

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 3 (41)
сентябрь 2021

I N N O T R A N S



**Методы борьбы с образованием колеи износа
на улицах и дорогах Свердловской области**

С. 58

О перспективах развития
струнного транспорта для
контейнерных перевозок

Дальний Восток —
территория опережающего
развития

Особая экономическая зона
«Титановая долина»
в Свердловской области

Поздравляем с юбилеем!



Летом 2021 года отметил свой юбилей доктор технических наук, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» УрГУПС, член редакционной коллегии журнала «Инновационный транспорт» Валерий Михайлович Самуйлов.

В. М. Самуйлов работает в Уральском государственном университете путей сообщения 34 года, в том числе 20 лет заведующим кафедрой «Менеджмент и коммерция», которая была образована в 1993 году по решению МПС и Свердловской железной дороги. На кафедре были открыты две новых специальности: «Коммерция — торговое дело» и «Управление персоналом». Известны труды В. М. Самуйлова о создании студенческих кадровых модулей в конце XX — начале XXI века. В 1979/80 учебном году Валерий Михайлович прошел стажировку в Иллинойском университете США.

В 2000 году Валерий Михайлович Самуйлов был избран академиком Российской академии транспорта (РАТ). В. М. Самуйлов подготовил десять кандидатов экономических наук и двух кандидатов технических наук. Им опубликовано более трехсот научных и учебно-методических работ. Среди них 11 монографий и множество учебных пособий по коммерции и логистике.

В последние годы В. М. Самуйлов, его аспиранты и студенты активно изучают роль Свердловской железной дороги в международных транспортных коридорах, в том числе «Москва – Пекин». Профессора и студенты из КНР часто публикуются в нашем журнале «Инновационный транспорт». Опубликовано несколько статей в журналах ВАК, а с 2019 года – в международных журналах системы Scopus.

В. М. Самуйлов воспитал троих сыновей, подрастают пятеро внуков. Все сыновья окончили УрГУПС и занимаются транспортным бизнесом.

За активную научную деятельность и вклад в развитие транспортного образования Валерий Михайлович Самуйлов награжден почетной грамотой Министерства путей сообщения, юбилейным нагрудным знаком «200 лет транспортному образованию России», медалью «За заслуги перед Уральским государственным университетом путей сообщения», грамотой «Лучшему профессору УрГУПС по работе со студентами».

Редакция журнала «Инновационный транспорт» от всей души поздравляет Валерия Михайловича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья и дальнейших успехов!

Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 3 (41), 2021 г.

Издается с ноября 2011 г.

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

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

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

Редактирование и корректура — Елена Владимировна Чагина

Верстка и дизайн — Андрей Викторович Трубин

Адрес редакции и издателя: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66. Тел. (343) 221-24-42, 221-24-90.

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

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

Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) № 586908. Зарегистрировано в Государственном реестре товарных знаков и знаков обслуживания РФ 14.09.2016 г.

Изготовлено в ИБК УрГУПС, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66.

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022. Цена 476 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 30.09.2021. Дата выхода в свет 20.10.2021

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–80). Заказ № 32

Фото на обложке: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/vesti-regionov>

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

© Общероссийская общественная организация «Российская академия транспорта», 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 3 (41), 2021

Published since November 2011

Founders: Russian Academy of transport (RAT), Ural state University of railway transport (USURT)

Editor-in-chief Alexander G. Galkin, DSc in Engineering, Professor, Rector of USURT, Chairman of RAT Ural Department

Scientific editor Dmitry G. Nevolin, DSc in Engineering, Professor, full member of RAT

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office:

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

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

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

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

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

Released for printing on 30.09.2021. Date of issue 20.10.2021. Offset printing. Circulation 500 copies

© FGBOU VO Ural State University of Railway Transport, 2021

© All-Russian Public Organisation "Russian Academy of Transport", 2021

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

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

Бубнова Г. А., Шпика А. Г.

Высокоскоростной железнодорожный транспорт как одно из ключевых направлений развития транспортной системы России и Уральского региона. 3

Юницкий А. Э., Тихонов Д. Н., Цырлин М. И.

О перспективах развития струнного транспорта для грузовых перевозок 7

Самуйлов В. М., Серов К. Д., Каргапольцева Т. А.

Дальний Восток — территория опережающего развития 11

Управление процессами перевозок

Чан Хао, Кочнева Д. И.

Модель поиска оптимальных маршрутов сборного маршрутного контейнерного поезда. 15

Организация производства (транспорт)

Самуйлов В. М., Ткачева Т. Н., Гашкова Л. В.,

Калашников А. Е. Деятельность особой экономической зоны «Титановая долина» в Свердловской области 22

Харитонов А. С., Штрапенин Г. Л.

Организация системы учета выработки сотрудников предприятий автомобильного транспорта. 27

Арипов Н. М., Илесалиев Д. И., Кобулов Ж. Р.,

Абдувахитов Ш. Р. Исследование и выбор рациональных параметров рефрижераторного контейнерного терминала 32

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Пышкин А. А., Лесников Д. В.

Технико-экономическое сравнение систем электроснабжения, обеспечивающих различные степени надежности 39

Рязанов Э. М., Павлюков А. Э.

Оценка безопасности пассажирского поезда с крэш-системой при аварийных столкновениях на основе численного моделирования 42

Завадич А. В., Смольянинов А. В.

Четырехосный полувагон грузоподъемностью 60 тонн с деревянной обшивкой кузова 1947 года, модель 12-37 50

Эксплуатация автомобильного транспорта

Данилов В. В., Цариков А. А.

Методы борьбы с образованием колеи износа на улицах и дорогах Свердловской области 58

CONTENTS

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

Guzaf A. Bubnova, Aleksandr G. Shpika.

High-speed railway transport as one of the key areas of development of the transport system of Russia and the Ural region. 3

Anatoli E. Unitsky, Dmitry N. Tikhonov, Michael I. Tsyrlin.

On the prospects of the development of string transport for freight transportation 7

Valeriy M. Samuylov, Kirill D. Serov, Tatiana A. Kargapol'tseva.

The Far East is a territory of advanced development. 11

Management of transportation processes

Chang Hao, Daria I. Kochneva.

A model for finding the optimal routes for a combined route container train 15

The organization of production (transport)

Valeriy M. Samuylov, Tatyana N. Tkacheva,

Lyudmila V. Gashkova, Andrey E. Kalashnikov. Functioning of the special economic zone «Titanium Valley» in the Sverdlovsk region. 22

Anton S. Kharitonov, Gennadiy L. Shtrapenin.

Organization of the accounting system for the output of employees of road transport enterprises. 27

Nazirjhon M. Aripov, Daurenbek I. Ilesaliev,

Jamshid R. Kobulov, Shahboz R. Abduvahitov. Research and selection of rational parameters of a refrigerated container terminal 32

Rolling stock, hauling operation and electrification

Anatolij A. Pyshkin, Dmitriy V. Lesnikov.

Technical and economic comparison of power supply systems providing various degrees of reliability. 39

Eldar M. Ryazanov, Alexander E. Pavlyukov.

Assessment of the safety of a passenger train with a crash system in case of emergency collisions based on numerical modeling 42

Alexey V. Zavadich, Alexander V. Smolyaninov.

Four-axle gondola car with a load capacity of 60 tons with a wooden body covering of 1947, model 12-37 50

Operation of motor transport

Vyacheslav V. Danilov, Aleksey A. Tsarikov.

Methods of combating the formation of a tracing rut wear on the streets and roads of the Sverdlovsk region. 58



Гузаль Арсеновна
Бубнова
Guzal A. Bubnova



Александр Геннадьевич
Шпика
Aleksandr G. Shpika

Высокоскоростной железнодорожный транспорт как одно из ключевых направлений развития транспортной системы России и Уральского региона

High-speed railway transport as one of the key areas of development of the transport system of Russia and the Ural region

Аннотация

Стремительный экономический рост как регионов, так и Российской Федерации в целом немалым без повышения производительности, развития транспортной системы и модернизации инфраструктуры. Авторы статьи рассматривают строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей как один из ключевых факторов развития транспортной системы России и Уральского региона.

Ключевые слова: транспортная система, ВСМ, экономическое развитие, железнодорожное сообщение.

Abstract

The rapid economic growth of both the regions and the Russian Federation as a whole is inconceivable without increasing productivity, developing the transport system and modernizing infrastructure. The authors of the article consider the construction of high-speed railways as one of the key factors in the development of the transport system of Russia and the Ural region.

Keywords: transport system, HSR, economic development, railway communication.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-3-6

Авторы Authors

Гузаль Арсеновна Бубнова, канд. техн. наук, ассистент кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС); e-mail: GBubnova@usurt.ru | Александр Геннадьевич Шпика, студент группы ПСн-210 Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС); e-mail: shpika01@bk.ru

Guzal Arsenovna Bubnova, Candidate of Technical Sciences, Assistant lecturer of "Railway cars" department of the Ural State University of Railway Transport (USURT); e-mail: GBubnova@usurt.ru | Aleksandr Gennadyevich Shpika, student of PSn-210 group of the Ural State University of Railway Transport (USURT); e-mail: shpika01@bk.ru

Транспортный комплекс является неотъемлемой частью экономической системы государства и важным направлением экономического развития. Железнодорожный транспорт — один из ведущих видов транспорта в России, так как связывает практически все города и регионы, позволяет перевозить большие объемы грузов, удовлетворять потребности населения в перевозках и может функционировать круглогодично, независимо от климатических условий.

По словам вице-преьера РФ, председателя совета директоров ОАО «РЖД» Андрея Белоусова, удельный вес железнодорожного транспорта в грузообороте страны достиг 87 %.

Согласно Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 г., к этому времени в России будет построено 4,2 тыс. км ВСМ и реконструировано более 7 тыс. км имеющихся линий для скоростного железнодорожного транспорта [1].

Одной из основных причин потребности в высокоскоростных железных дорогах можно назвать перераспределение объема пассажирских перевозок с других видов транспорта, таких как автомобильный и воздушный транспорт, на железнодорожный [2]. В результате данного перераспределения уменьшается аварийность, интенсивность дорожного движения, экономится время пассажиров, а следовательно, увеличивается доля населения, использующего услуги железнодорожного транспорта для перемещения.

Строительством и реализацией высокоскоростных железных дорог занимается дочерняя компания ОАО «РЖД» — АО «Скоростные магистрали». Согласно «Программе организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения РФ на перспективу до 2030 года», системообразующими проектами скоростного и высокоскоростного движения являются ВСМ Москва — Казань — Екатеринбург, Москва — Адлер и Москва — Санкт-Петербург [3].

Программа состоит из трех этапов:

1. Первый этап: 2015–2020 гг.

Планируемые мероприятия:

- строительство высокоскоростной магистрали Екатеринбург — Челябинск;
- модернизация существующей инфраструктуры на маршруте Екатеринбург — Нижний Тагил;
- начало строительства первого участка ВСМ Москва — Адлер от Тулы до Москвы;
- создание высокоскоростной магистрали Москва — Казань (срок сдачи продлен ОАО «РЖД» до 2022–2023 гг.);
- модернизация существующей инфраструктуры на маршруте Тула — Орел — Белгород.

2. Второй этап: 2020–2025 гг.

Планируемые мероприятия:

- продление высокоскоростной магистрали ВСМ-2 от Казани до Елабуги;

- продление высокоскоростной магистрали ВСМ-3 от Тулы до Воронежа;
- строительство скоростного участка Пушкино — Ярославль, модернизация существующей инфраструктуры маршрута Москва — Красное, что в конечном итоге приведет к организации движения между Москвой и Ярославлем;
- строительство скоростной магистрали между Екатеринбург и Тюмень;
- модернизация инфраструктуры и организация движения скоростного железнодорожного транспорта на следующих участках: Новосибирск — Кемерово, Кемерово — Новокузнецк, Юрга — Томск.

3. Третий этап: 2025–2030 гг.

Планируемые мероприятия:

- завершение реализации проекта ВСМ Москва — Екатеринбург, продление ВСМ-2 от Елабуги до Екатеринбурга;
- окончание строительства ВСМ-3;
- строительство и реализация ВСМ-2 Чебоксары — Самара;
- реализация проекта скоростной магистрали Севастополь — курорты Черного моря.

Реализация данного проекта предполагает не только совершенствование транспортной сети России и развитие экономики, но и создание новых рабочих мест, модернизацию инфраструктуры, повышение объема пассажирских перевозок.

Рассмотрим организационно-правовую схему реализации проекта на примере одной из наиболее значимых магистралей — ВСМ-2 Москва — Казань (рис. 1).

Участниками консорциума выступают организации из числа крупных российских и международных холдинговых компаний, поставщиков оборудования, материалов, ресурсов, строительных компаний, институциональных инвесторов [4].

Как видно из схемы, планируется привлечение контрагентов на двух этапах: на этапе строительства и на этапе эксплуатации. Участие в акционерном капитале специальных проектных компаний (СПК) как российских, так и международных инвесторов обеспечит приток инвестиций в объеме, необходимом для реализации проекта. Капиталовложения на создание инфраструктуры в текущий период оцениваются в 1114,9 млрд рублей (в ценах за период с 2015 по 2030 г. и без учета НДС).

Стратегически важной для Уральского федерального округа высокоскоростной магистралью является магистраль Екатеринбург — Челябинск (рис. 2).

Рассмотрим количество станций и время в пути. Общая протяженность маршрута составит 218 км, планируемое время в пути — 1 час 10 минут (табл. 1).

Для объединения транспортно-логистической системы (ТЛС) Уральского федерального округа существовали следующие предпосылки. Во-первых, уникальное



Рис. 1. Организационно-правовая схема реализации проекта ВСМ-2 Москва — Казань

Таблица 1

Маршрут скоростного поезда «Екатеринбург — Челябинск» [5]

Остановки на маршруте	Время в пути от Екатеринбурга	Время в пути от Челябинска
Екатеринбург	—	1 час 10 минут
Аэропорт Кольцово	10 минут	1 час 00 минут
Сысерть	30–35 минут	1 час 20 минут
Снежинск	—	—
Касли	37 минут	33 минуты
Челябинск	1 час 10 минут	—

географическое положение. Свердловская и Челябинская области находятся на стыке глобальных евразийских транспортных связей. Через Свердловскую область проходят МТК-2, связывающая Берлин, Москву, Нижний Новгород, Екатеринбург; Транссибирская магистраль, связывающая Центральную Европу и Дальний Восток; МТК «Север — Юг». Челябинск, в свою очередь, является одним из крупнейших транспортных узлов России.

Создание мировых транспортных коридоров открывает строительство новой архитектуры евроазиатских транспортных коридоров [5]. Высокоскоростная магистраль Екатеринбург — Челябинск проектируется как

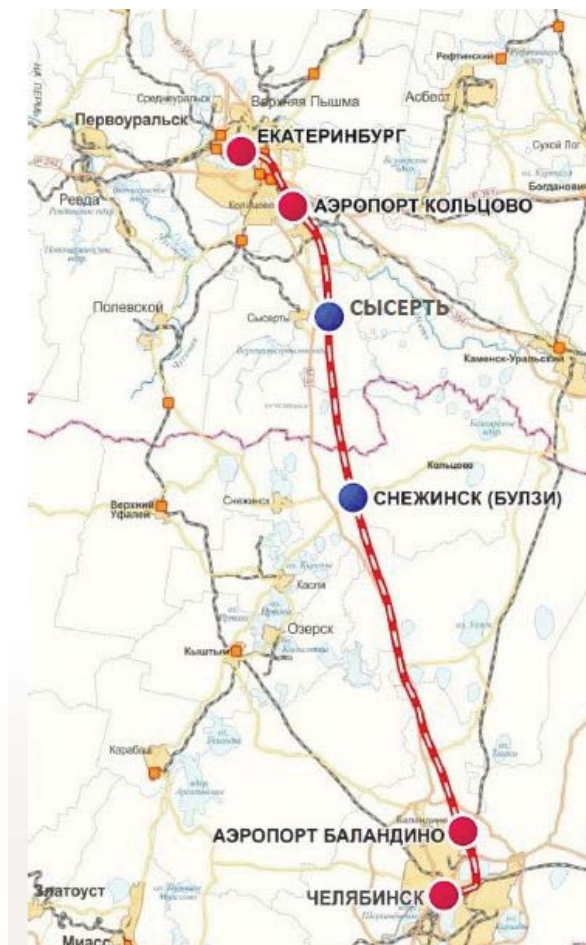


Рис. 2. Маршрут высокоскоростной магистрали Екатеринбург — Челябинск

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

комплекс зданий и сооружений, включающий в себя инфраструктуру железнодорожного пути, электроснабжения, автоматики и телемеханики, связи, станционные здания, сооружения и устройства, а также подвижной состав [6]. Планируется запуск высокоскоростного железнодорожного транспорта, развивающего скорость движения до 300 км/ч, и ускоренных региональных поездов, развивающих скорость до 160 км/ч.

Наиболее эффективной данная магистраль будет при взаимодействии с другими проектами ВСМ в Уральском регионе. Так, в 2020 году был произведен запуск скоростного сообщения по маршруту Екатеринбург — Нижний Тагил. Для реализации проекта была задействована существующая модернизированная инфраструктура. Существует возможность связки планируемой магистрали Екатеринбург — Челябинск и участка Екатеринбург — Нижний Тагил: для организации данной ВСМ потребуются перешивка путей на участке от станции Шарташ до станции Екатеринбург-Пассажирский.

На 2025 год был запланирован запуск высокоскоростной магистрали Екатеринбург — Тюмень. Согласно концепции, начало магистрали — Кольцово-УВСМ линии Челябинск — Екатеринбург. Далее ВСМ следует на восток вдоль железнодорожного маршрута Екатеринбург — Тюмень. Таким образом, возможно создание высокоскоростной магистрали сообщения Челябинск — Тюмень. Но в апреле 2020 года проект был заморожен из-за сложной эпидемиологической обстановки.

Очевидно, что высокоскоростные магистрали станут важным фактором развития Уральского региона, обеспечат более высокий пассажирский поток между крупнейшими городами УрФО, что позволит региону выйти на новый уровень экономического развития. Например, за счет строительства ВСМ Екатеринбург — Челябинск планируется рост ВРП Свердловской и Челябинской областей до 1,27 трлн рублей, что объясняется объединением двух агломераций, повышением мобильности населения и активизацией промышленного комплекса Уральского региона [7]. Также нельзя не отметить благоприятный экологический эффект, достигающийся за счет уменьшения выбросов от автомобилей, так как в настоящее время автомобильное сообщение является основным способом передвижения между Челябинском и Екатеринбургом, а также по региону в целом.

Если говорить о значимости высокоскоростного железнодорожного сообщения для развития России, то выводы очевидны: повышение конкурентоспособности российской экономики, увеличение количества рабочих мест, удовлетворение потребности в пассажирских перевозках, улучшение инфраструктуры. Строительство скоростных магистралей имеет также международное значение. Так, проект высокоскоростного железнодорожного коридора «Москва — Пекин», который является одним из крупнейших проектов в мире, укрепит не только международные связи, но и позиции России на международной арене. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Мишарин А. С. Высокоскоростной железнодорожный транспорт как ключевой фактор развития транспортной системы России // Транспорт Российской Федерации. — 2015. — № 2 (57). — С. 7–10. — ISSN 1994–831X.
2. Морозова И. Н. Скоростные железнодорожные магистрали // Молодой ученый. — 2016. — № 5 (109). — С. 51–54. — ISSN 2072–0297. — URL: <https://moluch.ru/archive/109/26370> (дата обращения: 12.10.2020).
3. Стратегия развития высокоскоростных железнодорожных перевозок ОАО «РЖД». — URL: <http://www.hsrail.ru/> (дата обращения: 12.10.2020).
4. Организационно-правовая модель проекта ВСМ-2. — URL: <http://www.hsrail.ru/investments/invest>.
5. Зиновьева Ю. С., Самуйлов В. М., Неволин Д. Г. ВСМ Екатеринбург — Челябинск как значимый проект для развития Уральской агломерации // Инновационный транспорт. — 2020. — № 3 (37). — С. 16–20. — ISSN 2311–164X.
6. Выскребенцев И. С. Перспективы развития высокоскоростных железнодорожных магистралей Уральского региона // Инновационный транспорт. — 2020. — № 4 (38). — С. 21–25. — ISSN 2311–164X.
7. Специальная компания для реализации проекта ВСМ Екатеринбург — Челябинск создана на Урале. — URL: <http://tass.ru/ural-news/2765882>.

Объем статьи: 0,36 авторских листа



Анатолий
Эдуардович
Юницкий
Anatoli E.
Unitsky



Дмитрий
Николаевич
Тихонов
Dmitry N.
Tikhonov



Михаил
Иосифович
Цырлин
Michael I.
Tsyrlin

О перспективах развития струнного транспорта для грузовых перевозок

On the prospects of the development of string transport for freight transportation

Аннотация

В работе представлены критерии выбора транспорта для перевозки грузов. Указаны особенности струнного транспорта SkyWay. Дано описание различных видов грузового струнного транспорта. Представлены преимущества перед классическими видами транспорта.

Ключевые слова: перевозка грузов, грузовой струнный транспорт, юниконт, юнитрак, юнитранс.

Abstract

This work presents the criteria for choosing a transport for the transportation of cargo. The peculiarities of SkyWay string transport are indicated. The description of various types of string cargo transport is given. The advantages over the conventional modes of transport are presented.

Keywords: cargo transportation, string cargo transport, unicont, unitrack, unitrans.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-7-10

Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@unitsky.com | Дмитрий Николаевич Тихонов, главный конструктор грузового транспортного комплекса ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: d.tikhonov@unitsky.com | Михаил Иосифович Цырлин, канд. техн. наук, ведущий специалист лаборатории разработки новых материалов ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com

Anatoli E. Unitsky, General designer, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: a@unitsky.com | Dmitry N. Tikhonov, Chief designer of cargo transport complex, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: d.tikhonov@unitsky.com | Michael I. Tsyrlin, candidate of technical science, leading specialist in the new materials development laboratory, Unitsky String Technologies, Inc., Minsk; e-mail: m.tsirlin@unitsky.com

Перевозки грузов осуществляются железнодорожным, автомобильным, трубопроводным, водным и воздушным транспортом. Наибольший грузооборот приходится на железнодорожный транспорт. Критериями выбора транспорта для перевозок являются: вид груза, маршрут перевозки, расстояние, продолжительность, стоимость и др. [1].

Отрасль грузоперевозок на сегодняшний день исчерпала свои возможности развития и нуждается в прорывных решениях. Энергоэффективность, экологичность, рентабельность, доступность, автоматизация, быстрота возведения и низкая стоимость эксплуатации — вот одни из ключевых показателей, которые требуют улучшения.

Перспективным видом транспорта, решающим вышеперечисленные вопросы, может стать струнный транспорт SkyWay (струнный транспорт Юницкого), признанный инновационным Министерством транспорта России в 2017 г. В нем беспилотные навесные и подвесные транспортные средства со стальными колесами перемещаются за счет электрической тяги по неразрезной, предварительно напряженной растяжением рельсо-струнной путевой структуре. Данная технология воплощается ЗАО «Струнные технологии» в «ЭкоТехно-Парке» (Марьяна Горка, Республика Беларусь) и в Инновационном центре SkyWay (Шарджа, Объединенные Арабские Эмираты).

Грузовые комплексы SkyWay могут использоваться для перевозки навалочных грузов (руда, уголь, щебень, гравий, песок и др.), наливных (нефть и нефтепродукты, химические продукты, сжиженные газы, высококачественная природная питьевая вода и др.), штучных (лес и лесоматериалы, стальной прокат, контейнеры и др.), специальных грузов (бытовые и промышленные отходы и др.).

Максимальную эффективность технология демонстрирует при использовании струнного грузового транспорта в регионах со сложным рельефом, водными преградами, большим числом линий электропередачи, сельскохозяйственных угодий, массовых застроек и при наличии других преград.

Трассы прокладывают по кратчайшему пути, что делает процесс доставки грузов гораздо более дешевым. Использовать такие дороги можно в регионах с любыми погодными условиями, ограничение вносят только сильные ветра.

Струнный транспорт является высокоэкологичным:

- в качестве энергии используется электричество, а не дизельное или бензиновое топливо, загрязняющее окружающую среду;
- низкий уровень энергопотребления обеспечивает применение пары стальное колесо — стальной рельс высокими аэродинамическими качествами подвижного состава;
- высокая терраэффективность — минимальный объем земляных работ и землеотвод под строительство рельсо-струнной эстакады;

- земля под дорогами может быть использована для ведения сельского хозяйства и экотуризма, т.к. путевая структура располагается на высоте, не препятствующей перемещению домашних и диких животных, а также сельскохозяйственной и иной техники;
- не нарушается гидрология почв (движение поверхностных и грунтовых вод), как это происходит при строительстве автомобильных и железных дорог;
- сохраняются традиционные пути миграции диких животных из-за отсутствия земляных насыпей [2].

Струнные рельсы устойчивы к вандализму и террористическим актам, к воздействию неблагоприятных погодных-климатических условий, в отличие, например, от канатных дорог, у которых несущий канат ничем не защищен, и его обрыв может привести не только к материальному ущербу, но и к человеческим жертвам, особенно если дорога проходит над застроенными территориями или транспортными путями.

Струнный транспорт обеспечивает полную автоматизацию погрузочно-разгрузочных процессов и удаленное управление этими работами без непосредственного нахождения людей в потенциально опасных зонах.

Для обслуживания системы не потребуются прокладывать отдельные наземные дороги. Доставка персонала и элементов для ремонта и обслуживания осуществляется непосредственно по самой трассе.

Принципиальная схема путевой структуры грузового комплекса SkyWay подразумевает, что основные нагрузки с пролетного строения и подвижного состава переносятся на анкерные опоры — это позволяет сделать промежуточные опоры легкими, дешевыми и удобными для монтажа без потерь прочности и несущей способности.

Грузовые системы могут возводиться в различных климатических условиях и на различных ландшафтах, в том числе в горах и на шельфе моря.

Струнная транспортная система дает возможность организовать продуктивное взаимодействие между всеми существующими видами транспорта, обеспечивая интермодальность. Морской порт и транспортная система SkyWay позволяют создать единый логистический комплекс доставки грузов, функционирующий автоматически, например, от месторождения до судна.

Работа грузового транспортного комплекса представлена транспортными средствами: юниконт, юни-трак и юнитранс [3].

Юниконт предназначен для транспортировки по путевой структуре контейнеров различной длины, в том числе морских грузовых контейнеров длиной 20 и 40 футов (рис. 1). Это наиболее распространенный формат для интермодальных перевозок. Транспортное средство может применяться для логистических центров, морских и «сухих» портов в различных климатических условиях. Юниконт перемещается по бирельсо-

вому струнному пути. Сам транспортный модуль представляет собой колесное транспортное средство, состоящее из двух тяговых модулей, оснащенных опорными площадками. Движение транспортного модуля с максимальной эксплуатационной скоростью 120 км/ч обеспечивает тяговый электропривод с питанием от контактной сети. Автономный пробег на бортовом накопителе для машины полной массой 53 т составляет не менее 10 км. Данный режим предназначен для маневрирования в технологических зонах (депо), погрузочно-разгрузочных узлах, при обесточивании участков контактной сети и т.д.

Точность и безопасность работы юниконта обеспечивает автоматическая интеллектуальная система. На ней лежит задача управления всеми узлами и системами транспортного средства в автономном режиме и в режиме управления из диспетчерского пункта, определение предпосылок возникновения аварийных ситуаций на пути движения и в самом транспортном средстве с определением и выполнением действий по предотвращению этих ситуаций. Компьютер сможет как принять и обработать задачи от диспетчера, так и взять управление на себя. Бортовая интеллектуальная система управления при отсутствии сигнала будет действовать согласно маршрутному заданию с учетом всех входных данных. Работу по отслеживанию технического состояния транспортного модуля также берет на себя компьютер — с помощью разнообразных датчиков информация об износе узлов оборудования своевременно поступит диспетчеру. В конструкции юниконта обеспечено удобство технического обслуживания, ремонта и хранения; компоновка позволяет производить ремонт агрегатным методом.

