидание ТС. Потери  $P_P$  растут пропорционально времени ожидания с заданным коэффициентом пропорциональности. Также эти потери растут с числом ожидающих на остановке пассажиров.

На рис. 4 представлен график потерь пассажира  $P_P$ . Точкой отсчета графика на рис. 4 (так же как и графика на рис. 3) является момент обнуления ячейки  $ij$  матрицы корреспонденций  $M_2$ , т.е. ТС загрузилось пассажирами, едущими от  $i$  к  $j$ , и отправилось с пассажирами по маршруту  $ij$  (от  $i$  к  $j$ ). На остановке  $i$  не осталось пассажиров  $ij$ .

Пассажиры от остановки  $i$  к остановке  $j$  проезжают без промежуточных остановок. После отправки ТС (инфобус) от остановки  $i$  к  $j$  начинается новый цикл и новый сбор пассажиров в ячейку  $ij$  матрицы корреспонденций  $M_2$ .

Пусть в момент времени  $t_1$  от начала отсчета в систему поступает первый пассажир, который системой фиксируется в  $ij$  ячейке матрицы корреспонденций  $M_2$ . Если для расчета потерь  $P_A$  транспортного предприятия серверу системы достаточно данных матрицы корреспонденций  $M_2$ , то для расчета потерь пассажира  $P_P$  необходимо ввести матрицу событий  $M_C$ , в  $ij$ -ячейке, которой будет фиксироваться время поступления каждого пассажира маршрута  $ij$  на  $i$ -остановку. По этим данным специальная программа будет производить расчет затрат  $P_P$  для каждой отдельной ячейки матрицы  $M_C$ .

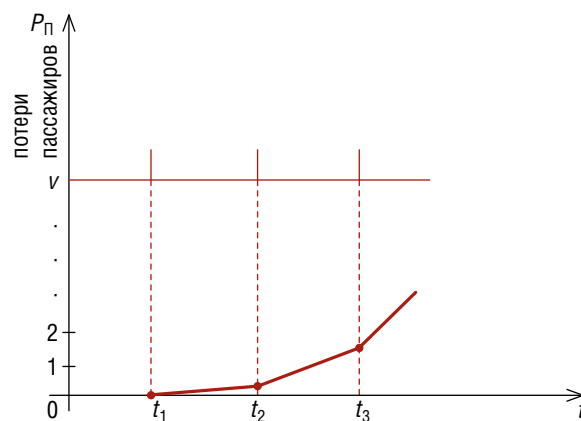


Рис. 4. График потерь пассажира



Чем ближе точка  $R$  находится к оси абсцисс  $Ot$  (отрезок  $Rt_r$ ), тем лучший результат перевозки будет как для АТП, так и для пассажиров. Общие потери  $P_A + P_{\Pi}$  в точке  $R$  равны  $2(V - r)$ . Таким образом, устанавливать баланс потерь между АТП и пассажирами можно путем задания коэффициента  $k$  и времени терпеливого ожидания  $T$ .

## Заключение

Предложена модель, позволяющая на основе расчетов потерь, которые несут стороны перевозочного процесса (перевозчик и пассажир), определять оптимальный баланс их интересов и организовывать на основе полученных сведений оптимальную пассажирскую перевозку. **ИТ**

## Список литературы

1. Гудков В. А., Миротин Л. Б. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М. : Транспорт, 1997.
2. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // Artificial intelligence. 2019. № 3–4. P. 40–49.
3. Капский Д. В., Семченков С. С., Ларин О. Н. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах // Наука и техника. 2022. Т. 21, № 4. С. 323–330.
4. Ларин О. Н., Козицкий Ю. Г. Принципы создания скоростных систем городского пассажирского транспорта // Инновационный транспорт. 2014. № 4 (14). С. 14–17. ISSN 2311–164X.
5. Глемба К. В., Ларин О. Н., Лазарев А. К. Современное состояние и развитие интеллектуальных транспортных систем в городах России // Проблемы и перспективы развития Евразийских транспортных систем. 2013. С. 68–71. ISBN 978-5-696-04407-1.
6. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) [Электронный ресурс]. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Road\\_Trains\\_for\\_the\\_Environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment) (дата обращения: 19.02.2019).
7. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19–22 Feb. 2020. Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. P. 349–352.

## References

1. Gudkov V. A., Mirotin L. B. Technology, organization and management of passenger automobile transportation. Moscow : Transport, 1997.
2. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // Artificial intelligence. 2019. No. 3–4. P. 40–49.
3. Kapsky D. V., Semchenko S. S., Larin O. N. Improving the efficiency of the use of information in the organization of passenger transportation in cities // Science and Technology. 2022. Vol. 21, No. 4. P. 323–330.
4. Larin O. N., Kozitsky Yu. G. Principles of creating high-speed urban passenger transport systems // Innotrans. 2014. No. 4 (14). P. 14–17. ISSN 2311–164X.
5. Glemba K. V., Larin O. N., Lazarev A. K. The current state and development of intelligent transport systems in Russian cities // Problems and prospects of development of Eurasian transport systems. 2013. P. 68–71. ISBN 978-5-696-04407-1.
6. The Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) project. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Road\\_Trains\\_for\\_the\\_Environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment) (accessed: 02/19/2019).
7. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19–22 Feb. 2020. Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. P. 349–352.





**Дмитрий Германович  
Неволин**

**Dmitry G. Nevolin**



**Алексей Алексеевич  
Цариков**

**Aleksey A. Tsarikov**



**Виктор Григорьевич  
Бондаренко**

**Viktor G. Bondarenko**



**Игорь Георгиевич  
Сорогин**

**Igor G. Sorogin**

## Перспективные направления развития конструкции подвижного состава городского пассажирского транспорта

### Promising areas of development of the urban passenger transport rolling stock structures

#### Аннотация

В статье рассмотрены основные тенденции развития конструкций пневмоколесных видов городского пассажирского транспорта, направленные на снижение себестоимости эксплуатации подвижного состава, повышение показателей удобства пассажиров и увеличение провозной способности транспортных систем.

**Ключевые слова:** городские пассажирские перевозки, подвижной состав, конструкция подвижного состава.

#### Abstract

The article discusses the main trends in the development of urban passenger transport pneumatic-wheeled type structures, aimed at reducing the cost of operation of rolling stock, increasing passenger convenience and carrying capacity of transport systems.

**Keywords:** urban passenger transportation, rolling stock, rolling stock structures.

#### Авторы Authors

**Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Алексей Алексеевич Цариков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Zarikof@mail.ru | **Виктор Григорьевич Бондаренко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Игорь Георгиевич Сорогин**, канд. пед. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ISorogin@usurt.ru

**Dmitry G. Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Aleksey A. Tsarikov**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Zarikof@mail.ru | **Viktor G. Bondarenko**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: viktorbondarenko73@mail.ru | **Igor G. Sorogin**, Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ISorogin@usurt.ru

## Введение

Развитие городского пассажирского транспорта в Российской Федерации происходило в основном в советское время, с конца 20-х гг. XX в. до начала распада Советского Союза. Именно советский период определил современный облик пассажирского транспорта российских городов, в том числе конструкции подвижного состава.

В городах постсоветского пространства использовалось четыре вида городского пассажирского транспорта, для которых производился выпуск подвижного состава: метрополитен, трамвай, автобус и троллейбус. Примечательно, что каждый из видов городского пассажирского транспорта выпускался одним или двумя крупными заводами страны, а также на предприятиях стран соцлагеря, поэтому конструкции настолько отличались друг от друга, что не могли обслуживаться в одном депо.

На современном этапе развития городов появились новые виды транспорта и источники энергии для движения, которые требуют разработки новых конструкций подвижного состава и модернизации уже существующих.

## Унификация конструкции пневмоколесных видов пассажирского транспорта

Первоначально развитие конструкции троллейбуса и автобуса шло различными путями. Наиболее массовая модель троллейбуса «ЗиУ-682», выпускаемая в Советском Союзе на заводе имени Урицкого (г. Энгельс), существенно отличалась от автобусов «ЛиАЗ-677» (Ликийский автобусный завод) и «Икарус-260» (Венгерская автобусная компания, город Будапешт) (рис. 1). Именно эти три марки чаще всего выходили на линии городских маршрутов и пе-



Рис. 1. Внешний вид наиболее массовых моделей пневмоколесного подвижного состава городского пассажирского транспорта постсоветского пространства: а — троллейбус «ЗиУ-682»; б — автобус «ЛиАЗ-677»; в — автобус «Икарус-260»

ревозили пассажиров в Советском Союзе. На автобусах «ЛиАЗ-677» устанавливали бензиновые двигатели, на «Икарус-260» — дизельные, а троллейбусы приводились в движение с помощью электродвигателя.

Распад Советского Союза отрицательно сказался на экспорте автобусов марки «Икарус», а также на вы-

пуске троллейбусов. Конструкции автобусов, используемых в российских городах, постепенно видоизменялись и пришли к унифицированному виду. Одновременно с этим возможности заводов подошли к тому уровню, когда заказчик мог выбирать тип и марку используемого двигателя (дизельный, газовый, электрический), вид

коробки передач (автоматическая или механическая), а также марки мостов.

Широкое использование двигателей, работающих на метане и пропане, и электродвигателей существенным образом изменило работу отечественных автобусных заводов. Достаточно перспективными в плане развития считаются автобусы, работающие на водородном топливе.

Перечисленные выше факторы говорят о том, что конструкция пневмоколесных видов городского пассажирского транспорта (автобусы, троллейбусы, электробусы и др.) должна быть унифицирована, т.е. кузов пассажирского транспорта должен быть разработан таким образом, чтобы на нем можно было устанавливать любые типы двигателей и источников питания.

### Индивидуальный колесный привод

Разработка и вступление в силу нормативной документации, касающейся маломобильных групп граждан [1–3], требует от городских властей использования на маршрутах общественного транспорта низкопольного и полунизкопольного подвижного состава. Для снижения уровня пола необходимо существенное переоборудование салона подвижного состава: изменение конструкции мостов, расположение карданного вала под другим углом. Это увеличивает массу машины, снижает эффективность и повышает стоимость привода.

Для решения данной проблемы фирмой ZF-EE Drive разработан индивидуальный привод колес (рис. 2). Схема включает в себя тяговые двигатели, встроенные в колесную передачу. Привод мотор-колеса может комплектоваться как одинарной, так и сдвоенной шиной, содержит дисковые тормоза, двойной планетарный механизм. Устройство разработано для низкопольных транспортных средств, имеющих в качестве энергетической установки двигатель внутреннего сгорания, но может использовать питание от контактной сети или аккумуляторов [4].

### Использование пневмоколесных видов транспорта с двухсторонним открыванием дверей

Наиболее перспективным направлением для развития городского пассажирского транспорта в России является организация скоростного автобусного движения [5]. Скоростной автобус широко используется в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии, его преимуществами являются высокая провозная способность линий и минимальные сроки для открытия системы. Одновременно с этим для скоростного автобуса необходим иной подвижной состав. Автобус-

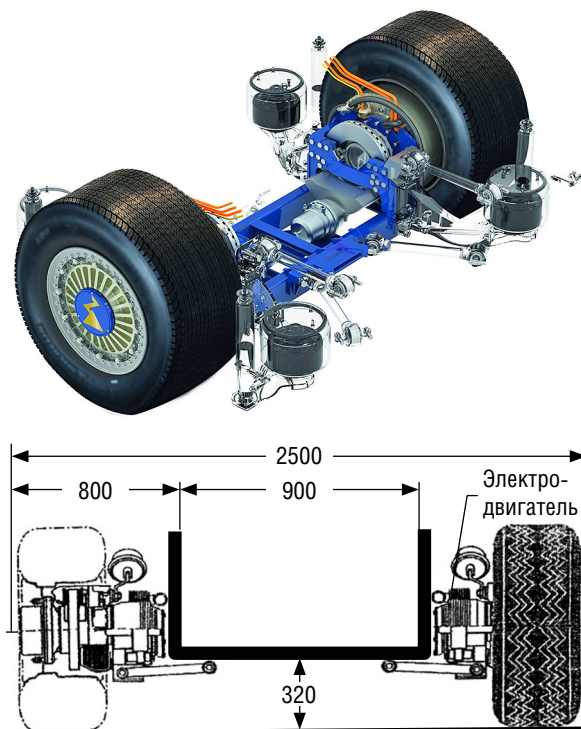


Рис. 2. Внешний вид переднего моста троллейбуса с установленными на нем мотор-колесами

ные линии могут проходить таким образом, что остановочные пункты нужно организовывать как слева, так и справа по ходу движения, поэтому стандартные автобусы с правосторонним расположением дверей для таких систем не подходят. Так, например, в Стамбуле скоростной автобус движется в противоположном направлении. Российским городам в перспективе понадобятся автобусы и троллейбусы с двусторонним расположением дверей (рис. 3), позволяющие организовывать остановочные пункты как по оси проезжей части улицы, так и у пешеходного тротуара.

### Разработка и выпуск пневмоколесных видов транспорта с двойным сочленением

Использование в городах России систем скоростного автобуса или скоростного троллейбуса позволит обслуживать до 14000 пассажиров в час в одном направлении. Подобные потоки можно наблюдать в любом городе России с населением более 1 миллиона жителей. Для увеличения провозной способности скоростного автобуса необходим более вместительный подвижной состав. В мировой практике для этого используют автобусы и троллейбусы с двумя сочленениями-прицепами (рис. 4).

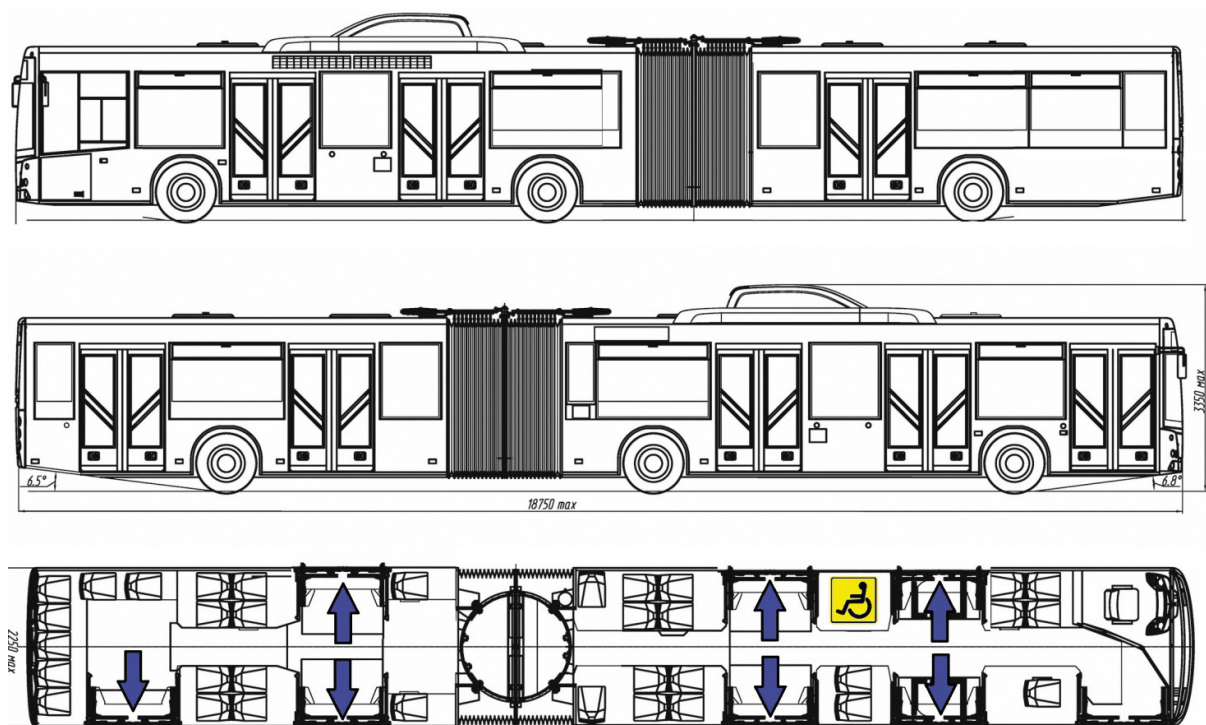


Рис. 3. Схема автобуса особо большого класса с двухсторонним расположением дверей



Рис. 4. Подвижной состав двойного сочленения на линии скоростного автобуса

Обслуживание скоростных автобусных линий удлиненным подвижным составом может увеличить провозную способность линии до 20000 пассажиров в час. В наиболее сложных случаях, когда под трассу скоростного автобуса выделяется 4 полосы движения, провозная способность системы может достигать 48000 пассажиров в час [5].

Стоит учесть, что скоростной автобус по пропускной способности и скорости сообщения является промежуточным видом городского пассажирского транспорта между метрополитеном и трамваем. Он должен использоваться на тех направлениях, где трамвай не справляется с возникшими пассажиропотоками, при этом транспортные потоки экономически неэффективны для строительства метрополитена.

## Прицепы для пневмоколесных видов транспорта как альтернатива сочлененным автобусам и троллейбусам

Интенсивность движения транспорта и объем пассажиропотока меняется в значительных пределах в течение суток. Максимального значения пассажиропотоки городского общественного транспорта достигают в утренние часы, когда жители города едут на работу, а также в вечерние, когда возвращаются домой. Проблема перевозки пассажиров в пиковые часы суток появилась в городах постсоветского пространства еще в начале 30-х гг. XX в., в период индустриализации. В этот период рост численности городов в значительной мере опережал возможности общественного транспорта.

В 70-е и 80-е гг., несмотря на увеличение количества подвижного состава городского пассажирского транспорта, проблема перевозки в часы пик продолжала оставать-

ся актуальной. Особенно остро ситуация обстоит на линиях, обслуживающих крупные промышленные предприятия и высшие учебные заведения [6, 7]. На современном этапе развития городов России проблема перевозки пассажиров в часы пик также остается актуальной и требует поиска решения.

Обследование пассажиропотоков на линиях общественного пассажирского транспорта в городах различной крупности показало, что объем перевозок меняется в широких пределах по часам суток, дням недели и отдельным направлениям. На рис. 5 показаны изменения объема перевезенных пассажиров по часам суток для Москвы, Свердловска и Нижнего Тагила [8].

Как видно из рис. 5, в городах Советского Союза объем перевезенных пассажиров достигал максимального значения в утренний час пик (с 7:00 до 9:00) и в вечерний час пик (с 17:00 до 19:00). В межпиковый период времени, примерно с 9:00 до 17:00, спрос на перевозки общественным транспортом резко снижался и достигал значения 40–50 % от пиковых периодов. Это означает, что потребность в провозной спо-

собности общественного транспорта в данный период снижалась практически в 2 раза. Обычно для нормального обслуживания пассажиров в крупных городах увеличивают интервал движения между подвижным составом в 1,5–2 раза. Это обеспечивает равномерную загрузку салона пассажирского транспорта и минимизирует затраты транспортных предприятий.

Наибольшие проблемы с перевозкой в часы пик возникают на маршрутах, связывающих спальные районы с крупными предприятиями и вузами. Здесь разница между объемом перевозок пассажиров в часы пик и в межпиковый период может отличаться в 10 раз и более. В таких условиях применяемый на автотранспортных предприятиях метод расчета потребности подвижного состава приводит к значительному отвлечению ресурсов. При этом организованное таким образом транспортное обслуживание крайне редко удовлетворяет потребности населения [8].

Транспортные предприятия крупных городов для обслуживания особо нагруженных маршрутов стали внедрять автобусы и троллейбусы большой вместимости еще в 70-е гг. XX в.

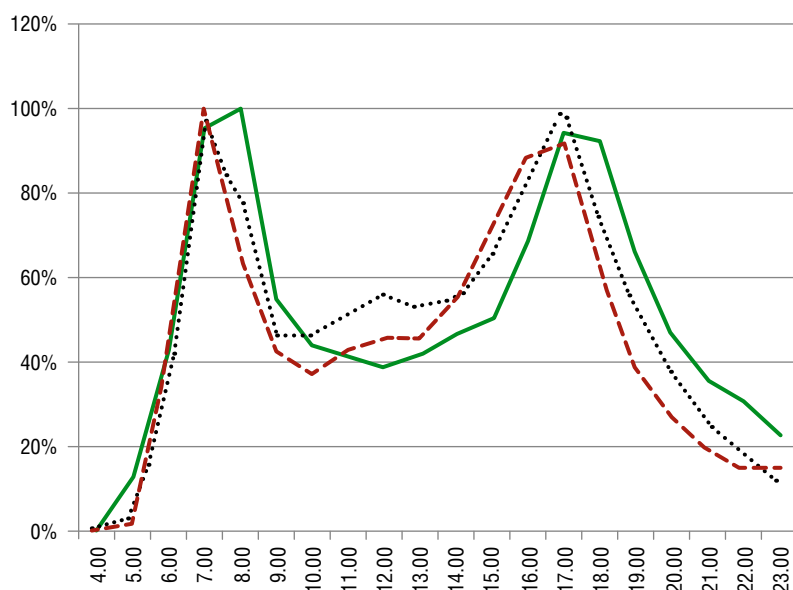


Рис. 5. Распределение объема перевезенных пассажиров в отдельные часы суток по Москве, Свердловску и Нижнему Тагилу: ..... — Свердловск, 1986 г.; - - - - - Н. Тагил, 1988 г.; — Москва, 1973 г.

Несмотря на большую вместимость, в процессе эксплуатации автобусов возникали определенные экономические проблемы: после перевозки многочисленных пассажиров к месту работы спрос на провозную способность падал в 2–5 раз. Транспортные предприятия искали различные пути снижения эксплуатационных расходов при использовании автобусов особо большой вместимости, организовывали отстой подвижного состава в течение нескольких часов, перемещали их на другие маршруты, но этого не хватало для нормального обслуживания крупных промышленных предприятий. Фактически автобусы в часы пик ездил со значительным перегрузом, а в межпиковый период ходили пустыми. Для решения данной проблемы, по мнению авторов, необходимо использование пассажирских прицепов. Прицепы для пассажиров в этом случае используются совместно автобусом-тягачом в часы пик, а в межпиковый период автобус перевозит пассажиров в одиночку.

На рис. 6 показан прицеп марки Göppel Maxi Train, который на данный момент широко используется в Германии. Опыт эксплуатации показал, что автопоезд (автобус + прицеп) перевозит 170–200 пассажиров одновременно, что на 30 % больше, чем сочлененные автобусы длиной 18 м, и на 50 % больше, чем у боль-



Рис. 6. Внешний вид прицепа Göppel Maxi Train

ших автобусов длиной 12 м. Подобная схема работы позволяет экономить 71000 л дизельного топлива на трех автопоездах. При этом ежегодный общий пробег снижается также за счет отказа от разгрузочных автобусов, а при пробеге в 108 тыс. км экономится около 34000 л дизельного топлива.

Отечественным автозаводам также необходимо организовать аналогичное производство, используя при этом существующую линейку автобусов. Подобные предложения позволили бы решить проблемы перегруженности подвижного состава

в часы пик, а также улучшить экономические показатели работы транспортных предприятий.

На рис. 7 показана схема расположения сидений в автобусных прицепах Göppel Maxi Train. Как видно из рисунка, в зависимости от ситуации можно использовать разные варианты расположения сидений в салоне.

Процесс управления автопоездом, состоящим из автобуса и прицепа, существенно отличается от управления сочлененным автобусом. Прежде всего это связано с разным числом осей и узлов сочленения.