Юнитрак — транспортное средство, которое может функционировать как отдельно, так и в автоматических составах (рис. 2). Юнитрак загружается статически в неподвижном состоянии, а разгружается при движении. Подходит для транспортировки навалочных грузов. Приводится в движение тяговым электроприводом, который питается от контактной сети или бортового накопителя энергии при аварийных режимах. Погрузка/разгрузка юнитрака происходит в автоматическом режиме. Используется для эксплуатации на промышленных объектах, в портах и местах добычи полезных ископаемых. Объем грузового отсека от 0,75 до 15,5 м³, грузоподъемность от 1800 до 25000 кг, скорость — до 150 км/ч, максимальная производительность участка транспортной линии — до 35 млн т/год, преодолеваемый продольный уклон до 15%.



Рис. 1. Грузовое транспортное средство — навесной юниконт



Рис. 2. Грузовое транспортное средство — подвесной юнитрак. «ЭкоТехноПарк», 2018 г.

ном состоянии, а разгружается при движении. Подходит для транспортировки навалочных грузов. Приводится в движение тяговым электроприводом, который питается от контактной сети или бортового накопителя энергии при аварийных режимах. Погрузка/разгрузка юнитрака происходит в автоматическом режиме. Используется для эксплуатации на промышленных объектах, в портах и местах добычи полезных ископаемых. Объем грузового отсека от 0,75 до 15,5 м³, грузоподъемность от 1800 до 25000 кг, скорость — до 150 км/ч, максимальная производительность участка транспортной линии — до 35 млн т/год, преодолеваемый продольный уклон до 15%.

Юнитранс — это струнный транспортный комплекс с кольцевым

движением для доставки навалочных грузов (рис. 3). Представляет собой замкнутую ленту на колесных парах. Юнитранс приводится в движение тянущим механизмом фрикционного типа за счет зацепов, которые располагаются на самом внешнем приводе и на колесных парах юнитранса. Опирающее стальное колесо непосредственно на стальную рельс дает значительный выигрыш в энергоэффективности — затраты мощности на преодоление сопротивления качению значительно меньше, чем когда резиновая лента опирается на ролик опоры. При движении повышается устойчивость и сохранность груза. Погрузка/разгрузка юнитранса осуществляется в движении. Встроенная в ленту кузова колесная пара позволяет эксплуатировать ленту без изгибных

знакопеременных нагрузок и тем самым продлить ее срок службы. Загрузка сыпучего материала со скоростями, близкими к скорости движения ленты, также позволяет уменьшить износ ленты кузова в зоне погрузки. Лента кузова на всей протяженности защищена от УФ-излучения.

Путевая структура и инфраструктура грузового комплекса юнитранса состоит из погрузочного и разгрузочного терминалов, анкерных и промежуточных опор, пролетного строения и несущей ленты, установленной на стальных колесных парах. Погрузочный терминал осуществляет погрузку навалочного груза непосредственно с наклонного конвейера на грузонесущую ленту юнитранса, являющуюся бесконечным кузовом многоколесного подвижного состава. В разгрузочном терминале происходит разгрузка исходного сырья на ходу путем наклона ленточного кузова юнитранса. В Марьиной Горке рельсо-струнная путевая структура выполнена по принципу «два в одном»: внутри несущей струнной фермы размещены путевые структуры юнитранса, а нижний пояс фермы является путевой структурой для подвесного юнитрака.

Тяговый привод размещается на анкерной опоре и осуществляет передачу тягового усилия на ленту юнитранса, которая входит с помощью виража в разворот. Лента поворачивается почти в вертикаль-



Рис. 3. Грузовое транспортное средство юнитранс. «ЭкоТехноПарк», 2018 г.

ное положение, при этом происходит автоматическая разгрузка груза. После проезда разворотной части лента выходит в горизонтальное положение. Юнитранс не имеет теоретических ограничений по протяженности в отличие от обычных конвейеров; систему легко масштабировать. Быстрое и своевременное обслуживание основано на использовании системы мониторинга и контроля составных частей струнного транспортного комплекса. Вся информация по техническому обслуживанию системы генерируется и обрабатывается в центре обработки данных, который входит в состав интеллектуальной системы управления комплексом. Система автоматизации комплекса включает в себя средства автоматики, которые

обеспечивают активный контроль эксплуатационной готовности грузового комплекса.

Несмотря на малую ширину ленты, грузонесущая система юнитранса позволяет перемещать до 50 млн т груза в год благодаря большой скорости движения, а при увеличении ширины ленты — и до 200 млн т в год. Скорость для данных систем — до 10 м/с. Грузовые транспортные системы юнитрак и юнитранс могут выступать как самостоятельные, так и в составе комбинированных транспортных решений.

Таким образом, грузовой струнный транспорт реализуется как наиболее универсальный, экономичный, высокопроизводительный и экологичный способ перевозки различных грузов. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Галабурда В. Г. Управление транспортной системой / В. Г. Галабурда, Ю. И. Соколов, Н. В. Королькова. — М. : ФГБОУ, 2016. — 343 с.
2. Юницкий А. Э. Экологические аспекты струнного транспорта / А. Э. Юницкий, М. И. Цырлин // Инновационный транспорт. — 2020. — № 2 (36). — С. 7–9. — ISSN 2311–164X.
3. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. — Силакросс : ПНБ принт, 2019. — 576 с.

Объем статьи: 0,38 авторских листа



Валерий Михайлович Самуйлов
Valeriy M. Samuylov



Кирилл Дмитриевич Серов
Kirill D. Serov



Татьяна Александровна Каргапольцева
Tatiana A. Kargapol'tseva

Дальний Восток — территория опережающего развития

The Far East is a territory of advanced development

Аннотация

Статья посвящена перспективам развития Дальневосточного федерального округа. Рассмотрены основные проекты, реализуемые в рамках стратегии развития региона до 2035 года. В частности, рассматривается Северный морской путь как движущая сила развития Дальнего Востока, раскрываются проблемы зеленой энергетики – энергетических источников нового поколения, внедряемых в регионе.

Ключевые слова: Дальний Восток, инфраструктурные проекты, Северный морской путь, опережающее развитие, восточный экономический форум.

Abstract

The article is devoted to the prospects of the development of the Far Eastern Federal District. The main projects implemented within the framework of the region's development strategy until 2035 are considered. In particular, the Northern Sea Route is considered as a driving force for the development of the Far East, the problems of green energy – the new generation of energy sources introduced in the region are revealed.

Keywords: the Far East, infrastructure projects, the Northern Sea Route, advanced development, the Eastern Economic Forum.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-11-14

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Кирилл Дмитриевич Серов**, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kir-se2009@yandex.ru | **Татьяна Александровна Каргапольцева**, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: tanyafeliz@mail.ru

Valeriy M. Samuylov, DSc in Engineering, Full Member of the RAT, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Academician of the Russian Academy of Transport Yekaterinburg | **Kirill D. Serov**, post graduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: kir-se2009@yandex.ru | **Tatiana A. Kargapol'tseva**, post graduate student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: tanyafeliz@mail.ru

Развитие регионов на сегодняшний день играет важнейшую роль в экономике и процветании страны в целом. Дальний Восток — «неограниченный алмаз», регион с перспективами развития на столетия вперед. Даже в условиях пандемии темпы развития региона продолжали расти. Дальний Восток — ключевой регион РФ, который занимает 41 % территории страны и открывает огромный плацдарм для международной кооперации и реализации широко-масштабных проектов (рис. 1) [1].

Помимо того, что территория Дальневосточного федерального округа (ДФО) богата природными ресурсами, важную роль играет географическое положение региона. Во-первых, он граничит с Китаем, экономика которого занимает второе место в мире. Во-вторых, Дальний Восток находится в естественном транспортном коридоре, соединяющем Европу и Азию, здесь проходят крупнейшие в мире железнодорожные магистрали: Транссибирская и Байкало-Амурская, и именно здесь пролегает Северный морской путь — кратчайший маршрут из Азии в Европу.

Россия входит в Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР) — активно развивающийся регион мира, куда ведут большие финансовые и инвестиционные потоки: треть мирового ВВП проходит через АТР. Дальний Восток является связующим центром России в АТР. Чтобы реализовать перспективные проекты развития ДФО и быть конкурентоспособным на международной арене, необходимо создавать благоприятную среду для проживания и ведения бизнеса. Важным этапом в развитии региона стало утверждение Национальной программы социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 г. и на перспективу до 2035 г., утвержденной председателем Правительства Михаилом Мишустиным (распоряжение от 24 сентября 2020 г. № 2464-р). Национальная программа подготовлена по поручению Президента России Владимира Путина [2], ее основные за-



Рис. 1. Территория Дальневосточного федерального округа

дачи направлены на экономический рост и социальное развитие региона.

2–3 сентября 2021 г. во Владивостоке прошел VI Восточный экономический форум, на котором В. В. Путин рассказал о проделанной работе и дальнейших перспективах развития региона [3]. Так, за последние шесть лет в регионе увеличились накопления иностранных инвестиций, которые составили 80 млрд долларов. Промышленность также растет темпами, опережающими общероссийские. Рост региона в индустрии составил 20 % — это вдвое выше, чем в среднем по стране [3]. Также отмечается значительный прирост инвестиций в ряде регионов ДФО. В 2020 г. в Камчатском крае физический объем инвестиций вырос почти в полтора раза, составив 149,4 %. Аналогичные высокие показатели демонстрируют также Забайкальский край (135,1 %), что связано с первыми результатами деятельности территории опережающего развития «Забайкалье», Чукотский автономный округ (129,8 %) и Хабаровский край (124,0 %) (рис. 2) [4].

В регионе необходимо создавать комфортные условия для работы российских партнеров, а это значит, что должны быть конкурентные условия по налоговой нагрузке, стоимости заемных средств и качестве предоставляемых государственных услуг для бизнеса.

Именно такие условия до конца текущего года планируют соз-

дать на Курильских островах. На их территории изменится таможенный контроль, будет действовать режим свободной таможенной зоны, а также будет отменен на всей территории налог на добавленную стоимость (НДС). Эти особые условия не будут действовать для высокодоходного бизнеса — добычи и переработки углеводородов, производства подакцизных товаров и вылова ценных биологических ресурсов. Преференциальный режим должен внести весомый вклад в развитие островов и региона в целом, в первую очередь в таких областях, как туризм и рыбопереработка. Строительство новых центров экономики и производства с огромным экспортным потенциалом приведет к появлению новых рабочих мест, притоку специалистов, увеличению доходов населения и будет способствовать развитию малого и среднего бизнеса.

В Хабаровском крае планируется создать строительный кластер, который будет снабжать весь Дальний Восток. Внедрением и реализацией этого проекта совместно с государством занимается ОАО «РЖД» и «Росавтодор». Это позволит решить одну из больших проблем — удаленность Дальнего Востока от производства строительных материалов, которая негативно влияет на стоимость материалов и темпы реализации инфраструктурных и жилищных проектов.

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

95,9	Российская Федерация
93,5	Дальневосточный федеральный округ
149,4	Камчатский край
135,1	Забайкальский край
129,8	Чукотский автономный округ
124,0	Хабаровский край
115,5	Республика Бурятия
105,2	Приморский край
103,0	Магаданская область
94,3	Амурская область
81,4	Сахалинская область
69,8	Еврейская автономная область
66,2	Республика Саха (Якутия)

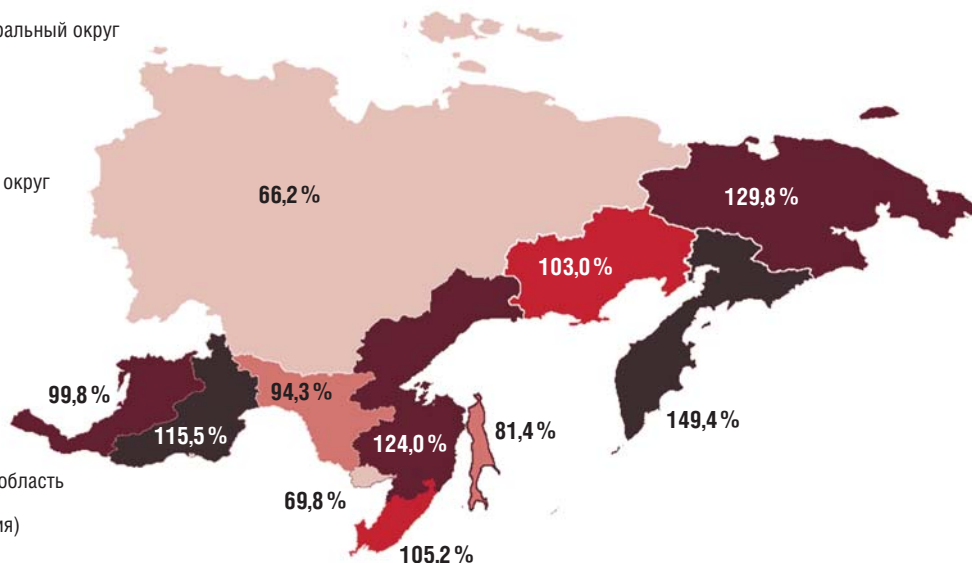


Рис. 2. Индекс физического объема инвестиций в субъектах ДФО за январь – сентябрь 2020 г.



Рис. 3. Северный морской путь

Одной из основных движущих сил развития Дальнего Востока является Северный морской путь (СМП) (рис. 3). За последние десять лет объем морских грузовых перевозок увеличился в разы. Для сравнения: в 2010 г. объем грузоперевозок по СМП составлял 2 млн т, а в 2020 г. уже 33 млн т. В планах к 2024 г. нарастить объемы до 80 млн т, и это только начало [5]. Предлагается с 2022 г. открыть регулярные рейсы из Владивостока в Санкт-Петербург, а после сформированной грузовой базы предпринимать действия о запуске регулярной контейнерной линии по всему СМП. До 2030 г. будет запущена круглогодичная навигация

по СМП. Реновация Северного морского пути — одно из важнейших направлений деятельности России в Арктике, и развитие Дальнего Востока способствует наращиванию арктического потенциала.

Отдельный блок направлений развития ДФО связан с энергетикой. Новое поколение надежных и чистых источников энергии уже внедряется в регионе. Так, на Чукотке действует плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов», не имеющая аналогов в мире, предназначенная для надежного круглогодичного тепло- и электроснабжения удаленных районов Арктики и Дальнего Востока. Это головной проект серии мобильных

транспортабельных энергоблоков малой мощности. В Бурятии запущена шестая солнечная электростанция на 45 МВт — Торейская, самая мощная в регионе (рис. 4).

Помимо уже внедренных проектов, в Находке и Амурской области планируют производить метанол, который можно использовать в качестве топлива нового поколения в сфере морских перевозок. А строительство Тугурской приливной электростанции в южной части Охотского моря позволит использовать энергетический потенциал морей. Без внимания нельзя оставить и производство «зеленого» водорода и аммиака, спрос на которые в ближайшие десятилетия будет активно расти. На Дальнем Востоке есть возможность создать целый кластер по производству экологического топлива, который будет востребован у всего Азиатско-Тихоокеанского региона.

Таким образом, дальнейшее развитие Дальневосточного региона



Рис. 4. Торейская солнечная электростанция

зависит от реализации поставленных задач и проектов. Новые особые экономические зоны, развивающаяся инфраструктура, налаживание деловых коммуникаций и выстраивание взаимовыгодных международных соглашений повлекут за собой приток больших инвестиций, а это в свою очередь приве-

дет к успешному развитию и интеграции региона. Национальная программа охватывает все сферы развития Дальнего Востока, а предлагаемые меры способны кардинально изменить экономическую ситуацию региона, главное — придерживаться заданного вектора опережающего развития. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Заусаев В. К. Чукотка: новая модель развития Дальнего Востока? // Проблемы Дальнего Востока. — 2015. — № 4. — С. 141–146. — ISSN 0131–2812.
2. Распоряжение Правительства РФ от 24 сентября 2020 г. № 2464-р. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74587526/> (дата обращения: 10.09.2021).
3. Пленарное заседание Восточного экономического форума от 3 сентября 2021 года. — URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/66586/videos> (дата обращения: 09.09.2021).
4. Динамика инвестиций на Дальнем Востоке. — URL: <https://vostokgosplan.ru/dinamiku-investitsij-na-dalnevostoke-za-yanvar-sentyabr-2020-goda-proanalizirovali-eksperty-vostokgosplan> (дата обращения: 10.09.2021).
5. Самуйлов В. М., Серов К. Д., Каргапольцева Т. А. Перспективы развития Северного морского пути как международной транзитной магистрали // Инновационный транспорт. — 2019. — № 4 (34). — С. 10–13. — ISSN 2311–164X.

Объем статьи: 0,37 авторских листа

Чан
Хао

Chang Hao

Дарья Ивановна
Кочнева

Daria I. Kochneva

Модель поиска оптимальных маршрутов сборного маршрутного контейнерного поезда

A model for finding the optimal routes for a combined route container train

Аннотация

Статья посвящена разработке модели поиска оптимального маршрута движения сборного маршрутного контейнерного поезда (СМКП), т.е. поезда с установленным маршрутом движения и расписанием, следующего от начальной до конечной станции маршрута без переформирования состава, но с выполнением грузовых операций по погрузке/выгрузке контейнеров на промежуточных остановках маршрута. Оптимальным предлагается называть такой маршрут движения СМКП, который обеспечивает минимальное время доставки при обеспечении заданной загрузки поезда на каждом участке и при установленной величине спроса на контейнерные перевозки каждого пункта маршрута. Предложена программная реализация модели в среде MS Excel с помощью встроенного алгоритма обобщенного приведенного градиента.

Ключевые слова: контейнерные перевозки, контейнерный поезд, маршрутизация, экономико-математическая модель, оптимизация.

Abstract

The article is devoted to the development of the model for finding an optimal route for a combined route container train (CRCT), i.e. a train with a designated route and schedule, en route from the initial to the final station without reforming of a rolling stock, but carrying out cargo handling operations for loading/unloading containers at intermediate stops of the route. It is proposed to call the optimal route of a CRCT, which provides the minimum delivery time while ensuring the targeted train loading on each section and with a set value of demand for container transportation at each point of the route. A software implementation of the model in the MS Excel environment is proposed using the built-in generalized reduced gradient algorithm.

Keywords: container transportation, container train, routing, economic and mathematical model, optimization.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-15-21

Авторы Authors

Чан Хао, аспирант кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: changhao001@mail.ru. ORCID 0000-0002-7257-4447 | Дарья Ивановна Кочнева, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: dana_rich@mail.ru. ORCID 0000-0001-7991-1277

Chang Hao, Post-graduate student of "World Economy and Logistics" Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: changhao001@mail.ru. ORCID 0000-0002-7257-4447 | Daria Ivanovna Kochneva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor "World Economy and Logistics" Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: dana_rich@mail.ru. ORCID 0000-0001-7991-1277

Развитие железнодорожных контейнерных перевозок — одна из приоритетных задач экономического развития Российской Федерации, сформулированная в Указе Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1].

В международном и транзитном сообщении конкуренцию железнодорожным контейнерным перевозкам составляет морской транспорт, который обеспечивает наиболее низкую стоимость доставки, а во внутреннем сообщении — автомобильный; его ключевые преимущества: быстрая доставка грузов и более низкие тарифы на расстояния до 2000 км, высокая частота отправок и сервис «от двери до двери».

Основным направлением повышения конкурентоспособности контейнерных перевозок по железной дороге является организация маршрутных контейнерных поездов с установленным расписанием. Преимущества таких поездов: увеличение скорости перевозки за счет исключения операций переформирования и сортировки в пути следования, более низкие транспортные тарифы, повышение надежности срока доставки. Вместе с тем объемы отправок прямыми маршрутными поездами остаются сравнительно невысокими, что обусловлено необходимостью накопления контейнеропотока на терминалах или подъездных путях предприятий-грузовладельцев для формирования полносоставного маршрута. Кроме того, техническая оснащенность контейнерной инфраструктуры в регионах зачастую не позволяет работать с полносоставными контейнерными поездами, осуществлять их формирование и расформирование.

В связи с этим высокую практическую значимость приобретает новая технология организации движения контейнерных поездов — сборный маршрутный контейнерный поезд (СМКП), которая сочетает элементы сборных и прямых маршрутов и построена на принципах организации пассажирского движения.

В настоящем исследовании под сборным маршрутным контейнерным поездом (СМКП) будем понимать контейнерный поезд с установленным маршрутом движения и расписанием, следующий от начальной до конечной станции маршрута без переформирования состава, но с выполнением грузовых операций по погрузке/выгрузке контейнеров на промежуточных остановках маршрута.

Суть предлагаемой технологии состоит в следующем: движение осуществляется по расписанию с продажей отдельных мест в контейнерном поезде. Предполагается формирование поездов постоянной составности из фитинговых платформ с контейнерами или грузовыми местами назначением на определенные станции по маршруту следования. Остановки предусматриваются на промежуточных контейнерных терминалах или станциях, оборудованных для погрузки и выгрузки контейнеров. Во время стоянки выполняются необхо-

димые технологические операции по смене локомотива или локомотивной бригады, а также снятие контейнера назначением на данную станцию погрузчиком с платформы и установка на освободившееся место контейнера назначением на одну из станций далее по маршруту.

Перспективы концепции контейнерных поездов на принципах пассажирского движения в настоящее время рассматриваются в ОАО «РЖД» [2]. Научные положения технологии организации СМКП и ее математическая формализация впервые опубликованы в работе авторов [3].

Целью настоящей статьи является разработка экономико-математической модели поиска оптимальных маршрутов СМКП и программная реализация модели в среде MS Excel.

Наиболее удобным математическим аппаратом для решения задач маршрутизации транспортных потоков является теория графов.

Граф транспортной сети представляет собой абстрактное представление множества вершин и связей между ними [4].

Обозначим граф сети сборных маршрутных контейнерных поездов $G = (V, E)$, где вершины графа v_i — станции (терминалы) погрузки/выгрузки контейнеров, ребра e_{i-j} — железнодорожные пути сообщения.

В рамках настоящего исследования оптимальным маршрутом движения СМКП будем называть такой маршрут, который обеспечивает минимальное время доставки при обеспечении заданной загрузки поезда на каждом участке его движения и заданной величине спроса каждого пункта на контейнерные перевозки.

Исходными данными модели поиска оптимального маршрута выступают: Q_{ij} — величина спроса i -го пункта-отправителя на доставку контейнеров в j -й пункт-потребитель; T_{i-j} — время движения контейнерного поезда на участке $i-j$; $T_{гpi}$ — время выполнения грузовых операций в i -м пункте.

Величина Q_{ij} может быть определена различными методами:

- 1) экстраполяция на основе данных о погрузке контейнеров в i -м пункте в прошлом;
- 2) на основе установления регрессии с объемами производства контейнеропригодной продукции в регионе, тяготеющем к данному i -му пункту (например, с помощью модели [5]);
- 3) на основе заявок грузоотправителей в режиме реального времени с использованием современных цифровых систем обмена данными.

Величина T_{i-j} определяется статистически, с учетом существующих графиков движения поездов, скоростных ограничений, ограничений пропускной способности.

Величина $T_{гpi}$ определяется для промежуточных пунктов движения поезда, исходя из технологии работы контейнерного пункта, объема грузовой работы i -го пункта и норм времени на выполнение сопутствующих техноло-

гических операций (смена локомотива и локомотивной бригады, технический и коммерческий осмотры и др.).

Варьируемыми переменными в модели выступают два массива:

1) q_{ij} — число контейнеров, погруженных в i -м пункте в направлении $i-j$; целое число, не превышающее величины спроса на контейнерные перевозки пункта i : $q_{ij} \leq Q_{ij}$;

2) x_{i-j} — булева переменная, характеризующая включение ребра e_{i-j} в маршрут поезда, где $x_{i-j} = 1$ означает, что ребро включено в маршрут, $x_{i-j} = 0$ — в противном случае.

Введем ограничения, отражающие структуру искомого маршрута на заданном графе.

Так как искомым маршрут по условию начинается в вершине $i = 1$, он должен включать в себя одну из дуг, идущих от начальной вершины. Таким образом:

$$\sum_{j=2}^n x_{1-j} = 1. \quad (1)$$

Аналогично искомым путь заканчивается в вершине n , он должен включать в себя одну из дуг, идущих от предшествующих вершин. Таким образом:

$$\sum_{i=1}^{n-1} x_{i-n} = 1. \quad (2)$$

Для промежуточных вершин ограничения сформируем так, чтобы искомым путь мог пройти через любую вершину. При этом если искомым путь входит в вершину, то должен выйти из нее: число входящих в вершину ребер равно числу выходящих из нее, а разность этих чисел равна нулю. Число таких ограничений равно числу промежуточных вершин графа за исключением начальной и конечной вершины. Обозначим числом r — номер промежуточной вершины графа и запишем ограничения для промежуточных вершин следующим образом:

$$\sum_{i<r} x_{i-r} - \sum_{j>r} x_{r-j} = 0. \quad (3)$$

Для маршрута графа СМКП определим поток. Поток в теории графов называют неотрицательную вещественную функцию, определенную на множестве дуг. Дугой принято обозначать ребро ориентированного графа [4].

Обозначим Z_l величину потока, проходящего по дуге l . Эта величина характеризует загрузку контейнерного поезда и включает транзитный поток, проходящий через i -й пункт, и поток, погруженный в i -м пункте. Таким образом, число дуг l равно числу станций погрузки контейнеропотока, то есть $l = 1, 2, \dots, n-1$.

При объемах погрузки в каждом пункте q_{ij} и структуре маршрута x_{i-j} величина потока определяется выражением:

$$Z_l = Z_{l-1} + \sum_{j>l} \left(q_{lj} \cdot \sum_{i=l}^{j-1} x_{i-j} \right) - \sum_{i<l} \left(q_{il} \cdot \sum_{i=l}^{j-1} x_{i-j} \right). \quad (4)$$

В выражении величина $\sum_{i=l}^{j-1} x_{i-j}$ идентифицирует наличие грузовых операций по смене контейнеров в i -м пункте маршрута, $\sum_{i=l}^{j-1} x_{i-j} = 0$ будет означать, что в i -м пункте грузовые операции не осуществляются, поезд проследовал этот пункт транзитом.

Введем ограничения, отражающие сохранение потока.

Поток, заходящий в любую вершину сети (кроме начальной и конечной вершины), равен суммарному потоку, выходящему из этой вершины, а разность этих чисел равна нулю.

Следовательно, ограничение для начальной и конечной вершины:

$$\sum_{j=2}^n q_{1j} - \sum_{i=1}^{n-1} q_{in} = 0. \quad (5)$$

Ограничения для промежуточных вершин:

$$\sum_{i<r} q_{ir} - \sum_{j>r} q_{rj} = 0, \quad (6)$$

где r — номер промежуточной вершины графа.

Зададим ограничение величины потока Z_l : на каждом участке маршрута величина потока Z_l должна соответствовать заданной загрузке контейнерного поезда Z_n , то есть:

$$Z_l = Z_n, \quad l = 1, 2, \dots, n-1. \quad (7)$$

Величина Z_n соответствует нормативной длине контейнерного поезда.

Согласно [6], действующим нормативом длины поезда является 6 тыс. т и 71 условный вагон. В пересчете на двадцатифутовый эквивалент 71 условный вагон составляет около 126 ДФЭ. Эта величина будет использована в модели в качестве ориентировочной Z_n .

Вместе с тем для получения наиболее эффективных управленческих решений и увеличения числа формируемых контейнерных поездов величина потока Z_l может быть задана интервальным ограничением, т.е.:

$$Z_{\min} \leq Z_l \leq Z_{\max}. \quad (8)$$

В настоящее время есть исследования и соответствующий опыт организации поездов повышенной или укороченной длины. Так, например, в работе [7] экономически обоснованы укороченные контейнерные поезда малой длины с 29 фитинговыми платформами в составе поезда (что в условных вагонах составляет 53, а в единицах ДФЭ — 116). Данные результаты получены на

основе анализа безубыточности при заданном уровне рентабельности перевозчика — 7,4 %.