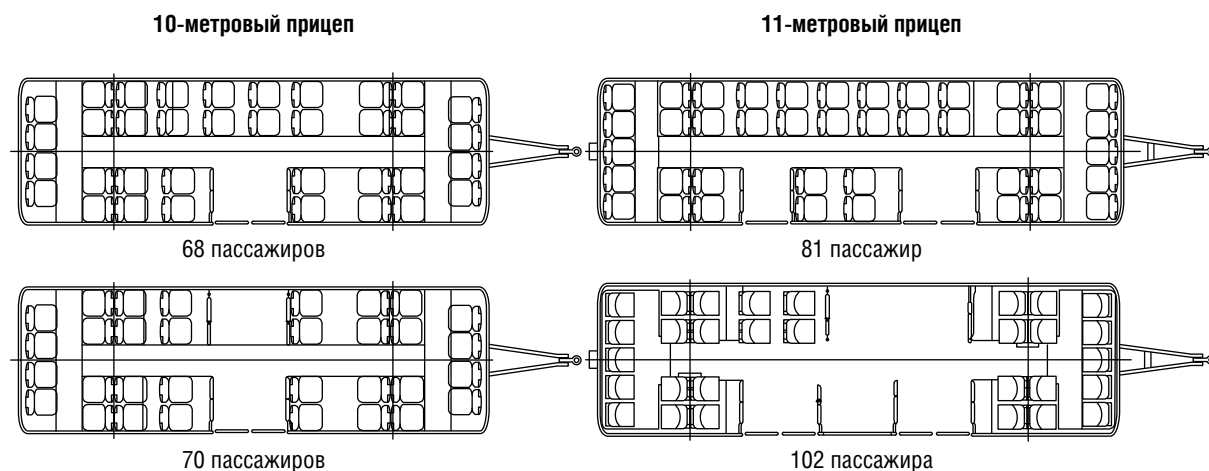


Рис. 7. Схема расположения сидений в салоне пассажирского прицепа

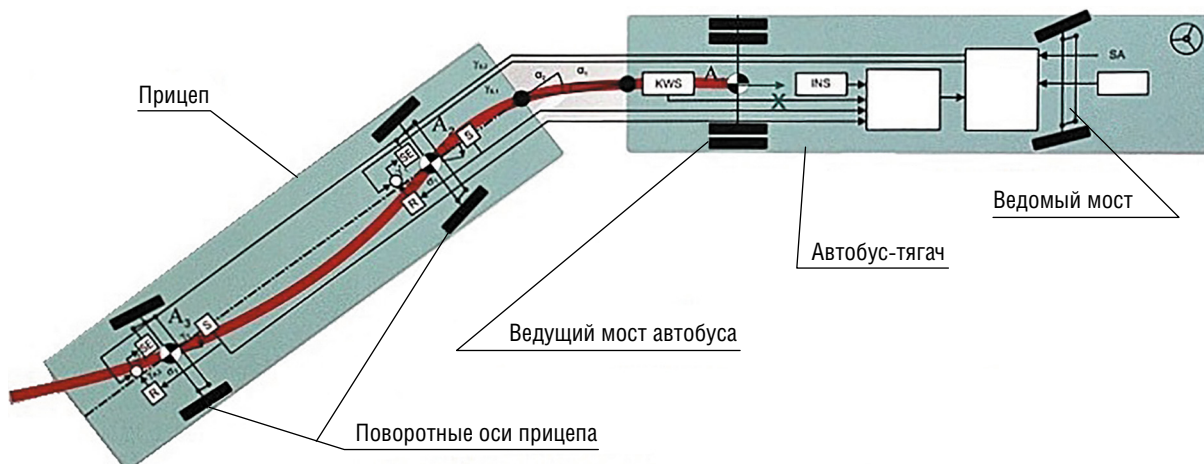


Рис. 8. Схема движения автопоезда (автобус + прицеп) по криволинейной траектории

На рис. 8 представлена схема движения автобусного автопоезда по криволинейной траектории. Передняя и задняя оси прицепа имеют возможность подруливания. Это позволяет более точно повторять траекторию движения тягача (автобуса) и особенно актуально на узких улицах исторических частей городов.

## Выводы

За последние 100 лет конструкции автобусов и троллейбусов существенно модернизировались. Улучшились ходовые характеристики, изменился микроклимат салона. В дальнейшем для улучшения конструкции подвижного состава необходимо уделить внимание ма-

териалам, используемым при производстве автобусов и троллейбусов. Так, алюминиевые сплавы и композиционные материалы, с одной стороны, позволяют облегчить конструкцию машины, а с другой — замедлить процесс разрушения несущих конструкций.

Отдельного внимания заслуживают силовая установка и трансмиссия. Современные автобусы и троллейбусы в ряде случаев служат до 30 лет, а в перспективе могут выйти на показатели в 50 лет. Столь продолжительный период службы требует увеличения ресурса коробок передач и мостов, облегчения процесса их замены, а также минимизации затрат на капитальный ремонт. Дальнейшие исследования ученых и специалистов в области автомобильного транспорта должны проводиться именно в вышеуказанных направлениях. **ИТ**

## Список литературы

1. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659328>.
2. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209>.
3. ГОСТ Р 51090–2017. Средства общественного пассажирского транспорта. Общие технические требования доступности и безопасности для инвалидов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156994>.
4. Богдан Н. В., Николаев В. П., Сафонов А. И. Перспективные направления развития городского нерельсового электрического транспорта. Минск : Ураджай, 1999. 62 с.
5. Сосыанц В. Г., Филлипов В. А., Юдин В. А. Организация движения, сигнализация и блокировка : учебное по-

## References

1. SP 59.13330.2020. Accessibility of buildings and structures for low-mobility groups of the population. Updated version of SNiP 35-01-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659328>.
2. SP 42.13330.2016. A set of rules. Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNiP 2.07.01-89\*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209>.
3. GOST R 51090–2017. Means of public passenger transport. General technical requirements of accessibility and safety for the disabled. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200156994>.
4. Bogdan N. V., Nikolaev V. P., Safonov A. I. Promising directions of development of urban non-rail electric transport. Minsk : Urajay, 1999. 62 p.
5. Sosyants V. G., Filippov V. A., Yudin V. A. Traffic management, signaling and blocking : a textbook for students of higher educational institutions. M., 1960. 212 p.

собие для студентов высших учебных заведений. М., 1960. 212 с.

6. Скоростные автобусные перевозки. Руководство по планированию. Нью-Йорк : Институт политики транспорта и развития, 2007. 1004 с.
7. Марченко В. А., Сverdlin Л. И. Транспортное обслуживание трудящихся крупных промышленных предприятий. М. : Транспорт, 1981. 64 с.
8. Цариков А. А. Проблемы обслуживания маршрутов городского пассажирского транспорта в часы пик // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса : материалы национальной научно-практической конференции. Хабаровск, 2021. Вып. 21. С. 205–209.
6. High-speed bus transportation. Planning guide. New York : Institute for Transport and Development Policy, 2007. 1004 p.
7. Marchenko V. A., Sverdlin L. I. Transport service of workers of large industrial enterprises. M. : Transport, 1981. 64 p.
8. Tsarikov A. A. Problems of servicing routes of urban passenger transport during rush hours // Far East: problems of development of architectural, construction and road transport complex : materials of the national scientific and practical conference. Khabarovsk, 2021. Issue 21. P. 205–209.





**Олег Рашитович  
Ильясов**  
Oleg R. Ilyasov



**Юлия Михайловна  
Сибирякова**  
Yulia M. Sibiryakova

## Совершенствование технологии работы моечной машины локомотивного депо с использованием моющего средства, содержащего неионогенное поверхностно-активное вещество

### Improving the technology of the locomotive depot washing machine using a detergent containing a non-ionic surfactant

#### Аннотация

В работе рассмотрены моющие средства для очистки деталей подвижного состава, предложена схема по оптимизации производственных процессов при технологии очистки деталей железнодорожного транспорта, перечислены преимущества предлагаемых технологий, представлены методы и результаты исследований очистки загрязненных металлических поверхностей растворами, содержащими неионогенное поверхностно-активное вещество (ПАВ) и каустическую соду.

**Ключевые слова:** очистка металлических поверхностей, моющий раствор, очистные сооружения, моечная машина, каустическая сода, неионогенное поверхностно-активное вещество (ПАВ), технологическая схема.

#### Abstract

The paper considers detergents for cleaning rolling stock parts, proposes a scheme for optimizing production processes in the technology of cleaning railway transport parts, lists the advantages of the proposed technologies, presents methods and results of research on cleaning contaminated metal surfaces with solutions containing non-ionic surfactant and caustic soda.

**Keywords:** cleaning of metal surfaces, cleaning solution, sewage treatment plants, washing machine, caustic soda, nonionic surfactant, technological scheme.

#### Авторы Authors

*Олег Рашитович Ильясов, д-р биол. наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ilyasov3@rambler.ru | Юлия Михайловна Сибирякова, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: juliya.sibiryakova@mail.ru*

*Oleg R. Ilyasov, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Technosphere Safety Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ilyasov3@rambler.ru | Yulia M. Sibiryakova, post-graduate student of the Department "Track and Railway Construction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: juliya.sibiryakova@mail.ru*

## Актуальность проблемы и цель исследования

При деповском и текущем ремонте вагонов обмывается более 83200 колесных пар, а у локомотивов — 16640 колесных пар. Для мойки одной колесной пары используется раствор, содержащий 4 кг/м<sup>3</sup> каустической соды, который в дальнейшем сбрасывается в канализацию. Только с одного эксплуатационного депо ежедневно со сточными водами от моечной машины уходит около 12 кг CaCO<sub>3</sub> [1]. Избежать столь значительных потерь реагентов и сократить затраты на очистку сточных вод можно с помощью бессточных рециркуляционных технологий закрытого (замкнутого) типа. Для этого используются самоочищающиеся моющие средства, содержащие неионогенное поверхностно-активное вещество (ПАВ), полиэлектролит, водорастворимую соль щелочных металлов. Такие растворы применяются не только в моечных машинах для отмывки колесных пар, букс, узлов и подшипников, но и для очистки железнодорожных цистерн от нефтепродуктов и масел.

Цель данного исследования — оптимизация технологического процесса мойки деталей с применением моющего средства нового поколения, содержащего ПАВ.

При организации производственных процессов по очистке деталей железнодорожного транспорта применяется технологическая схема с использованием каустической соды, представленная на рис. 1.

Для обеспечения бессточного рециркуляционного режима обработки деталей и соответствия экологическим требованиям к сбросу технологических растворов в городскую канализацию необходимо оптимизировать производственные процессы при обмывке деталей с помощью самоочищающегося моющего средства нового поколения, содержащего ПАВ (рис. 2).

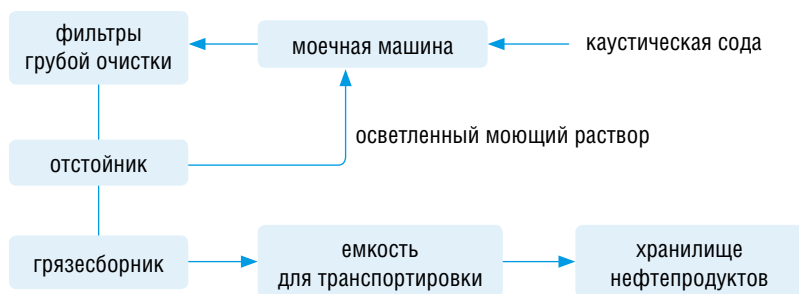


Рис. 1. Технологическая схема с применением раствора каустической соды

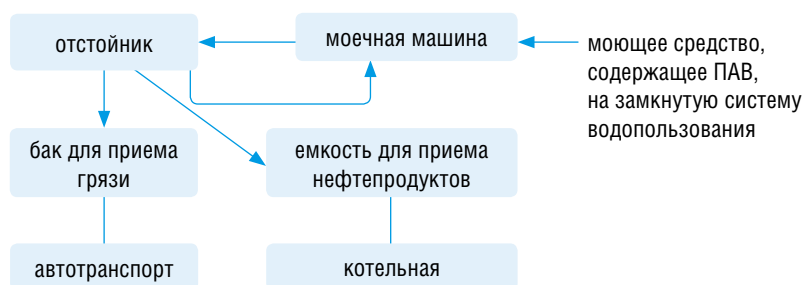


Рис. 2. Технологическая схема с применением раствора, содержащего ПАВ

Технология с использованием средства, содержащего ПАВ, имеет существенные преимущества:

- отходы моечного процесса не сбрасываются в канализацию;
- уменьшаются затраты на утилизацию и транспортировку нефтеотходов, на строительство новых и реконструкцию действующих очистных сооружений;
- система работает в замкнутом рециркуляционном режиме, не требует замены и слива моющего раствора;
- обеспечивается замкнутая система водопользования и бессточность технологического процесса;
- возможно дальнейшее использование моющего раствора в качестве топлива для котельных;
- исключается процесс промывки всех металлических баков за счет ингибиторных свойств раствора (на стенках образуется антикоррозионная защитная пленка);
- улучшение условий труда рабочих и снижение уровня профессиональных технических заболеваний.

## Методы исследований

Для проведения лабораторных исследований использовались загрязненные и собранные с железнодорожного полотна металлические образцы. Данные образцы подвергали отмывке от нефтепродуктов, масел и мазута с помощью двух сравниваемых моющих средств — моющего средства, содержащего ПАВ, и каустической соды.

Для определения эффективности отмывки деталей от нефтепродуктов с помощью средства на основе ПАВ были выполнены исследования при различных параметрах технологического процесса с использованием моющего раствора. Определение оптимального времени отмывки деталей проводили с периодом экспозиции 20, 30, 40, 50, 60 минут без механического воздействия на раствор. С раствором каустической соды параметры времени обмывки остались те же.

Далее исследовалось влияние температуры моющего раствора на качество отмывки металлических образцов без дополнительного фи-

зического воздействия на раствор при температуре 45, 50, 55, 60, 70 и 80 °С. В дальнейшем уменьшали температуру до 35 °С. С раствором каустической соды температура изменялась от 60 до 90 °С.

Для выявления зависимости эффективности очистки металлических образцов от концентрации средства, содержащего ПАВ, в растворе в дистиллированную воду добавляли моющий порошок до концентрации 1,5; 2; 2,5; 3 и 3,5 %. Температура раствора поддерживалась в пределах 45 °С. Детали отмывались в течение 20 минут.

Для сравнения результатов моющих растворов с содержанием ПАВ и каустической соды проведены аналогичные исследования при таких же концентрациях, как с раствором на основе ПАВ, при температуре раствора каустической соды 80 °С и периодом экспозиции 60 минут при изменении концентрации от 1,5 до 3 %.

## Результаты исследований

Установлено, что эффективность отмывки нефтепродуктов с металлических образцов значительно выше с периодом экспозиции 20 минут (0,3974 г). Далее наблюдается резкий спад до 0,1276 г. При увеличении времени отмывки до 60 минут концентрация нефти не превышала наиболее высокого значения (рис. 3).

При отмывке загрязненных металлических образцов каустической содой с периодом экспозиции, таким же как и с раствором на основе ПАВ, эффект отмывки достигается только после 40 минут (рис. 4).

При исследовании влияния температуры моющего раствора было установлено, что снижение температуры до 45 °С приводит к самому высокому эффекту отмывки (рис. 5). С понижением температуры раствора до 35 °С количество отмываемых нефтепродуктов уменьшается.

При обработке металлических образцов раствором каустической соды установлено, что при увеличении температуры раствора повышается эффективность отмывки. В то же время при изменении температуры от 80 до 90 °С особого улучшения качества отмывки деталей не наблюдалось. Оптимальная температура раствора составила 80 °С. Результаты испытаний показаны на рис. 6.

С повышением концентрации раствора, содержащего ПАВ, до 2 % значительно увеличилась эффективность отмывки образца — в 5,1 раза (с 0,1014 до 0,5184 г), но при повышении концентрации до 3,5 % количество отмытых нефтепродуктов в нем не превысило такого же значения, как при 2%-м моющем растворе (рис. 7).

Наиболее высокий эффект очистки металлических образцов с помощью раствора каустической соды достигается только при 3,5%-й концентрации моющего щелочного раствора (рис. 8).

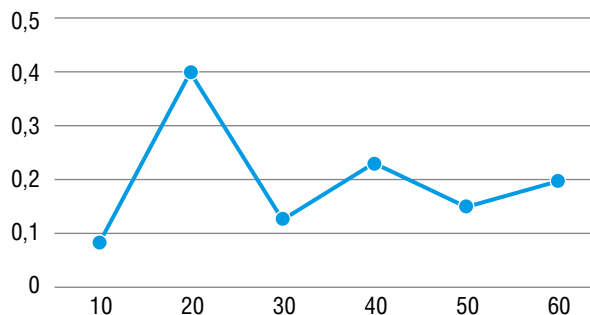


Рис. 3. Изменение концентрации отмытых нефтепродуктов в зависимости от времени отмывки в растворе, содержащем ПАВ

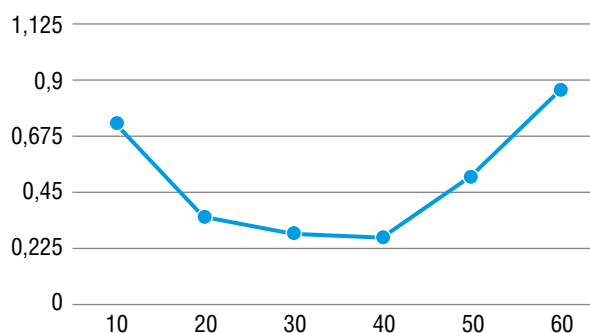


Рис. 4. Изменение концентрации отмытых нефтепродуктов в зависимости от времени отмывки в растворе каустической соды

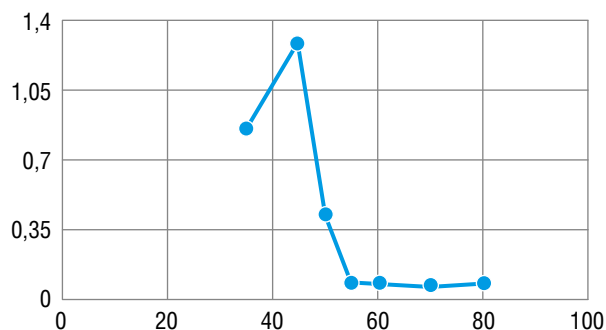


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки замаслуженных металлических образцов от температуры моющего раствора, содержащего ПАВ

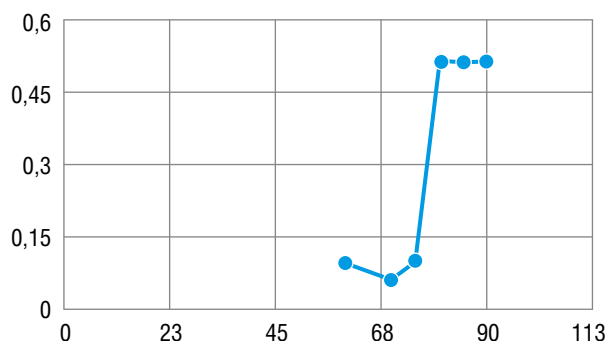


Рис. 6. Зависимость эффективности очистки замаслуженных металлических образцов от температуры раствора каустической соды

## Организация производства (транспорт)

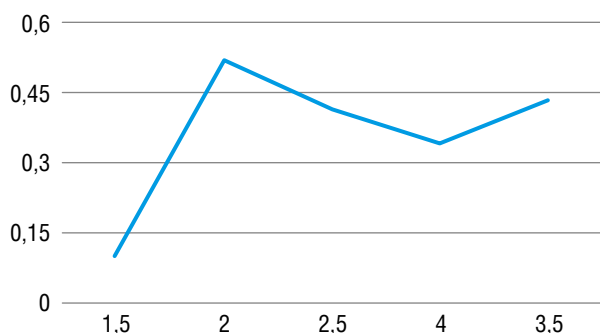


Рис. 7. Зависимость эффективности очистки замасленных металлических образцов от концентрации раствора, содержащего ПАВ

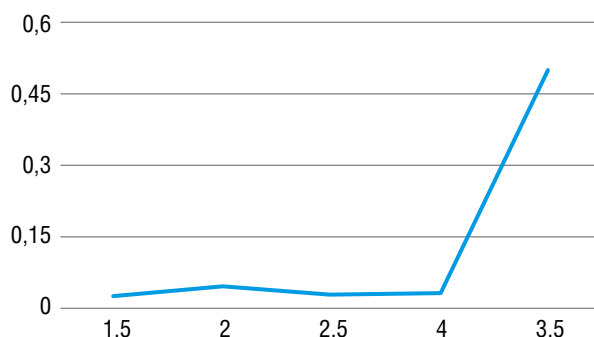


Рис. 8. Зависимость эффективности очистки замасленных металлических образцов от концентрации раствора каустической соды

## Выводы

Внедрение нового мощного технического средства на основе ПАВ в систему водоснабжения моечной машины позволит получить значимые результаты:

- экономию средств за счет снижения энергозатрат на нагрев раствора;
- снижение потребления промышленной воды;
- высокое качество отмывки деталей;
- снижение вредного воздействия на организм человека в результате уменьшения концентрации мощного раствора;
- высокий экологический эффект в результате внедрения замкнутого цикла отмывки и устранения сброса загрязняющих веществ в окружающую среду;
- использование нефтепродуктов в качестве топлива.

Лабораторные исследования показали, что при использовании мощного средства, содержащего ПАВ, эф-

фективность отмывки нефтезагрязненных поверхностей достигается при концентрации раствора 2 % и при его нагреве лишь до 45 °С с периодом экспозиции 20 минут. А при использовании раствора каустической соды концентрация его должна быть не меньше 3,5 %, температура раствора — не менее 80 °С, период экспозиции — 60 минут.

Также при использовании мощного средства на основе ПАВ меняется технологическая схема для моечной машины: промывка металлических баков не требуется, поэтому уменьшается количество потребляемой воды, не нужны фильтры грубой очистки, бак для транспортировки заменен на бак для приема малообводненных нефтепродуктов, грязесборник используется как бак для осветленного раствора.

Таким образом, применение технологии с использованием мощного средства, содержащего неионогенное поверхностно-активное вещество, дает лучший результат по многочисленным критериям. **ИТ**

## Список литературы

1. Алексеева Е. Г. Очистка сточных вод предприятий железнодорожного транспорта. М. : Транспорт, 1989. 53 с.
2. Пат. RU 2448155 С 1, МПК С 11D 3/06. Техническое моющее средство / Андреев Г. К. № 2010143293/04; заявл. 25.10.2010; опубл. 20.04.2012.

## References

1. Alekseeva E. G. Wastewater treatment of railway transport enterprises. M. : Transport, 1989. 53 p.
2. Pat. RU 2448155 С 1, IPC С 11D 3/06. Technical detergent / Andreev G. K. No. 2010143293/04; app. 25.10.2010; publ. 20.04.2012.



**Инна Леонидовна  
Парахненко**  
Inna L. Parakhnenko



**Маргарита Владимировна  
Саттарова**  
Margarita V. Sattarova

## Использование программного комплекса ЕКАСУИ при содержании элементов инфраструктуры

### Using the UCAIMS software package for maintenance of infrastructure elements

#### Аннотация

В статье описаны основные дефектоскопные средства, их особенности и условия использования, приведен процесс передачи информации между объектами железнодорожной инфраструктуры, рассмотрен программный комплекс «Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой» (ЕКАСУИ), даны предложения по улучшению работы системы.

**Ключевые слова:** контроль, дистанция пути, мониторинг, отступления, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕКАСУИ), путеизмерительная лента.

#### Abstract

The article describes the main flaw detection tools, their features and conditions of use, describes the process of transferring information between railway infrastructure facilities, considers the software package “Unified Corporate Automated Infrastructure Management System” (UCAIMS), and offers suggestions for improving the system.