Если число контейнеров в поезде меньше установленной нормы, то модель будет формализована аналогично, оперируя не с физическими контейнерами, а грузовыми местами — «фиктивными единицами» контейнеропотока.

Увеличение длины контейнерного поезда также принципиально возможно при условии достаточности пропускной способности инфраструктуры и длины приемо-отправочных путей на станциях, включаемых в маршрут. Экономически обоснованная оценка минимальной и максимальной приемлемой загрузки поезда требует проведения дополнительных исследований и зависит от экономических и технико-технологических условий реализации конкретного маршрута.

Целевая функция оптимизационной модели формирования маршрута СМКП представлена выражением:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{i-j} \cdot T_{i-j} + \sum_{i=2}^{n-1} T_{грi} \cdot \sum_{j=2}^{n-1} q_{ij} \quad (9)$$

Таким образом, маршрут движения СМКМ предлагается оптимизировать по критерию времени его движения от начального до конечного пункта с учетом времени выполнения грузовых операций в промежуточных пунктах.

Время доставки выбрано в качестве целевого критерия, так как именно этот показатель в настоящее время является ключевым для обеспечения конкурентоспособности контейнерных перевозок по железной дороге. Вместе с тем модель позволяет задавать и иные критерии оптимальности, например, стоимость перевозки контейнеров в СМКП по заданным маршрутам или многокритериальные оценки.

Разработанная экономико-математическая модель поиска оптимальных маршрутов движения СМКП от-

носится к классу задач нелинейного программирования. Для решения поставленной задачи могут быть использованы различные программные средства. В настоящем исследовании для решения оптимизационной задачи поиска маршрутов движения СМКП предлагается использовать наиболее доступный вариант — встроенные алгоритмы «Поиск решения» в программной среде MS Excel.

В целях апробации модели зададимся условным гипотетическим графом транспортной сети, состоящим из пяти вершин — станций переработки контейнерного потока. Зададим гипотетическую матрицу спроса i -х пунктов-отправителей на доставку контейнеров в j -е пункты-потребители $[Q_{ij}]$ и гипотетическую матрицу времени доставки контейнеров между каждой парой пунктов $[T_{i-j}]$. Ограничение на нормативную загрузку контейнерного поезда Z_H зададим числом 126 ДФЭ (что соответствует нормативной длине поезда 71 условный вагон). Также зададим матрицы вывода решения (матрицы варьируемых переменных): $[q_{ij}]$ и $[x_{i-j}]$. Пример формирования

исходных данных задачи в табличном редакторе MS Excel представлен на рис. 1.

Зададим вспомогательные выражения для ввода ограничений задачи:

- ограничения, отражающие структуру маршрута (формулы (1)–(3));
- расчет величины потока в контейнерном поезде Z_i по формуле (4);
- ограничения, отражающие сохранение величины потока (формулы (5)–(6)).

Пример записи выражений для формирования ограничений задачи в табличном редакторе MS Excel представлен в табл. 1. и на рис. 2.

Зададим целевую функцию задачи поиска оптимального маршрута СМКП по формуле (9).

При размещении массивов данных в табличном редакторе MS Excel, как показано на рис. 1–2, целевая функция задачи будет записана выражением:

$$=СУММПРОИЗВ(J4:M7;C11:F14)+\$A\$21*СУММ(K12:M12)+\$A\$21*СУММ(L13:M13)+\$A\$21*M14$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Исходные данные задачи						Варьируемые переменные						
2	Матрица спроса на контейнерные перевозки, ДФЭ Q(ij)						Включение ребра в маршрут поезда (булева переменная), x(i-j)						
3	ij	1	2	3	4	5	ij	1	2	3	4	5	
4	1		100	85	50	80	1						
5	2		0	35	40	20	2						
6	3		0	0	90	0	3						
7	4		0	0	0	90	4						
8	5						5						
9	Матрица времени доставки, сут. T(i-j)						Объем погрузки контейнеров в поезд (целое число), ДФЭ, q(ij)						
10	ij	1	2	3	4	5	ij	1	2	3	4	5	
11	1		2	7	8	10	1						
12	2			5	7	9	2						
13	3				6	8	3						
14	4					6	4						
15	5						5						
16													
17	Нормативная загрузка поезда, ДФЭ Zн						Целевая функция задачи, сут. F(x)						
18	126						0						
19													
20	Ставка затрат времени на выполнение грузовых операций, сут./ДФЭ Tгр												
21	0,004												

Рис. 1. Пример оформления исходных данных задачи поиска оптимального маршрута СМКП в табличном редакторе MS Excel

Таблица 1

Пример записи выражений для ввода системы ограничений задачи поиска оптимального маршрута СМКП в табличном редакторе MS Excel

Ячейки, характеризующие включение ребра в маршрут поезда (булева переменная), $x_{i,j}$					
i/j	1	2	3	4	5
1		J4	K4	L4	M4
2			K5	L5	M5
3				L6	M6
4					M7
5					
Ячейки, характеризующие объем погрузки контейнеров в поезд (целое число), ДФЗ, q_{ij}					
i/j	1	2	3	4	5
1		J11	K11	L11	M11
2			K12	L12	M12
3				L13	M13
4					M14
5					
l	Выражения расчета величины потока, ДФЗ, Z_l				
1	$P4=J11*J4+K11*СУММ(K4:K5)+L11*СУММ(L4:L6)+M11*СУММ(M4:M7)$				
2	$P5=P4+K12*K5+L12*СУММ(L5:L6)+M12*СУММ(M5:M7)-J11*J4$				
3	$P6=P5+L13*L6+M13*СУММ(M6:M7)-K11*СУММ(K4:K5)+K12*K5$				
4	$P7=P6+M14*M7-M11*СУММ(M4:M7)+M12*СУММ(M5:M7)+M13*СУММ(M6:M7)+M14*M7$				
Выражения для ввода ограничений структуры маршрута					
i	Расчет			Ограничение	
1	=СУММ(J4:M4)			1	
2	=J4-СУММ(K5:M5)			0	
3	=СУММ(K4:K5)-СУММ(L6:M6)			0	
4	=СУММ(L4:L6)-M7			0	
5	=СУММ(M4:M7)			1	
i	Выражения для ввода ограничений сохранения потока				
1-5	=СУММ(J11:M11)-СУММ(M11:M14)				0
2	=J11-СУММ(K12:M12)				0
3	=СУММ(K11:K12)-СУММ(L13:M13)				0
4	=СУММ(L11:L13)-M14				0

O	P	Q	R	S
Ограничения задачи				
Величина потока, ДФЭ Z(i)				
i	Z(i)	Погрузка в i	Выгрузка в i	Ограничение Z(i)=Zн
1	=Q4	=J11*J4+K11*СУММ(K4:K5)+L11*С	-	=\$A\$18
2	=P4+Q5-R5	=K12*K5+L12*СУММ(L5:L6)+M12*	=J11*J4	=\$A\$18
3	=P5+Q6-R6	=L13*L6+M13*СУММ(M6:M7)	=K11*СУММ(K4:K5)+K12*K5	=\$A\$18
4	=P6+Q7-R7	=M14*M7	=L11*СУММ(L4:L6)+L12*СУММ(L	=\$A\$18
5		-	=M11*СУММ(M4:M7)+M12*СУММ	
Структура маршрута			Сохранение потока	
i	Расчет	Ограничение	Расчет	Ограничение
1	=СУММ(J4:M4)	1	=СУММ(J11:M11)-СУММ(M11:M14)	0
2	=J4-СУММ(K5:M5)	0	=J11-СУММ(K12:M12)	0
3	=СУММ(K4:K5)-СУММ(L6:M6)	0	=СУММ(K11:K12)-СУММ(L13:M13)	0
4	=СУММ(L4:L6)-M7	0	=СУММ(L11:L13)-M14	0
5	=СУММ(M4:M7)	1		

Рис. 2. Пример записи выражений для ввода системы ограничений задачи поиска оптимального маршрута СМКП в табличном редакторе MS Excel

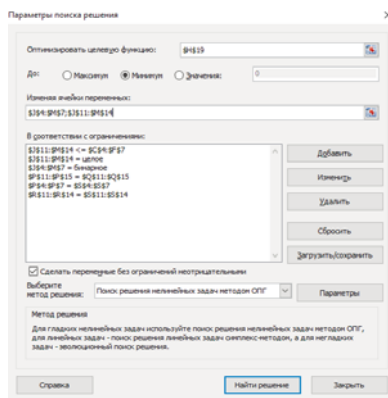


Рис. 3. Окно программы «Поиск решения» MS Excel для поиска оптимального маршрута СМКП

Для поиска оптимального маршрута воспользуемся надстройкой «Поиск решения». Окно «Поиск решения» MS Excel и запись параметров представлены на рис. 3.

Расчет произведем посредством алгоритма поиска решения обобщенного приведенного градиента (ОПГ). Получено следующее решение (рис. 4).

То есть на заданной матрице спроса найден маршрут сборного маршрутного контейнерного поезда, проходящий по ребрам: 1–2–4–5. На начальной станции загружается 126 контейнеров, из них 19 — в адрес второй станции, 27 — в адрес четвертой, 80 — на пятую. На второй станции происходит снятие 19 контейнеров, адресованных на эту станцию,

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Варьируемые переменные						Ограничения задачи					
Включение ребра в маршрут поезда (булева переменная), x(i-j)						Величина потока, ДФЭ Z(i)					
i/j	1	2	3	4	5	i	Z(i)	Погрузка в i	Выгрузка в i	Ограничение Z(i)=Zн	
1		1	0	0	0	1	126	126	-	126	
2		0	0	1	0	2	126	19	19	126	
3		0	0	0	0	3	126	0	0	126	
4		0	0	0	1	4	126	27	27	126	
5						5		-	126		
Объем погрузки контейнеров в поезд (целое число), ДФЭ, q(i)						Структура маршрута		Сохранение потока			
i/j	1	2	3	4	5	i	Расчет	Ограничение	Расчет	Ограничение	
1		19	0	27	80	1	1,00	1	0,00	0	
2		0	0	0	19	2	0,00	0	0,00	0	
3		0	0	0	0	3	0,00	0	0,00	0	
4		0	0	0	27	4	0,00	0	0,00	0	
5						5	1,00	1			
Целевая функция задачи, сут. F(x)											
15,184											

Рис. 4. Результат решения задачи поиска маршрута СМКП с помощью надстройки «Поиск решения» методом ОПГ

и погрузка других 19 контейнеров в адрес пятой станции, на четвертой снимают 27 контейнеров и устанавливают на их место 27 единиц, следующих далее по маршруту. На конечной пятой станции происходит выгрузка 126 контейнеров, следующих из первого, второго и четвертого пунктов. На каждом участке маршрута сохраняется загрузка поезда в 126 ДФЭ, общее время маршрута составляет 15,184 суток.

На заданной матрице спроса, как правило, можно сформировать не один, а несколько маршрутов СМКП с соблюдением всех ограничений.

Алгоритм последовательного поиска всех возможных маршрутов СМКП на заданной транспортной сети представлен в работе [3]. Данный алгоритм работает таким образом, что на каждом шаге назначается прямой маршрутный или сборный маршрутный контейнерный поезд, при этом часть контейнеропотока, распределенная в маршрут, исключается из матрицы спроса. Результатом работы алгоритма является перечень прямых и сборных маршрутных контейнерных поездов, отправляемых ежедневно и с установленным интервалом при накоплении,

а также остаточный контейнеропоток, не включаемый в маршруты для отправки в составе обычных сборных контейнерных поездов.

Таким образом, разработана экономика-математическая модель поиска оптимального маршрута движения сборного маршрутного контейнерного поезда (СМКП), а также предложена ее реализация в среде MS Excel,

которая позволяет с помощью алгоритма обобщенного приведенного градиента находить наилучший с точки зрения времени доставки маршрут, удовлетворяющий всем ограничениям задачи. Апробация алгоритма на гипотетической транспортной сети и при заданном спросе показала принципиальную работоспособность модели и возможность ее использования на практике. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». — URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения : 10.08.2021).
2. РЖД готовят передел контейнерного рынка. — URL: <https://vgudok.com/> (дата обращения: 10.08.2021).
3. Кочнева Д. И., Чан Х. Модель планирования маршрутных контейнерных поездов с грузовыми операциями в пути следования // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2020. — № 4 (48). — С. 46–55. — ISSN 2079–0392.
4. Карпов Д. В. Теория графов. — СПб., 2017.
5. Kochneva D., Say V., Parshina V. Estimation of container system development in a region // MATEC Web of Conferences. — EDP Sciences, 2018. — Т. 216.
6. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок, 2012. — URL: <https://docplayer.com/35225030-Edinyy-setevoy-tehnologicheskii-process-zheleznodorozhnyh-gruzovyh-perevozok.html> / (дата обращения: 10.08.2021).
7. Басыров И. М. Реализация транспортной продукции контейнерного оператора в условиях применения дифференцированных длин блок-поездов // Наука и техника транспорта. — 2018. — № 4. — С. 27–33. — ISSN 2074–9325.

Объем статьи: 0,67 авторских листа



**Валерий
Михайлович
Самуйлов**

Valeriy M. Samuylov



**Татьяна
Николаевна
Ткачева**

Tatyana N. Tkacheva



**Людмила
Вячеславовна
Гашкова**

Lyudmila V. Gashkova



**Андрей
Евгеньевич
Калашников**

Andrey E. Kalashnikov

Деятельность особой экономической зоны «Титановая долина» в Свердловской области

Functioning of the special economic zone «Titanium Valley» in the Sverdlovsk region

Аннотация

В статье раскрывается содержание понятия особой экономической зоны, рассматриваются преимущества особых экономических зон, их роль в экономике страны. Дана характеристика Свердловской области как перспективного промышленного региона страны, а также проанализированы деятельность, этапы создания и развития особой экономической зоны «Титановая долина».

Ключевые слова: «Титановая долина», особая экономическая зона, Верхняя Салда, Свердловская область, производство титана, инновации, инфраструктура.

Abstract

The article reveals the content of the concept of a special economic zone, considers the advantages of special economic zones, their role in the country's economy. The characteristics of the Sverdlovsk region as a promising industrial region of the country are given, as well as the functioning, stages of creation and development of the special economic zone "Titanium Valley" are analyzed.

Keywords: "Titanium Valley", special economic zone, Verkhnyaya Salda, Sverdlovsk region, titanium production, innovations, infrastructure.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-22-26

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член РАТ, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Samuilov-sv@convex.ru | **Татьяна Николаевна Ткачева**, канд. техн. наук, доцент, зам. декана строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Людмила Вячеславовна Гашкова**, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: LGashkova@usurt.ru | **Андрей Евгеньевич Калашников**, студент гр. СЖДт-428 строительного факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Valeriy M. Samuylov, Dr. of Tech. Sciences, full member of the Russian Academy of Transport, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: Samuilov-sv@convex.ru | **Tatyana N. Tkacheva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg | **Lyudmila V. Gashkova**, Cand. of econ. science, Associate Professor, Head of the Department "World economics and logistics", Ural state university of railway transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: LGashkova@usurt.ru | **Andrey E. Kalashnikov**, student of gr. SZhDt-428, Building Faculty, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Особая экономическая зона (ОЭЗ) — это ограниченная территория с особым юридическим статусом, созданная для поддержки определенных видов экономической деятельности и имеющая особые преференции. В России ОЭЗ стали появляться с 1999 г., на сегодняшний день их количество составляет 33, а общее число их резидентов — 856, в некоторых из них используется иностранный капитал, принадлежащий предприятиям более чем 40 стран мира (рис. 1).

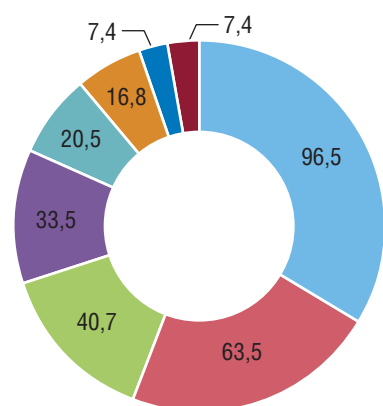


Рис. 1. Объем инвестиций в российские особые экономические зоны:

■ — Китай; ■ — США; ■ — Турция; ■ — Япония; ■ — Австрия; ■ — Германия; ■ — Франция; ■ — Вьетнам

Особые экономические зоны — наилучший способ привлечения прямых инвестиций в приоритетные виды экономической деятельности. В нашей стране существует четыре типа ОЭЗ: 15 промышленно-производственных, 7 технико-внедренческих, 10 туристско-рекреационных и одна портовая. Самыми успешными и перспективными являются промышленные, поскольку расположение этих ОЭЗ приходится в основном на крупные промышленные регионы страны, что обеспечивает близость к ресурсной базе и тем самым позволяет повысить конкурентоспособность, эффективно использовать транспортные артерии и готовую инфраструктуру. Стоит отметить, что в России более 300 тысяч промышленно-производственных предприятий, и опыт

создания и управления таким количеством предприятий играет ключевую роль в развитии особых экономических зон данного типа [1].

Свердловская область является одним из наиболее перспективных и динамично развивающихся промышленных регионов Российской Федерации. Расположенная на пересечении главных транспортных коридоров, соединяющих Европу и Азию, область обладает большим количеством природных ресурсов, что позволяет развивать промышленный комплекс, научный и кадровый потенциал региона. На графике (рис. 2) представлен индекс промышленного производства Свердловской области в сравнении с другими видами экономической деятельности. Этот показатель отражает динамику объема производства и определяется как отношение текущего объема в денежном эквиваленте к объему промышленного производства за предыдущий год [2, 3].

Ежегодно в Свердловской области развивается инвестиционная и инновационная инфраструктура. В 2010 г. была создана «Титановая долина» — особая экономическая зона промышленно-производственного типа, расположенная в Верхней Салде. В перспективе она должна стать одной из главных точек роста экономики региона, данный проект включен в перечень пилотных программ развития «Инновационного ти-

танового кластера». В Верхней Салде располагается градообразующее предприятие — ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» — крупнейший в мире производитель продукции из титана и титановых сплавов и основной поставщик для мировой авиакосмической индустрии. На предприятии производятся изделия из алюминиевых сплавов, полуфабрикаты из легированных сталей и жаропрочных сплавов на никелевой основе. Близость к такому промышленному гиганту стала благоприятным условием для развития «Титановой долины», именно этот факт вдохновил создателей особой экономической зоны в Верхней Салде. Главные цели создания «Титановой долины» [5]:

- расширение использования титановой продукции;
- создание таких условий, чтобы на базе ОЭЗ смогли формироваться и успешно функционировать крупные региональные промышленные кластеры;
- усиление роли Российской Федерации на рынке титановой продукции для авиакосмической сферы;
- создание условий для привлечения отечественных и зарубежных инвестиций.

В 2015 г. была создана вторая очередь ОЭЗ «Титановая долина» — в Екатеринбурге, на базе аэропорта «Уктус» площадью 95,7 га.

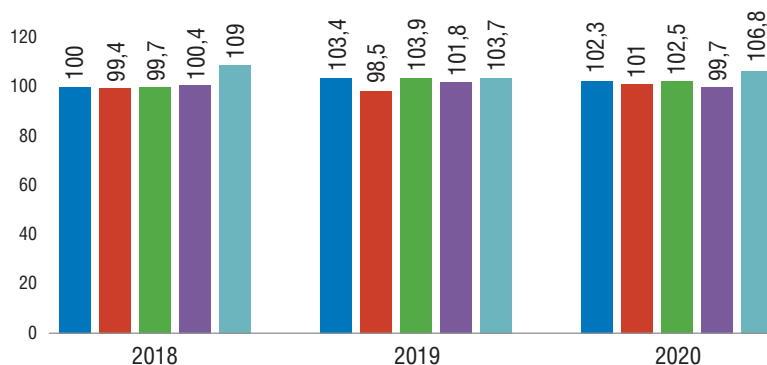


Рис. 2. Индексы производства Свердловской области [4]:

■ — промышленное производство; ■ — добыча полезных ископаемых; ■ — обрабатывающие производства; ■ — обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; ■ — водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений

В 2017 г. резидентом «Титановой долины» стала компания Ural Boeing Manufacturing, которая занимается изготовлением стоек шасси, хорд крыльев и других деталей из титана, поставщиком которого является «ВСМПО-АВИСМА». Это сотрудничество стало важным шагом в улучшении отношений между Россией и США, а также в развитии экономики нашей страны в целом.

Основными отраслевыми направлениями площадки «Верхняя Салда» являются машиностроение, авиастроение, металлообработка, медицинские изделия и стройматериалы. Основные направления площадки «Уктус» — производство неметаллической минеральной продукции, компьютеров, электронных и оптических изделий, машин и оборудования для них, автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов.

Резидентами ОЭЗ «Титановая долина» сегодня являются 18 компаний (рис. 3).



Рис. 3. Резиденты ОЭЗ «Титановая долина» [5]

На сегодняшний день команда проекта создала на территории «Титановой долины» площадь 295 га в Верхней Салде все необходимые условия для одновременной работы 20 заводов, построено 220 км внеплощадочных и внутриплощадочных инженерных сетей (электроснабжение, газоснабжение, водоснабжение, электроподстанция «Титан», канализация, сети связи). На индустриальных площадках «Титановой долины» имеется в совокупности 15 свободных участков общей площадью 158,5 га [5].

Необходимо отметить, что место, где расположена «Титановая долина», стало практически достопримечательностью города. Местные жители надеются на успех данного проекта, ведь от него зависит развитие Верхней Салды и, что более важно, Свердловской области. Здесь создаются новые рабочие места, привлекается молодежь, наращивается инфраструктура. Для функционирования ОЭЗ построен газопровод длиной почти 8 км. Кроме того, создано пожарное отделение, обслуживающее «Титановую долину», оно расположилось в 2,5 км от площадки.

Строительство железнодорожной инфраструктуры для обеспечения деятельности «Титановой долины» проводится на основании концессионного соглашения между ОАО «РЖД» и правительством Свердловской области от 2020 г. Новая грузовая ветка длиной 7,3 км будет включать в себя 12 путей, 18 стрелочных переводов и подъездной путь к станции Верхняя Салда, которая также нуждается в реконструкции. Для этого необходимо заменить деревянную путевую решетку на железобетонную, построить два дополнительных пути, уложить 11 комплектов стрелочных переводов, выполнить переустройство систем электрификации и управления движением поездов. Новая ветка соединит железную дорогу общего пользования с промышленной станцией, которая строится на территории «Титановой долины». На сегодняшний день завезено и уложено 57 м³ дренирующего грунта, проведено 10 км кабельных линий электрификации и 2,5 км трубопровода. Для отвода воды во время осадков и паводков строители уложили 90 водоотводных лотков. Полностью смонтированы фундаменты зданий и сооружений, располагающиеся на станции. Появление новой транспортной инфраструктуры позволит резидентам снабжать свои промышленные площадки оборудованием и необходимыми материалами, использовать железную дорогу для транспортировки негабаритного груза и перевозить по ней до 500 тысяч т груза в год с возможностью увеличения этого показателя. Все строительные работы планируется завершить в 2022 г. [6].

Если рассматривать финансовую составляющую, то на графике (рис. 5) можно проследить динамику роста активов ОЭЗ «Титановая долина» с 2011 по 2020 г. Рост внеоборотных активов происходил в связи с тем, что компания приобретала оборудование, строила здания и сооружения, получала нематериальные активы и инвестиции, а также осуществляла долгосрочные денежные вложения. Внеоборотные активы — основа производственного процесса организации, и положительная динамика говорит о том, что «Титановая долина» развивается и получает финансовую поддержку.

В мае 2021 г. предприниматель и основатель компании Tesla Илон Маск выступил на российском форуме «Новое знание», где анонсировал строительство завода по производству электромобилей в России. Губернатор Свердловской области Евгений Куйвашев предложил Илону Маску рассмотреть для строительства такую площадку, как «Титановая долина». Эта экономическая зона действительно привлекательна, поскольку обладает необходимой инфраструктурой и льготами. Преференции позволяют уменьшить расходы до 30%. Кроме того, Свердловская область — индустриальный регион, имеющий большой потенциал для инвесторов. Здесь функционирует большое количество предприятий, с которыми можно выгодно сотрудничать. Если Илон Маск заинтересуется ОЭЗ «Титановая долина», это станет проливом не только для Урала, но и для страны в целом.



Рис. 4. Площадки «Титановой долины» [5]

Деятельность особой экономической зоны «Титановая долина» в Свердловской области

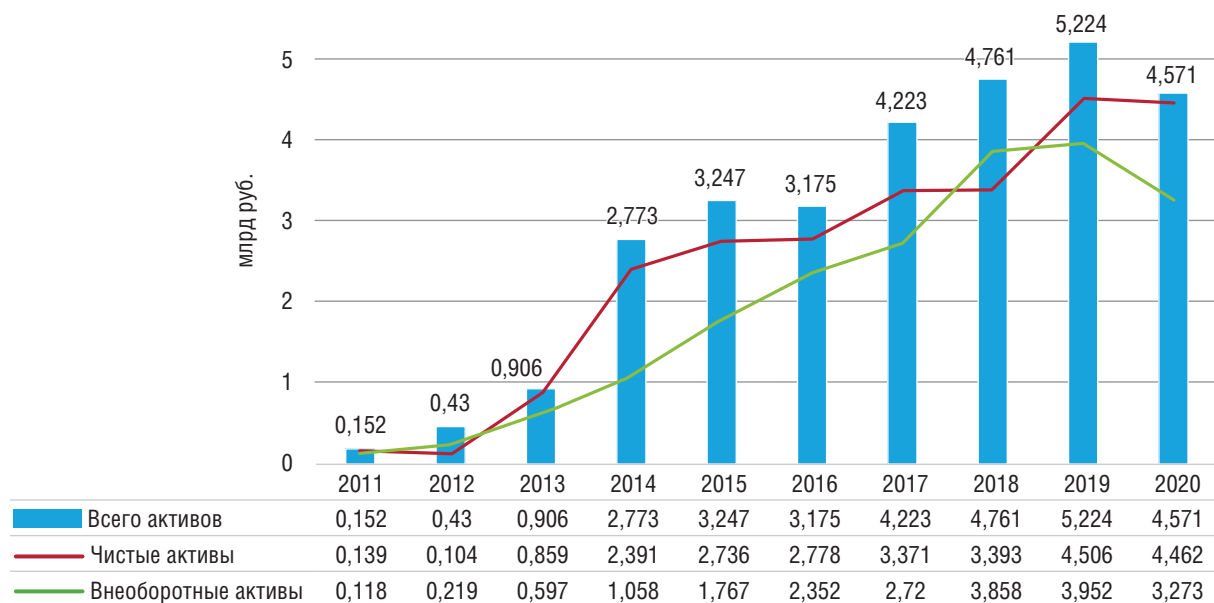


Рис. 5. График изменений активов ОЭЗ «Титановая долина» [7]

Успешное функционирование особой экономической зоны «Титановая долина» зависит не только от количества получаемых инвестиций, но и от команды, которая работает над ее созданием и развитием. Чтобы стать полезным экономическим объектом в регионе, у «Титановой долины» есть и высокий потенциал, и достаточное количество преимуществ: преференции, хорошие инфраструктурные условия для резидентов, близость к основным транспортным артериям, в том числе и к аэропорту

Кольцово. Тот факт, что в нашей стране создаются условия и новые технологии для развития титановой отрасли, будет способствовать экономическому росту, ведь спрос на продукцию из титана растет с каждым годом, что характеризует данную отрасль как очень перспективную [8]. С развитием инноваций и созданием таких ОЭЗ, как «Титановая долина», представляется возможным привлечение иностранных инвестиций в российскую экономику. **ИТ**

Список литературы / Reference

- Басарева К. В. Значение особых экономических зон для социально-экономического развития региональной экономики / К. В. Басарева // Молодой ученый. — 2014. — № 3 (62). — С. 377–379.
- Путеводитель инвестора Свердловская область (PwC), 2015 г. — URL: <https://www.pwc.ru/ru/doing-business-in-russia/assets/pwc-invest-sverdlovsk-ru-2015.pdf>
- Елесина М. В., Рашкеева И. В. Опыт развития ОЭЗ в России и за рубежом // НАУКА-RASTUDENT.RU. — 2014. — 10 (10). — С. 14. — eISSN 2311–8814.
- Официальный интернет-ресурс Министерства экономического развития Российской Федерации. — URL: <http://orv.gov.ru/regions/details/50> (дата обращения: 29.08.2021).
- Материалы официального сайта ОЭЗ «Титановая долина». — URL: https://titanium-valley.com/ob-oez/index.php?sphrase_id=7722 (дата обращения: 03.09.2021).
- РЖД приступили к новому этапу в строительстве железной дороги в «Титановую долину» // Гудок. — URL: <https://gudok.ru/news/? ID=1577367> (дата обращения: 03.09.2021).
- Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ АО «Особая экономическая зона «Титановая долина». — URL: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/6670376352_ao-osobaya-ekonomicheskaya-zona-titanovaya-dolina (дата обращения: 03.09.2021).
- Гальченко Б. В., Чан Л. Х. А. Проблемы и перспективы развития особой экономической зоны «Титановая долина» // ПРО-ЭКОНОМИКА. — 2018. — Т. 2, № 5 (7). — С. 9. — eISSN 2587–7623.