**Keywords:** control, track distance, monitoring, deviations, Unified Corporate Automated Infrastructure Management System (UCAIMS), track measuring tape.

#### Авторы Authors

**Инна Леонидовна Парахненко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: [Iparakhnenko@usurt.ru](mailto:Iparakhnenko@usurt.ru) | **Маргарита Владимировна Саттарова**, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: [semenovamargarita814@gmail.com](mailto:semenovamargarita814@gmail.com)

**Inna L. Parakhnenko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Track and Railway Construction”, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: [Iparakhnenko@usurt.ru](mailto:Iparakhnenko@usurt.ru) | **Margarita V. Sattarova**, Post-graduate student of the Department “Track and Railway Construction”, Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia; e-mail: [semenovamargarita814@gmail.com](mailto:semenovamargarita814@gmail.com)

Основным направлением развития железнодорожной инфраструктуры является обеспечение безопасности и бесперебойности движения железнодорожных экипажей, следующих с максимальными скоростями. Для этого все элементы инфраструктуры должны находиться в исправном состоянии.

Эксплуатационная длина железнодорожного пути Российской Федерации на конец 2022 г. превышала 87 тыс. км — для такой протяженности необходим особый контроль за состоянием как верхнего, так и нижнего строения пути. Содержание заключается в предотвращении появления деградации пути и в своевременном устранении отступлений в плане и профиле, появившихся вследствие тяжелых условий эксплуатации. Объемы и время, выделенное для устранения дефектов (отступлений), регламентируют с учетом грузонапряженности и максимальной скорости на заданном участке пути. А периодичность повторений по ремонтным работам связана с общим техническим состоянием железнодорожного пути в настоящее время, протяженностью и степенью деформаций, а также выбранным способом восстановления нормальной геометрии.

Проведение комплекса мероприятий по устранению возникающих отступлений требует составления плана-графика с четким пониманием количества необходимых операций. Для согласования участка работ необходима диагностика всех составляющих железнодорожного пути по перекосам, рихтовке, отводам возвышения наружного рельса, просадкам и т.д. Такие проверки производятся с помощью средств дефектоскопии (вагонов, тележек и шаблонов), предназначенных для регистрации скрытых дефектов в рельсовых нитях методом неразрушающего контроля.

На Свердловской железной дороге применяются два основных вида путеизмерительных приборов: самоходные и ручные.



Рис. 1. Вагон-дефектоскоп ВД-УМТ-2



Рис. 2. Совмещенный вагон-дефектоскоп «АВИКОН-03М»



Рис. 3. Совмещенный вагон-дефектоскоп ПС-483

К самоходным относятся вагон-дефектоскоп и автомотрисы.

Вагоны предназначены для сплошного скоростного контроля головок рельсов, уложенных в путь (рис. 1–3).

Отличительными особенностями вагона ВД-УМТ-2 (рис. 1) являются дефектоскопная тележка новой конструкции, бесконтактная магнитная центрирующая система, камера линейного видео.

Вагон-дефектоскоп «АВИКОН-03М» (рис. 2) оснащен устройствами ультразвукового контроля, позволяющими обнаруживать дефекты на ранней стадии развития, отличается повышенной достоверностью контроля за счет совместного использования данных ультразвуковых и магнитных каналов. Преимущества данного дефектоскопа заключаются в том, что используемый инструмент одновременно решает зада-

чи плотного прилегания к поверхности объекта за счет упругих свойств, звукопроводности — за счет гидрогеля, а при необходимости — передачи (приема) УЗ-колебаний под заданным углом.

Автомотриса АМД-3 (рис. 4) представляет собой самоходный реверсивный механизированный комплекс для скоростного контроля железнодорожных рельсов типа Р50, Р65, Р75. Повышенная чувствительность к выявлению дефектов и значительное увеличение скорости контроля позволяют повысить достоверность и производительность дефектоскопии рельсов. Автомотриса может эксплуатироваться в любых погодных условиях и в любое время суток при температуре окружающего воздуха от  $-40$  до  $+40$  °С.

К ручным путеизмерительным приборам относятся дефектоскопные тележки (рис. 5–7) и шаблоны [1].

Тележки предназначены для обнаружения дефектов в железнодорожном пути и стрелочных переводах и определения глубины залегания этих дефектов. Включена автоматизированная расшифровка результатов контроля, что позволяет исключить влияние человеческого фактора на достоверность и результаты контроля. Дефектоскопные тележки особенно эффективны на малодеятельных участках и подъездных путях.

Тележка «СПРУТ» (рис. 6) предназначена для сплошного и локального (вторичного) контроля рельсов, сварных стыков и элементов стрелочных переводов. Измеряя ширину и уровень рельсовой колеи, «СПРУТ» определяет дефекты в обоих нитях пути по всей длине и сечению рельсов (за исключением перьев подошвы, участков шейки и подошвы под болтовыми отверстиями), фиксируя при этом координаты каждого дефекта.

Тележка «АВИКОН-01» (рис. 7) упрощает измерения даже в сложных условиях. Благодаря современ-



Рис. 4. Автомотриса дефектоскопная АМД-3



Рис. 5. Самоходная тележка «АВИКОН-16»



Рис. 6. Дефектоскопная диагностическая тележка «СПРУТ»

ной элементной базе и безупречной сборке оборудование легко справляется с интенсивной эксплуатацией в лабораториях и на открытой мест-

ности без ущерба для точности. Оно отвечает отраслевым стандартам и не нуждается в затратном обслуживании.



Общий вид



Экран и пульт управления



Вид сбоку

Рис. 7. Дефектоскопная тележка «АВИКОН-01»

Помимо перечисленных способов, выявление отклонений железнодорожного пути ведется с помощью путевого шаблона ПШ-1520В. Путьевые шаблоны бывают двух видов: с автоматической передачей в единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой и в виде ручного прибора с постобработкой информации (ручное внесение в программный комплекс). В обоих вариантах использования шаблона работа контролера включает в себя:

- натурный осмотр железнодорожного пути, стрелочных переводов и земляного полотна;
- проверку железнодорожного пути и стрелочных переводов с помощью путевого шаблона;
- выявление появляющихся в элементах неисправностей;
- проверку и маркировку шпал, требующих замены, выявление износа рельсов и металлических частей стрелочных переводов;
- ведение отчетной ведомости по выявленным неисправностям;
- надзор за устранением неисправностей и качеством выполнения работ.

На участке главного хода обращения пассажирских поездов (скорость от 25 км/ч и более) [2] применяют все возможные средства для выявления отступлений. В пределах станций путеизмеритель пропускается по главным или приемо-отправочным путям, предназначенным для

приема пассажирских поездов или безостановочного пропуска грузовых составов. Оценка по всем участкам сводится в общее значение в баллах.

Проведение регулярной диагностики сводится к решению следующих задач:

1. Систематический контроль за состоянием железнодорожного пути.
2. Передача полученной информации о состоянии пути в автоматизированные системы управления, для хранения и быстрого обмена.
3. Составление плана выполнения ремонтных работ, контроля и учета после устранения дефектов, неисправностей, отступлений.
4. Оценка качества по итогам проведенных работ.

Для постоянного контроля в Региональном центре диагностики и мониторинга (РЦДМ), на балансе которого состоят имеющиеся на Свердловской железной дороге средства дефектоскопии, составляется план-график проходов по участкам. Из центра диагностики и мониторинга в дистанцию пути отправляется таблица с указанными направлениями и датами прохода средств дефектоскопии. Данные обрабатываются и корректируются инженером технического отдела в удобную для мастеров форму (табл. 1). В итоговом варианте таблицы остается направление, касающееся данной дистанции пути, и наименование путеизмерителя. На пересечении столбцов и строк проставляется дата прохода

Таблица 1

Пример таблицы для мастеров с результатами вагона-дефектоскопа

Направление	Рабочий проезд					Контрольный проезд				
	78	50	503	509	313	78	503	104	509	217
А–Б (чет.)					21					5
Б–А (нечет.)					22					6
В–С (чет.)	2					18				
С–В (нечет.)	3					19				





4. Расчет нормы человеко-часов, затрачиваемых на определенную работу, согласно технолого-нормировочным картам.

5. Ведение материальной ведомости (ФМУ-76) по списанию ресурсов подразделения.

Преимуществом данной системы является цифровизация большого объема информации с возможностью хранения и быстрого обмена. Однако при более детальном знакомстве с ЕКАСУИ было выявлено неудобство, связанное с ролями пользователей. Приложения и функции ограничиваются уровнем доступа сотрудника (техник, контролер, инженер, мастер и т.д.). В зависимости от квалификации и должности специалист может изменять данные только в своем направлении. Это снижает удобство использования программы и ограничивает ее функционал. Возможность просматривать информацию ответственным за ту или иную операцию лицом (изменение данных в ПО) и поддерживать связь между специалистами с помощью диалогового окна решила бы проблему ограниченности ПО.

Рассмотрим пример работы с системой ЕКАСУИ.

Информация с вагонов-путеизмерителей поступает в систему в автоматическом режиме: прописывается ID вагона, номер, участок, пикет, километр и вид неисправности [3]. Инциденты, обнаруженные контролером с помощью ручных инструментов, заносят вручную (рис. 9).

Работа по созданию нового инцидента требует внесения следующих данных:

1. Сведения об инциденте:

- источник: контролер пути, обходы и осмотры, комиссии, личное обращение, промер, путеизмерительные тележки, путеизмерительные вагоны, мостоиспытательная станция, система мониторинга и т.д.;
- срок;
- приоритет: промежуточные, плановые, неотложные;
- уровень критичности: высокий, средний, низкий;
- уровень управления: линейное предприятие, ЦУСИ.

2. Классификация инцидента:

- хозяйство — П (путевое);
- объект: стрелочный перевод, путь, переезд, ИССО, пассажирская платформа и т.д.;
- элемент: рельсовая нить, рельсовый стык, системный указатель, путевой знак, скрепление и т.д.;

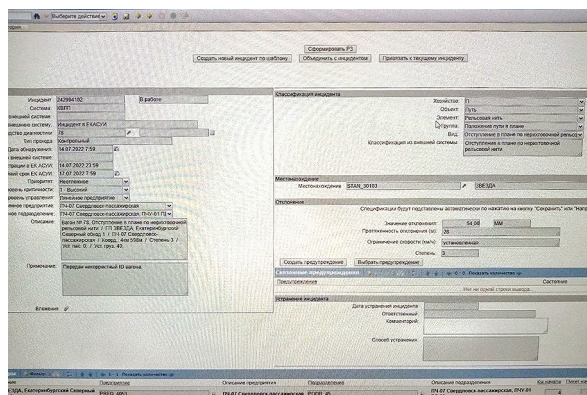


Рис. 9. Программное обеспечение для внесения инцидентов

- группа обслуживания (предлагается в зависимости от элемента);
  - вид (предлагается в зависимости от группы).
3. Местонахождение.
4. Отклонение:
- значение отступления;
  - протяженность отступления.

Мастер дистанции пути совместно с техником имеют доступ в ЕКАСУИ для просмотра выявленных замечаний на своем участке, они также расписывают и корректируют план по выполняемым работам. В задании формируется список работников с указанием Ф.И.О., номера сотрудника, должности, разряда, допуска к определенным видам работ. Основным минусом данной системы является отсутствие возможности просматривать, кто именно редактировал информацию в программе. В свою очередь, программа предоставляет очередность устранения в зависимости от степени, не учитывая квалификацию работников, находящихся в наличии. Технолого-нормировочная карта, требующая выполнения задания, не дает возможности постановки в ЕКАСУИ сотрудника с разрядом меньше указанного. В таких случаях при отсутствии или нехватке сотрудников привлекаются специалисты с ближайшего подразделения участка эксплуатации, что отрицательно влияет на скорость устранения и качество выполняемых работ.

Основной целью дальнейшего исследования является систематизация имеющихся алгоритмов и усовершенствование организационных методов сбора информации в системе ЕКАСУИ. **IT**

## Список литературы

1. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи, планированию работ и мерам по обеспечению безопасности движения по показаниям путеизмерительных вагонов / ЦПТ-46/18 : утв. ОАО «РЖД» 24.08.2009. М. : ОАО «РЖД», 2009. 170 с.
2. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2012 № 2791 р. М. : ОАО «РЖД», 2012. 234 с.
3. Нормы времени на работы по ремонту верхнего строения пути / ОАО «РЖД». М., 2004. 456 с.

## References

1. Instructions for assessing the condition of the track gauge, planning work and measures to ensure traffic safety according to the indications of track measuring wagons / TST-46/18 : approved. JSC «Russian Railways» 24.08.2009. M. : JSC «Russian Railways», 2009. 170 p.
2. Instructions for the current maintenance of the railway track : approved by the order of JSC «Russian Railways» dated 29.12.2012 No. 2791r. M. : JSC «Russian Railways», 2012. 234 p.
3. Norms of time for work on the repair of the upper structure of the track / JSC «Russian Railways». M., 2004. 456 p.



Николай Сергеевич  
Голочалов

Nikolay S. Golochalov

## Определение длины разгонного пути

### Determining the length of the acceleration track

#### Аннотация

Развитие локомотивных систем безопасности движения привело к тому, что уже сейчас возможно движение грузовых поездов на желтый сигнал проходного светофора большинства участков со скоростью более 60 км/ч за счет применения технологии виртуальной сцепки, при которой расчет кривой допустимой скорости осуществляется с учетом информации о движении впереди идущего поезда, передаваемой между локомотивами по радиоканалу. Это означает, что между поездами на перегонах возможно уменьшение разграничивающего интервала без снижения скорости. За счет этого на участках с интенсивным движением можно получить фактический межпоездной интервал меньше запроектированного для трехзначной автоблокировки, если обеспечить соответствующее уменьшение интервала попутного отправления. Существующие алгоритмы станционной автоматики ограничивают возможности уменьшения интервалов отправления, поэтому возникает необходимость исследования возможностей станций по реализации интервалов, меньших, чем было заложено при проектировании участка. Для этого проведено моделирование отправления поездов в виртуальной сцепке. Определены условия, при которых необходимо строительство разгонного пути, а также представлен метод определения его длины.

**Ключевые слова:** виртуальная сцепка, пропускная способность, разгонный путь, межпоездной интервал.

#### Abstract

The development of locomotive traffic safety systems has led to the fact that it is already possible to move freight trains at the yellow signal of the passing traffic light of most sections at the speed of more than 60 km/h due to the use of virtual coupling technology, in which the calculation of the permissible speed curve is carried out taking into account information about the movement of the train ahead transmitted between locomotives via radio channel. This means that it is possible to reduce the delimiting interval between trains on the stages without reducing the speed. Due to this, in areas with heavy traffic, it is possible to obtain the actual inter-train interval less than the one designed for three-digit auto-blocking, if a corresponding reduction in the interval of passing departure is ensured. The existing algorithms of station automation limit the possibilities of reducing the departure intervals, so there is a need to study the capabilities of stations to implement intervals smaller than was laid down when designing the site. To do this, the simulation of the departure of trains in virtual coupling was carried out. The conditions under which it is necessary to build the acceleration track are determined, and the method for determining its length is also presented.

**Keywords:** virtual coupling, throughput, acceleration track, inter-train interval.

#### Авторы Authors

*Николай Сергеевич Голочалов, ассистент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: NGolochalov@usurt.ru*

*Nikolay S. Golochalov, Assistant of the Department "Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: NGolochalov@usurt.ru*

Технология виртуальной сцепки обеспечивает движение двух и более последовательно идущих поездов в режиме автоведения, причем кривая допустимой скорости позадиидущего (ведомого) поезда строится с учетом информации о движении впередидущего (ведущего) поезда, для этого между локомотивами организован обмен информацией по радиоканалу [1–4].

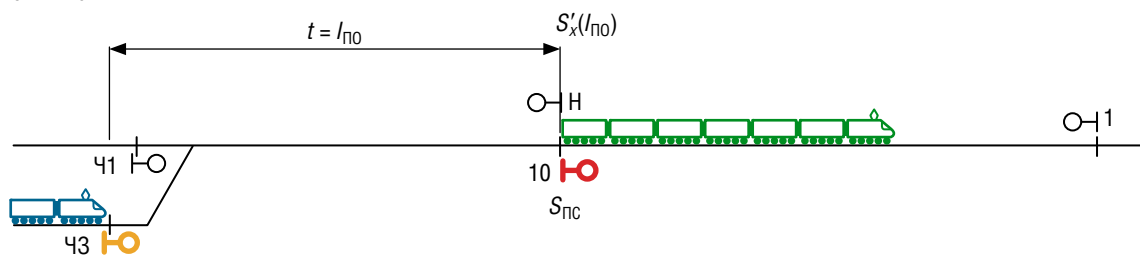
Применение технологии виртуальной сцепки на существующих невысокоскоростных участках, оборудованных автоблокировкой, позволяет сближать поезда до расстояния двухблочного разграничения без снижения скорости. Существующие системы автоблокировки и станционные интервалы рассчитаны для движения с трехблочным разграничением движения поездов, поэтому на данный момент системы автоматики не позволяют выполнять попутное отправление соответствующим интервалу при двухблочном разграничении движения поездов. Для повышения пропускной способности за счет при-

менения технологии виртуальной сцепки потребуется сокращение интервала попутного отправления за счет внесения изменений в схемы и алгоритмы электрической централизации. Уменьшение интервала попутного отправления может вызвать необходимость отправления ведомого поезда параллельно ведущему до освобождения им выходной горловины станции [5, 6].

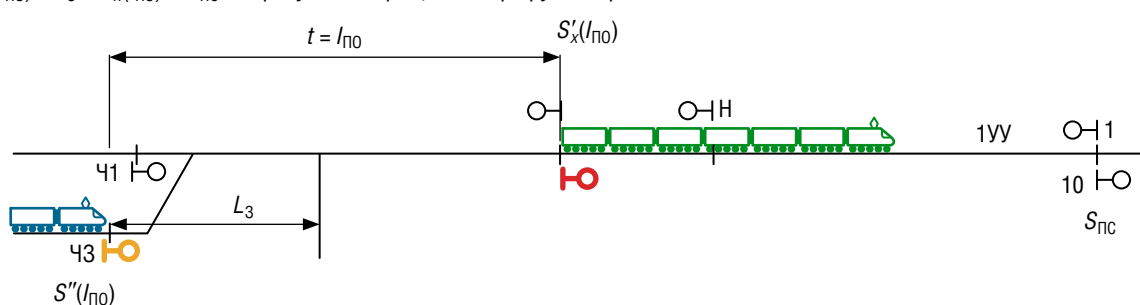
Для того чтобы определить необходимые изменения в путевом развитии станции, необходимо найти координату хвоста ведущего поезда в момент времени, соответствующий интервалу попутного отправления ведомого поезда. Тогда:

- если координата хвоста ведущего поезда при заданном интервале и ускорении будет находиться за первым проходным светофором, то на данной станции можно осуществить отправление «под желтый на красный» без каких-либо изменений (рис. 1, а);

а)  $S'_x(I_{п0}) > S_{пс}$  — станция не требует доработки



б)  $S''(I_{п0}) + L_3 < S'_x(I_{п0}) < S_{пс}$  — требуется сокращение маршрута отправления



в)  $S'_x(I_{п0}) < S''(I_{п0}) + L_3$  — требуется разгонный путь для ведомого поезда

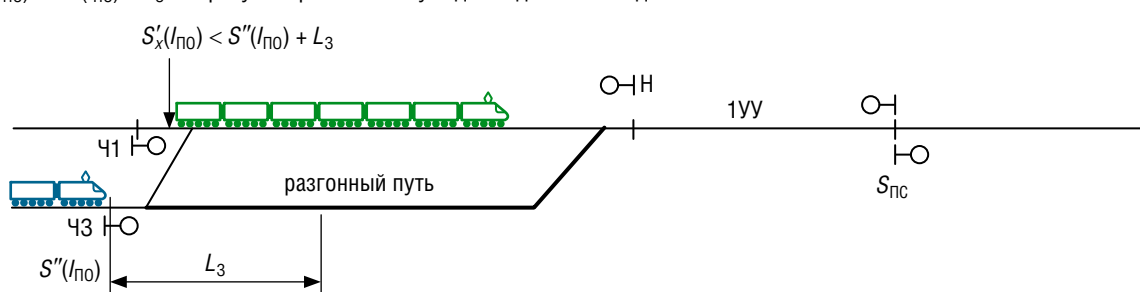


Рис. 1. Проверка возможности станции выполнить заданный интервал попутного отправления:  
 $S'_x(I_{п0})$  — координата хвоста ведущего поезда в момент времени  $t = I_{п0}$ ;  $I_{п0}$  — интервал попутного отправления;  
 $S_{пс}$  — ордината первого проходного светофора;  $S''(I_{п0})$  — координата головы ведомого поезда в момент времени  $t = I_{п0}$ ;  
 $L_3$  — расчетный защитный участок пути; 1УУ — первый участок удаления

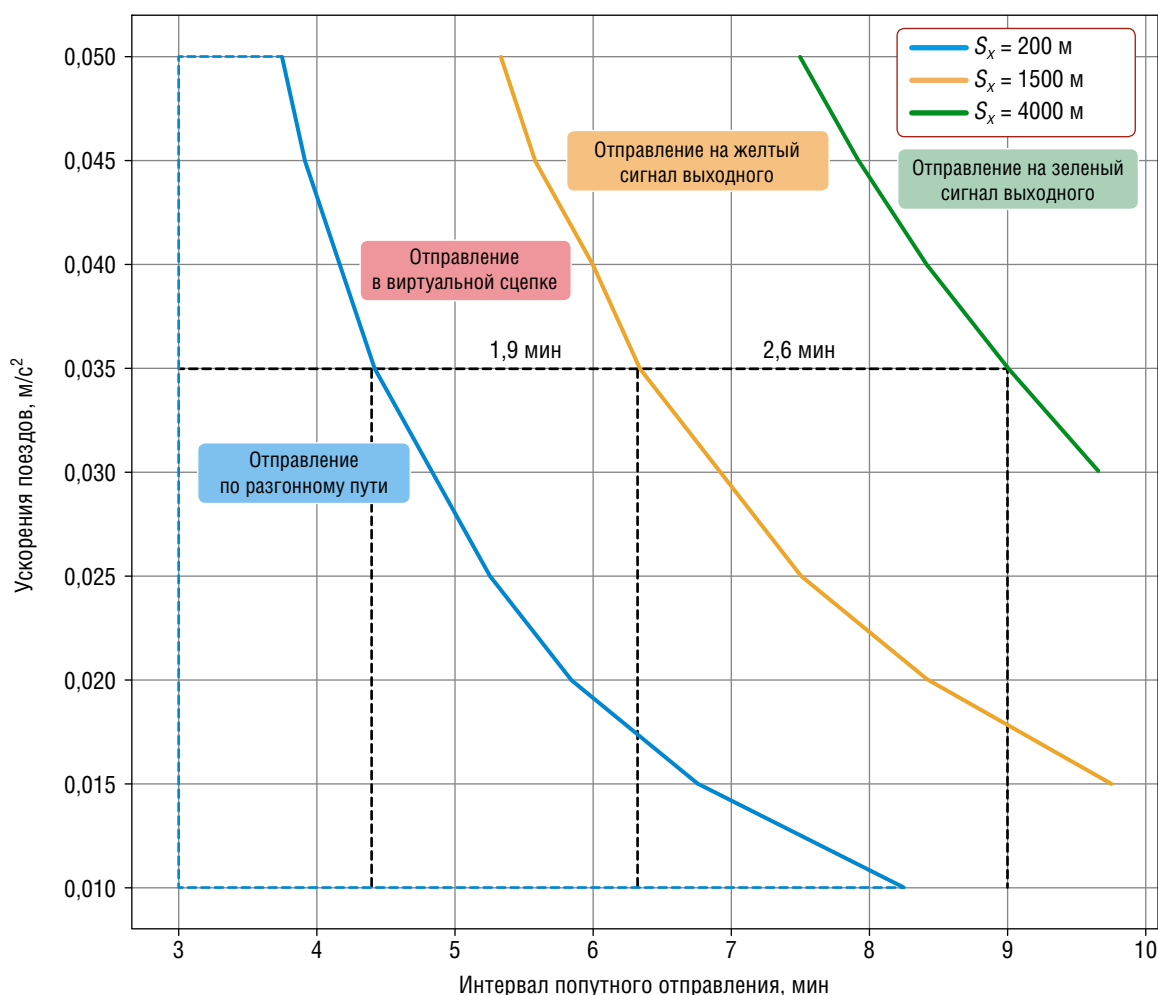


Рис. 2. Результат моделирования проверки станции на возможность выполнения заданного интервала попутного отправления

- если координата хвоста ведущего поезда оказалась меньше ординаты первого проходного светофора, но больше координаты головы ведомого поезда (с учетом расчетного защитного участка), то необходимо сокращать длину маршрута отправления (рис. 1, б) либо увеличивать ускорение поездов;
- если координата хвоста ведущего поезда оказалась меньше координаты головы ведомого поезда с учетом расчетного защитного участка  $L_3$ , значит, для ведомого поезда необходимо осуществлять отправление параллельно ведущему, по разгонному пути (рис. 1, в).