Объем статьи: 0,52 авторских листа



**Антон Сергеевич
Харитонов**

Anton S. Kharitonov



**Геннадий Львович
Штрапенин**

Gennadiy L. Shtrapenin

Организация системы учета выработки сотрудников предприятий автомобильного транспорта

Organization of the accounting system for the output of employees of road transport enterprises

Аннотация

В статье рассмотрены результаты внедрения оригинальной автоматизированной системы учета выработки сотрудников Первоуральского автоагрегатного завода, выпускающего амортизаторы для автомобильного транспорта. Система включает четыре подсистемы-модуля, которые последовательно собирают и фиксируют поступающие на вход системы данные и затем передают их на сервер, где полученные данные обрабатываются и формируются необходимые отчеты. Мониторинг производится как в режиме онлайн, так и за любой период времени в прошлом.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, автоагрегатный завод, автоматизация учета выработки работников.

Abstract

The article considers the results of the introduction of an original automated system for accounting of the employees' output at Pervouralsky car components manufacturing plant, which produces shock absorbers for road transport. The system includes four subsystems-modules that sequentially collect and record the data received at the input of the system and then transmit it to the server, where the received data is processed and the necessary reports are generated. Monitoring is performed both online and for any period of time in the past.

Keywords: automobile transport, car components manufacturing plant, automation of accounting of employees output.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-27-31

Авторы Authors

Антон Сергеевич Харитонов, ведущий инженер по автоматизированным системам управления производством ООО «Первоуральский автоагрегатный завод» (ООО ПААЗ), Первоуральск; e-mail: the-best2012@mail.ru | **Геннадий Львович Штрапенин**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электрические машины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: shtrap@mail.ru

Anton S. Kharitonov, Leading Engineer for automated production control systems at LLC Pervouralsky Avtoagregatny zavod (LLC PAAZ) Pervouralsk; e-mail: the-best2012@mail.ru | **Gennadiy L. Shtrapenin**, PhD, Associate Professor of the Department "Electrical Machines" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: shtrap@mail.ru

Первоуральский автоагрегатный завод (ПАЗ) — единственное российское предприятие, которое специализируется на производстве амортизаторов для автомобильного транспорта. В результате распада СССР в России не оказалось собственных предприятий подобного профиля, и последующие пятнадцать лет ведущие автоконвейеры страны, такие как «КамАЗ», автозавод «Урал» и другие, были вынуждены закупать данную продукцию в странах бывшего Союза ССР. Заполнить эту нишу был призван созданный в 2006 г. Первоуральский автоагрегатный завод. Вся продукция предприятия имеет сертификат соответствия центра «Уралсертификат». Система менеджмента качества ПАЗ сертифицирована в сентябре 2008 г. на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2000 авторитетной международной сертификационной организацией TUV. В ноябре 2011 г. был получен новый сертификат на соответствие требованиям измененного стандарта ISO 9001:2008.

По собственным оценкам предприятия, на сегодняшний день ПАЗ — это крупнейший в стране производитель амортизаторов коммерческого сектора с долей первичного рынка, превышающей 35% [1].

В настоящее время сложно представить работу крупного автоагрегатного предприятия без интегрированных в процесс производства автоматических, автоматизированных и робототехнических систем. В данной статье речь пойдет об автоматизированной системе учета выработки сотрудников на рабочих местах, внедренной на предприятии за последнее время. Оригинальность представляемой системы состоит в ее нестандартной архитектуре, низкой стоимости, а также простоте внедрения и обслуживания силами самого предприятия без привлечения сторонних организаций.

Разработка программной и аппаратной частей такого достаточно сложного с организационной и технической точки зрения комплекса представляет собой довольно объемную задачу, в связи с чем было принято решение составить его подробное функциональное описание. Здесь мы воспользовались методологией функционального проектирования IDEF0, которая позволяет наглядно описать сложную систему как совокупность взаимодействующих друг с другом взаимосвязанных подсистем, рассматриваемых в нескольких уровнях приближения. Такой подход ранее уже был использован авторами статьи при разработке программного обеспечения для моделирования электронных устройств для транспортной отрасли [2].

На рис. 1 представлена IDEF0-модель системы автоматизированного учета выработки сотрудников ПАЗ на рабочих местах, состоящая из четырех подсистем-модулей. Поступающие на вход системы данные фиксируются посредством аппаратного и программного модулей, затем средствами подсистемы сбора данных последние передаются на сервер, где сохраняются в формате базы данных. В завершение цикла в модуле программной обработки, анализа и представления данных производится обработка сохраненных данных, и формируются необходимые отчеты. В результате достигается основная цель создания и функционирования системы: оперативное составление различных отчетов о производительности рабочих узлов предприятия, включающих в себя фамилии, имена и отчества сотрудников, обслуживающих эти узлы, номенклатуры и количества производимых изделий, а также графики выработки сотрудников и смен. Мониторинг производится как в режиме онлайн, так и за любой период времени в прошлом.



Рис. 1. IDEF0-модель системы автоматизированного учета

1. Аппаратный и программный модули

Подсистема аппаратного модуля строится на основе программируемых логических контроллеров, аппаратных счетчиков, считывателей и человеко-машинных интерфейсов (сенсорные панели HMI) фирмы Rievtech и отечественного производителя ОВЕН. На этапе первичной фиксации данных необходима следующая информация:

- кто персонально работает на данном рабочем месте (Ф. И. О. оператора);
- что производят на данном рабочем месте (номенклатура изделий);
- сколько единиц изделий произведено;
- если работа остановлена, то по каким причинам происходит простой на рабочей месте.

Перед началом работы оператор проходит обязательную процедуру авторизации на рабочем месте посредством электронной карты — пропуска. Электронная карта — элемент стандартной системы СКУД — подносится к считывателю, система определяет уникального пользователя и выводит его Ф. И. О. на экран панели. Следующим шагом оператор посредством интерфейсных инструментов сенсорной панели указывает номенклатуру (шифр) изделия и выполняемую им технологическую операцию и затем приступает к работе. Интерфейс сенсорной панели показан на рис. 2.

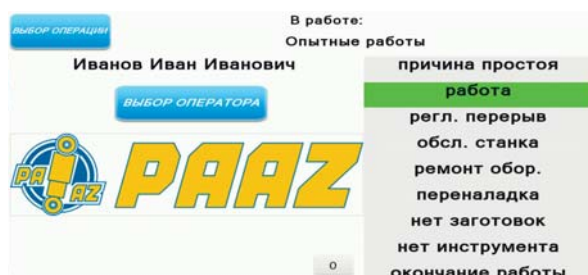


Рис. 2. Интерфейс сенсорной панели рабочего места

Программируемый логический контроллер (или аппаратный счетчик, тип устройства зависит от сложности станка, на котором устанавливается система) интегрируется в систему так, чтобы получать логический сигнал с рабочего органа производственного оборудования. Монтаж и программирование контроллера выполняются индивидуально для каждого рабочего места. Ключевым параметром выполнения операции могут быть, например, крайнее положение фрезы, вращение привода, световая индикация оборудования, физическая кнопка «Старт» или сигнал выполнения рабочей программы на современных станках с ЧПУ.

Если работа на узле останавливается, оператор обязан указать на сенсорной панели причину простоя — регламентированный перерыв (обед), отсутствие заготовок, техническое обслуживание, неисправность оборудования и т.п.

2. Модуль сбора данных

Все применяемые в системе устройства (ПЛК, HMI панели и счетчики) имеют зарезервированные статические IP-адреса и находятся в отдельной «производственной» локальной сети предприятия. Модуль сбора данных реализуется на основе отечественного программного решения Modbus Universal MasterOPC сервер [3]. По протоколу Modbus TCP сервер раз в две секунды производит опрос устройств в отдельной «производственной» локальной сети и согласно составленным для каждого рабочего места индивидуальным программным скриптам формирует базу данных SQLite, в которой фиксируются данные о производственном процессе. В общем виде это таблица, содержащая следующие колонки:

- Ф. И. О. оператора узла в виде строки или уникального кода, который будет преобразован в строковое представление Ф. И. О. на этапе обработки;
- номенклатура, характеризующая производимую операцию в виде строки или в виде уникального кода, который будет преобразован в строковое представление номенклатуры на этапе обработки;
- время начала операции;
- время окончания операции;
- значение счетчика — номера, идентифицирующего совершаемые операции;
- тип простоя — код типа простоя или его отсутствия;
- оценка — специальная колонка, в которой, согласно программному скрипту, присваивается оценка операции (учитывается или не учитывается операция).

Каждая производственная операция (например, один рез на отрезном станке) индивидуально фиксируется отдельной уникальной строкой в базе данных. Для каждого рабочего места создается своя индивидуальная база данных SQLite. Формат SQLite выбран на основе соображений об удобстве обработки, хранения и, главное, передачи данных. Компактная встраиваемая система управления базами данных SQLite бесплатна для использования, не требует наличия отдельного сервера, но в то же время сохраняет все достоинства базы данных.

3. Модуль обработки, анализа и представления данных

Когда производственная информация зафиксирована и записана, ее необходимо обработать, проанализировать и сформировать отчеты.

На первом этапе происходит программная предобработка баз данных. По внутреннему таймеру раз в три минуты программный модуль, написанный на языке программирования высокого уровня C#, проверяет сформированные базы данных на предмет их корректности

и, если это необходимо, осуществляет замену уникальных кодов операторов и номенклатур на их строковое представление. Далее осуществляется предобработка причин простоя рабочих узлов с целью дальнейшего графического представления и копирование обновленных данных на отдельный сервер. При этом модуль предобработки создает специальный файл, в котором сохраняется список всех проведенных им операций, что дает возможность проведения последующего анализа в случае возникновения сбоев системы и значительно упрощает поиск неисправностей.

На основе собранных и подготовленных данных проводится формирование окончательных отчетов. В качестве интерфейса представления отчетов выбраны web-страницы. Такое решение обусловлено популярностью web-интерфейса и возможностью его функционирования на самых различных платформах. Для ограничения доступа и защиты информации нами был разработан отдельный закрытый сайт, базирующийся на WAMP (Windows-Apache-MySQL-PHP) сервере Open Server Panel [4] — локальном веб-сервере для Windows.

Информация на сайте группируется по разделам (производственным узлам). Отчеты формируются как в режиме онлайн (рис. 3), так и за определенный указанный период.

Администрации предприятия доступны инструменты запроса необходимой информации, например, почасовая текущая производительность, месячная производительность узла, месячная производительность конкретного сотрудника (или целой смены), производительность согласно плану/графику (опережение или отставание), информация о простоях оборудования в минутах и процентах (рис. 4) с указанием причин и многое другое. Для некоторых узлов доступен анализ процента брака. Отчеты сопровождаются табличным и графическим представлением, реализованным с использованием общедоступных библиотек Google Chart.

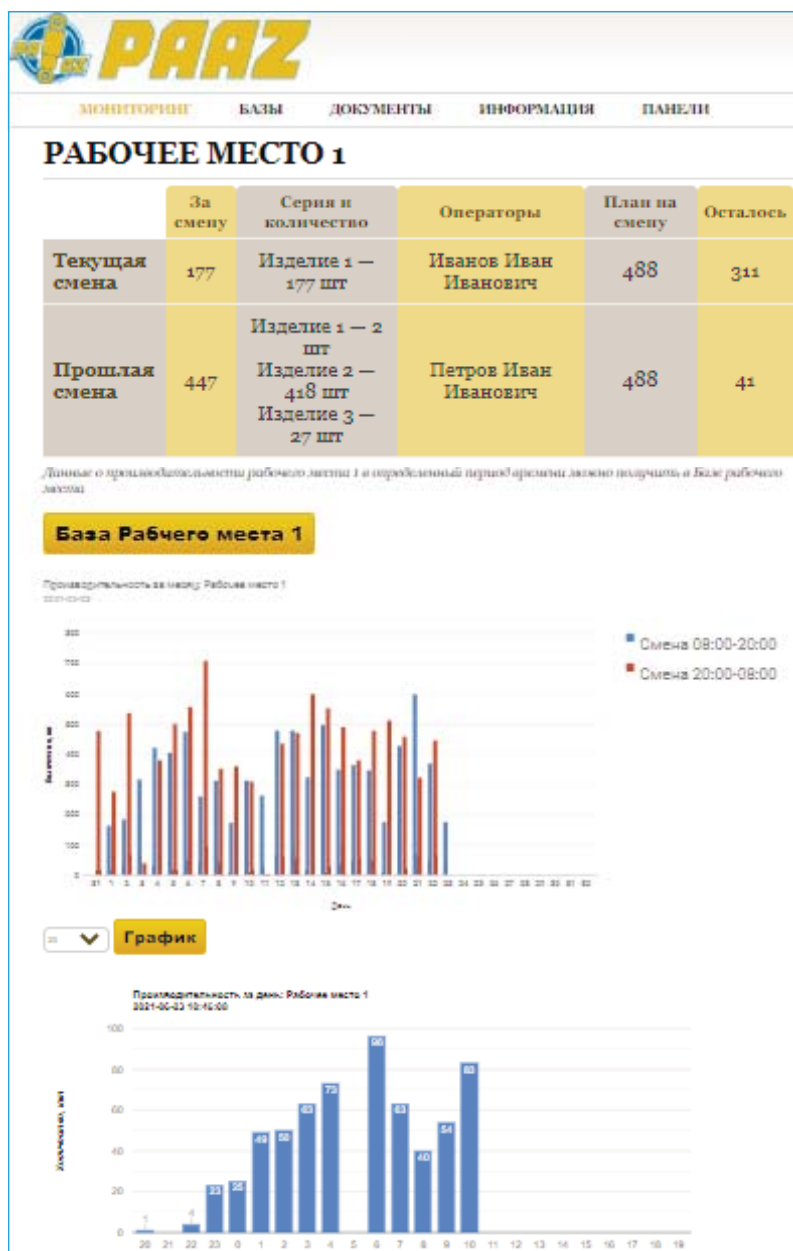


Рис. 3. Пример формируемого системой online-отчета

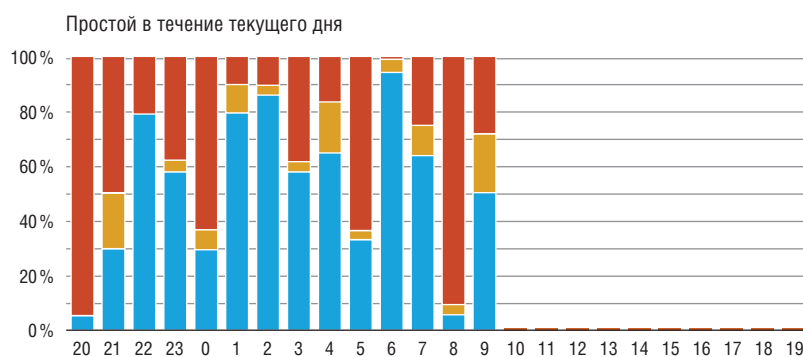


Рис. 4. Представление информации о простое оборудования:
■ — 1–5 минут; ■ — больше 5 минут; ■ — работа

Доступ к производственному portalу доступен как из локальной сети предприятия, так и из глобальной сети с применением систем защиты данных от постороннего подключения. Таким образом, данные можно анализировать на любых устройствах (ПК, смартфон, планшет), работающих на различ-

ных операционных системах (IOS, Windows, Android, Linux) и в любой точке земного шара.

Формируемые отчеты, помимо основной функции — мониторинга работы предприятия, вносят полезный вклад в анализ всего производства, позволяют выявить слабые места, осуществлять планирование, ко-

ординировать работу склада готовой продукции и других подразделений. Работники предприятия, труд которых оплачивается по сдельной системе, имеют возможность оперативно получать информацию об объеме выполненной ими работы и, как следствие, о последующей заработной плате. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Официальный сайт ООО «ПААЗ». — URL: <https://www.paaz.ru>.
2. Харитонов А. С., Штрапенин Г. Л. Разработка программного обеспечения для оптимизации моделирования электронных устройств для транспортной отрасли // Инновационный транспорт — 2019. — № 3 (33). — С. 37–40. — ISSN 2311–164X.
3. Официальный сайт компании «ИнСАТ». — URL: <https://insat.ru>.
4. Официальный сайт Open Server Panel. — URL: <https://ospanel.io>.

Объем статьи: 0,43 авторских листа



Назиржон Мукарамович Арипов

Nazirjhon M. Aripov



Дауренбек Ихтиярович Илесалиев

Daurenbek I. Ilesaliev



Жамшид Ренатович Кобулов

Jamshid R. Kobulov



Шахбоз Равшан угли Абдувахитов

Shahboz R. Abduvahitov

Исследование и выбор рациональных параметров рефрижераторного контейнерного терминала

Research and selection of rational parameters of a refrigerated container terminal

Аннотация

В статье рассматривается роль транспорта и холодильных складских комплексов в непрерывных холодильных цепях поставок (НХЦП). Сформирована сводная диаграмма технико-технологического обеспечения, описывающая взаимосвязь и взаимовлияние элементов системы НХЦП. Выполнено структурно-параметрическое описание рефрижераторного контейнерного терминала. Разработана классификация параметров рефрижераторного контейнерного терминала по различным признакам. Представлены взаимосвязи между параметрами рефрижераторного контейнерного терминала в виде математических моделей. Получена зависимость вместимости рефрижераторного контейнерного терминала от длины площадки.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, рефрижераторный контейнерный терминал, рефрижераторный контейнер, размещение контейнеров, хранение контейнеров.

Abstract

The article considers the role of transport and refrigerated warehouse complexes in continuous refrigerating supply chains (CRSCs). A summary diagram of technical and technological support is formed, describing the relationship and mutual influence of the elements of the CRSC system. A structural and parametric description of a refrigerated container terminal is carried out. The classification of the parameters of a refrigerated container terminal according to various characteristics is developed. The relationships between the parameters of a refrigerated container terminal are presented in the form of mathematical models. The dependence of the capacity of a refrigerated container terminal with respect to the length of a site is obtained.

Keywords: railway transport, road transport, refrigerated container terminal, refrigerated container, container placement, container storage.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-32-38

Авторы Authors

Назиржон Мукарамович Арипов, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: aripov_nm@mail.ru | **Дауренбек Ихтиярович Илесалиев**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: ilesaliev@mail.ru | **Жамшид Ренатович Кобулов**, канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: jam.uzb@mail.ru | **Шахбоз Равшан угли Абдувахитов**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: abduvaxitov@bk.ru

Nazirjhon M. Aripov, Doctor tech. sciences, professor of Department "Automation and telemechanics" at the Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: aripov_nm@mail.ru | **Daurenbek I. Ilesaliev**, Doctor tech. sciences, Professor of Department "Transport cargo systems" at Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: ilesaliev@mail.ru | **Jamshid R. Kobulov**, Candidate of Technical Science, Head of the Chair "Transport and Cargo Systems", Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: jam.uzb@mail.ru | **Shahboz R. Abduvahitov**, PhD of technical science, Acting Associate Professor of the Department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: abduvaxitov@bk.ru

1. Введение

Бытует ошибочное представление, что склады и грузовые терминалы играют пассивную роль в цепях поставок. В этой статье мы постараемся показать роль и место холодильных складских комплексов, а также определить взаимосвязь и взаимовлияние основных параметров рефрижераторных контейнерных терминалов в непрерывных холодильных цепях поставок (НХЦП).

Холодильные склады и грузовые терминалы на сегодняшний день являются важными элементами транспортной системы, обеспечивающими четкий ритм и организацию работы транспорта. Ключевую роль играет обеспечение нужного температурного режима при хранении и переработке скоропортящихся грузов в непрерывной холодильной цепи поставок. Роль транспорта и холодильных складских комплексов в НХЦП необходимо рассматривать совокупно, так как процесс перевозок начинается и заканчивается на складах, образуя единую сеть (рис. 1).

При исследовании НХЦП сформирована сводная диаграмма технико-технологического обеспечения

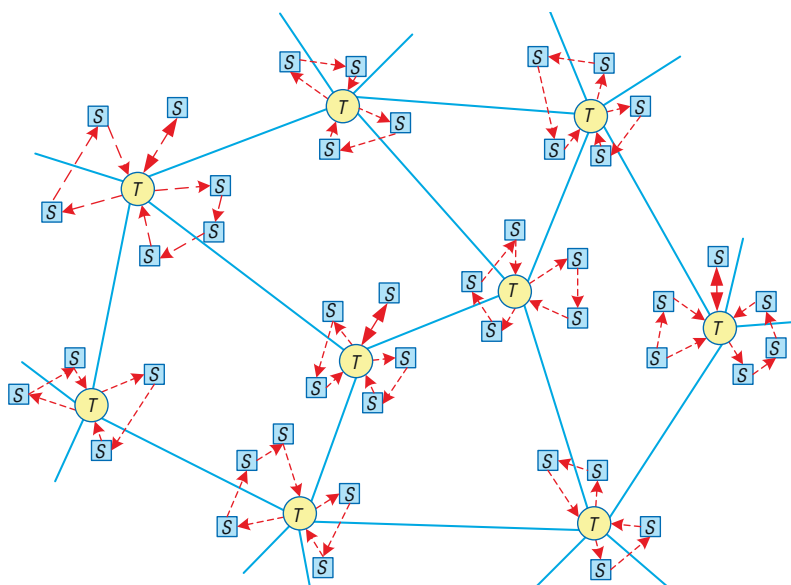


Рис. 1. Структурная схема непрерывной холодильной сети:

● — терминалы регионального уровня; ■ — холодильные склады локального уровня;
— магистральные перевозки; - - - — местные перевозки

ния, которая описывает взаимосвязь и взаимовлияние элементов системы (рис. 2).

Важным элементом НХЦП являются погрузочно-разгрузочные машины (ПРМ), обслуживающие рефрижераторные контейнерные терминалы. В современных рефрижераторных контейнерных терминалах

используется множество вариантов технических и технологических решений, что затрудняет выбор рационального значения параметров. В данном исследовании приводятся два типа ПРМ, которые относятся к основному технологическому оборудованию для переработки крупнотоннажных контейнеров на участке

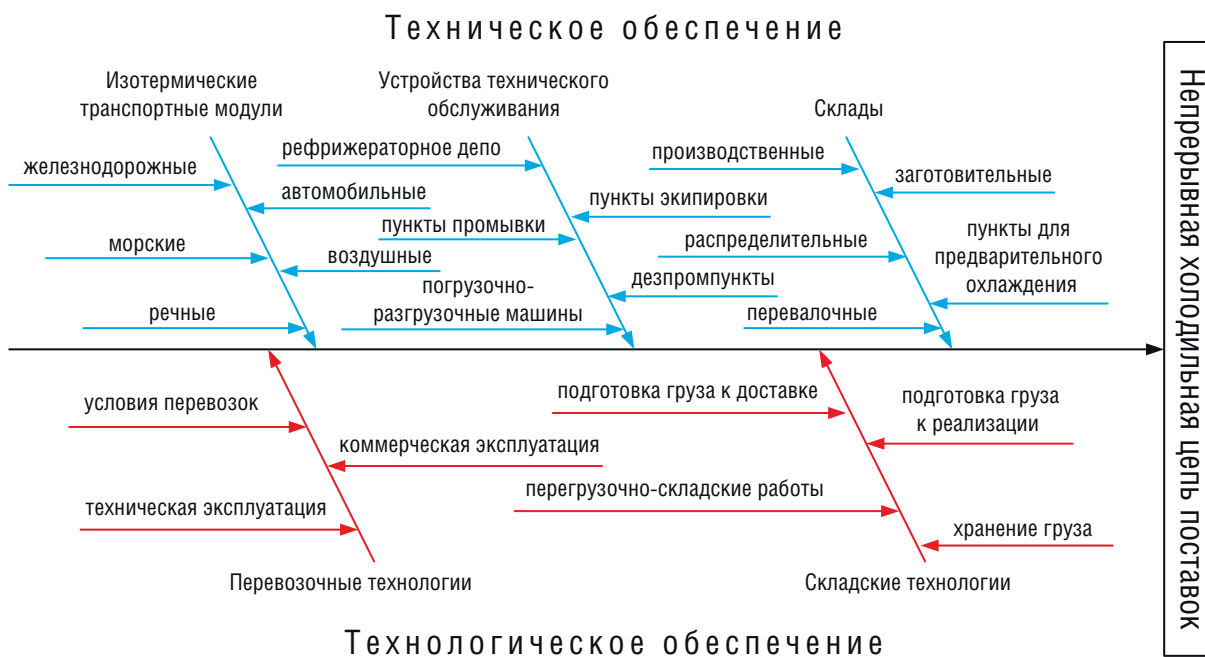


Рис. 2. Техническое и технологическое обеспечение НХЦП

основного хранения (рис. 3, 4). Козловые электрические контейнерные краны наиболее распространены в странах СНГ. Их преимущества: узкие проходы при штабелировании контейнеров, обеспечивающие плотную укладку, а также большой срок службы (рис. 3).

За рубежом предпочтение отдают козловым пневмоколесным кранам (рис. 4). Преимущество пневмоколесных кранов заключается в отсутствии подкрановых путей и возможности штабелировать до пяти контейнеров в высоту.

Рациональный выбор и обоснование вариантов оборудования ПРМ является важной задачей при расчете

основных параметров участка хранения рефрижераторного контейнерного терминала.

2. Анализ научных исследований по теме

Определение оптимальных значений основных и рассчитываемых параметров рефрижераторного контейнерного терминала имеет большое значение. Системному исследованию рефрижераторного контейнерного терминала в непрерывных холодильных цепях поставок посвящено множество работ зарубежных и отечественных ученых.

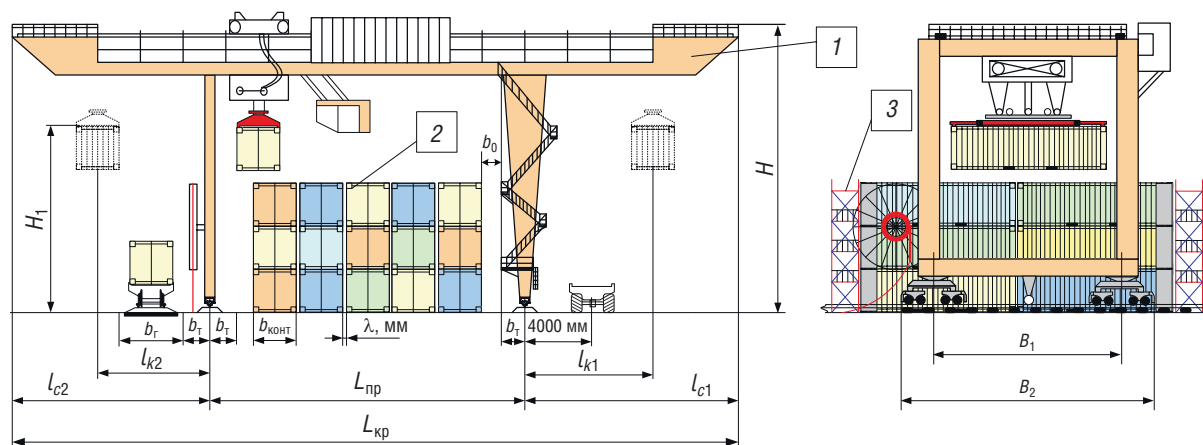


Рис. 3. Рефрижераторный контейнерный терминал, обслуживаемый козловым электрическим краном: 1 — козловой электрический кран; 2 — рефрижераторный контейнер; 3 — стеллажи для обслуживания штабеля рефрижераторных контейнеров; $L_{кр}$ — длина крана, м; $L_{пр}$ — длина пролета, м; L_{c1} , L_{c2} — длина консоли, м; L_{k1} , L_{k2} — рабочий вылет консоли, м; b_m — габарит ходовой тележки крана, м; B_1 — расстояние между концевыми балками, м; B_2 — ширина крана, м

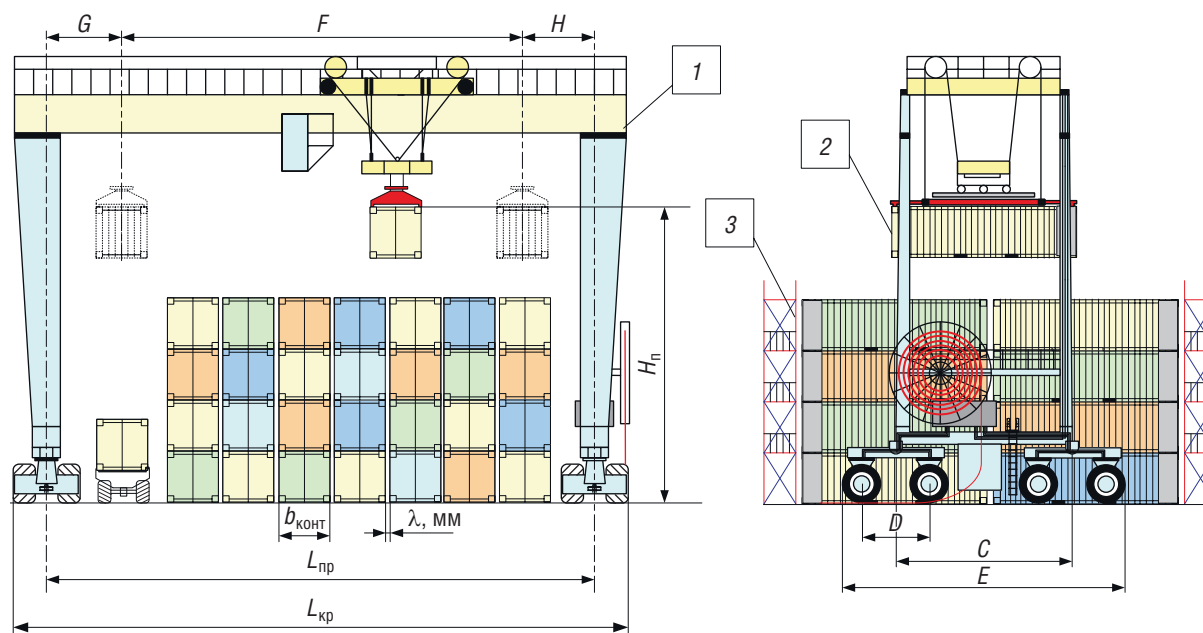


Рис. 4. Рефрижераторный контейнерный терминал, обслуживаемый козловым пневмоколесным краном: 1 — козловой пневмоколесный кран; 2 — рефрижераторный контейнер; 3 — стеллажи для обслуживания штабеля рефрижераторных контейнеров; H_n — высота подъема, м; $L_{пр}$ — длина пролета, м; $L_{кр}$ — длина крана, м; C — расстояние между концевыми балками, м; D — расстояние между колесами, м; E — ширина крана, м

Авторами статьи [1] изучены различные технологии, применяемые в грузовых терминалах при переработке контейнеров. Также предложена оптимальная схема расположения контейнеров на участке хранения терминала. В источнике [2] показана роль контейнерных терминалов в непрерывных холодильных цепях поставок. В исследовании [3] предложен метод подачи энергии на рефрижераторные стеллажи. Публикация [4] посвящена вопросам разработки имитационной модели энергопотребления, направленной на экономию энергии путем распределения мощности между стеллажами для рефрижераторных контейнеров. В статье [5] рассмотрены типы погрузочно-разгрузочных машин, обслуживающих рефрижераторные терминалы, а также влияние их параметров на размещение рефрижераторных контейнеров на площадке.

Авторы работы [6] рассмотрели экономические вопросы организации регулярных рефрижераторных контейнерных поездов по расписанию. Обоснована технико-экономическая эффективность проекта «Холодный экспресс» при различной степени загрузки поезда. Часть исследований посвящена определению управляемых параметров грузового терминала, влияющих на установление основных и рассчитываемых параметров основного участка хранения грузов [7–11]. Авторами работы [12] рассмотрены вопросы построения системы управления перевозками скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерных поездах в виде структуры «Контейнер – поезд – контейнерный терминал» (КПКТ), что позволит транспортным компаниям успешнее конкурировать на рынке грузоперевозок. Исследование [13] посвящено применению полиномиальных моделей для расчета и определения значений параметров технологического участка основного хранения рефрижераторного контей-

нерного терминала. В статье [14] авторами решается задача построения математической модели процессов хранения контейнерных грузов в рефрижераторных терминалах с учетом значений параметров входящего грузопотока при случайном времени пребывания на складе.

Таким образом, краткий научный анализ методов расчета важнейших параметров — вместимости и перерабатывающей способности показывает, что с их помощью можно определить основные значения параметров холодильных грузовых терминалов, а также влияние параметров погрузочно-разгрузочных машин на работу грузовых терминалов. Однако некоторые методы расчетов неполны и требуют уточнения.

3. Структурно-параметрическое описание рефрижераторного контейнерного терминала

Структурное описание рассматривает рефрижераторный терминал в динамике его функционирования, с учетом взаимодействия всех технологических участков (автомобильный погрузочно-разгрузочный участок, железнодорожный погрузочно-разгрузочный участок, а также участок хранения). Структура рефрижераторного терминала отображает связи между технологическими участками (рис. 5).

Задача каждого технологического участка заключается в выполнении своих функций с минимальными затратами. Работа всех участков подчинена общей цели — преобразованию контейнеропотоков под требования следующего элемента непрерывной холодильной цепи поставок.

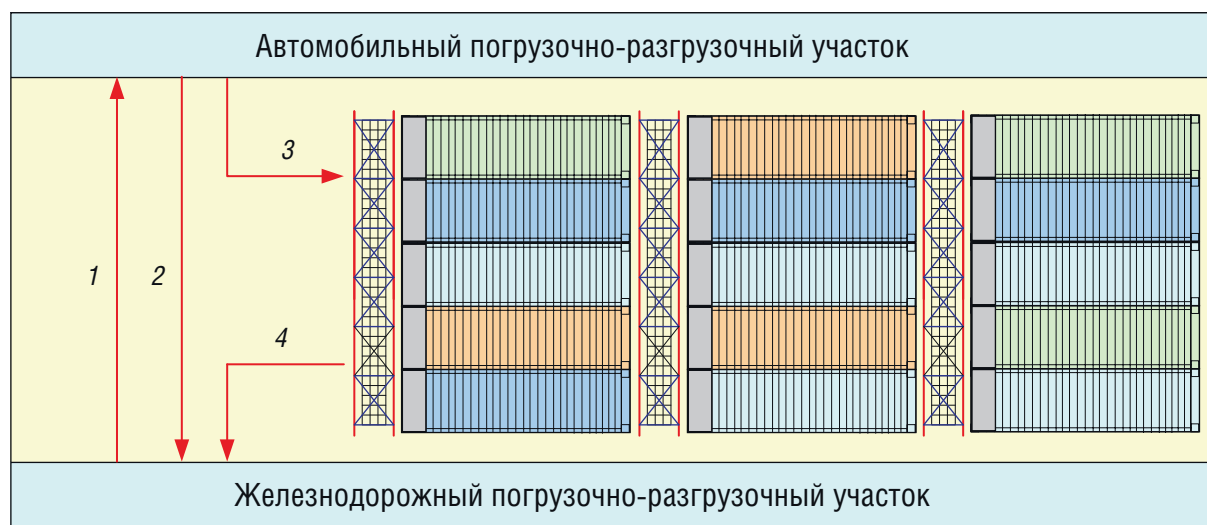


Рис. 5. Структура рефрижераторного контейнерного терминала:

1, 2 — прямая перегрузка с одного транспорта на другой;

3, 4 — перегрузка через участок основного хранения рефрижераторных контейнеров

Структурно-параметрическое описание целесообразно начать с разработки классификации параметров рефрижераторного контейнерного терминала (рис. 6). Параметры, характеризующие рефрижераторный терминал, можно разделить на три группы: исходные, производные и управляемые.

Определение параметров рефрижераторного контейнерного терминала без учета его отдельных элементов (технологических участков) часто не представляется возможным. В связи с этим в исследовании рассматриваются как общие параметры терминала, так и параметры основного участка хранения рефрижераторных контейнеров.

4. Определение вместимости участка хранения терминала

Вместимость участка хранения зависит в первую очередь от исходных параметров площадки, рефрижераторных контейнеров, а также от типа погрузочно-разгрузочной машины, обслуживающей терминал (рис. 7).

Формализованная модель управляемого параметра, которым является перерабатывающая способность терминала, выглядит следующим образом:

$$N = \{x, y, z, \eta\}, \text{ конт./год}, \quad (1)$$

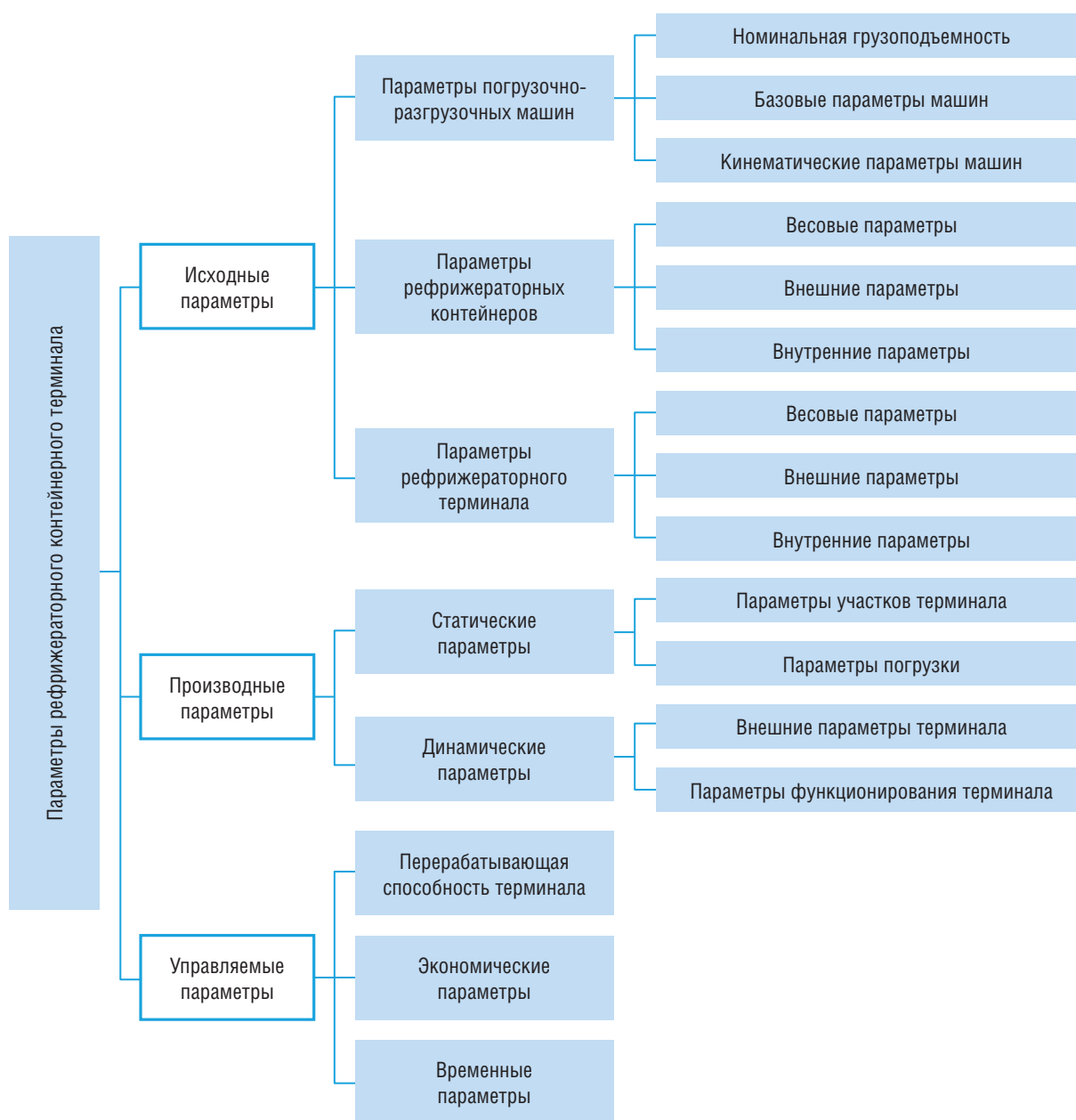


Рис. 6. Классификация параметров рефрижераторного контейнерного терминала

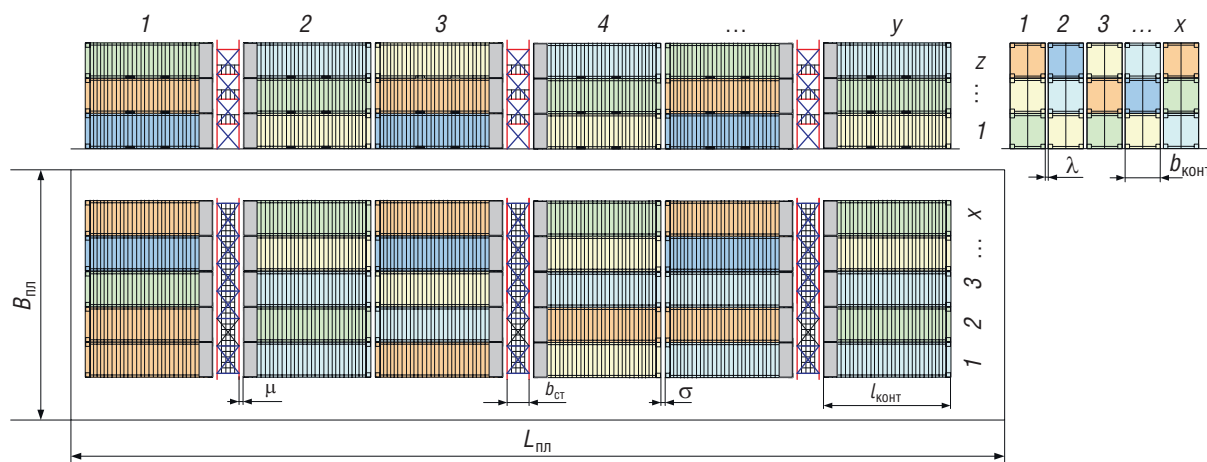


Рис. 7. Участок хранения рефрижераторного контейнерного терминала

где x — количество рефрижераторных контейнеров по ширине терминала, конт.; y — количество рефрижераторных контейнеров по длине, конт.; z — количество рефрижераторных контейнеров по высоте, конт.; η — оборачиваемость рефрижераторных контейнеров за год, 1/год.

Вместимость участка хранения определяется следующим образом:

$$R = x \cdot y \cdot z, \text{ конт.} \quad (2)$$

Количество рефрижераторных контейнеров по ширине терминала определяется по следующим формулам:

- при обслуживании козловым электрическим краном:

$$x = \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{пл}}}{L_{\text{кр}} + \omega} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{пр}} - 2 \cdot (b_{\text{т}} + b_0)}{b_{\text{конт}} + \lambda} \right\}, \text{ конт.}; \quad (3)$$

- при обслуживании козловым пневмоколесным краном:

$$x = \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{пл}}}{L_{\text{кр}} + \omega} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{пр}} - b_{\text{авто}} - 2 \cdot b_{\text{т}} - b_0}{b_{\text{конт}} + \lambda} \right\}, \text{ конт.}, \quad (4)$$

где $B_{\text{пл}}$ — ширина контейнерной площадки, м; $L_{\text{кр}}$ — длина крана, м; $L_{\text{пр}}$ — длина пролета крана, м; $b_{\text{конт}}$ — ширина рефрижераторного контейнера, м; $b_{\text{т}}$ — габарит ходовой тележки крана, м; b_0 — технологический зазор безопасности между ходовой тележки крана и выступающей части крайнего рефрижераторного контейнера, м; $b_{\text{авто}}$ — ширина проезда, м; ω — расстояние между кранами, м; λ — минимальное расстояние между контейнерами, м.

Количество рефрижераторных контейнеров по длине рассчитывается по следующим формулам:

- при обслуживании козловым электрическим краном:

$$y = 2 \cdot \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{пл}} - n_{\text{пр}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{ст}} + 2 \cdot (l_{\text{конт}} + \mu)} \right\}, \text{ конт.}; \quad (5)$$

- при обслуживании козловым пневмоколесным краном:

$$y = 2 \cdot \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{пл}} - 2 \cdot l_{\text{тор}} - n_{\text{пр}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{ст}} + 2 \cdot (l_{\text{конт}} + \mu)} \right\}, \text{ конт.}, \quad (6)$$

где $L_{\text{пл}}$ — длина площадки, м; $b_{\text{ст}}$ — ширина стеллажа, м; μ — зазор между контейнером и конструкцией стеллажа, м; $l_{\text{конт}}$ — длина контейнера, м; $l_{\text{тор}}$ — расстояние по длине на выход из участка хранения в торцах площадки, м; $l_{\text{пр}}$ — ширина поперечного прохода, м; $n_{\text{пр}}$ — количества поперечных проходов.

$$n_{\text{пр}} = \left\{ \frac{L_{\text{пл}}}{80} \right\}, \text{ пр.} \quad (7)$$

Количество рефрижераторных контейнеров по высоте:

$$z = \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{п}} - h}{h_{\text{конт}}} \right\} - 1, \text{ конт.}, \quad (8)$$

где $H_{\text{п}}$ — рабочая высота подъема спредера крана, м; h — минимальное расстояние от крыши верхнего контейнера и низа перемещаемого контейнера, м; $h_{\text{конт}}$ — высота контейнера, м; 1 — контейнер, перемещаемый над штабелем.

5. Обсуждение результатов

На рис. 8 приведены результаты исследования вместимости участка основного хранения терминала при сопоставлении двух типов ПРМ. Из графиков на рис. 8 видно, что при одинаковых условиях максимальная вме-

стимость терминала обеспечивается при применении козловых пневмоколесных кранов.

Также проводились исследования условий заполнения зоны хранения для разных типов рефрижераторных контейнеров, в результате чего выведены закономерности изменения КПД терминала. Анализ этих закономерностей показал, что на вместимость зоны хранения в первую очередь влияют значения параметров длины и ширины площадки, а также тип ПРМ.

6. Заключение

Современный рефрижераторный контейнерный терминал обладает рядом свойств, которые позволяют рассматривать его как сложную техническую систему с отдельными взаимосвязанными элементами (технологическими участками), функционирующими для достижения единой цели — преобразования контейнеропотоков в НХЦП. Характерные черты структуры рефрижераторного контейнерного терминала, состоящего

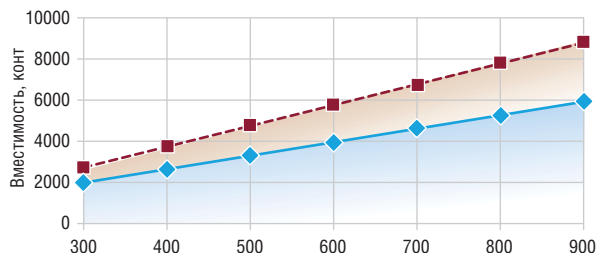


Рис. 8. Зависимость вместимости рефрижераторного контейнерного терминала от длины площадки:

—◆— при обслуживании козловым электрическим краном;
—■— при обслуживании козловым пневмоколесным краном

из отдельных участков: упорядоченность, организованность, целостность.

Авторами предложена формализованная модель управляемого параметра рефрижераторного контейнерного терминала, разработаны математические модели взаимосвязи и взаимовлияния параметров рефрижераторного контейнерного терминала. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Chu C., Huang W. Determining container terminal capacity on the basis of an adopted yard handling system // *Transport Reviews*. — 2005. — Vol. 25(2). — P. 181–199. DOI: 10.1080/0144164042000244608.
2. Castelein B., Geerlings H., Van Duin R. The reefer container market and academic research: a review study // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — 256:120654. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.120654.
3. Parise G., Parise L., Chavdarian B., Su C.-L., Di Ruggiero M. A., Falanga G., Liao C.-H. Systems design criteria for refrigerated containers parks // *IEEE Transactions on Industry Applications*. — 2019. — P. (99):1-1. DOI:10.1109/TIA.2019.2891612.
4. Van Duin J. H. R., Verbraeck A., Nafde T. Cooling down: A simulation approach to reduce energy peaks of reefers at terminals // *Journal of Cleaner Production*. — 2018. — 193, 72–86. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.04.258
5. Wiese J., Suhl L., Kliever N. Planning Container Terminal Layouts Considering Equipment Types and Storage Block Design // *Handbook of Terminal Planning*. — 2011. — P. 219–245. DOI:10.1007/978-1-4419-8408-1_12.
6. Вакулenco С. П. Экономические параметры перевозок поездами «Холодный экспресс» на примере маршрута Владивосток — Москва — Санкт-Петербург / С. П. Вакулenco, Д. Ю. Роменский, М. И. Мехедов, А. А. Гавриленков, А. М. Насыбуллин, В. В. Соловьев // *Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. — 2020. — Т. 79, № 6. — С. 319–326. — ISSN 2223-9731.
7. Илесалиев Д. И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов // *Логистика: современные тенденции развития: материалы XIV Международной научно-практической конференции*. — 2015. — С. 174–176.
8. Илесалиев Д. И. Обоснование метода переработки тарно-штучных грузов на перевалочных складах в цепях поставок: автореф. ... канд. техн. наук. — СПб., 2016. — 16 с.
9. Илесалиев Д. И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе // *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*. — 2017. — № 1. — С. 99–106. — eISSN 2413-9920.
10. Илесалиев Д. И. Определение оптимальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. — 2015. — Вып. 3 (44). — С. 55–63. — ISSN 1815-588X.
11. Илесалиев Д. И. Определение оптимальных параметров погрузочно-разгрузочного участка с помощью математических методов // *Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXV юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. — СПб., 2015. — С. 227–233.
12. Науменко С. Н. Система управления перевозкой скоропортящихся грузов в рефрижераторных контейнерных поездах / С. Н. Науменко, Б. Н. Минаев, Г. Б. Любан // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. — 2005. — № 2. — С. 3. — ISSN 0869-8163.
13. Павлова Л. А. Использование полиномиальных моделей для моделирования процесса обработки рефрижераторных контейнерных грузов / Л. А. Павлова, С. С. Соколов // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова*. — 2016. — № 6 (40). — С. 235–241. ISSN 2309-5180.
14. Павлова Л. А. Вероятностные модели процессов хранения контейнерных грузов в рефрижераторных терминалах / Л. А. Павлова, Е. А. Сулимова // *Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право*. — 2013. — № 1 (10). — С. 49–51. — ISSN 2306-5788.



Анатолий Александрович
Пышкин

Anatolij A. Pyshkin



Дмитрий Валентинович
Лесников

Dmitrij V. Lesnikov

Технико-экономическое сравнение систем электроснабжения, обеспечивающих различные степени надежности

Technical and economic comparison of power supply systems providing various degrees of reliability

Аннотация

В статье приводится методика технико-экономического сравнения систем электроснабжения с различной степенью надежности с учетом вероятного экономического ущерба от перерывов электроснабжения. При этом экономический ущерб определяется на основе вероятности аварийного режима и планового ремонта системы электроснабжения. Добиваться чрезмерного повышения надежности системы электроснабжения в подавляющем большинстве случаев нецелесообразно, так как это может привести к экономически невыгодному решению.

Ключевые слова: система электроснабжения, экономический ущерб, вероятность аварийного простоя системы, вероятность планового ремонта, удельный ущерб, однократное резервирование.

Abstract

The article presents a method of technical and economic comparison of power supply systems with different degrees of reliability, taking into account the potential economic damage from power supply interruptions. At the same time, the economic damage is determined based on the probability of emergency operating conditions and planned repair of a power supply system. In the vast majority of cases, it is inappropriate to achieve an excessive increase in the reliability of a power supply system, as this may lead to an economically unprofitable solution.

Keywords: power supply system, economic damage, probability of emergency outage time of a system, probability of planned repairs, specific damage, fail-safe redundancy.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-39-41

Авторы Authors

Анатолий Александрович Пышкин, канд. техн. наук, профессор кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: APyshkin@usurt.ru | Дмитрий Валентинович Лесников, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: dlesnikov@usurt.ru

Anatolij Aleksandrovich Pyshkin, Candidate of Technical Sciences, Professor of "Transport Power Supply" Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: APyshkin@usurt.ru | Dmitrij Valentinovich Lesnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: dlesnikov@usurt.ru

В современных условиях оценка экономической эффективности той или иной технической системы определяет дальнейшие перспективы ее внедрения в производственный процесс. В полной мере это относится и к системам электроснабжения железных дорог, поскольку выбор оптимального варианта системы зависит от результатов технико-экономического сравнения.

Такое сравнение производится по расчетным затратам, куда, наряду с капиталовложениями и годовыми эксплуатационными затратами, войдет и экономический ущерб от перерывов электроснабжения. Для каждого из вариантов объем затрат с учетом ущерба можно определить с помощью выражения [1]

$$Z = P_H \cdot K + E + Y, \quad (1)$$

где K — капиталовложения в систему электроснабжения, руб.; P_H — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; E — ежегодные эксплуатационные расходы, руб.; Y — вероятный экономический ущерб, руб.

Оптимальным следует считать вариант, имеющий наименьшие расчетные затраты. Экономический ущерб Y по каждому варианту можно определить, зная удельный ущерб от недоотпуска 1 кВт·ч для данного предприятия y_0 и объем недоотпущенной энергии Ξ [2, 3]:

$$Y = \Xi \cdot y_0. \quad (2)$$

Если же возникает аварийный режим, вследствие которого полностью прекращается электроснабжение предприятия, то количество недоотпущенной энергии определяется выражением [4]

$$\Xi = P_{НБ} \cdot T_{НБ} \cdot h, \quad (3)$$

где $P_{НБ}$ — наибольшая нагрузка потребителя, кВт; $T_{НБ}$ — число часов использования наибольшей нагрузки, ч; h — вероятность аварийного режима и планового ремонта системы электроснабжения.

При анализе вариантов с различной степенью надежности в определенных условиях может возникнуть задача — установить, при каком значении удельного ущерба они будут иметь одинаковые затраты. В этом случае наиболее целесообразный вариант определяется на основании сопоставления найденного граничного значения ущерба с действительным его значением для данного предприятия. Допустим, для первого варианта расчетные затраты равны [5, 6]

$$Z_1 = K_1 P_H + E_1 + \Xi_1 \cdot y_0, \quad (4)$$

по второму:

$$Z_2 = K_2 P_H + E_2 + \Xi_2 \cdot y_0, \quad (5)$$

где $K_1 P_H + E_1 < K_2 P_H + E_2$, $\Xi_1 > \Xi_2$.