Вопросу определения длины защитного участка, необходимого при движении поездов в системах интервального регулирования, применяющих радиоканал, а также алгоритмам управления поездами в таких системах посвящены работы [7–9].

Выполним расчеты координаты хвоста ведущего поезда в широком диапазоне ускорений и интервалов попутного отправления, примем расстояние от выходно-

го светофора до первого проходного равным 1500 м, до второго проходного — 4000 м, а длину защитного участка — 200 м (рис. 2) [10].

На рис. 2 представлены результаты проверки примерной станции на возможность выполнения заданного интервала попутного отправления при среднем ускорении разгона. Когда хвост ведущего поезда оказывается за первым проходным светофором, это означает, что ведомый поезд может отправляться по желтому показанию выходного светофора (желтая линия на рис. 2) без изменения существующих регламентов и технических решений систем автоматики. Если хвост ведущего поезда успевает проследовать за второй проходной сигнал, значит, ведомый может отправляться по зеленому показанию выходного светофора (зеленая линия на рис. 2). Нелинейность графиков объясняется тем, что поезда набирают скорость и двигаются ускоренно.

По графику (рис. 2) можно оценить сокращение интервала попутного отправления при переходе от отправления на зеленый сигнал выходного светофора к отправлению на желтый сигнал или к отправлению

по разгонному пути. Анализ поездок по записям локомотивных устройств показал, что медианное ускорение при восстановлении скорости после опробования тормозов составляет  $0,035 \text{ м/с}^2$ . Так, при среднем ускорении разгона  $0,035 \text{ м/с}^2$  и переходе к отправлению на желтый сигнал на моделируемом участке можно уменьшить интервал попутного отправления на 2,6 минуты. Дальнейшее уменьшение интервала приводит к тому, что существующие системы автоматики запрещают выполнить отправление, так как расстояние между поездами при таком отпадении будет менее расчетного (при трехблочном разграничении движения поездов). При отпадении поездов с применением технологии виртуальной сцепки и доработкой существующих систем автоматики становится возможным уменьшение интервала попутного отправления еще на 1,9 минуты. Минимальный интервал попутного отправления в рассматриваемом случае при использовании технологии виртуальной сцепки ограничен голубой линией (рис. 2), дальнейшее уменьшение интервала связано с тем, что в момент отправления ведомого поезда хвост ведущего еще будет находиться на приемо-отправочном пути или настолько близко к голове ведомого поезда (в рассматриваемом примере значение длины защитного участка, определяющего минимальное расстояние между поездами в момент

отправления ведомого поезда, составляет 200 м), что отправление ведомого возможно только по параллельному разгонному пути. При этом чем меньше будет интервал попутного отправления и ускорение разгона, тем больше должна быть длина разгонного пути.

Техническая реализация отправления поездов по разгонному пути связана с алгоритмами безопасности, заложенными в электрической централизации. Стрелочный перевод, соединяющий главный путь и разгонный, сначала должен находиться в положении для движения ведущего поезда, а сразу после освобождения стрелочного перевода хвостом ведущего должен быть переведен в положение для движения ведомого поезда (рис. 3).

На рис. 3 представлен процесс отправления ведомого поезда по разгонному пути. Ведущий поезд отправляется по главному пути по зеленым показаниям светофоров (рис. 3, а), в это время для ведомого начинается отсчет заданного интервала попутного отправления. В момент времени, равный интервалу попутного отправления, хвост ведущего поезда еще находится на приемо-отправочном пути, а для ведомого поезда загорается желтый сигнал выходного светофора (рис. 3, б). Далее оба поезда набирают скорость, двигаясь по параллельным путям (рис. 3, в), но из-за задержки отправления ведомого поезда в виде интервала

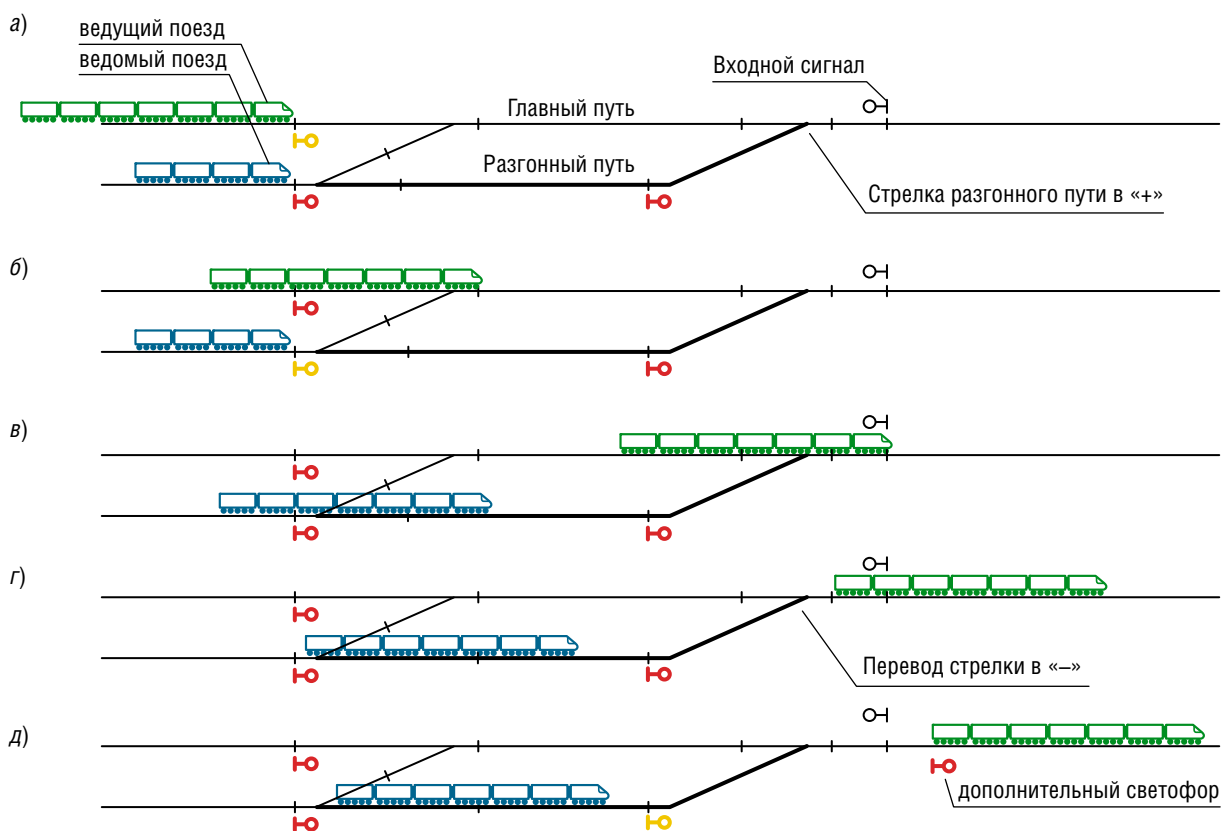


Рис. 3. Процесс отправления ведомого поезда по разгонному пути:

а — исходная позиция, оба поезда стоят; б — момент трогания ведомого поезда; в — процесс разгона ведомого поезда; г — накопление маршрута для ведомого поезда; д — момент открытия светофора для ведомого поезда



некодированного защитного участка перед светофором, ограждающим стрелку разгонного пути;  $S'_x(t^*)$  — координата хвоста ведущего поезда в момент времени  $t^*$ ;  $L_{сп}$  — длина стрелочной секции.

По результатам расчетов для разных значений интервала попутного отправления и ускорений получены следующие значения длин разгонного пути (рис. 5).

Рассмотрим получившиеся результаты. Минимальная длина разгонного пути ограничена длиной защитного участка перед светофором, ограждающим стрелку разгонного пути. Длина защитного участка должна быть достаточной для выполнения торможения поезда при превышении скорости. В рассматриваемом примере длина защитного участка принята 600 м. При разных интервалах попутного отправления и ускорениях ведомый поезд будет набирать разную скорость к концу разгонного пути, поэтому длина защитного участка может быть переменной и должна рассчитываться при расчетах на конкретном участке. При среднем ускорении разгона поездов, равном  $0,01 \text{ м/с}^2$ , разгонный путь необходим даже при 9-минутном интервале попутного отправления, его длина будет составлять 646 м (рис. 5).

Представленные расчеты длины разгонного пути свидетельствуют о необходимости организации разгонного пути, но важным остается вопрос изменения расстояния между поездами при движении по пере-

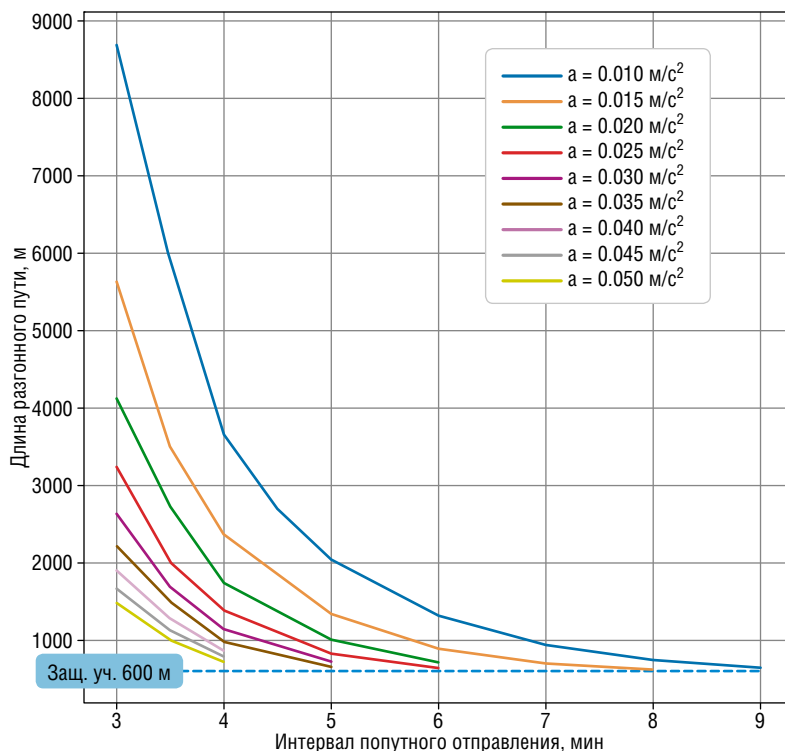


Рис. 5. Зависимость длины разгонного пути от интервала попутного отправления при разных ускорениях

гону, для обеспечения движения поездов с двухблочным разграничением. Как видно из результатов расчета, разгонный путь нужен при низких ускорениях и малых интервалах попутного отправления. Это означает, что расстояние между поездами будет изменяться медленно и скорость выхода поездов виртуальной сцепки на движение с заданным разграничением будет низкой.

Таким образом, применение разгонного пути целесообразно для обе-

спечения наименьших интервалов попутного отправления при невысоких ускорениях либо при необходимости организации движения с разграничением одним блок-участком. При этом следует учитывать, что при низких ускорениях время выхода на заданную дистанцию виртуальной сцепки может быть большим, а значит, применение разгонного пути будет эффективно при наименьшем числе остановок в пути следования поезда. **ИТ**

## Список литературы

1. Бушуев С. В., Гундырев К. В., Голочалов Н. С. Повышение пропускной способности участка железной дороги с применением технологии виртуальной сцепки // Автоматика на транспорте. 2021. Т. 7, № 1. С. 1–20. ISSN 2412–9186.
2. Климова Е. В., Пилипушка Л. Е., Рябов В. С. Технология «виртуальной сцепки» поездов как инструмент повышения провозной и пропускной способности линии // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2019. Т. 1. С. 60–64.
3. Имарова О. Б., Димов А. В., Попов А. Н. и др. Оценка погрешностей определения скорости и ускорения сред-

## References

1. Bushuev S. V., Gundyrev K. V., Golochalov N. S. Increasing the capacity of a railway section using virtual coupling technology // Automation in transport. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 1–20. ISSN 2412–9186.
2. Klimova E. V., Pilipushka L. E., Ryabov V. S. Technology of «virtual coupling» of trains as a tool for increasing the carrying capacity and carrying capacity of the line // Transport infrastructure of the Siberian region. 2019. Vol. 1. P. 60–64.
3. Imarova O. B., Dimov A. V., Popov A. N. et al. Estimation of errors in determining speed and acceleration by means



- ствами спутниковой навигации // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 2. С. 26–29.
4. Романенко Д. С., Попов А. Н., Миклин С. А. Развитие технологии интервального регулирования движения поездов «Виртуальная сцепка» // Инфокоммуникационные технологии: актуальные вопросы цифровой экономики : сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 17–18 февраля 2021 года. Екатеринбург : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. С. 141–146.
  5. Бушуев С. В., Голочалов Н. С. Анализ способов повышения пропускной способности железных дорог // Транспорт Урала. 2023. № 1 (76). С. 42–50. ISSN 1815–9400.
  6. Розенберг Е. Н., Озеров А. В., Панферов И. А. Комплексный подход к решению задачи повышения пропускной способности // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 8. С. 2–6. ISSN 0005–2329.
  7. Баранов Л. А., Бестемьянов П. Ф., Балакина Е. П., Пудовиков О. Е. Принципы построения и модели системы автоматического управления вторым локомотивом при виртуальной сцепке // Автоматика на транспорте. 2022. Т. 8, № 4. С. 377–388. ISSN 2412–9186.
  8. Баранов Л. А. Оценка интервала попутного следования метропоездов для систем безопасности на базе радиоканала // Мир транспорта. 2015. Т. 13, № 2 (57). С. 6–19. ISSN 1992–3252.
  9. Шаманов В. И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами // Автоматика на транспорте. 2018. Т. 4, № 2. С. 223–240. ISSN 2412–9186.
  10. Голочалов Н. С., Бушуев С. В. Анализ загруженности станций по данным архивов систем централизаций // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–26 апреля 2021 года. Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2021. С. 20–24.
4. Romanenko D. S., Popov A. N., Miklin S. A. Development of technology of interval regulation of train movement «Virtual coupling» // Infocommunication technologies: Topical issues of the digital economy : Collection of scientific papers of the I International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, February 17–18, 2021. Yekaterinburg : Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 2021. P. 141–146.
  5. Bushuev S. V., Golochalov N. S. Analysis of ways to increase the throughput capacity of railways // Transport of the Urals. 2023. No. 1 (76). P. 42–50. ISSN 1815–9400.
  6. Rosenberg E. N., Ozerov A. V., Panferov I. A. An integrated approach to solving the problem of increasing throughput // Automation, communications, computer science. 2022. No. 8. P. 2–6. ISSN 0005–2329.
  7. Baranov L. A., Bestemyanov P. F., Balakina E. P., Pudovikov O. E. Principles of construction and models of the automatic control system of the second locomotive with virtual coupling // Automation in transport. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 377–388. ISSN 2412–9186.
  8. Baranov L. A. Estimation of the interval of passing metro trains for security systems based on the radio channel // The world of transport. 2015. Vol. 13, No. 2 (57). P. 6–19. ISSN 1992–3252.
  9. Shamanov V. I. Systems of interval regulation of train traffic with digital radio channels // Automation on transport. 2018. Vol. 4, No. 2. P. 223–240. ISSN 2412–9186.
  10. Golochalov N. S., Bushuev S. V. Station congestion analysis according to the archives of centralization systems // Transport: problems, ideas, prospects : proceedings of the LXXXI All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, postgraduates and Young Scientists, St. Petersburg, April 19–26, 2021. St. Petersburg : St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, 2021. P. 20–24.

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

УДК 629.424.3

DOI:10.20291/2311-164X-2023-3-48-54



**Андрей  
Васильевич  
Старцев**  
Andrey V.  
Startsev



**Иван  
Иванович  
Сторожев**  
Ivan I.  
Storozhev



**Игорь  
Станиславович  
Цихалевский**  
Igor S.  
Tsikhalevsky



**Ярослав  
Александрович  
Мишин**  
Yaroslav A.  
Mishin



**Александр  
Тахирович  
Шарапов**  
Alexander T.  
Sharapov

## Обоснование возможности перевода двигателей подвижного состава на газомоторное топливо

### Justification of the possibility of converting rolling stock engines to gas engine fuel

#### Аннотация

Улучшение экологических показателей дизельных двигателей становится актуальной проблемой для тягового подвижного состава ОАО «РЖД». С целью решения данной проблемы в статье анализируются возможности перевода дизельных двигателей локомотивов на газомоторное топливо. Представлены требования, предъявляемые к физико-химическим показателям сжатого природного газа. Дан анализ производителей газобаллонного оборудования, работающих на российском рынке. Приведены примеры перевода дизелей на газомоторное топливо, которые могут быть использованы при модернизации топливных систем тягового подвижного состава российских железных дорог.

**Ключевые слова:** подвижной состав, двигатель, дизель, газомоторное топливо, сжатый газ.

#### Abstract

Improving the environmental performance of diesel engines is becoming an urgent problem for the traction rolling stock of JSC "Russian Railways". In order to solve this problem, the article analyzes the possibilities of converting diesel engines of locomotives to gas engine fuel. The requirements for the physical and chemical parameters of compressed natural gas are presented. The analysis of manufacturers of gas cylinder equipment operating in the Russian market is given. Real examples of conversion of diesel engines to gas engine fuel are given, which can be used in modernization of fuel systems of traction rolling stock of Russian railways.

**Keywords:** rolling stock, engine, diesel, gas engine fuel, compressed gas.

#### Авторы Authors

**Андрей Васильевич Старцев**, д-р техн. наук, профессор, филиал Уральского государственного университета путей сообщения в г. Тюмени (филиал УрГУПС в г. Тюмени), Тюмень; e-mail: sav.63.10.04@mail.ru | **Иван Иванович Сторожев**, канд. техн. наук, доцент, филиал Уральского государственного университета путей сообщения в г. Тюмени (филиал УрГУПС в г. Тюмени), Тюмень; e-mail: IStorozhev@usurt.ru | **Игорь Станиславович Цихалевский**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ITsikhalevsky@usurt.ru | **Ярослав Александрович Мишин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: YaMishin@usurt.ru | **Александр Тахирович Шарапов**, ассистент кафедры «Электрическая тяга», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: ASharapov@usurt.ru

**Andrey V. Startsev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Branch of the Ural State University of Railway Transport in Tyumen (branch of the USURT in Tyumen), Tyumen; e-mail: sav.63.10.04@mail.ru | **Ivan I. Storozhev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Branch of the Ural State University of Railway Transport in Tyumen (branch of the USURT in Tyumen), Tyumen; e-mail: IStorozhev@usurt.ru | **Igor S. Tsikhalevsky**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ITsikhalevsky@usurt.ru | **Yaroslav A. Mishin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: YaMishin@usurt.ru | **Alexander T. Sharapov**, Assistant of the Department "Electric Traction", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: ASharapov@usurt.ru

Применение экологически чистых видов топлива для двигателей внутреннего сгорания становится актуальной задачей для тягового подвижного состава. Для улучшения экологической ситуации при минимальных финансовых затратах наиболее приемлемым решением данной проблемы является использование газомоторного топлива, которое может стать реальной альтернативой жидкому нефтяному топливу. В частности, по данным годового отчета ОАО «РЖД» за 2021 г. [1], предполагается к 2024 г. обеспечить замещение потребления дизельного топлива природным газом на 11 %, а к 2030 г. — на 25 %.

Вопрос о применяемом топливе встал сразу после появления первых тепловых двигателей, которые представляли собой паровую машину. Функциональная часть их выполнялась из поршня и цилиндра и имела небольшие габариты по сравнению с внешним оборудованием, обеспечивающим горение топлива и поддержание давления пара. В связи с этим становится очевидным, что прогресс в области двигателестроения определяется подбором подходящего топлива, так как оно определяет конструкцию двигателя, его размеры и характеристики, а также возможность его создания [2].

Первый газовый двигатель был создан в 1799 г. Филиппом Лебоном (1769–1804), профессором механики «Парижской школы мостов и дорог». В качестве топлива данный двигатель использовал светильный газ. Патент на свою конструкцию газового двигателя Лебон получил в 1801 г.

Газовые двигатели в прошлом не получили широкого распространения, но относительно недавно возникла необходимость в их использовании, когда встал вопрос о поиске замены нефтяному топливу и защите окружающей среды от воздействия отработавших газов ДВС, работающих на топливах нефтяного происхождения. В XX в. с развитием новых технологий газовые двигатели стали активно разрабатываться, несмотря на недостаток основного источника энергии — газа, а также проводимую государствами политику энергосбережения, причиной которой стал энергетический кризис в Европе в конце 70-х гг. прошлого века [3].

Следует отметить, что тяговый подвижной состав железных дорог Российской Федерации, эксплуатируемый на природном газе, обладает теми же недостатками, что и карбюраторные двигатели: пониженной мощностью, низкой приемистостью и другими, которые сдерживают их применение на железнодорожном транспорте. Одним из возможных решений данной проблемы является использование газодизельной системы на тепловозном дизеле. Эта система является наиболее подходящей для высокопроизводительных низкооборотных дизельных двигателей мощностью до 68 000 кВт, с высоким коэффициентом полезного действия до 54 %, что достигается за счет высокой ламинарной скорости сгорания газа [2–4].

Сегодня требования к использованию газового моторного топлива регламентируются Техническим регламентом Евразийского экономического союза (ТР ЕАЭС), а также стандартами, содержащими правила и методы испытаний, в частности ГОСТ 27577-2000, межгосударственными стандартами РФ и стран ЕАЭС в области использования газомоторного топлива в коммунально-бытовом и автомобильном секторах [5].

Процессы горения газа в двигателе были рассмотрены такими учеными, как И. Г. Багдасаров [6, 17], А. С. Бетев [7], А. Н. Воинов [8, 9], В. П. Демидов [10], Я. Б. Зельдович [11], Н. Н. Иноземцев [12], Р. Ф. Калимуллин [13], В. П. Карпов [7], А. И. Колчин [10], Н. С. Кошкин [12], В. Н. Луканин [14], Б. Льюис [15], А. С. Соколик [9, 16], А. С. Хачиян [6, 17], Г. Эльбе [15] и др.