Приравняв расчетные затраты обоих вариантов, получаем:

$$y_0 = \frac{K_2 P_H + E_2 - (K_1 P_H + E_1)}{\Xi_1 - \Xi_2}. \quad (6)$$

Тогда, если ущерб рассматриваемого потребителя меньше допустимого удельного ущерба: $y_0 < y_{доп}$, то экономически выгодным будет первый вариант (с меньшей степенью надежности); если $y_0 > y_{доп}$, то второй вариант системы электроснабжения. Определить вероятность перерывов в электроснабжении можно, если известны вероятности аварийного простоя и планового ремонта этой системы.

Вероятность аварийного простоя определим как отношение длительности этого состояния за год $t_{аб}$ к длительности этого периода T . Так, вероятность аварийного простоя:

$$g = \frac{t_{аб}}{T}. \quad (7)$$

Аналогично определим вероятность планового ремонта:

$$f = \frac{t_{пр}}{T}, \quad (8)$$

где $t_{пр}$ — длительность планового ремонта за период T .

При определении вероятности перерывов электроснабжения используются отдельные положения теории вероятностей о несовместных и совместных событиях, независимых и зависимых событиях, сумме и произведении событий. Так, например, несовместными событиями можно считать плановый ремонт обеих цепей двухцепной ЛЭП. Совместными событиями являются аварийный простой обеих цепей, плановый ремонт одной цепи и аварийный ремонт второй т.д. Так, если электроснабжение осуществляется по одноцепной ЛЭП, состоящей из выключателя, линии и трансформатора, то выход из строя любого из указанных элементов будет приводить к перерыву электроснабжения, равно как и вывод каждого из них в ремонт. Очевидно, что вероятность такого сложного события будет определяться суммой вероятностей двух событий за один календарный период: вероятности аварийных простоев и вероятности плановых ремонтов всех элементов ЛЭП [5]:

$$h = g_B + g_L + g_T + f_B + f_L + f_T, \quad (9)$$

где g_B , g_L , g_T — вероятность аварийного простоя выключателя, линии и трансформатора соответственно; f_B , f_L , f_T — вероятность планового ремонта этих же элементов ЛЭП.

Достаточно часто для сокращения времени простоя ремонтные работы на отдельных элементах выполняют параллельно. В этом случае следует учитывать только

вероятность, имеющую наибольшее значение, т.е. если $f_T > f_B > f_L$, то

$$h = g_B + g_L + g_T + f_T. \quad (10)$$

Аналогично можно вычислить вероятность перерыва электроснабжения для двухцепной ЛЭП в зависимости от вида резервирования, который используется в данном конкретном случае.

Для системы электроснабжения электрических железных дорог во многих случаях невозможно устранить экономический ущерб от недоотпуска электроэнергии, так как этот показатель зависит от размеров движения, весовой нормы, параметров системы электроснабжения. Для ответственных потребителей стремятся достигнуть гарантированной надежности системы электроснабжения, например, вероятность безотказной работы в течение года $P(t) = 0,999$.

Использование резервирования наиболее уязвимых объектов для увеличения надежности схемы электроснабжения целесообразно проводить при $P(t) < 0,999$. Если произведено однократное резервирование с постоянно включенным резервом, то вероятность безотказной работы будет повышена на величину [7]

$$1 - g^2(t) - 1 + g(t) = g(t) - g^2(t), \quad (11)$$

где $g(t)$ — вероятность отказа системы электроснабжения.

Очевидно, что добиться беспредельного увеличения надежности любого объекта невозможно. Более того, введение многократного резервирования приводит к сравнительно небольшому сокращению времени простоя в случае аварии. При этом схема системы электроснабжения значительно усложняется, что требует значительных материальных средств. Исходя из этого, возникает задача определения наиболее эффективной степени резервирования системы с точки зрения увеличения уровня надежности и требуемых для этого средств. Решением будет являться технико-экономическое сравнение схем с разным уровнем надежности или сравнение затрат на схемы с равной степенью надежности.

Существует еще один подход к технико-экономической оценке надежности на основе допустимого числа отказов в год. При увеличении числа отказов, связанных с нарушениями технологического режима работы системы электроснабжения, появляется необходимость нахождения такой схемы системы, при которой число нарушений не будет выходить за заданные пределы. Нет необходимости стремиться к чрезмерному повышению надежности, так как это может оказаться экономически невыгодным. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Хан Д. Статистические модели в инженерных задачах / Д. Хан, С. Шапиро. — М.: Советское радио, 1972. — 398 с.
2. Пышкин А. А. Надежность систем электроснабжения электрических железных дорог. Ч. 1 : учебное пособие. — Свердловск : УЭМИИТ, 1977. — 50 с.
3. Марквардт К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1982. — 528 с.
4. Исаев И. П. Надежность энергетических устройств электрических железных дорог. Основные вопросы теории и практики надежности. — М.: Советское радио, 1975.
5. Ефимов А. В. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог : учебник для вузов ж.-д. транспорта / А. В. Ефимов, А. Г. Галкин. — М., 2000. — 510 с.
6. Тер-Оганов Э. В. Электроснабжение железных дорог : учебник для студентов университета (УрГУПС) / Э. В. Тер-Оганов, А. А. Пышкин. — Екатеринбург : УрГУПС, 2014. — 432 с. — ISBN 978-94614-299-7.
7. Козлов Б. А. Справочник по расчету надежности / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. — М.: Советское радио, 1975. — 472 с.

Объем статьи: 0,21 авторских листа



Эльдар Михайлович
Рязанов
Eldar M. Ryazanov



Александр Эдуардович
Павлюков
Alexander E. Pavlyukov

Оценка безопасности пассажирского поезда с крэш-системой при аварийных столкновениях на основе численного моделирования

Assessment of the safety of a passenger train with a crash system in case of emergency collisions based on numerical modeling

Аннотация

В статье приводятся этапы разработки модели аварийного столкновения электропоезда с препятствием, рассмотрены основные вопросы подтверждения адекватности компьютерной модели, а также даны результаты численных экспериментов, позволившие оценить работоспособность крэш-системы электропоезда.

Ключевые слова: крэш-система, устройство поглощения энергии, столкновение поезда, метод конечных элементов, моделирование, деформация.

Abstract

The article presents the stages of developing a model of an emergency collision of an electric train against an obstacle, considers the main issues of confirming the adequacy of the computer model, and also gives the results of numerical experiments that allowed us to evaluate the performance of the crash system of an electric train.

Keywords: crash system, energy absorption device, train collision, finite element method, modeling, deformation.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-42-49

Авторы Authors

Эльдар Михайлович Рязанов, канд. техн. наук, инженер-конструктор АО «ОКБ «Новатор», Екатеринбург; e-mail: emryazanov@yandex.ru | Александр Эдуардович Павлюков, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: apavlukov@mail.ru

Eldar M. Ryazanov, cand. tech. sci., Design Engineer of AO "OKB "Novator", Yekaterinburg; e-mail: emryazanov@yandex.ru | Alexander E. Pavlyukov, Doctor of Technical Science, Professor of the "Railway Cars" Chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: apavlukov@mail.ru

1. Общие положения, актуальность и цель проекта

Аварийные столкновения пассажирских поездов могут привести к очень тяжким последствиям, связанным со значительными человеческими жертвами. Чем тяжелее объекты столкновения и выше их скорость, тем больше будет энергия соударения, с которой связаны уровень разрушения вагонов и перегрузки людей в поезде. В современных поездах для поглощения энергии соударения предусматривают аварийную крэш-систему, которая состоит из совокупности разрушаемых устройств поглощения энергии, так называемых жертвенных элементов. В частности, электропоезда «Ласточка» оборудуются крэш-системой, которая включает в себя устройство поглощения энергии лобовой части головного вагона (далее УПЭ) и крэш-элементы межвагонных сцепных устройств (рис. 1).

Крэш-система спроектирована таким образом, что при аварийном столкновении энергию удара в первую очередь будет поглощать УПЭ за счет необратимой деформации собственной конструкции. Остальную часть энергии столкновения поглотят крэш-элементы межвагонных сцепных устройств, которые работают за счет пластического расширения жертвенной трубки.

При проектировании и сертификации крэш-системы для современных пассажирских поездов необходимы методические решения, позволяющие априорно определять функциональные параметры аварийных крэш-систем. Первые шаги авторов статьи в разработке методики моделирования аварийного столкновения при-

ведены в работе [1]. Разработанная модель носила упрощенный характер и включала только устройство поглощения энергии головного вагона, кузов вагона и препятствие. В статье [2] рассмотрены особенности моделирования разрушения крэш-элементов межвагонных сцепных устройств. Вопросы, связанные с разработкой модели устройства поглощения энергии, калибровкой и проверкой достоверности расчетной модели, раскрыты в статье [3].

В данной работе авторы предлагают рассмотреть этапы разработки наиболее совершенной конечно-элементной модели для оценки работоспособности крэш-системы электропоезда «Ласточка» при аварийном столкновении с препятствием, которая позволит:

- априорно оценить работоспособность аварийной крэш-системы на этапах проектирования нового подвижного состава;
- подтвердить соответствие разработанной аварийной крэш-системы требованиям нормативных документов по пассивной безопасности [4].

2. Этапы разработки деформируемой динамической модели на основе метода конечных элементов

Процесс разработки нестационарной, физически и геометрически нелинейной модели на основе метода конечных элементов включал 3 этапа:

1. Разработка и верификация упрощенной модели пластического деформирования.

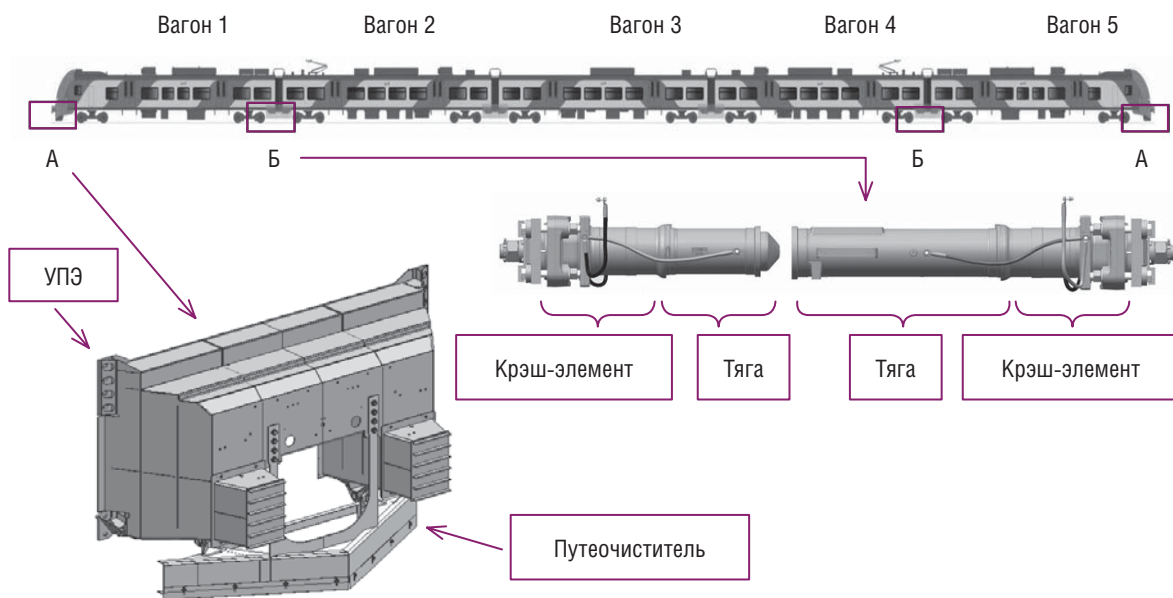


Рис. 1. Схема размещения составных частей аварийной крэш-системы:
 А — зона размещения УПЭ; Б — зона размещения межвагонных сцепных устройств с крэш-элементами

2. Разработка и верификация модели устройства поглощения энергии.

3. Разработка модели аварийного столкновения.

На первом этапе разработки проводилась отработка подхода трехмерного моделирования на основе опытов с необратимым деформированием простейших металлических трубок. В опытах производится сопоставление данных экспериментов с результатами численного моделирования.

Поставлены следующие опыты со стальными трубками (рис. 2): в первом опыте — осевое деформирование прямоугольной трубки; во втором — поперечное деформирование квадратной трубки; в третьем — поперечное деформирование круглой трубки; в четвертом — осевое деформирование трубки с перфорацией.

Для оценки адекватности разрабатываемых моделей в первом, втором и третьем опытах анализировалась средняя сила деформирования F_m , Н, которая равна

$$F_m = \frac{E_a}{\Delta l}, \quad (1)$$

где E_a — количество энергии, затраченное на деформирование образца, Дж; Δl — величина изменения линейных размеров образца после деформации, м.

В четвертом опыте оценивался коэффициент силы деформирования C_F , равный

$$C_F = \frac{F_m}{F_p}, \quad (2)$$

где F_m — средняя сила деформирования, Н; F_p — сила срабатывания, Н.

По результатам проведенного этапа была выбрана модель кусочно-линейной пластичности для моделирования упругопластического изотропного материала. Модели, разработанные с применением данной модели материалов, показали следующие расхождения расчетного и экспериментального значений средней силы деформирования: в первом опыте — 8,1 %, втором — 1,7 % и третьем — 5,8 %. В четвертом опыте расхождение расчетного и экспериментального значений коэффициента силы деформирования составило 13,1 %.

На втором этапе разработки проводилась отработка подхода трехмерного моделирования пластического деформирования конструкций на значительно более сложной конструкции модели устройства поглощения энергии.

Для верификации модели устройства поглощения энергии результаты натурных испытаний сопоставлялись с данными, полученными при моделировании процессов деформирования данного устройства в режимах, эквивалентных условиям проведения испытаний [5]. Сопоставлялись характер деформирования устройства поглощения энергии (рис. 3) и его энергоемкость.

Результат моделирования показал полное соответствие характера деформирования натурному образцу. Расчетное и экспериментальные значения энергоемкости составили 2,33 и 2,54 МДж соответственно. Расхождение полученных результатов составило 8,2 %, что позволило сделать вывод об адекватности разработанной модели устройства поглощения энергии.

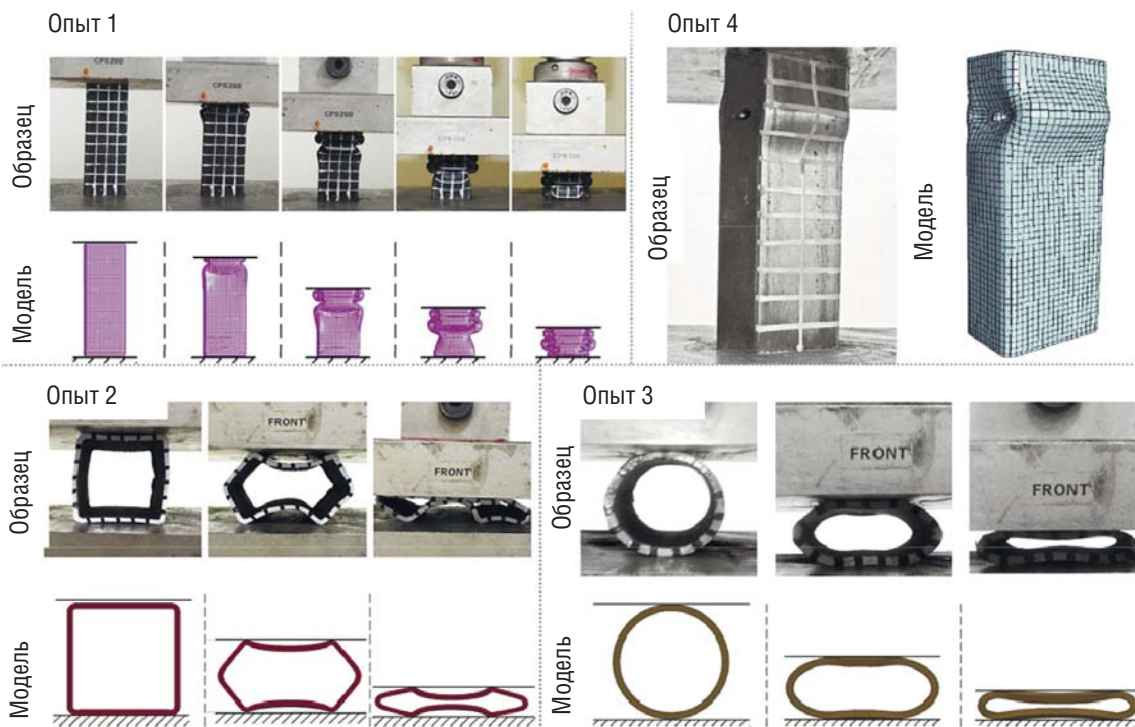


Рис. 2. Результаты опытов по необратимому деформированию стальных трубок

Натурный образец



Модель

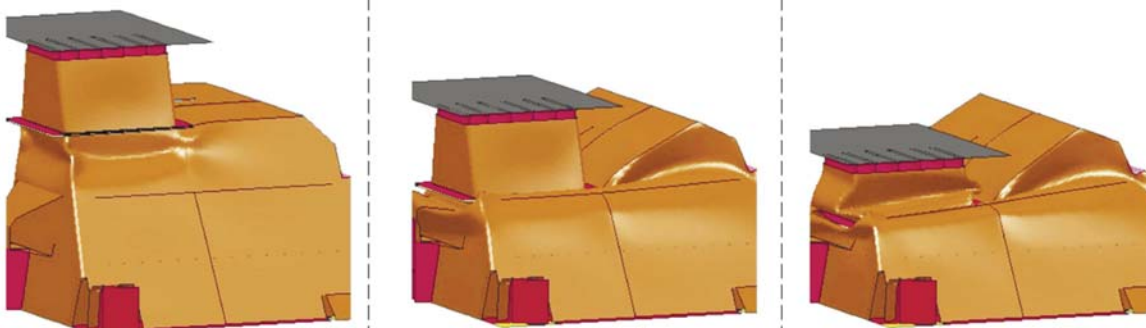


Рис. 3. Характер деформирования натурного образца и модели

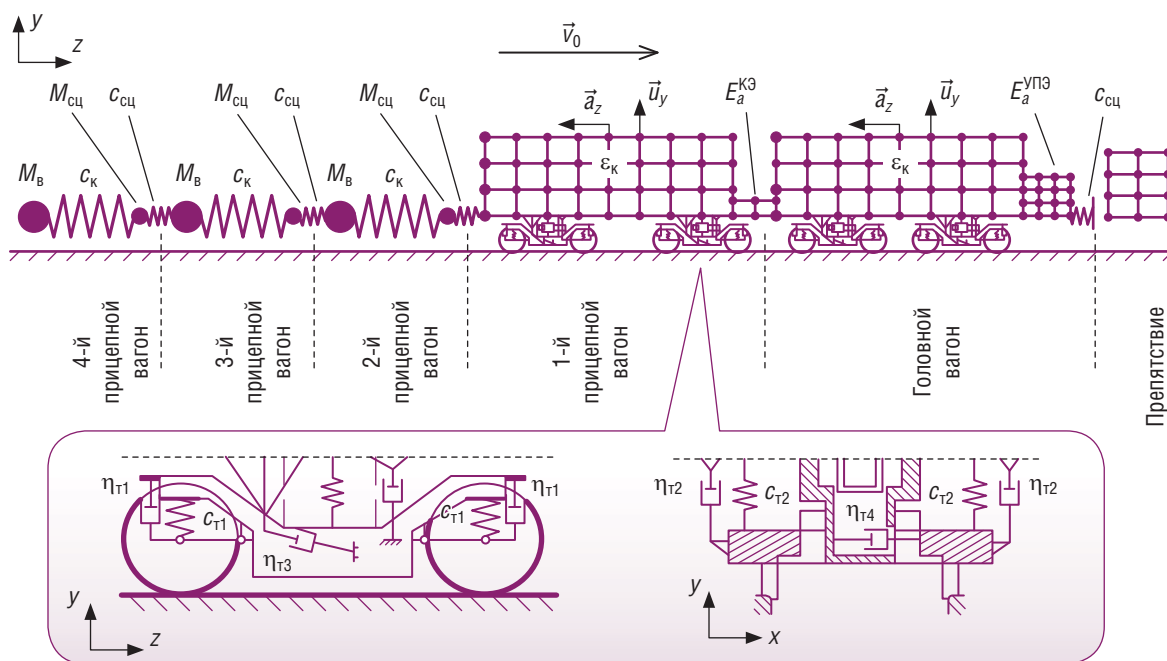


Рис. 4. Расчетная схема модели аварийного столкновения электропоезда «Ласточка»

Третий этап разработки модели аварийного столкновения начинается с формирования расчетной схемы модели аварийного столкновения электропоезда (рис. 4). В модели головной и первый прицепной вагоны имеют подробное трехмерное представление. В тележках задаются силовые связи, моделирующие жесткость пружин рессорного подвешивания $c_{1,2}$ и коэффициенты рассе-

ивания энергии демпферов рессорного подвешивания h_{1-4} . Остальные вагоны моделируются в одномерной постановке: пружины сцепных устройств жесткостью $c_{сц}$ и массой двух сцепок $M_{сц}$ соединяются последовательно с упругим элементом с жесткостью кузова вагона c_k и массой вагона M_b . В начальный момент электропоезд имеет скорость \vec{v}_0 , а препятствие находится в состоянии покоя.

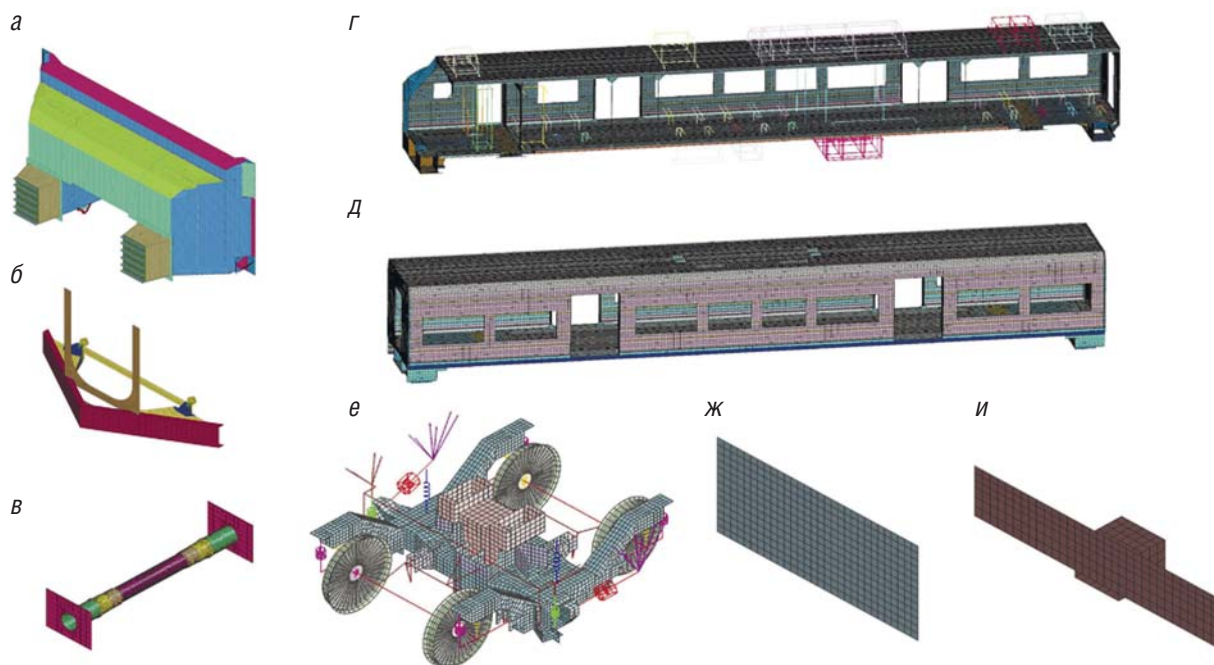


Рис. 5. Конечно-элементные модели подсистем объектов столкновения: а — устройство поглощения энергии; б — путеочиститель; в — крэш-элемент сцепного устройства; г — кузов головного вагона; д — кузов первого прицепного вагона; е — тележка; ж — автомобиль; з — грузовой вагон

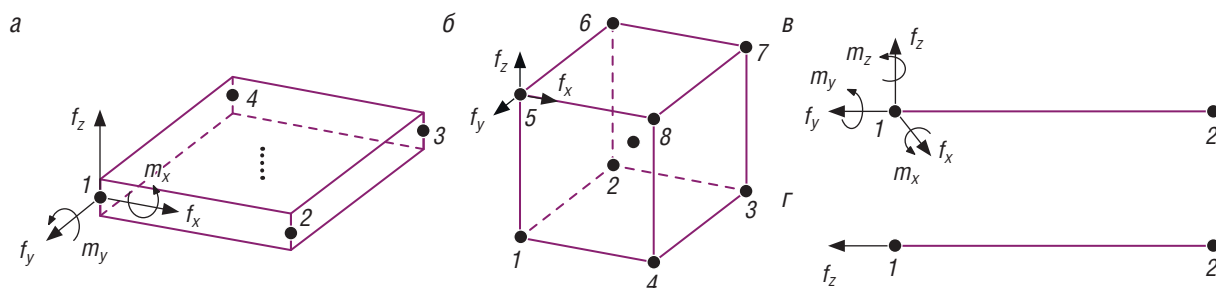


Рис. 6. Схематическое отображение элементов: а — оболочечный элемент; б — объемный элемент; в — балочный элемент; г — силовая связь

По результатам моделирования определяются параметры аварийного столкновения:

- продольные ускорения вагонов \bar{a}_z и необратимые деформации кузовов вагонов ϵ_k для проверки нормативных требований к крэш-системе;
- количество поглощенной энергии устройством поглощения энергии $E_a^{упз}$ и крэш-элементами сцепных устройств $E_a^{кз}$ для исследования работы крэш-системы.

В соответствии с разработанной расчетной схемой производится декомпозиция объектов столкновения на следующие подсистемы: устройство поглощения энергии, путеочиститель, кузов головного и первого прицепного вагона, крэш-элемент сцепного устройства, ходовые части и препятствия (рис. 5).

Далее для каждой подсистемы производится разбиение на конечные элементы. Впоследствии отдель-

ные подсистемы связываются друг с другом в общую модель аварийного столкновения. При разработке конечно-элементных моделей использовались основные конечные элементы: оболочечные, объемные и балочные; а также вспомогательные элементы: силовые (пружинные и демпфирующие) связи и сосредоточенные массы. На рис. 6 представлено схематическое отображение элементов с указанием искомых узловых сил f_i и моментов m_i .

Затем для каждой подсистемы задавалась модель материала:

1) для препятствий — модель абсолютно твердого материала. Модель описывает тела, не поддающиеся деформации;

2) для тележек — модель упругого материала. Модель описывает изотропные тела, в которых напряжения линейно зависят от деформаций;

3) для устройства поглощения энергии, путеочистителя, кузовов вагонов и крэш-элементов сцепных устройств — модель упругопластического материала. Модель описывает изотропные тела, которые при нагружении работают упруго, пока не выполняется условие текучести, а затем в них развиваются упругие и пластические деформации.

В соответствии с принятой расчетной схемой столкновения электропоезда производится сборка конечно-элементных моделей подсистем в общую модель аварийного столкновения с применением силовых связей и сосредоточенных масс. На рис. 7 приведена общая конечно-элементная модель аварийного столкновения электропоезда.

Затем задаются следующие начальные и граничные условия:

- в начальный момент времени все узлы электропоезда движутся с одинаковой скоростью в одном направлении, в то время как узлы препятствия находятся в покое;
- одномерные силовые элементы состава вагонов, последующего за первым прицепным вагоном, имеют одну степень свободы — вдоль направления движения;

- препятствия имеют только одну степень свободы — вдоль направления движения.