Исследования показали, что использование газомоторных видов топлива приводит к снижению уровня оксидов азота, содержащихся в выхлопных газах, и к экономии топлива, а также способствует повышению эффективности работы двигателя и улучшению его эксплуатационных характеристик. Экономический эффект от снижения вредных выбросов токсичных веществ при замене дизельного топлива природным газом для двигателя мощностью 50 кВт в год составляет примерно 52800 руб. на один двигатель (на 01.01.2010 г.). При этом экономия дизельного топлива в год на одно устройство составит примерно 23700 руб., если использовать газ, при годовой наработке 500 мото-часов (в ценах 2010 г.).

В качестве источника энергии (топлива) для двигателей внутреннего сгорания используют сжатый (компримированный) природный газ (КПГ). Сегодня этот вид топлива выходит на центральное место, вытесняя главных конкурентов — бензин и дизельное топливо, благодаря своим технико-экономическим показателям.

Основные достоинства и недостатки КПГ представлены в табл. 1.

Требования к физико-химическим показателям КПГ для газобаллонных автомобилей по ГОСТ 27577–87 (27577–2000) представлены в табл. 2.

Применение КПГ в качестве моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания выглядит достаточно привлекательным благодаря его низкой склонности к дымлению и улучшенным экологическим показателям, исходя из состава продуктов сгорания.

КПГ имеет в своем составе метан ( $\text{CH}_4$ ), содержание которого составляет от 80 до 99 %, остаток состоит из инертных газов, углекислого газа, азота, насыщенных углеводородов. Природный газ стал использоваться в качестве моторного топлива в транспортных двигателях вследствие низкой эмиссии  $\text{CO}_2$ , что обусловлено приемлемым соотношением водорода и углерода, составляющим почти 4:1, и протекающим отсюда изменением объемов образующихся основных продуктов сгорания  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Кроме того, при сгорании природного газа почти не образуются твердые частицы, тем самым

Таблица 1

### Преимущества и недостатки использования КПГ

Преимущества	Недостатки
Низкая стоимость	Возможное возникновение нестабильности работы двигателя (повышение или понижение оборотов)
Повышенный уровень безопасности	Усложнение пуска холодного двигателя в условиях низких температур окружающей среды
Снижение выбросов вредных газов	Ухудшение динамических характеристик транспортного средства
Увеличение срока службы масла	Увеличение массы транспортного средства и снижение его грузоподъемности
Продление срока эксплуатации двигателя	Увеличение трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт двигателя
Снижение теплотворной способности газо-воздушной смеси	

Таблица 2

### Требования к физико-химическим показателям КПГ

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Объемная теплота сгорания низшая, кДж/м <sup>3</sup>	не менее 31800	По ГОСТ 22667
Относительная плотность к воздуху	0,55...0,70	По ГОСТ 22667
Расчетное октановое число газа	не менее 105	По моторному методу
Концентрация сероводорода, г/м <sup>3</sup>	не более 0,02	По ГОСТ 22387.2
Концентрация меркаптановой серы, г/м <sup>3</sup>	не более 0,036	По ГОСТ 22387.2
Масса механических примесей в 1 м <sup>3</sup> , мг	не более 1,0	По ГОСТ 22387.4
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, %	не более 7,0	По ГОСТ 23781
Объемная доля кислорода, %	не более 1,0	По ГОСТ 23781
Концентрация паров воды, мг/м <sup>3</sup>	не более 9,0	По ГОСТ 20060

Примечание: значения показателей установлены при температуре 293 К (20 °С) и давлении 0,1013 МПа.

обеспечивается низкая эмиссия вредных веществ: NO<sub>x</sub>, СО и NMHC (углеводородов за вычетом метана). Метан классифицируется как нетоксичный газ, поэтому не входит в число вредных компонентов в отработавших газах [9, 18]. Основные физико-химические показатели КПГ представлены в табл. 3.

По мнению исследователей [6, 9–11, 14–17], детонационная стойкость моторного топлива в двигателях с искровым зажиганием оценивается по крайней мере октановым числом. Чем выше октановое число, тем большей детонационной стойкостью обладает топливо.

В России первые разработки дизельного двигателя с использованием в качестве топлива КПГ были предприняты во времена СССР. Был разработан газодизельный цикл, который предполагал использование запальной дозы дизельного топлива для воспламенения подаваемого природного газа. Такое решение было применено на КамАЗ, причем даже серийно на атмосферных двигателях. Параллельно велись разработки турбонаддувного двигателя для КамАЗ-7403, работающего по газодизельному циклу. Запальная доза дизельного топлива составляла 20–30 %, а остальная доза топлива (70–80 %)

Таблица 3

Физико-химические показатели КПГ

Показатель	Значение
Объемная низшая теплота сгорания, кДж/м <sup>3</sup>	31800...44200
Относительная плотность по воздуху	0,55...0,70
Октановое число газа (по моторному методу)	105...120
Содержание сероводорода, г/м <sup>3</sup>	0,01...0,02
Содержание меркаптановой серы, г/м <sup>3</sup>	0,018...0,036
Содержание механических примесей, мг/м <sup>3</sup>	0,6...1,0
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, %	5...7
Объемная доля кислорода, %	1,0...1,5
Содержание паров воды, мг/м <sup>3</sup>	9...15

Таблица 4

Технические характеристики двухтопливных систем для мощных дизельных двигателей

Компоненты системы	Серия А	Серия I	Серия II	Серия III	Серия IV
Мощность двигателя, кВт	150	150–300	300–650	650–1200	1200–3000
Газовая магистраль *	1" NPT	2" NPT	DN 65	DN 65	DN 80
Модификация панели управления	500	1000	1000	2000	2000
Термопары с адаптерами	2	2	2	2–4	2–4
Датчики давления	3	3	3	3–7	3–7
Барометрическое реле	–	1	1	1	1
Датчики вибрации	–	по заказу	по заказу	2	2
Система динамической подачи газа	нд	по заказу	по заказу	по заказу	по заказу

\*Газовая магистраль включает в себя газовый фильтр, регулятор нулевого давления, двойной отсечной клапан, соединительные фланцы и крепежные детали.

замещалась подачей природного газа. После распада СССР разработки, направленные на совершенствование газодизеля, прекратились. Финансирование работ было прекращено вследствие низкой стоимости дизельного топлива в то время. Проект оказался малорентабельным и был закрыт. Несмотря на это, теория газодизельного двигателя продолжает развиваться, созданы двигатели с отдельной системой питания — двухтопливной.

Двухтопливная система использует технологию, позволяющую безопасно эксплуатировать дизельные двигатели с газовыми смесями, содержащими от 50 до 80 %

газа. При этом основные характеристики двигателя, такие как КПД, устойчивость работы и приемистость, остались практически неизменными.

Основные технические характеристики двухтопливных систем для мощных дизельных двигателей представлены в табл. 4.

На сегодняшний день в России используется газобаллонное оборудование (ГБО) разных производителей. Ниже представлен перечень основных российских и мировых игроков, которые производят ГБО и комплектующие к нему.

## Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

*EGT* — торговая марка российского производителя, занимающегося инновационными разработками, накоплением практического опыта и реализацией своих идей. С момента основания компании в 2015 г. она стала опытным разработчиком систем торговой марки EGT.

*Digitronic autogas* — компания, специализирующаяся на индивидуальном переоборудовании транспортных средств с целью использования в качестве топлива газа. Digitronic предлагает широкий спектр оборудования и запчастей, таких как электроника, редукторы, инжекторы, фильтры, клапаны, мультиклапаны и другие продукты.

*AEB* с 1984 г. занимается разработкой и производством газобаллонных установок. В России они предлагают широкий выбор электронных устройств для перевода автомобилей на природный газ.

Компания *Lovato* — итальянский производитель, который предлагает широкий ассортимент систем и компонентов для переоборудования автомобилей и грузовиков на газ, как сжиженный, так и сжатый. Компания основана в 1958 г.

*Atiker* — производитель газового оборудования из Турции, является единственным производителем полного цикла оборудования для использования газомоторного топлива в двигателях автомобилей. Компания была основана в 70-х годах и сейчас экспортирует свою продукцию в более чем 50 стран.

*Romano autogas* — итальянский бренд, который уже более 40 лет является лидером в производстве и маркетинге систем КПП и СНГ (сжиженного нефтяного газа) для автомобилей как на национальном, так и на международном рынке.

Итальянская компания *Landi Renzo* уже более 60 лет занимается решением экологических проблем путем продажи и монтажа топливных систем, работающих на альтернативных видах топлива. Компания стала мировым лидером в проектировании и конструировании систем для автомобилей на КПП и СПГ.

*OMVL* — итальянская компания, основанная в 1980 г. в Арджелато, недалеко от Болоньи. Она является одним из ведущих производителей в секторе транспортных средств на альтернативных видах топлива, занимаясь проектированием, изготовлением и продажей комплексных топливных систем для автомобилей, работающих на газу, а также переоборудованием двигателей с жидкого топлива на КПП, СПГ и газ пропан. OMVL продает свое газовое оборудование в более чем 40 странах по всему миру.

Компания *Zavoli Srl* (Италия) разрабатывает и производит системы Venture, впрыскивания сжиженного газа, ГБО для сжатого и сжиженного природного газа, ревизионные устройства и другое оборудование для автомобильного сектора.

Компания *Autogas centrum spol.s.r.o.* (Чехия) основана в 1993 г. Основными видами деятельности явля-

ются установка ГБО для СНГ и СПГ, переоборудование силовых установок для работы на альтернативных видах топлива.

Компания *Tomasetto Achille Spa* (Италия) более 30 лет производит механические компоненты ГБО для систем СНГ и КПП для автомобильного сектора.

Компания *LPGTECH* (Польша) производит ГБО для систем СПГ и КПП последовательного и непосредственного впрыска топлива для автомобильного сектора. За последние годы компания получила необходимые знания и навыки, которые были признаны не только внутри страны, но и в других странах.

Компания *Vikars* (Турция) является производителем и экспортером ГБО для систем СНГ и СПГ. Компания основана в 1999 г. На сегодняшний день является одним из опытных производителей в этой отрасли.

Сравнение характеристик представленного на российском рынке ГБО представлено в табл. 5.

Как показывает проведенный анализ, основными представителями ГБО являются итальянские фирмы. Однако с учетом реалий сегодняшнего дня и введенных ЕС и США экономических санкций в качестве основных поставщиков газового оборудования, кроме отечественных производителей, можно рассматривать Турцию, которой принадлежит значительная доля рынка и производства ГБО. Исходя из анализа технических характеристик, технологических возможностей и потребительских качеств представленного на российском рынке ГБО, можно рекомендовать оборудование турецкой компании *Vikars*, которое имеет существенные преимущества перед конкурентами: относительно невысокую стоимость; возможность реализовать максимальную мощность одним редуктором-испарителем (ресурс форсунок при этом составляет до 90 тыс. км при быстройдействии форсунок 2 мс); вполне понятный и доступный интерфейс настройки оборудования.

С целью практической реализации газодизельного цикла были проведены НИОКР, которые заключались в переводе дизельного двигателя Д-245 на систему питания КПП, с последующей установкой его на трактор МТЗ-82. Для переоборудования дизеля Д-245 был использован стандартный базовый комплект оборудования, а также детали для монтажа, программное обеспечение, катушки зажигания, заправочные емкости в виде баллонов российского производства. Все комплектующие отвечали требованиям контролирующих органов РФ.

Комплект ГБО для модернизации дизельного двигателя включал в себя микропроцессорный блок управления, газовые форсунки, датчики, исполнительные механизмы, провода, ГРНД. Электропитание экспериментального комплекта ГБО осуществлялось от бортовой сети трактора МТЗ-82.

В ходе проведенных экспериментов был установлен максимальный размер капель газа, который не должен превышать 0,405 мм. Это достигается использованием

Таблица 5

Сравнение характеристик газобаллонного оборудования

Компания	Максимальная мощность, л.с.*	Ресурс, тыс. км	ОБД коррекция	Быстродействие форсунок, мс
AC SA Stag	310	50–70	да	2
PRIDE	245	50–70	да	2,5
Scalmax	135	30–50	нет	2,5
Tamona	135	30–50	нет	3
Vikars	3100	80–90	нет	2
EuropeGAS	260	30–50	да	2
Троиоль	260	50–70	да	2

\*Мощность с одним редуктором-испарителем.

распылителя с размером форсунки от 0,2 до 0,4 мм при давлении не ниже 0,5 МПа. При использовании КПГ в качестве топлива в номинальном режиме переоборудованного двигателя Д-245 с искровым зажиганием увеличение эффективной мощности составило 7,66 кВт, или 19,9 % (с 41,06 кВт до 48,7 кВт).

Наибольший рост эффективной мощности двигателя достигается при подаче газа путем послойного распределения смеси в камере сгорания. Также было отмечено, что использование КПГ позволяет достичь экономии топлива до 45 г/кВт·ч эффективной мощности. Более того, установлено, что увеличение объема подачи метана приводит к снижению температуры отработавших газов на 30 % в зависимости от рабочего режима двигателя.

Тракторы тягового класса 1,4 с газовыми двигателями обеспечивают годовой экономический эффект в размере 72000 руб. с одного трактора. Инвестиции окупаются в среднем за четыре месяца. Экологический эффект от снижения выброса вредных веществ составляет 670 тыс. руб. в год с одного трактора, что является значительным вкладом в защиту окружающей среды. Также использование КПГ снижает выбросы оксидов углерода, что позволяет уменьшить их концентрацию в атмосфере на 26,5 мг/м<sup>3</sup> (меньше на 30,4 %).

Очевидно, что полученные результаты могут быть масштабированы пропорционально мощности двигателя для других транспортных средств, включая подвижной состав ОАО «РЖД». **ИТ**

Список литературы

1. Повышение эффективности тягового подвижного состава // Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2021 г. URL: <https://ar2021.rzd.ru/ru/performance-overview/analysis-operating-results/railway-transportation-infrastructure/efficiency-rolling-stock> (дата обращения: 17.06.2023).
2. История газового двигателя внутреннего сгорания // МРГ-Онлайн. URL: <https://mrg-online.ru/knowledge/istoriya-gazovogo-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya/> (дата обращения: 18.06.2023).
3. Назаренко О. Г. Газовые двигатели: история и перспективы // Академия энергетики. 2007. № 4. URL: <https://www.mrmz.ru/article/v85/print/2.htm> (дата обращения: 18.06.2023).
4. Двигатели, работающие на газовом топливе. URL: [http://k-a-t.ru/dvs\\_pitanie/50-gaz\\_1/](http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/50-gaz_1/) (дата обращения: 18.06.2023).
5. О направлениях совершенствования нормативно-технического регулирования для развития рынка газо-

References

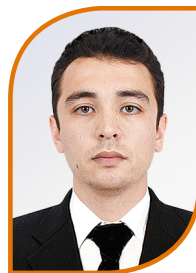
1. Improving the efficiency of traction rolling stock // Annual report of JSC «Russian Railways» for 2021. URL: <https://ar2021.rzd.ru/ru/performance-overview/analysis-operating-results/railway-transportation-infrastructure/efficiency-rolling-stock> (accessed: 06/17/2023).
2. History of the internal combustion gas engine // MRG-Online. URL: <https://mrg-online.ru/knowledge/istoriya-gazovogo-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya/> (accessed: 06/18/2023).
3. Nazarenko O. G. Gas engines: history and prospects // Academy of Energy. 2007. No. 4. URL: <https://www.mrmz.ru/article/v85/print/2.htm> (accessed: 06/18/2023).
4. Engines running on gas fuel. URL: [http://k-a-t.ru/dvs\\_pitanie/50-gaz\\_1/](http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/50-gaz_1/) (accessed: 06/18/2023).
5. On the directions of improving regulatory and technical regulation for the development of the gas engine fuel market / Alexey Kuleshov // Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart). URL: [А. В. Старцев, И. И. Сторожев, И. С. Цихалевский, Я. А. Мишин, А. Т. Шаронов | Обоснование возможности перевода двигателей подвижного состава на газомоторное топливо](https://mine-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

- моторного топлива / Алексей Кулешов // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download/14447/95141> (дата обращения: 18.06.2023).
6. Багдасаров И. Г., Хачиян А. С. и др. Разработка и реализация принципа конвертации дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием. Тема N B551891. М., 1991.
  7. Бетев А. С., Карпов В. П. и др. Влияние продуктов горения и добавок паров воды на турбулентное горение смесей метана // Физика горения и взрыва. 1986. № 2. С. 32–35.
  8. Воинов А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. М. : Машиностроение, 1977. 277 с.
  9. Воинов А. Н., Соколик А. С. Детонация в моторе с искровым зажиганием // Техника воздушного флота. 1936. № 3. С. 29–31.
  10. Колчин А. И., Демидов В. П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М. : Высшая школа, 2002. 496 с.
  11. Зельдович Я. Б. Теория горения и детонации газов. М. : Изд. АН СССР, 1944. 40 с.
  12. Иноземцев Н. Н., Кошкин Н. С. Процессы сгорания в двигателях. М. : Машгиз, 1949. 343 с.
  13. Калимуллин Р. Ф., Горбачев С. В., Баловнев С. В., Филиппов В. Ю. Расчет автомобильных двигателей : методические указания к курсовому проектированию. Ч. I. Тепловой и динамический расчеты двигателя. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. 92 с.
  14. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. М. : Высшая школа, 1995. 368 с.
  15. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. М. : Иностран. литер., 1948. 446 с.
  16. Соколик А. С. Самовоспламенение, пламя и детонация в газах. М. : Изд. АН СССР, 1960. 427 с.
  17. Хачиян А. С., Багдасаров И. Г. и др. Перевод дизелей на питание природным газом // Повышение эффективности автомобильных тракторных двигателей : сб. науч. тр. МАДИ. М., 1995.
  18. Гайворонский А. Перспективы совершенствования рабочих процессов газовых двигателей // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2004. № 5. С. 56–58. ISSN 2073–8323.
- nergo.gov.ru/system/download/14447/95141 (accessed: 06/18/2023).
  6. Bagdasarov I. G., Khachiyan A. C. and others. Development and implementation of the principle of converting diesel engines into gas engines with spark ignition. Topic N B 551891. M., 1991.
  7. Betev A. C., Karpov V. P. et al. The influence of combustion products and additives of water vapor on the turbulent combustion of methane mixtures // Physics of Combustion and Explosion. 1986. No. 2. P. 32–35.
  8. Voinov A. N. Combustion in high-speed piston engines. Moscow : Mashinostroenie, 1977. 277 p.
  9. Voinov A. N., Sokolik A. C. Detonation in a spark-ignition engine // Technique of the air fleet. 1936. No. 3. P. 29–31.
  10. Kolchin A. I., Demidov V. P. Calculation of automobile and tractor engines. Moscow : Higher School, 2002. 496 p.
  11. Zeldovich Ya. B. Theory of gorenje and detonation of gases. M. : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1944. 40 p.
  12. Inozemtsev H. H., Koshkin N. S. Combustion processes in engines. Moscow : Mashgiz, 1949. 343 p.
  13. Kalimullin R. F., Gorbachev S. V., Balovnev S. V., Filipov V. Yu. Calculation of automobile engines: methodological guidelines for course design. Part I. Thermal and dynamic calculations of the engine. Orenburg: GO OSU, 2004. 92 p.
  14. Internal combustion engines. In 3 books. 1. Theory of work processes / V. N. Lukanin [et al.]; edited by V. N. Lukanin. M. : Higher School, 1995. 368 p.
  15. Lewis B., Elbe G. Gorenje, flame and explosions in gases. M. : Inostr. lit., 1948. 446 p.
  16. Sokolik A. C. Self-ignition, flame and detonation in gases. Moscow : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. 427 p.
  17. Khachiyan A. C., Bagdasarov I. G. et al. Transfer of diesels to natural gas power // Improving the efficiency of automobile tractor engines : collection of scientific papers MADI. M., 1995.
  18. Gaivoronsky A. Prospects for improving the working processes of gas engines // Autogas refueling complex + alternative fuel. 2004. No. 5. P. 56–58. ISSN 2073–8323.





**Назиржон Мукарамович  
Арипов**  
Nazirjon M. Arifov



**Шохрух Шухратович  
Камалетдинов**  
Shokhrukh Sh. Kamaletdinov

## Моделирование процессов автоматизированного сменно-суточного планирования погрузки грузов на железнодорожном транспорте

### Modeling of processes of automated shift-daily planning of cargo loading on railway transport

#### Аннотация

Сменно-суточное планирование погрузки является одним из важных задач организации перевозок на железнодорожном транспорте. С целью обеспечения качества перевозок предлагается усовершенствованная технология планирования. Для анализа и исследования предлагаемой системы разработана модель на основе сети Петри, а также применен алгоритм Флойда — Уоршелла для нахождения кратчайших расстояний до погрузочных ресурсов.

**Ключевые слова:** планирование погрузки, двудольный граф, сети Петри, кратчайший путь, алгоритм Флойда — Уоршелла.

#### Abstract

Shift-daily loading planning is one of the important tasks of transportation organization by rail. In order to ensure the quality of transportation, the improved planning technology is proposed. To analyze and study the proposed system, a model based on a Petri net has been developed, and the Floyd–Warshell algorithm has been applied to find the shortest distances to loading resources.

**Keywords:** loading planning, bipartite graph, Petri nets, shortest path, Floyd–Warshell algorithm.

#### Авторы Authors

*Назиржон Мукарамович Арипов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика», Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: arifov1110@gmail.com | Шохрух Шухратович Камалетдинов, PhD, докторант кафедры «Автоматика и телемеханика», Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: shaxr2107gmail.com*

*Nazirjon M. Arifov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Automation and Telemechanics Department, Tashkent State Transport University (TSTrU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: arifov1110@gmail.com | Shokhrukh Sh. Kamaletdinov, PhD, Doctoral student of the Automation and Telemechanics Department, Tashkent State Transport University (TSTrU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: shaxr2107gmail.com*

Планирование погрузки грузов на предстоящую смену и сутки является важнейшей задачей в планировании местных работ. От правильности составления плана зависит качество организации местной работы на железнодорожном узле. В статье рассматриваются процессы планирования погрузки регионального железнодорожного узла (РЖУ) Ташкент. Для сменно-суточного планирования поездной и грузовой работы необходима информация о выполнении заданий по погрузке и выгрузке вагонов за прошедшие сутки, наличии заявок грузоотправителей на погрузку вагонов в предстоящие сутки, а также о подходе поездов и вагонов под выгрузку с соседних РЖУ и дорог. На сегодняшний день эта информация собирается вручную со станций полигона со стороны диспетчера по местным работам (ДНЦМ), что требует значительных затрат времени на ее сбор для сменно-суточного планирования [1].

Автоматизация процессов сбора и обработки информации позволит эффективно решать проблему времени и достоверности данных [2, 3]. Повышение качества данных даст возможность диспетчерскому персоналу принимать оптимальные управленческие решения.

Разработка технологии автоматизированного сменно-суточного планирования погрузки требует тщательного анализа основных процессов и специфики региональных железнодорожных узлов. Формализация и моделирование процессов планирования поможет представить последовательность процессов как систему и устранить недостатки этой системы. Цель исследования — моделирование процессов автоматизированного сменно-суточного планирования погрузки на железнодорожном транспорте.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Построить концепцию системы планирования погрузки в автоматизированном режиме.
2. Провести моделирование процессов подбора вагонов под каждой заявкой.
3. Разработать методику определения оптимального варианта развоза порожних вагонов.

## 1. Построение концепции системы планирования погрузки в автоматизированном режиме

Погрузка планируется на основе заявок грузоотправителей и информации о доступных порожних вагонах. При планировании на смену или сутки основной задачей является обеспечение заявок порожними вагонами. Для выполнения заявок используются порожние вагоны, которые находятся на полигоне или в пути к нему. Реализация этой задачи требует сотрудничества нескольких уровней управления перевозками [1].

ДНЦМ организует автоматизированное формирование заданий на осмотр вагонов под погрузку по конкретным заявкам и оформление ВУ-14 для линейного уровня, основываясь на данных о родах и типах вагонов, ранее перевозимых в них грузов и их дислокации на отделении дороги. После осмотра и подготовки подвижного состава происходит привязка вагонов к заявкам, что гарантирует выполнение всех требований, связанных с техническим состоянием вагонов, правилами курсирования и погрузки вагонов принадлежности других государств, а также правилами работы с арендованными подвижными составами [1].

## 2. Моделирование процессов подбора вагонов под каждой заявкой

Сменно-суточное планирование погрузок разделим на 4 этапа:

- 1) обработка заявок по условиям перевозок грузов;
- 2) выбор оптимальных вариантов вагонов по местонахождению;
- 3) технический осмотр вагонов;
- 4) пономерное прикрепление вагонов к заявкам.

Разработаем модель обработки заявок грузоотправителей по свободным погрузочным ресурсам. Для этого будем использовать метод сети Петри.

Сеть Петри  $C$  является четверкой,  $C = (P, T, I, O)$ .  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  — конечное множество позиций,  $n \geq 0$ .  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  — конечное множество переходов,  $m \geq 0$ . Множество позиций и множество переходов не пересекаются,  $P \cap T = \emptyset$ .  $I : T \rightarrow P_\infty$  является входной функцией — отображением из переходов в комплекты позиций.  $O : T \rightarrow P_\infty$  есть выходная функция — отображение из переходов в комплекты позиций. Маркированная сеть Петри  $M = (C, \mu)$  есть совокупность структуры сети Петри  $C = (P, T, I, O)$  и маркировки  $\mu$  и может быть записана в виде  $M = (P, T, I, O, \mu)$  [4].

Определим расширенную входную и выходную функцию

$$I : T \rightarrow P_\infty, O : T \rightarrow P_\infty, \quad (1)$$

таким образом, что

$$\#(t_j, I(p_i)) = \#(p_i, O(t_j)), \#(t_j, O(p_i)) = \#(p_i, I(t_j)). \quad (2)$$

Построим сеть Петри, состоящую из следующих позиций и переходов (рис. 1):

$$P = (p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}); \quad (3)$$

$$T = (t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}, t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}). \quad (4)$$

Описания событий и переходов сети Петри сменно-суточного планирования погрузки (рис. 1) представлены в табл. 1.

### 3. Разработка методики определения оптимального варианта развоза порожних вагонов

На этапе определения кратчайшего расстояния до вагонов предлагается использовать алгоритм Флойда — Уоршелла, предназначенный для решения задачи поиска всех кратчайших путей на графе [5–7]. Для заданного ориентированного взвешенного графа алгоритм находит кратчайшие расстояния между всеми парами вершин за время  $O(n^3)$ . Алгоритм применим к графам с произвольными, в том числе с отрицательными, весами.

Имеем граф  $G = (V, E)$ , в котором каждая вершина пронумерована от 1 до  $|V|$ . Сформируем матрицу смежности  $D$ . Эта матрица имеет размер  $|V| \times |V|$ , и каждому ее элементу  $D_{ij}$  присвоен вес ребра, соединяющего вершину  $i$  с вершиной  $j$ . Заметим, что в силу ориентированности графа  $G$  матрица  $D$  может быть несимметрична.

Полагаем диагональные элементы  $D_{ij}$  равными нулю, а недиагональные элементы, соответствующие неинцидентным вершинам (не имеющим общего ребра), положим равными бесконечности или числу, заведомо большему возможного расстояния между ребрами.

Ключевая часть алгоритма состоит из трех циклов:

- для  $k$  от 1 до  $|V|$  выполнять;
- для  $i$  от 1 до  $|V|$  выполнять;
- для  $j$  от 1 до  $|V|$  выполнять.

Если  $D_{ik} + D_{kj} < D_{ij}$ , то  $D_{ij} := D_{ik} + D_{kj}$ .

Основной операцией алгоритма является релаксация элементов матрицы смежности: если  $D_{ik} + D_{kj} < D_{ij}$ , то производится присваивание  $D_{ij} = D_{ik} + D_{kj}$ .

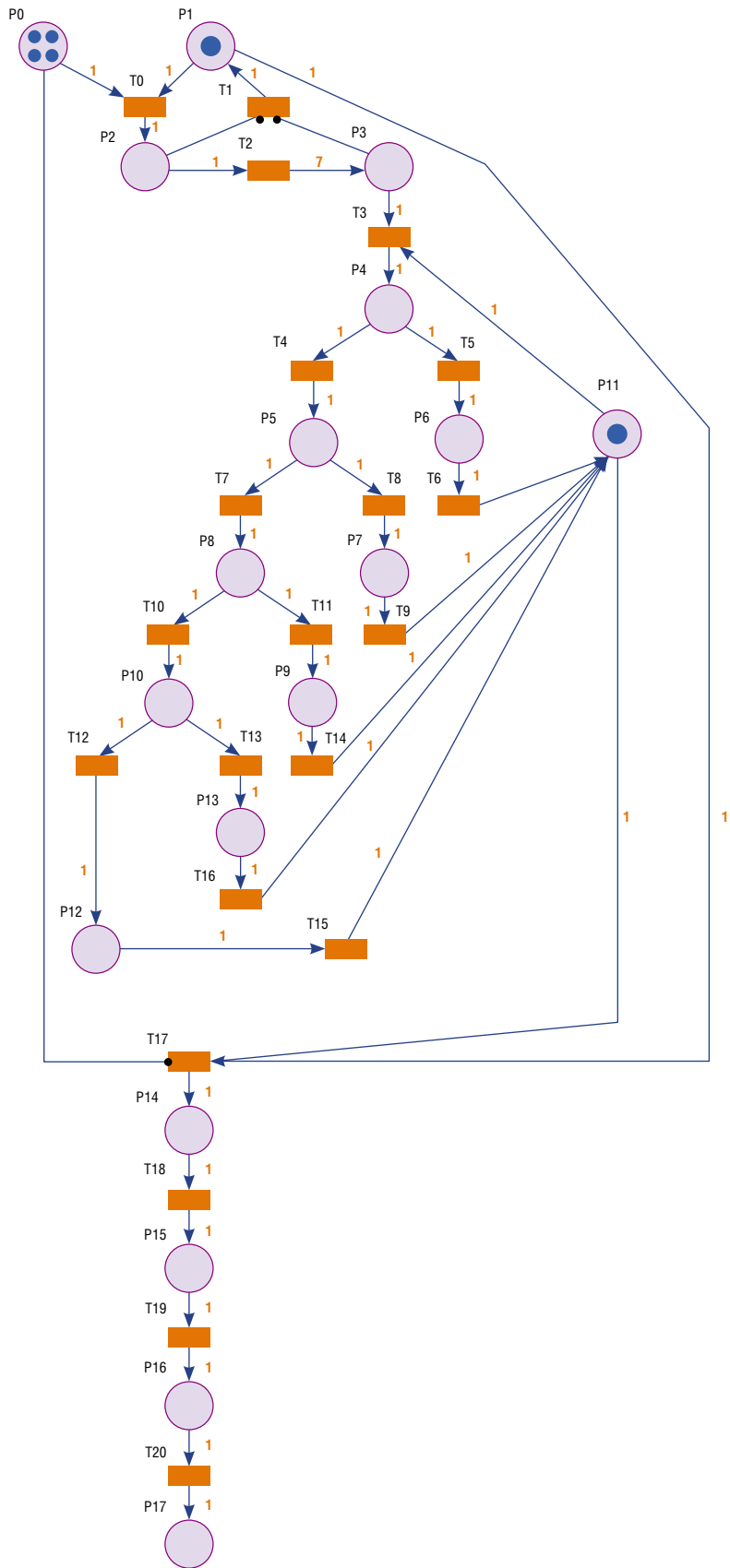


Рис. 1. Сеть Петри сменно-суточного планирования погрузки

## Описания событий и переходов

	Описание позиции		Описание перехода
P0	Заявки приняты	T0	Одна заявка принята к обработке
P1	Заявку можно рассмотреть	T1	Переход к следующей заявке
P2	Одна заявка обрабатывается	T2	Определение количества порожних вагонов
P3	Список порожних вагонов	T3	Проверка первого вагона
P4	Проверка вагонов по роду и по типу	T4	Переход к проверке по пробегу вагонов
P5	Проверка вагонов по пробегам	T5	Добавить вагон в список свободных ресурсов
P6	Вагон в списке свободных ресурсов	T6	Закончить проверку вагона
P7	Вагон в списке свободных ресурсов	T7	Переход к проверке вагонов по ранее груженым грузам
P8	Проверка вагонов по ранее груженым грузам	T8	Добавить вагоны в список свободных ресурсов
P9	Вагон в списке свободных ресурсов	T9	Закончить проверку вагона
P10	Проверка возможности погрузки грузов на вагоны СНГ	T10	Переход к проверке возможности погрузки грузов на вагоны СНГ
P11	Можно переходить на следующий вагон	T11	Добавить вагоны в список свободных ресурсов
P12	Вагон подойдет под эту заявку	T12	Отметка годности вагона к заявкам
P13	Вагон находится в списке свободных ресурсов	T13	Добавить вагоны в список свободных ресурсов
P14	Отсортированный список вагонов по кратчайшим расстояниям	T14	Закончить проверку вагона
P15	Вагоны прикреплены к заявкам	T15	Закончить проверку вагона
P16	Осуществляется технический осмотр вагонов	T16	Закончить проверку вагона
P17	Вагоны прикреплены к заявкам	T17	Сортировка вагонов по кратчайшим расстояниям
		T18	Первичное прикрепление вагонов к заявкам
		T19	Подготовка задания на технический осмотр вагонов
		T20	Окончательное прикрепление годных вагонов к заявкам

На рис. 2 представлена схема РЖУ Ташкент. Узел имеет 50 станций и 4 разъезда. Для нахождения кратчайших расстояний до порожних вагонов составлен массив этих станций по расстояниям между ними, который будет использован для расчетов по алгоритму Флойда — Уоршелла.

Для определения кратчайшего пути между станциями узла использован алгоритм Флойда — Уоршелла. На языке Java была написана про-

грамма для определения кратчайших путей до станций, где находятся порожние вагоны. Конечным результатом будет список станций с подходящим вагоном с оптимальными расстояниями. Оперативные работники будут выбирать варианты по приоритетам и по расстояниям.

Модель, созданная с помощью сети Петри (рис. 1), дает четкое представление о последовательности действий и логической связи между позициями. Представлен-

ная иллюстрация была разработана с помощью программы HPSim. Осуществлена проверка правильности работы сетей Петри. Имитация хода фишек по сети дает возможность определить уязвимые места при моделировании. Поскольку система планирования погрузки осуществляется в автоматизированном режиме, метод сети Петри отлично подходит к определению работоспособности автоматизированных систем. **ИТ**



Рис. 2. Схема РЖУ Ташкент

### Список литературы

1. Ковалев В. И. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах : учебник / В. И. Ковалев, А. Т. Осминин; под редакцией Г. М. Грошева. М., 2006. 544 с.
2. Арипов Н. М., Камалетдинов Ш. Ш. Моделирование сменно-суточного планирования выгрузки и погрузки вагонов // Academic Research in Educational Sciences. 2022. № 3 (9). С. 34–43. ISSN 2181–1385
3. Камалетдинов Ш. Ш., Арипов Н. М. Функциональное моделирование текущего планирования местной работы вагонов // Academic Research in Educational Sciences. 2022. № 3 (9). С. 119–124. ISSN 2181–1385.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ. М. : Мир, 1984. 264 с.
5. Roy B. Transitivity Et Connexité // Comptes Rendus Del' Académie Des Sciences 1959. Vol. 249. P. 216–218.
6. Warshall S. A Theorem on Boolean Matrices // Journal of the ACM. 1962. No. 1. P. 11–12. doi:10.1145/321105.321107.
7. Floyd R. W. Algorithm 97: Shortest Path // Communications of the ACM. 1962. No. 6. P. 345. doi: 10.1145/367766.368168.

### References

1. Kovalev V. I. Automation systems and information technologies of transportation management on railways : textbook / V. I. Kovalev, A. T. Osminin; edited by G. M. Groshv. M., 2006. 544 p.
2. Aripov N. M., Kamaletdinov Sh. Sh. Modeling of shift-daily planning of unloading and loading of wagons // Academic Research in Educational Sciences. 2022. No. 3 (9). P. 34–43. ISSN 2181–1385
3. Kamaletdinov Sh. Sh., Aripov N. M. Functional modeling of current planning of local work of wagons // Academic Research in Educational Sciences. 2022. No. 3 (9). P. 119–124. ISSN 2181–1385.
4. Peterson J. Theory of Petri nets and modeling of systems / trans. from English M. : Mir, 1984. 264 p.
5. Roy B. Transitivity Et Connexité // Comptes Rendus Del' Académie Des Sciences 1959. Vol. 249. P. 216–218.
6. Warshall S. A Theorem on Boolean Matrices // Journal of the ACM. 1962. No. 1. P. 11–12. doi:10.1145/321105.321107.
7. Floyd R. W. Algorithm 97: Shortest Path // Communications of the ACM. 1962. No. 6. P. 345. doi:10.1145/367766.368168.



**Ботир Зокир угли  
Эргашев**

**Botir Z. Ergashev**



**Гаффор Аллакулович  
Саматов**

**Gaffor A. Samatov**



**Зокир Эргашевич  
Мусабеков**

**Zokir E. Musabekov**



**Хилола Закиржан  
кизи Уралова**

**Hilola Z. Uralova**

## О роли контрейлерных перевозок в Центрально-Азиатском регионе

### The role of piggyback transportation in the Central Asian region

(Статья публикуется в авторской редакции)

#### Аннотация

В статье рассматриваются перспективы внедрения контрейлерных перевозок в Центрально-Азиатском регионе, их экологические и экономические преимущества. Использование контрейлерных перевозок вместо автомобильного транспорта может привести к сокращению выбросов парниковых газов, улучшению качества воздуха в городах, сокращению заторов на дорогах. В результате внедрения контрейлерных перевозок можно достичь экономии энергии и ресурсов, что способствует формированию более устойчивой и экологически эффективной транспортной системы.

**Ключевые слова:** транспортная логистика, контрейлерные перевозки, Центрально-Азиатский регион, экологический эффект.

#### Abstract

The article discusses the prospects for the introduction of piggyback transportation in the Central Asian region, its environmental and economic advantages. The use of piggyback transportation instead of road transport can lead to reduction in greenhouse gas emissions, improve air quality in cities, and reduce traffic congestion. As a result of the introduction of piggyback transportation, energy and resource savings can be achieved, which contribute to the formation of a more sustainable and environmentally efficient transport system.

**Keywords:** transport logistics, piggyback transportation, Central Asian region, environmental effect.

#### Авторы Authors

**Ботир Зокир угли Эргашев**, аспирант, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан; e-mail: botiravto@gmail.com | **Гаффор Аллакулович Саматов**, зав. кафедрой «Транспортная логистика», Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан | **Зокир Эргашевич Мусабеков**, доцент кафедры «Энергомашиностроение и профессиональное образование», Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан; e-mail: m.zakirjom@gmail.com | **Хилола Закиржан кизи Уралова**, аспирант, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

**Botir Z. Ergashev**, PhD student, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: botiravto@gmail.com | **Gaffor A. Samatov**, Head of the Transport Logistics Department, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan | **Zokir E. Musabekov**, Associate Professor of the Department "Power Engineering and Vocational Education", Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: m.zakirjom@gmail.com | **Hilola Z. Uralova**, PhD student, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

В последние годы в Центральном-Азиатском регионе наблюдается значительный рост экономики и торговли. Вместе с тем растут и потребности в эффективной и устойчивой системе грузоперевозок. Решением этой проблемы может стать внедрение контейнерных перевозок, которые принесут с собой существенные экономические и экологические выгоды.

Контейнерные перевозки представляют собой комбинированные перевозки грузовых автотранспортных средств, прицепов, полуприцепов или съемных кузовов на железнодорожных платформах.

Существует два основных вида контейнерных перевозок: сопровождаемые и несопровождаемые. Сопровождаемые перевозки подразумевают разделение маршрута между железнодорожным и автомобильным транспортом примерно на равные части. Во время перевозки по железной дороге водитель автотранспортного средства следует вместе с ним в отдельном пассажирском вагоне. Такой подход обеспечивает непрерывность и контроль перевозки на протяжении всего маршрута. Непровождаемые перевозки, в свою очередь, характеризуются преимущественным использованием железнодорожного транспорта для большей части маршрута. В связи с этим нет необходимости перевозить и сопровождать тягачи автомобильного транспорта вместе с их водителями. К несопровождаемым перевозкам относятся случаи, когда грузы представлены съемными кузовами, прицепами или полуприцепами.

Контейнерные перевозки позволяют достичь оптимальной комбинации железнодорожного и автомобильного транспорта, объединяя преимущества обоих видов перевозок. В настоящее время контейнерные перевозки широко распространены в Европе, США и Австралии. Они применяются как эффективное решение при преодолении горных перевалов, ограничении движения в природоохраняемых зонах и др. В Европе контейнерные перевозки активно развиваются благодаря государственным субсидиям и повышенным пошлинам на автотранспорт, а также законодательным мерам, ограничивающим движение автомобилей в ночное время, выходные и праздничные дни, особенно в туристических и рекреационных зонах. В Евросоюзе контейнерные перевозки составляют около 30 % от общего объема железнодорожных грузовых перевозок.

В мировой практике существует несколько технологий эксплуатации контейнеров: «Бегущее шоссе», CargoBeamer, ModaLohr, Megaswing и другие. Они различаются по используемым специализированным платформам, методам погрузки/выгрузки автотранспортных средств, скорости движения, оснащению и сложности эксплуатации терминалов.

В странах с железнодорожной колеей 1520 мм (Россия, Узбекистан, Украина, Белоруссия и страны Балтии) также были предприняты попытки организовать

контейнерные перевозки. Например, с 2003 г. регулярно курсировал поезд «Викинг» между Украиной и Литвой по маршруту Ильичевск — Минск — Клайпеда. Этот поезд перевозил 20- и 40-футовые контейнеры, рефрижераторные и танк-контейнеры, а также полуприцепы и автопоезда. В состав поезда входили спальные вагоны, вагон-ресторан и вагон для технического персонала. Протяженность маршрута составляла 1700 км, время в пути — 52 часа. Поезда отправлялись с частотой один раз в неделю. Однако в 2007 г. регулярные перевозки были прекращены из-за малой загрузки поезда (менее 20 %). Это было связано с недостаточной коммерческой проработкой проекта и нечетким представлением о грузовой базе и рыночном сегменте услуги [1, 2].

Одной из важных причин внедрения контейнерных перевозок является ограничение движения автотранспорта. Автомобильный транспорт считается одним из наиболее экологически неблагоприятных видов транспорта. При сравнении железнодорожного и автомобильного транспорта становится очевидным, что выбросы парниковых газов на единицу перевезенного груза на большегрузных автомобилях почти в 4 раза превышают выбросы железнодорожного транспорта. В развитых странах уже принимаются законы, ограничивающие или запрещающие движение автомобилей в определенных районах. В этом контексте контейнерные перевозки являются экологически безопасной альтернативой автомобильным грузоперевозкам. Внедрение контейнерных перевозок позволяет странам ограничивать движение автомобилей и тем самым снижать негативное влияние транспорта на окружающую среду [2].

Планирование и создание комплексной транспортной системы на основе обновления логистических систем и их интеграции в мировую транспортную систему позволяет достичь более эффективных результатов в предоставлении услуг в области транспорта в Узбекистане. Это способствует увеличению экспорта товаров, полному использованию транзитного потенциала и удовлетворению потребностей экономических отраслей в качественных услугах по перевозке продукции.

Министерство транспорта Узбекистана, ОАО «Узбекистон темир йўллари», Комитет по автодорогам при Министерстве транспорта, а также другие государственные учреждения вовлечены в процесс разработки правовой основы, связанной с увеличением спроса на контейнерные перевозки, с учетом специфики страны. Разрабатывается методическая база для организации транспортировки продукции в рамках республики, учитывающая мировую практику использования анализируемых технологий [3].

Развитие контейнерных перевозок в Центральном-Азиатском регионе предполагает несколько шагов для достижения экономических и экологических выгод.

### Шаг 1. Использование железнодорожных или контейнерных перевозок.

- Перевозка грузов контейнерами по железной дороге вместо автомобильного транспорта.
- Сокращение количества грузовых автомобилей на дорогах и уменьшение выбросов парниковых газов.
- Улучшение качества воздуха и снижение уровня шума в городах.

### Шаг 2. Экономия энергии и ресурсов.

- Эффективное использование контейнеров для перевозки грузов на различных этапах пути.
- Сокращение потребности в топливе и других ресурсах.
- Получение экономических выгод и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

### Шаг 3. Развитие инфраструктуры.

- Развитие и модернизация транспортной инфраструктуры для поддержки контейнерных перевозок.
- Строительство и модернизация железнодорожных станций, портов и терминалов.
- Улучшение доступности и эффективности перевозок.

### Шаг 4. Снижение заторов и дорожной нагрузки.

- Сокращение количества грузовых автомобилей на дорогах.
- Снижение дорожной нагрузки.
- Улучшение безопасности движения и сокращение времени перевозок.

### Шаг 5. Экологические выгоды.

- Снижение выбросов парниковых газов и улучшение качества воздуха.
- Экономия энергии и ресурсов.
- Повышение устойчивости и экологической эффективности транспортной системы.

Для расчета экологического эффекта от внедрения контейнерных перевозок можно использовать следующие формулы.

#### Расчет снижения выбросов загрязняющих веществ:

$$\text{Снижение выбросов} = (\mathcal{E}_{\text{другой}} - \mathcal{E}_{\text{контейнер}}) \times \mathcal{E}_{\text{ср}},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{другой}}$  — текущий объем грузоперевозок другими видами транспорта, т;  $\mathcal{E}_{\text{контейнер}}$  — предполагаемый объем грузоперевозок контейнерными перевозками, т;  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  — средняя эмиссия загрязняющих веществ для других видов транспорта, г/т-км.

#### Расчет экономии топлива:

$$\text{Экономия топлива} = (P_{\text{другой}} - P_{\text{контейнер}}) \times P_{\text{топлива}},$$

где  $P_{\text{другой}}$  — текущий объем потребления топлива другими видами транспорта, л;  $P_{\text{контейнер}}$  — предполагаемый объем потребления топлива при контейнерных перевозках, л,  $P_{\text{топлива}}$  — цена топлива, ден. ед/л.

#### Расчет снижения пробега:

$$\text{Снижение пробега} = (V_{\text{другой}} - V_{\text{контейнер}}) \times V_{\text{трансп}},$$

где  $V_{\text{другой}}$  — текущее время, затрачиваемое на грузоперевозки другими видами транспорта, ч;  $V_{\text{контейнер}}$  — предполагаемое сокращение времени при контейнерных перевозках, ч;  $V_{\text{трансп}}$  — средняя скорость грузовых транспортных средств, км/ч.

Эти формулы могут быть использованы в качестве отправной точки для расчета экологического эффекта от внедрения контейнерных перевозок. Однако для более точного расчета необходимы конкретные данные о грузоперевозках и их характеристиках, такие как расстояние, тип транспорта, выбросы загрязняющих веществ и др.