Структура общей конечно-элементной модели аварийного столкновения электропоезда содержит 1102 балочных элемента, 71 силовой элемент, 122 221 элемент сосредоточенных масс и 530 410 оболочечных элементов, совокупное число узлов составляет 410 552 точки.

3. Проведение численных экспериментов для оценки работоспособности аварийной крэш-системы

Оценка работоспособности аварийной крэш-системы электропоезда производится с помощью разработанной модели аварийного столкновения электропоезда и с учетом нормативных положений ГОСТ 32410–2013. Рассмотрены нормативные расчетные сценарии:

- сценарий 1 — столкновение с автомобилем;
- сценарий 2 — столкновение с грузовым вагоном.

При расчете использованы исходные данные аварийных столкновений, представленные в табл. 1.

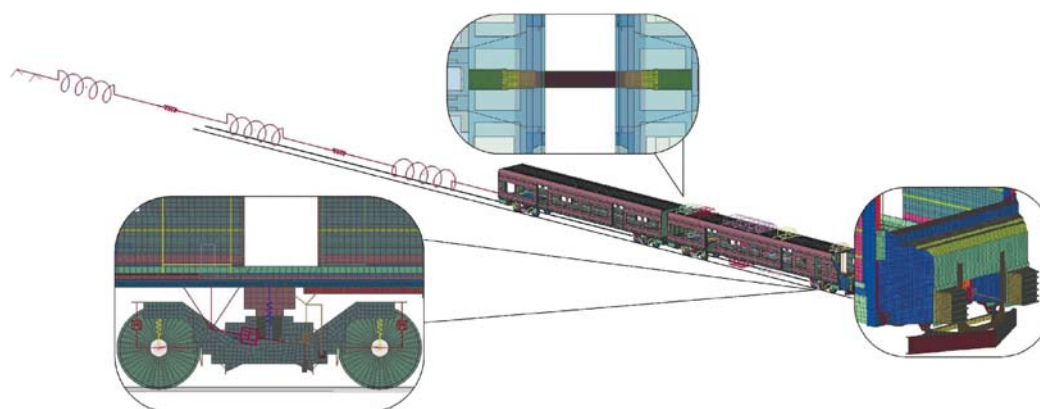


Рис. 7. Общая конечно-элементная модель аварийного столкновения электропоезда «Ласточка»

Таблица 1

Исходные данные аварийных столкновений

Наименование параметра	Значение
Масса состава с оборудованием, экипировкой и пассажирами (исходя из заполнения 50 % числа мест для сидения), кг	274 475
Масса пассажира, кг	70
Скорость столкновения по первому сценарию, км/ч (м/с)	72 (20)
Скорость столкновения по второму сценарию, км/ч (м/с)	36 (10)
Масса препятствия (по первому сценарию), кг	10 000
Масса препятствия (по второму сценарию), кг	80 000

Моделирование производится до момента, когда скорость препятствия достигает скорости электропоезда вследствие контактного взаимодействия с головным вагоном. Необратимые деформации устройства поглощения энергии и креш-элементов межвагонных сцеп-

ных устройств в исследуемых сценариях столкновения показаны на рис. 8.

Значения поглощенной кинетической энергии столкновений и средние ускорения головного вагона приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения поглощенной кинетической энергии столкновений и средние ускорения головного вагона

Сценарий	Устройство поглощения энергии, МДж	Креш-элементы сцепного устройства, МДж	Суммарная энергия, МДж	Среднее ускорение a , м/с ²
1	1,601	0,064	1,664	46,55
2	1,871	0,422	2,293	29,75

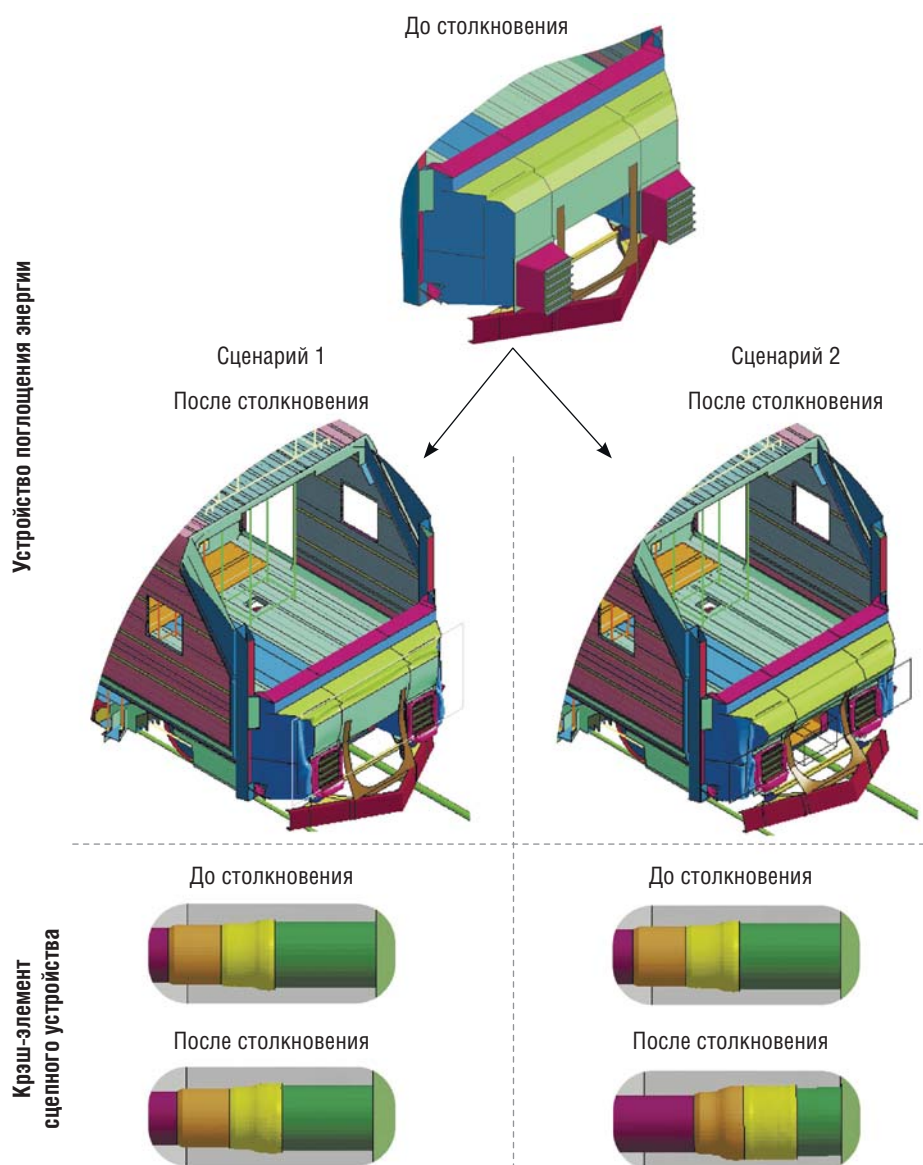


Рис. 8. Необратимые деформации фронтального устройства поглощения энергии и креш-элементов сцепного устройства по сценариям столкновений

Результаты расчета показали, что суммарная энергия, поглощенная крэш-системой поезда, достигла наибольшего значения при столкновении с грузовым вагоном, при этом столкновение с автомобилем вызвало наибольшие ускорения внутри головного вагона.

По результатам моделирования определено, что продольные ускорения внутри салона при исследуемых сценариях столкновений не превышают допустимые 50 м/с^2 . Также выявлено, что во всех сценариях столкновений несущая способность кузовов вагонов сохранялась,

при этом полученные значения максимальных деформаций были незначительны и не превысили предельно допустимых значений. На основании выполненного моделирования аварийного столкновения можно заключить, что аварийная крэш-система электропоезда «Ласточка» соответствует требованиям ГОСТ 32410–2013.

Заключение

1. Разработанная методика моделирования обеспечивает возможность прогнозирования важнейших

параметров аварийного столкновения, а именно продольных ускорений кузовов вагонов, при этом модель позволяет адекватно смоделировать механизм работы крэш-системы, что подтверждено результатами разрушающих испытаний.

2. Результаты моделирования позволили подтвердить работоспособность крэш-системы электропоезда «Ласточка» в аварийных ситуациях, а перспективы дальнейшего развития данной темы связаны с разработкой крэш-систем для новых проектов поездов. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Рязанов Э. М. Моделирование работоспособности крэш-системы электропоезда при аварийных столкновениях / Э. М. Рязанов, М. В. Жуйков, А. Э. Павлюков // Транспорт Урала. — 2014. — № 4 (43). — С. 44–49. — ISSN 1815–9400.
2. Рязанов Э. М. Применение устройств поглощения энергии в сцепных устройствах для обеспечения пассивной безопасности электропоездов / Э. М. Рязанов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2014. — № 4. — С. 97–100. — ISSN 2071–3827.
3. Рязанов Э. М. Повышение эффективности устройств поглощения энергии в системах пассивной безопасности скоростных и высокоскоростных электропоездов / Э. М. Рязанов, Н. Л. Иванов // Транспорт Урала. — 2016. — № 2. — С. 62–68. — ISSN 1815–9400.
4. ГОСТ 32410–2013. Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля — М. : Стандартинформ, 2013. — 26 с.
5. Устройство поглощения энергии электропоезда ЭС2Г: Протокол механических испытаний / Испытательный центр технических средств железнодорожного транспорта; рук. Иванова Н. Л. — Екатеринбург, 2013. — 5 с. — № ИЦ-33–635/2 96–14.

Объем статьи: 0,63 авторских листа



**Алексей Васильевич
Завадич**
Alexey V. Zavadich



**Александр Васильевич
Смолянинов**
Alexander V. Smolyaninov

Четырехосный полувагон грузоподъемностью 60 тонн с деревянной обшивкой кузова 1947 года, модель 12-37

Four-axle gondola car with a load capacity of 60 tons with a wooden body covering of 1947, model 12-37

Аннотация

Авторы статьи продолжают публикацию материалов о разработке и проектировании конструкций вагонов и их элементов на Уральском вагоностроительном заводе. Приведены итоги работы за период с 1936 по 1941 г., в течение которого конструкторским бюро Уралвагонзавода было разработано более 30 проектов грузовых вагонов. Приведено устройство полувагона с деревянной обшивкой с новой нумерацией чертежей, с присвоением номера модели по типу 37.00.000–0. Подробно рассмотрены элементы полувагона, отличные от предыдущей конструкции: габарит, боковые стены, хребтовая балка и ее элементы, тележка, автосцепка и тормоза и другие. Приведена техническая характеристика полувагона.

Ключевые слова: Уралвагонзавод, проекты вагонов, полувагон модели 12-37, кузов, устройство, тележка «Даймонд», колеса Гриффина, техническая характеристика.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-50-57

Авторы Authors

Алексей Васильевич Завадич, с 1937 по 1987 г. инженер-конструктор бюро проектирования кузовов полувагонов Уральского конструкторского бюро вагоностроения (УКБВ) | Александр Васильевич Смолянинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru

Alexey V. Zavadich, from 1937 to 1987, design engineer of the gondola car body design bureau, the Ural car building design bureau (UCBDB) | Alexander V. Smolyaninov, doctor of technical science, professor, "Wagons" department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru

Abstract

The authors of the article continue to publish materials on the development and design of car structures and their elements at the Ural railway car building plant. The results of the work for the period from 1936 to 1941, during which the design-engineering bureau of the Ural railway car building plant (Uralvagonzavod) developed more than 30 freight car projects, are presented. The device of a gondola car with a wooden covering with a new numbering of schematic drawings, with the assignment of the model number according to the type 37.00.000-0 is given. The elements of the gondola car that differ from the previous design are considered in detail: the overall size, side walls, ridge beam and its elements, bogie, automatic coupling and brakes, and others. The technical characteristics of the gondola car are given.

Keywords: the Ural railway car building plant (Uralvagonzavod), wagon projects, gondola car of 12-37 model, body, structure, "Diamond" bogie, Griffin wheels, technical characteristic feature.

Основные проекты грузовых вагонов

В период 1936–1941 гг. конструкторским бюро Уралвагонзавода был разработан 31 проект грузовых вагонов. По проектам, описанным в работах [1, 2], выпущено 18617 единиц подвижного состава.

В 1939 г. с участием Крюковского, Днепродзержинского, Бежицкого и других заводов, а также представителей ЦВ МПС, ЦНИИ МПС, НИБ вагоностроения, Главтрансмаша был разработан проект четырехосной гондолы подъемной силой (п/с) 60 т, которая впоследствии была унифицирована. Гондола (полувагон) была принята в 1947 г. для изготовления на Уралвагонзаводе [2].

Разработаны девять проектов четырехосных крытых товарных вагонов п/с 50 т: без ручного тормоза, с ручным тормозом, без ручного тормоза модернизированный, с ручным тормозом модернизированный, без ручного тормоза унифицированный, с ручным тормозом унифицированный, на контактной точечной сварке, с обшивкой столлярными плитами, с боковой и торцевой металлическими стенками толщиной 4 мм, стойки вовнутрь; внутри на стойки установлены опорные бруски. По пяти проектам заводом было выпущено 6492 крытых товарных вагона.

Два проекта были посвящены проектированию сварных цельнометаллических крыш для крытого товарного вагона п/с 50 т без ручного тормоза и с ручным тормозом. Впоследствии был спроектирован четырехосный крытый товарный вагон п/с 60 т с крышей, приваренной к верхнему поясу фермы вместо крепления болтами.

Восемь проектов четырехосной платформы п/с 60 т: бортовая без тормозной площадки (с тормозной площадкой), бортовая без ручного тормоза модернизированная, с ручным тормозом и тормозной площадкой модернизированная, бортовая без ручного тормоза (с ручным тормозом) унифицированная, безбортовая без ручного тормоза (с ручным тормозом) унифицированная. За эти годы выпущено 13962 платформы.

Проекты четырехосных платформ п/с 60 т безбортовые без ручного тормоза (с ручным тормозом) унифицированные переданы Бежицкому заводу им. Урицкого.

Деятельность конструкторского бюро оказалась столь успешной, что после ликвидации центрального конструкторского бюро именно к нему перешли все функции по конструированию грузовых вагонов в стране [3].

Среди проектов 1938 г. следует отметить проект восьмиосной гондолы п/с 120 т с глухим полом для перевозки медной руды. Этот проект выполнен по заказу на переработку проекта 100-тонных гондол для Прибалхашстроа. Проект гондолы п/с 100 т был реа-

лизован в виде шестиосной гондолы с глухим полом и кузовом для ВЗТ. Ходовыми частями вагонов были: четырехосная тележка с литой связывающей балкой, двухосные тележки и тендерная трехосная тележка паровоза ФД.

В рамках выполнения пакета заказов созданы два проекта четырехосных узкоколейных платформ и крытый товарный вагон п/с 16,5 т каждый, колеи 750 мм. Для данных вагонов спроектирована двухосная тележка типа «Даймонд» для колеи 750 мм. Проекты переданы Усть-Катавскому заводу.

Годы эвакуации 15 конструкторов завода провели на Алтае в поселке Чесноковка (ныне Новоалтайск)¹ под Барнаулом. Обратный путь был очень длинный: с Алтая в Днепродзержинск и потом в Нижний Тагил. Находясь в эвакуации, конструкторы продолжили работу по унификации грузовых вагонов и созданию новых проектов вагонов. Один из них — цельнометаллическая гондола п/с 58 т. Интересна история этого проекта. После освобождения Венгрии ей был передан этот проект, и на вагоностроительном заводе «Ганц» начали производство. И только случайное прибытие гондолы с грузом на Уралвагонзавод позволило конструкторам увидеть плод своей работы [4].

Четырехосный полувагон грузоподъемностью 60 т с деревянной обшивкой кузова 1947 г., модель 12-37

Для изготовления четырехосных полувагонов грузоподъемностью 60 т на Уралвагонзаводе была в основном принята конструкция унифицированного полувагона [2], но чертежи были переработаны на новую нумерацию по типу: 37.00.000-0, где 37. — номер объекта, присвоенный четырехосному полувагону с деревянной обшивкой с объемом кузова 64,7 м³; 00. — номер группы (04. — автоматический тормоз; 05. — ручной тормоз; 07. — боковая стена и рама; 08. — деревянная обшивка боковой стены; 09. — двери и люки; 18. — наружное устройство); следующие три цифры — порядковый номер по книге записей чертежей в отделе; цифра после дефиса — вариант данного узла, объекта или детали.

Полувагон вписывается в габарит Г-0 ОСТ/ВКС 6435.

Полувагон включает боковую стену или боковую ферму; обшивку боковой стены; раму; двери торцевые; двери боковые; установку крышек люков; тормоз автоматический; установку автосцепки; тележку двухосную (черт. Х-25-Г2).

¹ Сюда же после начала Великой Отечественной войны был эвакуирован Днепродзержинский вагоностроительный завод имени газеты «Правда» (Украина), оборудование которого было размещено на базе деревообрабатывающего завода, и налажен выпуск продукции. Сегодня на этом месте работает АО «Алтайвагон», производящее крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны и тележки.

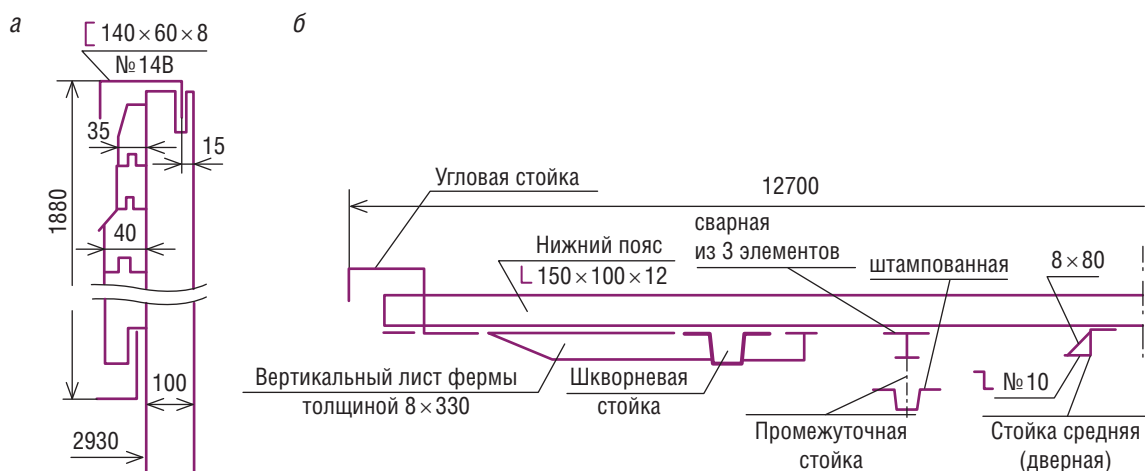


Рис. 1. Устройство боковой стены:
а — поперечное сечение; б — продольное сечение

Боковая стена или ферма полувагона имеет (рис. 1):

- высоту 1880 мм от верха до нижней обвязки;
- штампованную угловую стойку из листа толщиной 8 мм;
- штампованную шкворневую стойку из листа толщиной 7 мм;
- промежуточную стойку: а) сварную из 3 элементов сечением 7×40, 8×80 и 12×70 мм; б) штампованную по типу шкворневой толщиной 6 мм;
- среднюю (или дверную) стойку из зета № 10100×75×6,5 мм с усиливающей планкой из полосы 8×80 мм. По высоте стойки установлены державки петель боковой двери.

Нижний пояс в дверном проеме усилен полосой 12×50 мм. На верхнем поясе в дверном проеме установлен порог боковых дверей — уголок 80×55×10 мм (рис. 2).

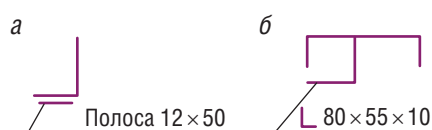


Рис. 2. Элементы дверного проема:
а — нижний пояс; б — порог

На участке между угловой и шкворневой стойкой нижний пояс усилен вертикальным листом сечением 330×8 мм для передачи части буферного удара на шкворневую балку.

Обшива боковой стены деревянная, по длине из четырех частей со стыком на шкворневой стойке. Верхние доски сосновые, толщиной 35 мм, нижние — сосновые, толщиной 40 мм (рис. 1, а).

Косынки верхних узлов приняты высотой 340 мм и толщиной 8 мм.

Для соединения угловой стойки с верхней обвязкой принята цельноштампованная неразрезная коробка из листа толщиной 2 мм.

Раскосы крайние и промежуточные (шкворневые) — штампованные из полосы 8×140 мм с продольным гофром. Раскосы средние — штампованные из полосы 6×140 мм с продольным гофром (рис. 3).

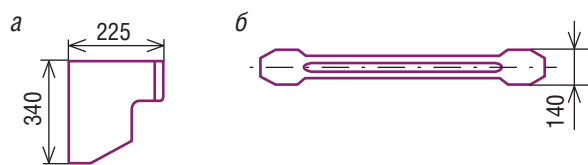


Рис. 3. Элементы фермы:
а — косынка; б — раскос

Рама состоит:

- из балки хребтовой;
- балки передней (или буферного бруса) — 2 штуки;
- балки шкворневой — 2 штуки;
- балки промежуточной — 2 штуки;
- балки средней — 2 штуки.

Балка хребтовая состоит (рис. 4):

- из таврика, цельного по всей длине хребтовой балки;
- корыта из листа толщиной 8 мм — из 4 частей по длине;
- листа 10×290 мм — из 3 частей по длине;
- уголка 150×100×12 мм, цельного по всей длине.

Между стенками хребтовой балки размер 327 мм. Элементы сечения варятся по длине сплошной электродуговой сваркой, места стыков усилены накладками.

На концах хребтовой балки для соединения с передней балкой установлены накладки на корыто и регулирующие угольники 75×75×12 мм на вертикальные листы.

В передней части хребтовой балки укреплены на заклепках задние и передние разъемные упорные кронштейны автосцепки. Каждый кронштейн крепится на 12 заклепках.

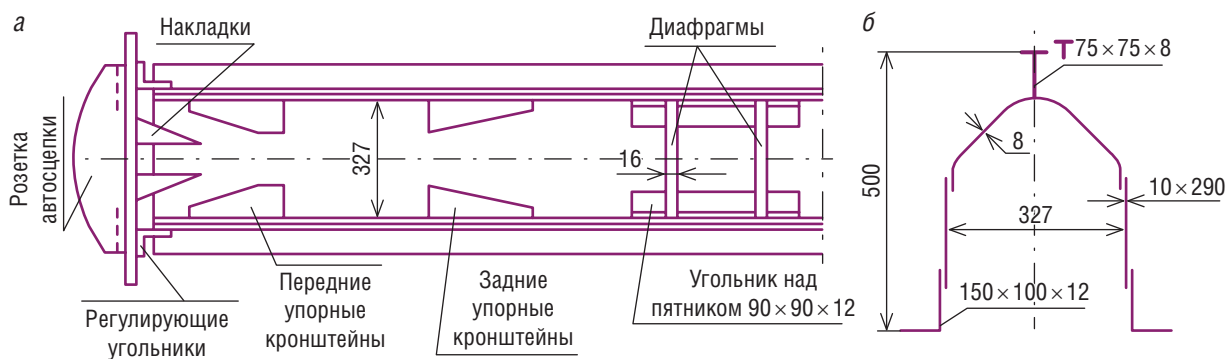


Рис. 4. Хребтовая балка:
а — продольный разрез консольной части; б — поперечное сечение

Вертикальные листы хребтовой балки скреплены 8 диафрагмами, расположенными в местах поперечных балок. У промежуточных балок по одной низкой диафрагме толщиной 8 мм, у шкворневых балок по две высоких диафрагмы толщиной 16 мм. У средних и промежуточных балок через прорезы в стенках хребтовой балки крепится сваркой нижний лист поперечной балки 10×160 мм (рис. 5, б).

Район шкворневых балок усилен двумя угольниками 90×90×12 мм, к которым также крепится пятник заклепками (рис. 5, а).

На корыто хребтовой балки приварены 84 державки петли люка из уголка 60×60×8. В местах отверстий к державкам приварены шайбы (рис. 5, б).

Передняя балка (буферный брус) состоит (рис. 6):

- из лобового и верхнего листа, объединенного в одну штамповку, толщина листов 10 мм;
- нижнего листа (У-5909 или 37.07.021) неразрезного с отбуртовкой и с вырезом для прохода хвостовика автосцепки, толщина листа 10 мм;
- усиливающего угольника 100×75×10 мм длиной 475 мм.

На передней балке устанавливается порог торцевых дверей из полосы 8×80 мм.

На лобовом листе устанавливаются:

- две планки под буферные стаканы 25×280×350 мм, привариваемые кругом швом Δ6 мм к лобовому листу;
- в лобовом листе имеется два отверстия диаметром 37 мм для заведения цепей при отрыве вагона от состава, чтобы доставить его до ближайшей станции.

Розетка автосцепки приклепывается к лобовому листу 6 заклепками и обваривается по углам швами длиной 80–100 мм (рис. 7, а).

Соединение буферного бруса с нижним поясом боковой стены (фермы) производится при помощи штампованной коробки, выполненной без вырезных узлов (рис. 7, б).

В местах планок под буферный стакан установлены по два ребра толщиной 10 мм. К внутренним ребрам и нижнему листу приклепаны литые упоры люка.

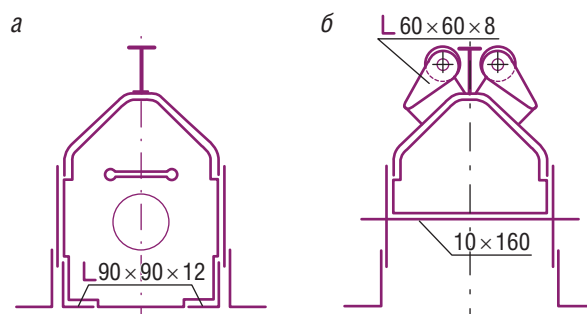


Рис. 5. Сечения хребтовой балки:
а — по оси шкворневой балки; б — по петлям крышек люков

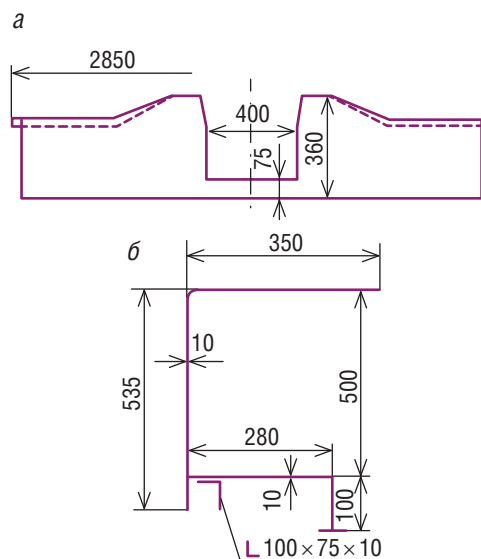
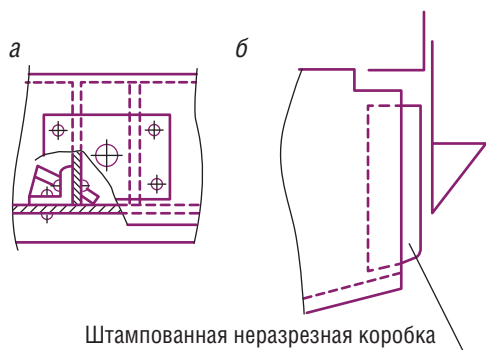


Рис. 6. Конструкция передней балки:
а — верхний лист; б — сечение балки

Шкворневая балка состоит по сечению (рис. 8):

- из верхнего листа 12×270 мм;
- нижнего листа 12×420 мм (в средней части под подпятником);
- вертикального листа толщиной 10 мм (двух листов).



Штампованная неразрезная коробка

Рис. 7. Элементы буферного бруса:

а — розетка автосцепки; б — соединение с нижним поясом стены

Верхний лист соединяется с нижним поясом боковой стены тремя ромбовидными накладками (рис. 8, б).