## Выводы

Развитие контейнерных перевозок в Центрально-Азиатском регионе может иметь существенные экономические и экологические выгоды, особенно при замене автомобильного транспорта на железнодорожный:

1. Использование контейнерных перевозок вместо автомобильного транспорта на дорогах может привести к сокращению выбросов парниковых газов и улучшению качества воздуха в городах.

2. Экономия топлива может быть достигнута благодаря эффективному использованию контейнеров и сокращению потребности в топливе.

3. Развитие инфраструктуры способствует более эффективным контейнерным перевозкам.

4. Снижение количества грузовых автомобилей на дорогах может сократить дорожную нагрузку, пробки и повысить безопасность движения.

5. В результате внедрения контейнерных перевозок можно достичь экономии энергии и ресурсов, что способствует формированию более устойчивой и экологически эффективной транспортной системы. **ИТ**



### Список литературы

1. Концепция организации контрейлерных перевозок на «пространстве 1520». URL: <http://логополис.рф/wp-content/uploads/2015/12/Концепция-организации-контрейлерных-перевозок-13-04-2012.pdf>.
2. Ухмылина О. А. Контрейлерные перевозки и возможность их организации в Каспийском регионе // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015: материалы Восьмой международной конференции. Т. 2. М., 2015. С. 104–107.
3. Стратегия развития транспортной системы Республики Узбекистан на период до 2035 г. 2019. 116 с. URL: <https://regulation.gov.uz/ru/d/3867>

### References

1. The concept of organization of piggyback transportation in the «1520 space». URL: <http://логополис.рф/wp-content/uploads/2015/12/Концепция-организации-контрейлерных-перевозок-13-04-2012.pdf>.
2. Ukhmylina O. A. Con trailer transportation and the possibility of their organization in the Caspian region // Managing the development of large-scale systems MLSD'2015: proceedings of the Eighth International Conference. Vol. 2. M., 2015. P. 104–107.
3. Strategy for the development of the transport system of the Republic of Uzbekistan for the period up to 2035, 2019. 116 p. URL: <https://regulation.gov.uz/ru/d/3867>.



**Дарья Ивановна  
Кочнева**

**Daria I. Kochneva**



**Никита Юрьевич  
Пономарев**

**Nikita Yu. Ponomarev**

# Оптимизация схемы возврата порожних контейнеров путем использования системы контейнершеринга

## Optimization of the empty container return scheme by using a container sharing system

### Аннотация

В статье предлагается новая система организации порожнего контейнеропотока — контейнершеринг. Проведен анализ современного состояния рынка контейнерных перевозок и выявлены проблемы, связанные с дефицитом порожних контейнеров и высокими затратами на их возврат. Для решения проблемы выдвинута идея оптимизации возврата порожних контейнеров на основе их совместного использования участниками транспортно-логистического процесса. Проведен обзор отечественной и зарубежной литературы по вопросам организации порожнего контейнеропотока, подчеркнута новизна концепции контейнершеринга для российской науки и практики. Сформулировано авторское определение понятия «контейнершеринг» и разработана концептуальная схема процесса передачи порожних контейнеров между грузополучателями и грузоотправителями. Выдвинуты требования и основные технические условия для реализации системы контейнершеринга на рынке железнодорожных перевозок. Проведенное исследование направлено на снижение эксплуатационных затрат участников рынка контейнерных перевозок и минимизацию дефицита порожних контейнеров.

**Ключевые слова:** контейнерные перевозки, порожний контейнер, стратегия шеринга, контейнершеринг, ОАО «РЖД», цифровизация.

### Abstract

The article proposes a new system for organizing empty container traffic – container sharing. The analysis of the current state of the container transportation market has been carried out and the problems associated with shortage of empty containers and high costs of their return have been identified. To solve the problem, the idea of optimizing the return of empty containers based on their joint use by participants in the transport and logistics process has been put forward. The review of domestic and foreign literature on organization of empty container traffic is carried out, the novelty of the concept of container sharing for Russian science and practice is emphasized. The author's definition of the concept "container sharing" is formulated and a conceptual scheme of the process of transferring empty containers between consignees and shippers is developed. The requirements and basic technical conditions for implementation of the container engineering system in the railway transportation market have been put forward. The conducted research is aimed at reducing the operating costs of container transportation market participants and minimizing the shortage of empty containers.

**Keywords:** container transportation, empty container, sharing strategy, container sharing, JSC "Russian Railways", digitalization.

### Авторы Authors

*Дарья Ивановна Кочнева, канд. техн. наук, доцент, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | Никита Юрьевич Пономарев, аспирант, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург*

*Daria I. Kochneva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | Nikita Yu. Ponomarev, Post-graduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg*

Развитие железнодорожных контейнерных перевозок — одна из приоритетных задач экономического развития Российской Федерации, которая официально задокументирована Указом Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период 2024 года».

Рост железнодорожных контейнерных перевозок отмечается на протяжении длительного времени [1]. В 2018 г. контейнерный рынок России оценивался в 4,6 млн ДФЭ. В 2019–2020 гг. рост контейнерных перевозок наблюдался даже на фоне кризиса, связанного с пандемией коронавируса: в 2019 г. рост составил 7 %, в 2020 г. — 13 %, при этом на 36 % увеличились объемы транзита Китай — Европа через Россию и Казахстан. Рост в основном был связан с отменой авиарейсов из Китая, что привело к переключению части грузопотока с воздушного транспорта на железнодорожные контейнерные перевозки [2]. В 2021 г. контейнерный рынок продолжил восстановление. В 2022 г. в связи с ограничениями на перевозку внешнеторговых грузов произошел спад контейнерных перевозок на 15,9 %. Вместе с тем, согласно планам Минтранса, в 2023 г. объем перевозок контейнеров увеличится более чем на 60 % к уровню 2022 г., в том числе за счет перевозок по Восточному полигону [3].

Есть и обратная сторона роста контейнерных перевозок — дефицит контейнеров. В период, когда мировая логистика находилась в парализованном состоянии и были закрыты почти все границы, возникла проблема «брошенных» контейнеров, которые оставались на терминалах, портах и их территориях. Для стабилизации экономической ситуации было принято решение о снижении количества контейнерных поездов, что создало неудобства для китайских экспортеров, которые отправляли гораздо больше, чем получали, была нарушена схема баланса порожних контейнеров. В результате произошел рост тарифов на перевозку контейнеров, выросли цены на производство новых. Компании стали «бронировать» контейнеры на свои перевозки, порой переплачивая ставку в 1,5 раза больше, но гарантируя себе наличие контейнера [4].

Таким образом, одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности железнодорожных контейнерных перевозок является совершенствование системы возврата порожних контейнеров.

Исследованию проблемы порожних контейнерных перевозок посвящены труды как российских [5–11], так и зарубежных авторов [12–15]. В частности, в работах [5, 6, 12, 13] исследуются технические решения, позволяющие сократить затраты на порожний пробег контейнеров, в том числе обосновывается применение инновационных складных контейнеров и контейнеров-платформ (так называемых Flat Rack), которые в порожнем состоянии могут складываться и перевозиться в несколько ярусов на одной железнодорожной платформе.

В исследованиях [7, 8, 10, 11, 14, 16] предлагаются организационно-технологические методы сокращения порожнего контейнеропотока на основе интеграции контейнерных операторов, оптимизации маршрутов и цифровых технологий.

В работах зарубежных авторов [15, 17, 18] рассматривается новая технология управления парком порожних контейнеров, получившая название контейнершеринг. В частности, в статье китайских ученых [17] исследуется нетехнологическое время простоя подвижного состава и контейнеров, оценивается проблема баланса порожних контейнеров на сети китайских железных дорог и разрабатывается система передачи контейнеров следующему грузоотправителю, минуя возврат на станцию отправления/передачи, предусмотренную условиями договора.

В научных работах российских авторов понятие контейнершеринга и технология его реализации в системе железнодорожного транспорта ранее не рассматривались. В связи с этим исследования, направленные на научное обоснование технологии контейнершеринга в специфических условиях российского рынка железнодорожных контейнерных перевозок, обладают научной новизной.

Термин «контейнершеринг» является производным от двух слов: «контейнер» и «шеринг» (от англ. to share — делить). Слово «шеринг» иностранного происхождения, но в нашей стране прижилось настолько, что уже свободно употребляется в лексике.

Смысл шеринга как управленческой стратегии заключается в совместном использовании ресурсов различными экономическими агентами. В настоящее время стратегия совместного использования ресурсов в логистике используется повсеместно. Среди наиболее очевидных примеров — сервис каршеринга, где любой авторизованный пользователь может взять легковой автомобиль в поминутную аренду и оставить там, где ему удобно. По такому же принципу работает грузовой каршеринг. Развиваются и другие формы шеринга, например, совместная аренда спецтехники и складских площадей (так называемый складшеринг).

Опираясь на зарубежные исследования и российскую практику, можно дать следующее определение: контейнершеринг — это стратегия окончания перевозочного процесса контейнера путем передачи его следующему клиенту под погрузку, минуя возврат на станцию передачи/отправления либо контейнерный терминал.

На рис. 1 представлено схематичное изображение идеи контейнершеринга в системе железнодорожных перевозок.

Имея условный маршрут № 1 со станции А до станции Б, перевозчик № 1 по завершении перевозочного процесса должен вернуть контейнер на станцию отправления или на иную станцию передачи либо в терминал, предусмотренный условиями договора, что ведет к увеличению стоимости перевозки, перепробегам подвижного состава, а также нерациональному использованию самого контейнера.

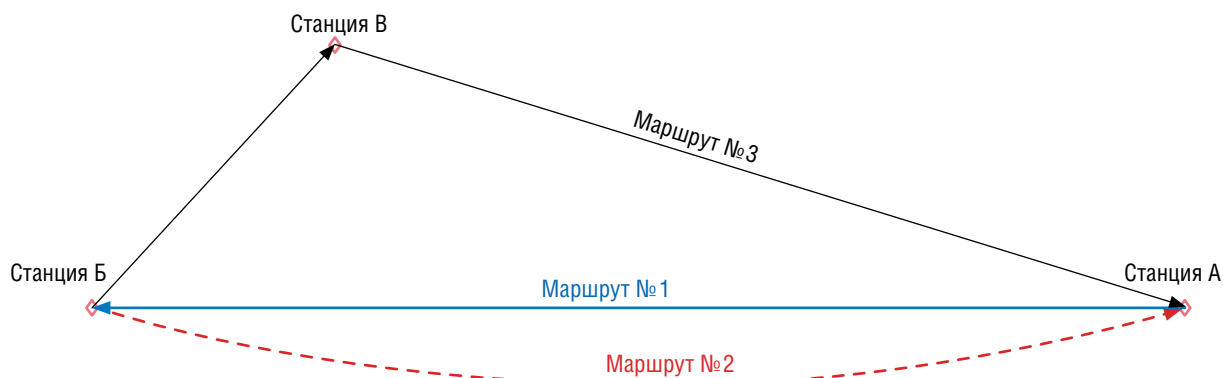


Рис. 1. Схематичное изображение идеи контейнершеринга в системе железнодорожных перевозок

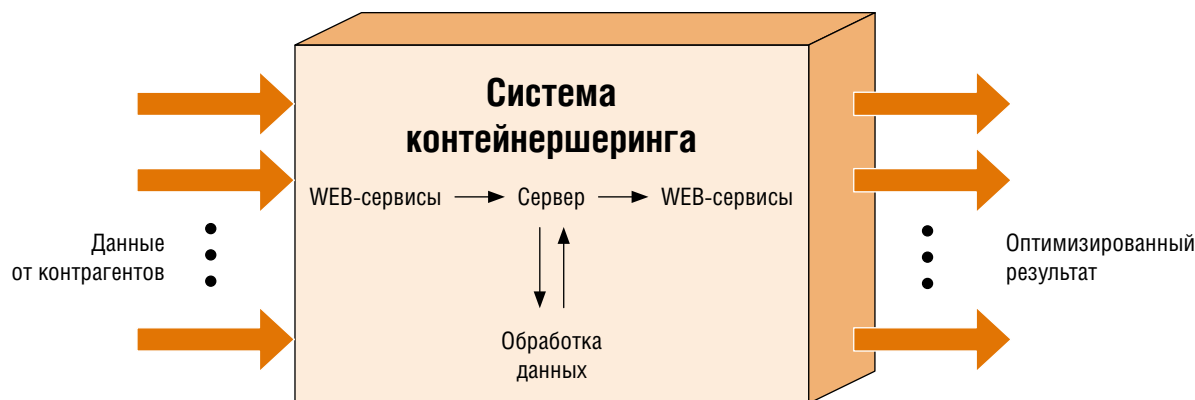


Рис. 2. Упрощенная схема информационно-технической составляющей технологии контейнершеринга

В условиях реализации контейнершеринга перевозчик № 2, которому нужно отправить груз со станции В до станции А, в режиме реального времени видит всю необходимую информацию об освободившемся порожнем контейнере, удостоверяется, что он по всем условиям подходит для его типа груза, и заказывает его. Порожний контейнер передается на станцию В и возвращается в А уже в груженом виде, что, очевидно, является экономически более эффективным вариантом перевозки (маршрут № 3).

Для внедрения в практику технологии контейнершеринга необходимо создать систему открытого обмена данными между транспортными компаниями, грузоотправителями, перевозчиками и другими контрагентами, участвующими в перевозочном процессе. Система должна собирать данные о конечном пункте прибытия контейнера, его габаритах, предполагаемой дате выгрузки и контактной информации перевозчика (ответственного лица). Кроме того, для полноценного функционирования технологии необходимо обеспечить компетентность всех участвующих в процессе агентов и создать максимально устойчивую информационно-техническую базу (рис. 2), где каждый участник будет иметь собственный терминал и при помощи интернет-соединения сможет передавать данные со своих баз через web-сервисы, которые будут дешифроваться и передаваться на сервер.

В условиях комплексной цифровизации и автоматизации логистических процессов предпосылки для создания такой информационно-технической базы есть. В настоящее время в логистической практике широко используются системы электронного документооборота, онлайн-сервисы для клиентов, автоматические системы сбора данных и планирования перевозок, интеллектуальные системы слежения за грузом, роботизированные контейнерные терминалы и различные системы автоматической маршрутизации TMS (Transportation Management System) и системы складского учета и бизнес-процессов WMS (Warehouse Management System) [19–20].

Таким образом, предложена новая технология управления порожним контейнеропотоком — контейнершеринг, которая позволяет оптимизировать схему возврата порожнего контейнера и сократить транспортные расходы контрагентов, участвующих в перевозочном процессе. Это, в свою очередь, приведет к снижению конечной стоимости перевозки для клиента и позволит повысить конкурентоспособность железнодорожных контейнерных перевозок.

Идея шеринга может успешно использоваться не только в системе контейнерных перевозок, но и для других видов перевозок — вагонных и автомобильных — с целью сокращения перепробега порожнего подвижного состава. **ИТ**

## Список литературы

1. Чан Хао, Д. И. Кочнева Модель поиска оптимальных маршрутов сборного маршрутного контейнерного поезда // Инновационный транспорт. 2021. № 3 (41). С. 15–21. ISSN 2311–164X.
2. Самуйлов В. М., Ткачева Т. Н., Калашников А. Е. Развитие проекта «Новый шелковый путь»: функционирование в период пандемии и рост контейнерных перевозок // Инновационный транспорт. 2021. № 2 (40). С. 8–13. ISSN 2311–164X.
3. Итоги 2020 года // Fesco: официальный сайт. URL: <https://www.fesco.ru/ru/press-center/blog/itogi-2020-goda>.
4. Самуйлов В. М., Костенко А. А., Хисанова С. А. Проблема нехватки контейнеров на железнодорожном направлении Китай — Россия — Западная Европа // Инновационный транспорт. 2021. № 4 (42). С. 21–26. ISSN 2311–164X.
5. Иванова Е. В., Мазуренко О. И., Русинов И. В. Анализ эффективности внедрения складных контейнеров для решения проблемы дефицита порожних контейнеров // Транспортное дело России. 2020. № 6. С. 100–103. ISSN 2072–8689.
6. Шарабаров С. Ю., Курпе Е. С., Столярова А. П. Опыт применения складных контейнеров в логистике грузовых перевозок // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая». 2019. С. 50210. URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2019/RM19/pages/Articles/50210.pdf>.
7. Кочнева Д. И. Организация движения порожнего контейнеропотока в региональной контейнерной транспортно-логистической системе // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2012. № 1 (13). С. 46–53. ISSN 2079–0392.
8. Кекиш Н. А. Организация перевозки мелкопартионных грузов железнодорожным транспортом на основе динамической системы комплектации сборных контейнеров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2020. № 3 (79). С. 124–131. ISSN 0201–727X.
9. Moon I., Do Ngoc A. D., Konings R. Foldable and standard containers in empty container repositioning // Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review. 2013. V. 49. No. 1. P. 107–124.
10. Лакметкина Н. Ю., Макарова А. М. Технологические решения управления гружеными и порожними пробегими // Известия Транссиба. 2020. № 1 (41). С. 114–122. ISSN 2220–4245.
11. Сай В. М., Кочнева Д. И. Моделирование оценки потребности региона в контейнерных перевозках // Мир транспорта. 2018. Т. 16, № 4. С. 160–178.
12. Brouer B. D., Pisinger D., Spoorendonk S. Liner shipping cargo allocation with repositioning of empty containers // INFOR: Information Systems and Operational Research. 2011. V. 49, No. 2. P. 109–124.
13. Shintani K., Konings R., Imai A. Combinable containers: A container innovation to save container fleet and empty container repositioning costs // Transportation Research.

## References

1. Chang Hao, D. I. Kochneva Model of searching for optimal routes of a combined block container train // Innotrans. 2021. No. 3 (41). pp. 15–21. ISSN 2311–164X.
2. Samuilov V. M., Tkacheva T. N., Kalashnikov A. E. Development of the New Silk Road project: functioning during the pandemic and the growth of container transportation // Innotrans. 2021. No. 2 (40). P. 8–13. ISSN 2311–164X.
3. Results 2020 of the year // Fesco: official website. URL: <https://www.fesco.ru/ru/press-center/blog/itogi-2020-goda>.
4. Samuylov V. M., Kostenko A. A., Khisanova S. A. The problem of shortage of containers on the China — Russia — Western Europe railway route // Innotrans. 2021. No. 4 (42). P. 21–26. ISSN 2311–164X.
5. Ivanova E. V., Mazurenko O. I., Rusinov I. V. Analysis of the effectiveness of the introduction of folding containers to solve the problem of shortage of empty containers // Transport business of Russia. 2020. No. 6. P. 100–103. ISSN 2072–8689.
6. Sharabarov S. Yu., Kurpe E. S., Stolyarova A. P. The experience of using folding containers in freight logistics // Materials of the XI All-Russian scientific and practical conference of young scientists «Young Russia». 2019. P. 50210. URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2019/RM19/pages/Articles/50210.pdf>.
7. Kochneva D. I. Organization of the movement of empty container traffic in the regional container transport and logistics system // Herald of the Ural State University of Railway Transport. 2012. No. 1 (13). P. 46–53. ISSN 2079–0392.
8. Kekish N. A. Organization of transportation of small-batch cargoes by rail on the basis of a dynamic system of assembly of prefabricated containers // Bulletin of the Rostov State University of Railways. 2020. No. 3 (79). P. 124–131. ISSN 0201–727X.
9. Moon I., Do Ngoc A. D., Konings R. Foldable and standard containers in empty container repositioning // Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review. 2013. V. 49. No. 1. P. 107–124.
10. Lakhmetkina N. Yu., Makarova A. M. Technological solutions for managing loaded and empty runs // Izvestiya Transsib. 2020. No. 1 (41). P. 114–122. ISSN 2220–4245.
11. Sai V. M., Kochneva D. I. Modeling the assessment of the region's needs in container transportation // Mir Transport. 2018. Vol. 16, No. 4. P. 160–178.
12. Brouer B. D., Pisinger D., Spoorendonk S. Liner shipping cargo allocation with repositioning of empty containers // INFOR: Information Systems and Operational Research. 2011. V. 49, No. 2. P. 109–124.
13. Shintani K., Konings R., Imai A. Combinable containers: A container innovation to save container fleet and empty container repositioning costs // Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review. 2019. V. 130. P. 248–272.

- Part E: Logistics and Transportation Review. 2019. V. 130. P. 248–272.
14. Boile M. et al. Regional repositioning of empty containers: Case for inland depots // *Transportation Research Record*. 2008. V. 2066, No. 1. P. 31–40.
  15. Kopfer H., Schönberger J., Sterzik S., Zhang R. Optimization of Inland Container Transportation with and without Container Sharing // *LOGMS 2010: International Conference on Logistics and Maritime Systems*. URL: <http://www.sfb637.uni-bremen.de/pubdb/repository/SFB637-B7-10-004-IC.pdf>
  16. Кочнева Д. И., Сай В. М. Интегрированное управление контейнерной транспортной системой региона // *Экономика региона*. 2021. Т. 17, № 4. С. 1270–1285.
  17. Yinying Tang, Si Chen, Yuan Feng and Xinglong Zhu. Optimization of multi- period empty container repositioning and renting in CHINA RAILWAY Express based on container sharing strategy // *European Transport Research Review*. 2021. V. 13:42. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00498-y>.
  18. Sterzik Sebastian, Kopfer Herbert, Yun Won-Young. Reducing hinterland transportation costs through container sharing // *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2015. V. 27. P. 382–402. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10696-012-9167-y>
  19. Третьяков Г. М., Горюшинский И. В., Москвичев О. В. Организация контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте. 2-е изд., доп. Самара : СамГУПС, 2009. 376 с.
  20. Эглит Я. Я., Огальцова О. Ю., Андорская А. В., Шаповалова М. А. Цифровизация контейнерных перевозок и их влияние на логистику // *Системный анализ и логистика*. 2019. № 4 (22). С. 40–46. ISSN 2007–5678.
  14. Boile M. et al. Regional repositioning of empty containers: Case for inland depots // *Transportation Research Record*. 2008. V. 2066, No. 1. P. 31–40.
  15. Kopfer H., Schönberger J., Sterzik S., Zhang R. Optimization of Inland Container Transportation with and without Container Sharing // *LOGMS 2010: International Conference on Logistics and Maritime Systems*. URL: <http://www.sfb637.uni-bremen.de/pubdb/repository/SFB637-B7-10-004-IC.pdf>
  16. Kochneva D. I., Sai V. M. Integrated management of the container transport system of the region // *The economy of the region*. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 1270–1285.
  17. Yinying Tang, Si Chen, Yuan Feng and Xinglong Zhu. Optimization of multi- period empty container repositioning and renting in CHINA RAILWAY Express based on container sharing strategy // *European Transport Research Review*. 2021. V. 13:42. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00498-y>.
  18. Sterzik Sebastian, Kopfer Herbert, Yun Won-Young. Reducing hinterland transportation costs through container sharing // *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2015. V. 27. P. 382–402. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10696-012-9167-y>
  19. Tretyakov G. M., Goryushinsky I. V., Moskvichev O. V. Organization of container transportation by rail. 2nd ed., add. Samara : SamGUPS, 2009. 376 p.
  20. Eglit Ya. Ya., Ogoltsova O. Yu., Andorskaya A. V., Shapovalova M. A. Digitalization of container transportation and their impact on logistics // *System analysis and logistics*. 2019. No. 4 (22). P. 40–46. ISSN 2007–5678.



**Иван Максимович  
Зелюков**

**Ivan M. Zeliukov**



**Геннадий Львович  
Штрапенин**

**Gennadiy L. Shtrapenin**

## Система управления рулевым механизмом беспилотного автомобиля «Формула студент»

### Steering mechanism control system of the Formula Student self-driving car

#### Аннотация

В статье рассмотрена оригинальная конструкция системы управления поворотом передних колес беспилотного автомобиля с бензиновым двигателем внутреннего сгорания, выполненного в рамках международного образовательного проекта «Формула студент». В процессе разработки был обоснован и выбран тип привода системы и проведен расчет его элементов, спроектировано и изготовлено электронное устройство управления приводом и написано программное обеспечение для управляющего микроконтроллера. Действующий макет устройства продемонстрировал соответствие заданным параметрам.

**Ключевые слова:** «Формула студент», беспилотный автомобиль, система управления рулевым механизмом.

#### Abstract

The article discusses the original design of the steering system of the front wheels of a self-driving car with a gasoline internal combustion engine, made within the framework of the international educational project "Formula Student". During the development process, the type of a system drive was justified and selected and its elements were calculated, an electronic drive control device was designed and manufactured, and the software for the control microcontroller was written. The current layout of the device demonstrated compliance with the specified parameters.

**Keywords:** "Formula student", self-driving car, steering control system.

#### Авторы Authors

*Иван Максимович Зелюков, студент механического факультета по специальности «Мехатроника и робототехника», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: zelukov.ivan@gmail.com | Геннадий Львович Штрапенин, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электрические машины», Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: shtrap@mail.ru*

*Ivan M. Zeliukov, a student of the Faculty of Mechanics with a degree in Mechatronics and Robotics, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: zelukov.ivan@gmail.com | Gennadiy L. Shtrapenin, PhD, Associate Professor of the Department "Electrical Machines", Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: shtrap@mail.ru*

«Формула студент» [1] — это международный образовательный проект, основанный сообществом автомобильных инженеров SAE (Society of Automotive Engineers). Цель проекта — формирование инженерного мышления у студентов и воспитание специалистов, готовых к решению сложных творческих задач. Уже более 40 лет данный проект является крупнейшим, не имеющим аналогов инженерным соревнованием в мире.

За один год команда, собранная исключительно из студентов, проходит полный жизненный цикл автомобилестроительной компании, производящей спортивные автомобили — болиды особого класса. Автомобиль должен быть построен в соответствии с техническим регламентом проекта [2], который обновляется каждый год. Следует отметить, что в процессе проектирования и изготовления автомобилей по регламенту «Формула студент» участникам команды приходится решать широкий круг не только сугубо технологических, но и научно-практических задач, представляющих интерес для развития всей транспортной отрасли [3]. Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС) впервые вошел в проект «Формула студент» в 2012 г., и за прошедшее время было изготовлено 10 вариантов болидов, которые приняли участие в российских и международных соревнованиях разного уровня.

С момента изобретения первого автомобиля в конце XIX века автомобильная промышленность всегда была движущей силой инноваций и экономического роста, и с появлением более сложных технологических решений, сочетающих возможности искусственного интеллекта и робототехники, резко возрос интерес к самоуправляемым — беспилотным транспортным средствам (БТС). Роль водителя в БТС берет на себя управляющий модуль, который собирает и анализирует данные о внешней среде, получаемые с различных датчиков, и после ана-

лиза информации координирует все подсистемы автомобиля.

Очевидно, что проект «Формула студент» не мог обойти круг столь важных и интересных проблем, связанных с разработкой БТС, в связи с чем студенту УрГУПС И. Зелюкову, одному из авторов данной статьи, была поставлена задача разработать устройство системы управления для подобного автомобиля.

Система управления БТС — это мехатронная система, позволяющая поворачивать передние колеса автомобиля на определенный угол с помощью модулей движения, основываясь на информации, полученной от управляющего модуля. Разработка системы управления состоит из нескольких этапов, включающих составление функциональной схемы, выбор привода и расчет его элементов, а также проектирование электронных устройств управления приводом и написание программного обеспечения для управляющего микроконтроллера.

## 1. Функциональная схема

Функциональная схема системы управления, состоящая из четырех блоков (рис. 1), содержит микроконтроллер (МК), драйвер — электрон-

ное устройство для связи МК с приводом, собственно привод и датчик обратной связи. С управляющего модуля на МК по CAN-шине (Controller Area Network — стандарт протокола связи, используемый для обмена данными между устройствами в автомобильной промышленности) поступает управляющий сигнал, несущий информацию о заданном угле поворота передних колес автомобиля. Далее идет вычисление ошибки между текущим положением колес, которое отслеживается датчиком обратной связи, и тем положением, в которое они должны быть установлены. После вычисления ошибки МК подает сигнал на драйвер управления приводом поворота для коррекции положения колес. Размещение системы управления в автомобиле показано на рис. 2.

## 2. Выбор привода

Были проанализированы три наиболее подходящих для решения данной задачи типа привода системы управления: электрический, гидравлический и пневматический. Основные характеристики приводов приведены в табл. 1.

Для поворота колес требуется усилие порядка 1000 Н, при этом скорость и точность поворота должны

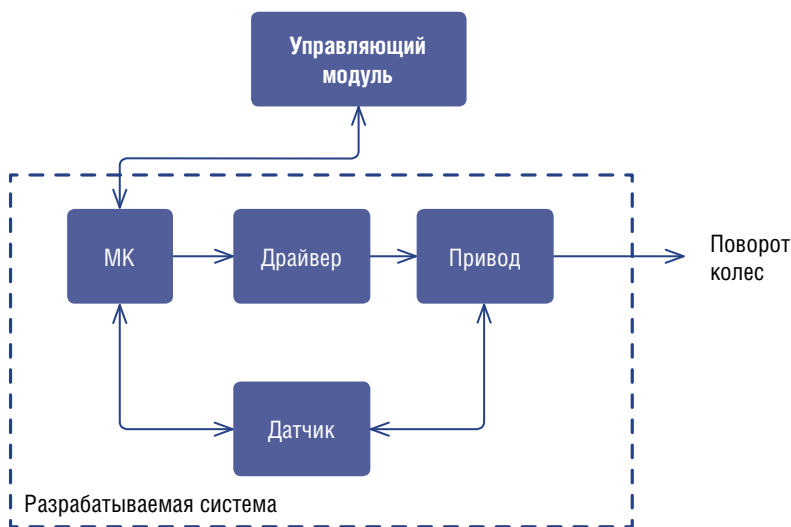


Рис. 1. Функциональная схема системы управления рулевым механизмом



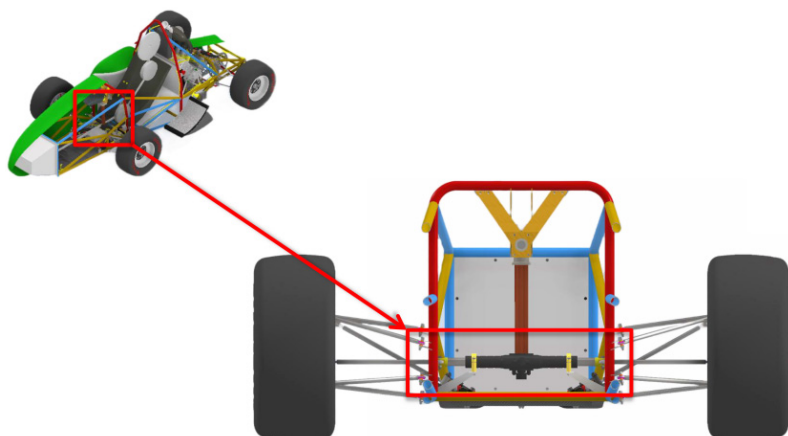


Рис. 2. Размещение системы управления беспилотного автомобиля

быть очень высокими. Поэтому при использовании электропривода понадобится весьма мощный двигатель, потребляющий много энергии от бортовой сети — аккумулятора большой емкости, существенно повышающего общую массу автомобиля.

Гидравлический привод, состоящий из гидравлического насоса, приводимого в действие двигателем, подводных и обратных маслопроводов, регулятора давления, регулирующих клапанов и крепления этих компонентов, занимает слишком много места в компактной ка-

бине и не способен обеспечить необходимую скорость работы.

Пневматический привод является самым компактным и содержит меньшее число компонентов по сравнению с двумя вышеперечисленными приводами. Пневматические системы обладают высокой скоростью и удельной мощностью, что является огромным плюсом, а электрическая энергия используется только для управления приводом, что существенно снижает общее энергопотребление системы. Однако для работы пневматики необходим еще один источник энергии — сжатый

воздух. Поскольку особенность соревнований «Формула студент» заключается в том, что максимальное расстояние, которое нужно преодолеть транспортному средству, составляет не более 5 км, для работы привода можно использовать отдельный баллон со сжатым воздухом без внешнего компрессора.

## 3. Разработка пневматической схемы

Основным элементом пневматического привода [4] служит пневмоцилиндр. Были рассмотрены два варианта пневмоцилиндров — поворотный и с проходным штоком.

Пневмоцилиндр с проходным штоком по сравнению с поворотным цилиндром в нашем случае более предпочтителен. По регламенту соревнований «Формула студент» во время перемещения автомобиля должна быть предусмотрена возможность поворота передних колес при заглушенном двигателе с помощью рулевого колеса, которое крепится к валу рулевой рейки, в связи с чем соединение поворотного цилиндра

Таблица 1

Сравнение различных типов приводов

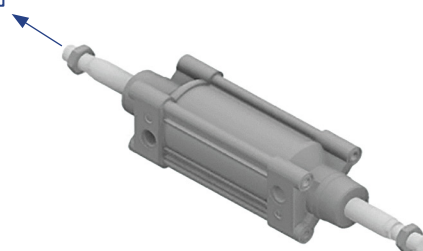
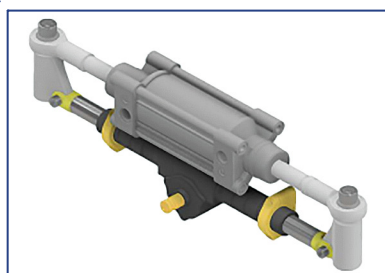
Характеристики	Электрический	Гидравлический	Пневматический
Точность позиционирования	Очень высокая	Высокая	Высокая
Скорость	Высокая	Низкая	Высокая
Сложность	Высокая	Средняя	Низкая
Стоимость	Высокая	Высокая	Низкая
Влияние окружающей среды	Нечувствительны к изменениям температуры, требуют специальной защиты механических передач от пыли, взрывоопасны	Чувствительны к изменениям температуры, пожароопасны при наличии утечек	Практически нечувствительны к колебаниям температуры, пожаро- и взрывобезопасны
Техобслуживание	Сложное	Сложное	Простое
Потенциальная опасность	Поражение электрическим током	Создают загрязнения	Отсутствует

с валом является весьма трудоемкой задачей. Отметим также, что поворотный цилиндр имеет достаточно сложную внутреннюю конструкцию [5], и, как следствие, его стоимость в несколько раз превышает стоимость цилиндра с проходным штоком.

Схема соединения пневмоцилиндра с проходным штоком с рулевой рейкой представлена на рис. 3. Там же

приведены расчетные параметры цилиндра и рулевой рейки.

Пневматическая схема управления цилиндром с проходным штоком представлена на рис. 4. Управление пневмоцилиндром осуществляется с помощью пневматических распределителей и клапанов, которые направляют потоки сжатого воздуха в одну из полостей цилиндра.



### Параметры рулевой рейки:

- ход рулевой рейки  $\Delta l = 82,55$  мм;
- общая длина рулевой рейки  $L = 424$  мм;
- необходимое усилие для поворота передних колес  $F = 1407$  Н

### Параметры пневматического цилиндра:

- ход  $\Delta l = 80$  мм;
- диаметр  $D = 63$  мм;
- общая длина цилиндра  $L = 420$  мм;
- двухстороннее действие с проходным штоком;
- расчетное усилие на штоке  $F = 1484$  Н

Рис. 3. Пневматический цилиндр с рулевой рейкой

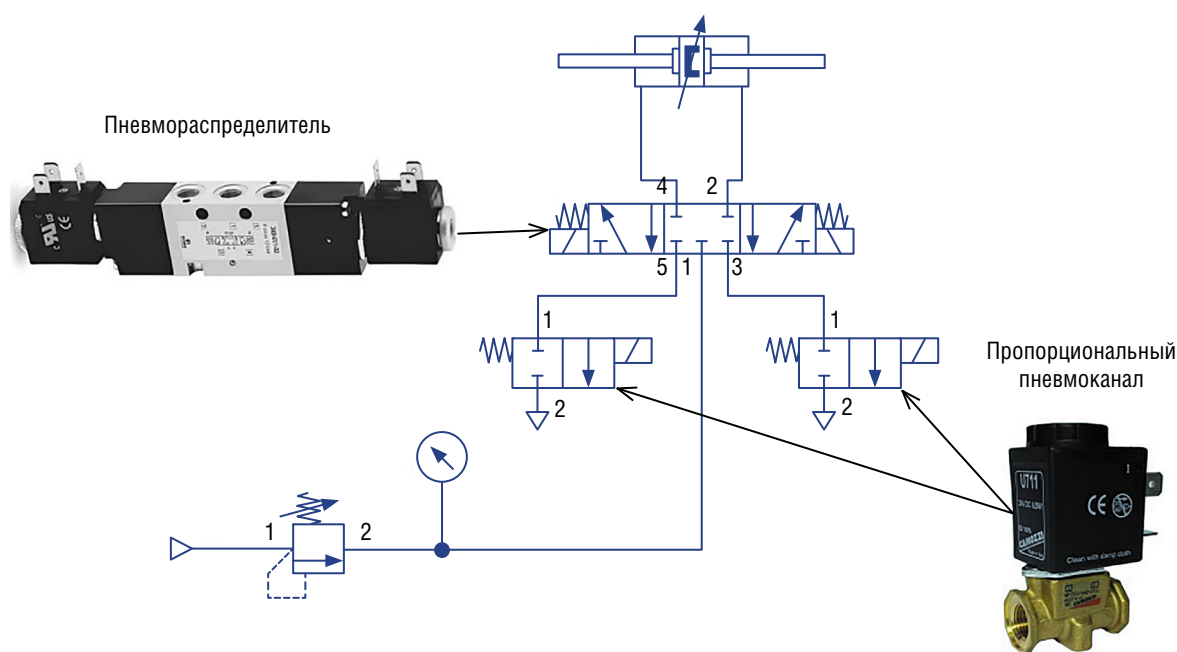


Рис. 4. Пневматическая схема управления цилиндром с проходным штоком

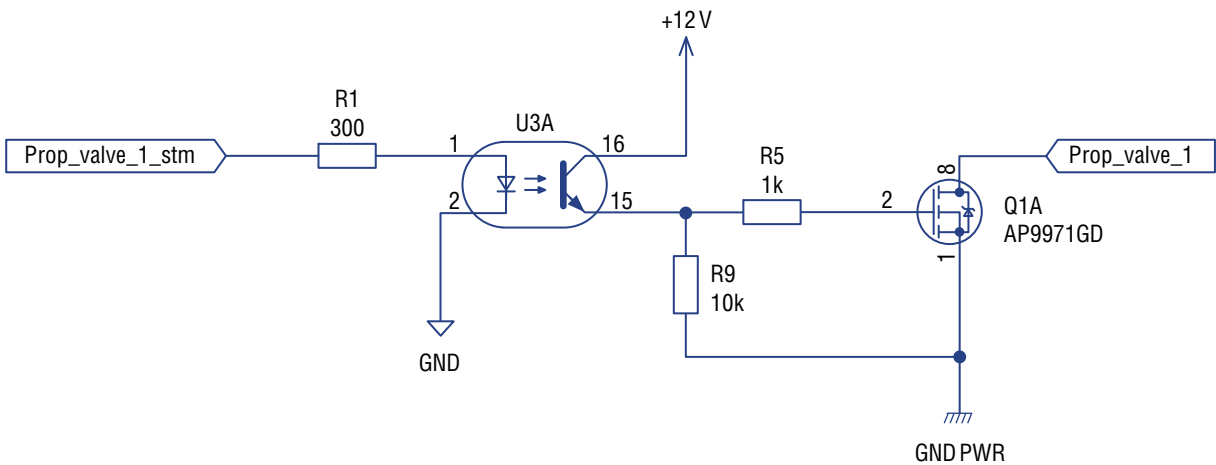


Рис. 5. Схема драйвера управления пневматическими клапанами

#### 4. Электронное устройство управления

Электронное устройство управления приводом выполнено на основе микроконтроллера STM32F407VGT6. Выбор обусловлен тем, что для данных микроконтроллеров имеется официальное бесплатное программное обеспечение STM32CubeIDE, благодаря которому значительно упрощается процесс написания кода и его отладка. В состав микроконтроллера входит встроенный АЦП, необходимый для обработки сигнала с потенциометрического датчика, и интерфейс CAN для связи системы с управляющим модулем. Подключение микроконтроллера к общей CAN-шине осуществляется через CAN-трансивер на ИМС SN 65HVD 230. Для корректной работы микроконтроллера с периферийными устройствами потребовалось спроектировать и изготовить стабилизатор напряжения питания, устройство фильтрации сигнала датчика [6], а также драйверы управления пневмоклапанами с гальванической развязкой (рис. 5).

#### 5. Программное обеспечение

Блок-схема основной функции программного кода представлена на рис. 6. Работа программы начинается с инициализации периферии МК. После инициализации программа входит в бесконечный цикл и начинает принимать данные с шины CAN и аналогового датчика. Далее программа находит ошибку рассогласования между данными и с использованием программно реализованного ПИД-регулятора формирует управляющий сигнал, подающий команды «открыт/закрыт» на пневмоклапаны управления потоком сжатого воздуха.

Коэффициенты ПИД-регуляторов определялись экспериментальным путем из следующих соображений [7]:



Рис. 6. Блок-схема основной функции программного кода

- для увеличения скорости выхода на установленное значение необходимо увеличивать пропорциональный коэффициент;
- для увеличения скорости компенсации накопившейся ошибки необходимо увеличивать интегральный коэффициент;
- для повышения стабильности системы необходимо увеличивать дифференциальный коэффициент. Эта составляющая не позволяет системе реагировать слишком быстро.

## Заключение

Проектирование и изготовление беспилотного спортивного автомобиля класса «Формула студент» — это сложная комплексная задача, связанная с необходимостью автоматизации и координации функционирования всех составляющих его подсистем, одной из которых является устройство управления рулевым механизмом, рассмотренное в данной статье. Отличительной особен-

ностью предлагаемого решения является выбор привода — пневматического цилиндра с проходным штоком, для которого был разработан драйвер микроконтроллера управления и написан соответствующий программный код.

Изготовленный действующий макет устройства продемонстрировал соответствие заданным параметрам. Окончательная проверка, регулировка и настройка системы должна проходить в полевых условиях, приближенных к регламенту проекта. **ИТ**

## Список литературы

1. Официальный сайт «Формула студент». URL: <http://fstudent.ru>.
2. Регламент соревнований «Формула студент» 2023 г. URL: [https://www.formulastudent.de/user\\_upload/all/2023/rules/FS-Rules\\_2023\\_v1.1.pdf](https://www.formulastudent.de/user_upload/all/2023/rules/FS-Rules_2023_v1.1.pdf).
3. Makarov V. V., Cherepov O. V., Buyayev D. I. The Analyses of the Polymer Materials Use with Multidirectional Friction Properties in the Suspension Elements of Land Transport Vehicles // Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference on Transport: Logistics, Construction, Maintenance, Management. Ekaterinburg, 2022. P. 181–186.
4. Пневматика для всех. От теоретических основ к практическим навыкам. URL: <https://did.camozzi.ru/#!d01g01s01p01>.
5. Цилиндры поворотные. Серия 69. URL: [https://www.camozzi.ru/images/pdf2015/series\\_69.pdf](https://www.camozzi.ru/images/pdf2015/series_69.pdf).
6. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 4-е изд., перераб. и доп. М. : ДМК Пресс, 2018. 636 с.
7. Шапран А. А. Теория автоматического управления : конспект лекций. Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. 147 с.

## References

1. The official website of Formula Student. URL: <http://fstudent.ru>.
2. Rules of the competition «Formula student» 2023 URL: [https://www.formulastudent.de/user\\_upload/all/2023/rules/FS-Rules\\_2023\\_v1.1.pdf](https://www.formulastudent.de/user_upload/all/2023/rules/FS-Rules_2023_v1.1.pdf).
3. Makarov V. V., Cherepov O. V., Buyayev D. I. The Analyses of the Polymer Materials Use with Multidirectional Friction Properties in the Suspension Elements of Land Transport Vehicles // Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference on Transport: Logistics, Construction, Maintenance, Management. Ekaterinburg, 2022. P. 181–186.
4. Pneumatics for everyone. From theoretical foundations to practical skills. URL: <https://did.camozzi.ru/#!d01g01s01p01>.
5. Rotary cylinders. Series 69. URL: [https://www.camozzi.ru/images/pdf2015/series\\_69.pdf](https://www.camozzi.ru/images/pdf2015/series_69.pdf).
6. Volovich G. I. Circuit design of analog and analog-digital electronic devices. 4th ed., reprint. and additional. M. : DMK Press, 2018. 636 p.
7. Shapran A. A. Theory of automatic control : lecture notes. Yekaterinburg : USURT, 2014. 147 p.

### 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: «___» _____ 2023 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: «___» _____ 2023 г.</p>

**Подписка на 2023 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 2023 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:

\_\_\_\_\_ руб. \_\_\_\_ коп.

на 2023 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 Р 7.0.100-2018, ГОСТ 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте статьи оформляются в квадратных скобках ([3], [3, 4], [3–7]).

## 5. Требования к разметке и форматированию текста.

Поля страницы – по 2 см с каждого края. Страницы должны быть без нумерации. Текст статьи: шрифт Times New Roman, кегль 14; межстрочный интервал

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

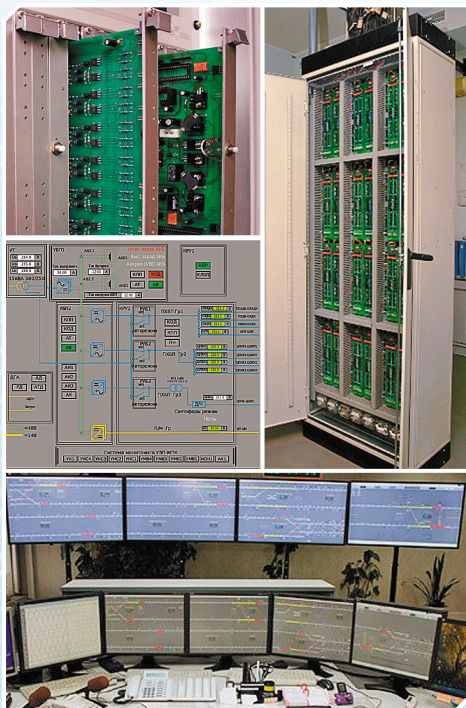
**6. Рисунки и таблицы.** Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по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

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

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

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

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



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

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



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, корпус Б, оф. В3-7  
 Тел./факс: (343) 221-25-23  
 E-mail: info@nilksa.ru. Веб-сайт: www.nilksa.ru



**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ**

**«СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ»**

**Основные направления работы**

- Разработка проектов реконструкции и модернизации контактной сети железнодорожного транспорта.
- Проектирование внешнего электроснабжения до 1000 кВ включительно и внутреннего электроснабжения жилых, общественных и производственных зданий.
- Проведение электротехнической экспертизы оборудования.
- Расчет автоколебаний проводов контактной подвески и взаимодействия различных токоприемников с контактным проводом.
- Научно-исследовательские работы в области совершенствования системы токосъема железнодорожного транспорта.

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



Наш адрес: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, оф. В3-03.  
 Тел./факс: (343) 221-25-27.

E-mail: saprks@mail.ru. Веб-сайт: www.sapr-ks.usurt.ru