Скользун принят литой, стальной, объединенный в одно целое с упорами для крышки люка, к нижнему листу крепится четырьмя заклепками (рис. 8, в).

Пятник принят литой, усиленный весом 90 кг (рис. 8, г).

Накладки, соединяющие корыто и таврик с вертикальным листом, из листа толщиной 8 мм.

На шкворневой балке устанавливается маслопровод, а на боковой стене масленка для смазки пятника.

Над скользунком к вертикальному листу и нижнему листу устанавливаются по 4 ребра жесткости.

Нижний лист на концах имеет 12 шишечек для лучшего сцепления с домкратом.

Промежуточные и средние балки (одностенчатые) состоят (рис. 9):

- из верхнего листа 10×160 мм;
- нижнего листа 10×160 мм, в районе хребтовой балки;
- двух угольников 50×50×6, размалкованных на конце для соединения внахлест с нижним листом, являющихся продолжением нижнего листа;

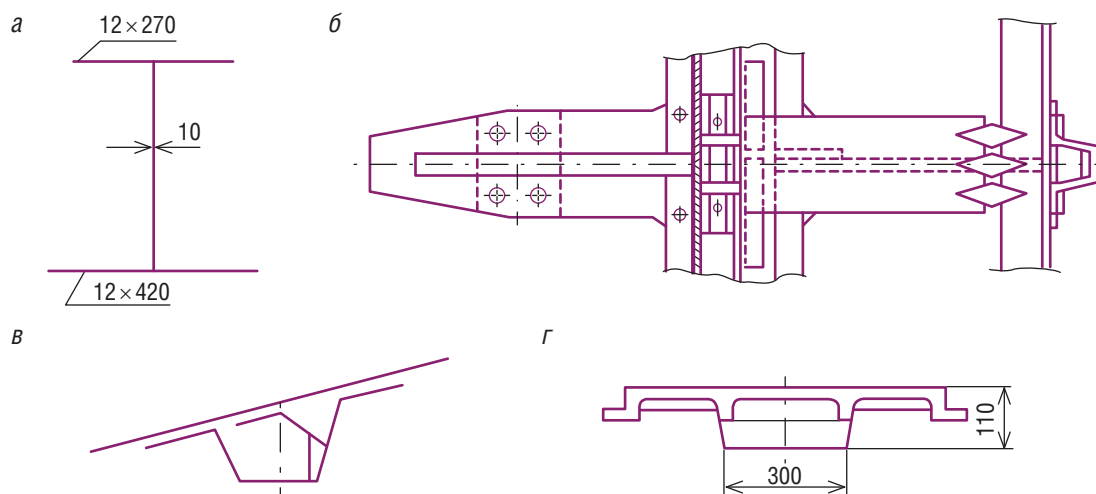


Рис. 8. Элементы шкворневой балки:

а — розетка автосцепки; б — соединение с нижним поясом стены; в — скользун; г — пятник

- двух вертикальных листов толщиной 8 мм.

Вертикальные листы средних балок длиннее вертикальных листов промежуточных балок на 35 мм, так как средние стойки боковой стены из зета № 10, и вертикальные листы соединяются с ними внахлест, а не впритык.

На вертикальные листы поперечных балок и нижние угольники устанавливаются упоры люка (рис. 9, б).

Упоры люка сварные состоят из двух скоб-упоров, четырех ребер. Упоры установлены перпендикулярно верхним листам поперечных балок и при падении на них крышек люков получают изгибающий момент на заделку упора в поперечную балку, из-за чего зона заделки является зоной образования трещин.

Торцевые двери двухстворчатые (чертежи створок УС-6356 и УС-6644) состоят:

- из верхней обвязки — швеллер 140×60×8 мм;
- нижней обвязки — изогнутый угольник 100×75×10 мм;
- боковой обвязки — уголок 75×75×8 мм с зенкованными отверстиями;
- крайней и средней обвязок из зета 100×75×6,5 мм, скрепленных между собой электродуговой сваркой и дополнительно косынками толщиной 8 мм.

Каждая половина двери навешивается на трех петлях из уголка 90×90×12 мм, причем в нижней петле приваривается пятник диаметром 25 мм.

В правой половине двери вверху и внизу устанавливается механизм для запираения дверей в закрытом положении. Верхний запор выполнен в виде крючка-закидки, зубья которого входят при закрывании в эллиптические отверстия соседней створки и удерживают дверь от выпучивания вперед и от распора боковых стен (рис. 10, а).

Нижний запор выполнен в виде скобы-вертушки, которая при поворачивании заходит за порог и не дает двери открываться вовнутрь (рис. 10, б).

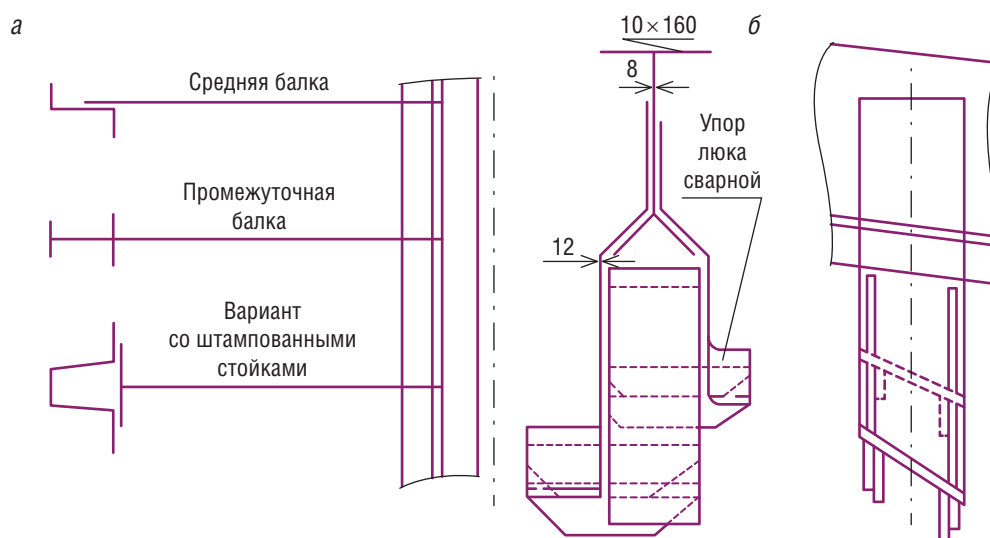


Рис. 9. Элементы промежуточных балок:
а — схемы расположения вертикальных листов поперечных балок; б — упоры крышек люков

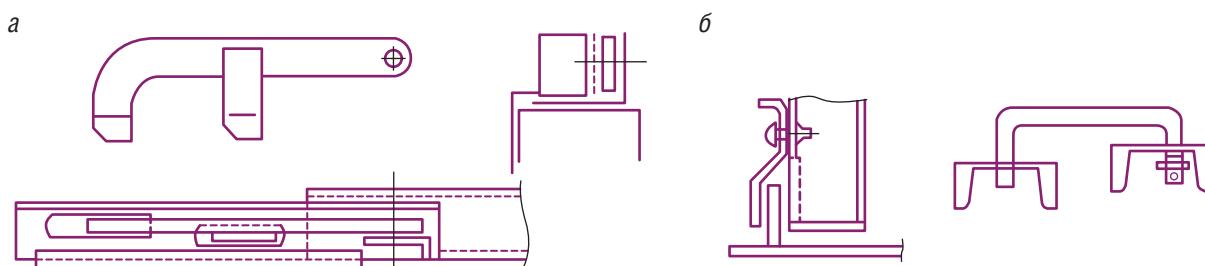


Рис. 10. Запоры торцевых дверей:
а — верхний; б — нижний

Для удержания дверей в открытом положении в верхнем поясе боковой фермы устанавливается для каждой створки по одной запорной скобе. Детали дверей изготавливаются из стали марки ст. 3.

Обшивка изготавливается из досок 40×110 мм внизу и 35×110 мм сверху, которые крепятся между собой в шпунт и гребень, а к стойкам болтами диаметром 1/2 дюйма с шестигранными гайками.

Боковые двери, двухстворчатые, открывающиеся наружу, устанавливаются в среднем пролете фермы. Каркас дверей представляет рамку, сваренную из уголка 75×75×8 и 75×50×8 мм, в углах усиливающие приварные планки толщиной 8 мм.

Каждая половина двери навешивается на трех петлях. Одна половина двери имеет верхнюю и нижнюю запорные тяги, изготовленные из круглой стали диаметром 25 мм. Тяги приводятся в действие одной рукояткой. Конструкция дверей аналогична конструкции боковых дверей унифицированного четырехосного полувагона 1939 г. [2].

Люки. В полу вагона для разгрузки груза ставятся 14 люков с крышками на шарнирах, открывающимися наружу. Рабочие габариты крышки люка 1590×1385 мм.

Крышка люка из листа толщиной 6 мм имеет 6 гофров, расположенных вдоль поперечных балок рамы (рис. 11, а). По задней кромке крышки установлены на заклепках три кованных петли. На каждой крышке люка снизу по краям приварены два угольника 75×75×10 мм, которыми крышка люка падает на упоры люка на раме; два угольника гнутых 75×75×12 мм, концы которых выступают за наружную кромку. При помощи этих угольников и крюков запорного механизма люки удерживаются в закрытом состоянии (рис. 11, б).

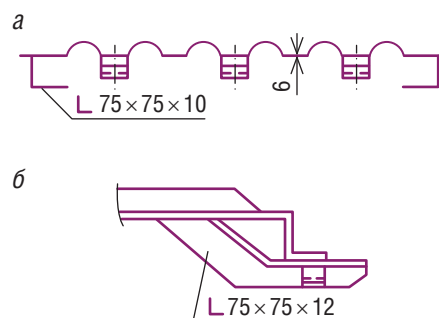


Рис. 11. Крышка люка:
а — поперечное сечение; б — угольник

Для каждой крышки люка устанавливаются снаружи нижнего пояса фермы по два запорных механизма. Запорный механизм состоит из скобы, присоединенной к нижнему поясу фермы болтами М16 или заклепками диаметром 16 мм. Между скобой и нижним поясом фермы вставляются на болтах (М22) закидка (крючок) и на болтах М16 запорный сектор. Закидка имеет два зуба, которыми она зацепляется за кронштейны крышки. При подъеме крышки люка кромка кронштейна захватывается первым зубом закидки, а на второй зуб крышка люка подтягивается с помощью лома, вставляемого в особую скобу, укрепленную заклепками на нижнем поясе фермы. После этого на закидку набрасывается верхний запорный сектор для предохранения от самопроизвольного открывания во время хода поезда.

Тормоз. Полувагоны снабжаются непрерывным автоматическим однопроводным двухрежимным (с ручным режимным переключателем) тормозом сжатого воздуха системы «Матросов». Воздушная магистраль — труба 1 дюйм. Тормозной цилиндр укороченный, диаметром 14 дюймов. Воздухораспределитель серии «М». Торможение одностороннее. Триангели допускают перестанов-

ку башмаков для бесперегрузочного сообщения по дорогам широкой колеи: с 1435 на 1524 мм.

Тележка. Тележка двухосная, стальная, литая, сочлененная, связевая, типа «Даймонд», базой 1800 мм. Колеса Гриффина по ОСТ/ВКС 7886, чугунные, с отбеленным ободом, диаметром 900 мм.

Подвешивание комбинированное, пружинно-ресорное.

Автосцепка (черт. 48.00.5сб; 1947–1956 гг.). Автосцепка автоматическая, модернизированная с ухом (ухом — для набрасывания на него звена винтовой стяжки при маневровых работах).

Полувагон оборудован буферными устройствами для следования в составе с вагонами, имеющими винтовую стяжку (рис. 12).

В табл. 1 приведена техническая характеристика четырехосного полувагона грузоподъемностью 60 т с деревянной обшивкой кузова (1947 г., чертеж общего вида 37.00.000-0).

Следует заметить, что такие важнейшие параметры полувагона, как длина вагона по осям сцепления 13920 мм, длина рамы 12700 мм и база вагона 8650 мм, сохранились до настоящего времени. **ИТ**

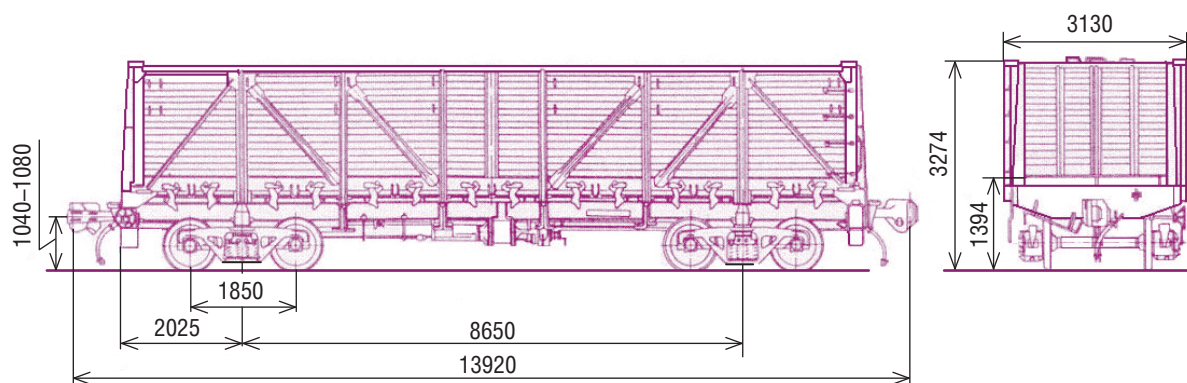


Рис. 12. Чертеж общего вида 37.00.000-0 (1947 г.)

Таблица 1

Техническая характеристика четырехосного полувагона грузоподъемностью 60 т с деревянной обшивкой кузова 1947 г.

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1	Грузоподъемность	т	60
2	Тара	т	22,0
3	Объем кузова	м ³	64,7
4	Длина по осям автосцепки	мм	13920
5	Высота кузова	мм	1880
6	Ширина рамы	мм	2930
7	Длина рамы	мм	12700

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
8	База полувагона	мм	8650
9	Допускаемая скорость движения	км/ч	80
10	Площадь пола	м ²	34,4
11	Удельный объем	м ³ /т	1,078
11	Длина кузова внутри	мм	12004/12066
12	Надтележечные люки	шт.	4
13	Средние люки	шт.	10
14	Высота от головки рельса до пятника тележки ($D_k = 900$ мм)	мм	747
15	Количество торцевых дверей	шт.	2
16	Количество боковых дверей	шт.	2
17	Наличие буферов		есть
18	Коэффициент тары		0,366
19	Длина кузова внутри (до обшивы дверей)	мм	12070
20	Ширина кузова внутри	мм	2850
21	Высота от головки рельс: до пола до верха кузова	мм мм	1369 3249
22	Автосцепка СА-3 с ухом, модернизированная		
24	Тележка двухосная, литая, сочлененная, связевая, типа «Даймод», на чугунных колесах с отбеленным ободом (Гриффина)		
	База тележки	мм	1750
	Диаметр колес (литые чугунные)	мм	900

Список литературы / Reference

1. Завадич А. В., Смолянинов А. В. Из истории создания конструкций полувагонов // Инновационный транспорт. — 2019. — № 4 (34). — С. 43–51. — ISSN 2311–164X.
2. Завадич А. В., Смолянинов А. В. Конструкции полувагонов 1937–1941 гг. и их модернизация // Инновационный транспорт. — 2020. — № 4 (38). — С. 54–60. — ISSN 2311–164X.
3. Устьянцев С. В., Пислегина А. В., Фахретдинова А. Х. Элита российской индустрии : Уралвагонзавод. — Екатеринбург : Изд-во «Старт», 2001. — 240 с.
4. Кузьмина Г. М., Костромин В. И. Гордость моя — вагонка. — Свердловск : Сред.-Урал. кн. изд-во, 1986. — 432 с.

Объем статьи: 0,84 авторских листа



**Вячеслав Валерьевич
Данилов**

Vyacheslav V. Danilov



**Алексей Алексеевич
Цариков**

Aleksey A. Tsarikov

Методы борьбы с образованием колеи износа на улицах и дорогах Свердловской области

Methods of combating the formation of a tracing rut wear on the streets and roads of the Sverdlovsk region

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы образования колеи на автомобильных дорогах Свердловской области под воздействием шипованной резины. Приведены возможные методы борьбы с образованием колеи износа в различных условиях.

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожное покрытие, асфальтобетон, колея износа, шипованная резина.

Abstract

The article deals with the issues of tracing rut formation on the roads of the Sverdlovsk region under the influence of studded tyres. Possible methods for combating the formation of tracing rut wear under various conditions are given.

Keywords: automobile roads, road surface, asphalt concrete, tracing rut wear, studded tyres.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-3-58-65

Авторы Authors

Вячеслав Валерьевич Данилов, начальник ГКУСО «Управление автодорог», аспирант Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Екатеринбург | **Алексей Алексеевич Цариков**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Vyacheslav Valeryevich Danilov, Head of the State public institution of the Sverdlovsk region "Management of automobile roads", postgraduate student of the Ural State Forest Engineering University (USFEU), Yekaterinburg | **Aleksey Alekseevich Tsarikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" Department of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

Стремительный рост уровня автомобилизации населения России наряду с положительными изменениями принес в нашу жизнь множество новых проблем: заторы на дорогах, нехватка мест временного и постоянного хранения автомобилей, рост количества дорожно-транспортных происшествий.

Одновременно с ростом автомобилизации увеличилось количество проблем и у дорожной отрасли, с которыми ранее ее специалисты не сталкивались. К числу таких относительно новых проблем можно отнести процесс образования колеи износа под действием шипованной резины автомобилей, особенно на улицах крупных и крупнейших городов России, а также на загородных участках дорог с интенсивным движением транспорта.

В мае 2017 г. Постановлением Правительства № 658 [1] были установлены новые межремонтные сроки на автомобильных дорогах. В соответствии с данным постановлением, нормативный срок между капитальными ремонтами должен составлять не менее 24 лет, а между ремонтами — не менее 12 лет. Данное постановление в большей мере относится к федеральным автодорогам, но в перспективе планируется принять эту практику для региональной сети автодорог и муниципальной улично-дорожной сети городов.

Современные материалы и механизмы позволяют в значительной мере увеличить срок службы конструкции дорожных одежд. Даже на автомобильных дорогах с большим количеством грузовых автомобилей удается создать конструктивные слои, позволяющие продлить срок службы покрытия до 24 лет — до капитального ремонта, а в некоторых случаях и гораздо дольше. Однако опыт эксплуатации улиц в Екатеринбурге, а также на загородной сети автодорог показал, что бывают случаи, когда после ремонта колея достаточно большой глубины образуется на покрытии уже через 4–5 лет эксплуатации (рис. 1). При этом кон-



Рис. 1. Колея износа на левой полосе автомобильной дороги Екатеринбург — Тюмень после 4 лет эксплуатации

струкция дороги остается достаточно прочной, и если бы не колея износа, то ремонта покрытия можно было бы избежать.

На процесс образования колеи износа влияет достаточно большое количество факторов: интенсивность движения транспорта, скорость движения потока, доля автомобилей с шипованной резиной, тип используемого асфальтобетона, марка применяемого щебня и прочее. Более подробно влияние перечисленных факторов на процесс образования колеи износа описано в работе [2]. Однако для минимизации проблем, связанных с колеей износа, а также для продления срока службы дорожных покрытий необходим эффективный подход к системе ремонта и содержания автомобильных дорог.

Авторами данной статьи предложены различные методы борьбы с колеей износа, позволяющие автомобильной дороге прослужить до следующего текущего ремонта не менее 12 лет.

Необходимо отметить, что выбор стратегии борьбы с образованием колеи во многом зависит от задач, которые планируется решать, а также от финансовых возможностей заказчика. В соответствии с ОДН 218.0.006–2002 [3], на автомобильных дорогах I–III технической категории предельно допустимая колея составляет

20 мм. При этом участки автодорог с глубиной больше предельно допустимых значений считаются опасными для движения автомобилей и требуют немедленного проведения работ по устранению колеи.

В более ранних версиях ОДН 218.0.006–2002 были указаны рекомендации по ограничению скорости движения транспорта в зависимости от глубины колеи и категории автомобильной дороги. На основе этих данных построен график зависимости скоростного режима от величины колеи (рис. 2).

Как видно из рис. 2, при образовании колеи размером более 20 мм на участках автодорог I–III технической категории необходимо ограничивать скорость движения до 70 км/ч. Подобные ограничения на автомобильных дорогах вводятся инспекторами ГИБДД по актам предписания. Стоит отметить, что на практике различимая глазом колея образуется именно при глубине более 20 мм, поэтому инспекторы при меньших значениях обычно не вводят скоростных ограничений.

Таким образом, если перед заказчиком стоит задача эксплуатировать дорогу круглый год без скоростных ограничений, то ему необходимо принимать такую стратегию содержания и ремонта автодороги, которая бы не позволяла колее

достигать значительных размеров. Подобные задачи стоят перед организациями, которые эксплуатируют дороги I и II технической категории, в том числе автомагистрали.

Использование слоев износа на автомобильных дорогах

Если детально рассматривать рис. 2, то видно, что колея величиной чуть более 20 мм изнашивает только 40% высоты верхнего слоя покрытия, которое зачастую принимается в размере 5 см. Проводить полную замену слоя покрытия при такой величине колеи износа экономически неэффективно. В этом случае для борьбы с колеями авторы статьи рекомендуют использовать высокощелебенистые слои износа толщиной от 20 до 40 мм. Классическим примером подобной технологии является устройство слоя износа «Тонфриз» («Новачип») толщиной 25 мм (рис. 3).

В Свердловской области технология «Новачип» использовалась на нескольких автомобильных дорогах и показала себя с положительной

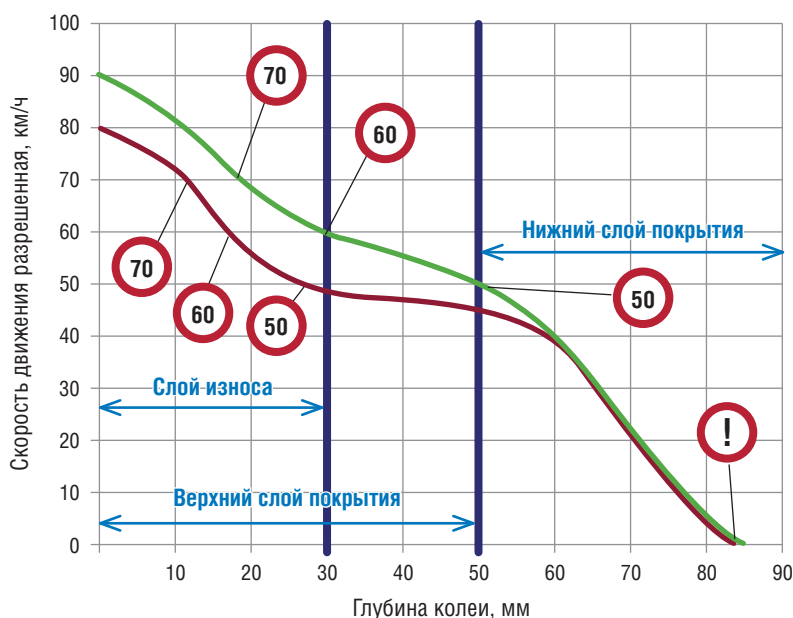


Рис. 2. Зависимость разрешенной скорости движения транспорта от размера колеи на автомобильных дорогах:

— дороги I–III категории; — дороги IV категории

стороны. Суть данной технологии состоит в укладке тонкого высокощелебенистого слоя с одновременной подгрунтовкой битумной эмульсией (рис. 3). Использование специальных асфальтоукладчиков, оснащенных системой SprayJet, позволяет осуществить одновременное распределение полимерно-битумной катионной эмульсии и укладку асфальтобе-

тонной смеси в одном технологическом процессе. Применение подобной технологии позволяет обеспечить надежную связь нижнего слоя покрытия со слоем износа.

Остановимся детально на стратегии содержания и ремонта автомобильных дорог, которые всегда должны быть в хорошем транспортно-эксплуатационном состоянии; на-

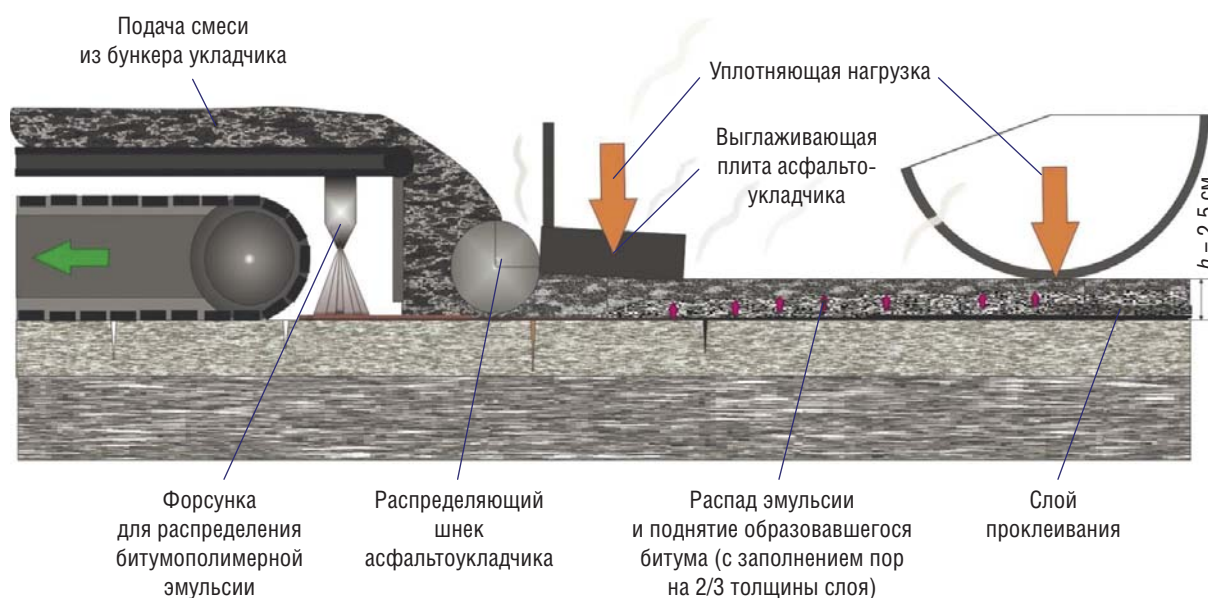


Рис. 3. Технология укладки тонкослойного покрытия по технологии «Новачип»

зовем их условно дорогами с высокими эксплуатационными требованиями. Изначально при текущем или капитальном ремонте на подобной автомобильной дороге должна быть заложена конструкция дорожной одежды со слоем износа толщиной 2–4 см. Под слоем износа рекомендуется устройство асфальтобетонной смеси типа А22В_Т толщиной 5 см (рис. 4).

Учитывая, что автомобильные дороги с высокими эксплуатационными требованиями зачастую загружены транспортом, в том числе грузовыми автомобилями, конструкция дорожной одежды должна состоять из трех слоев асфальтобетона толщиной от 5 до 8 см. По мере эксплуатации автомобильной дороги на ней образуется колея износа. Как только величина колеи достигла размеров, соизмеримых с толщиной слоя износа, владелец автодороги планирует работы по его замене.

По мере износа покрытия колея постепенно достигает таких размеров, когда видны нижние слои дорожной одежды. Именно этот момент должен служить сигналом для владельца автодороги о том, что слой износа на 100% выполнил свои функции и требуется его замена. Особенно ярко момент износа покрытия можно увидеть на автомобильных дорогах, где использовалась технология «Новачип». Как указывалось выше, процесс укладки слоев износа по технологии «Тонфриз» предполагает одновременную ее подгрунтовку битумной эмульсией. Именно прослойка застывшей битумной эмульсии, которая образовалась между слоями покрытия, показывает границу между нижними и верхними слоями дорожной одежды (рис. 5).

После того, как слой износа выполнил свои функции, заказчик планирует работы по фрезерованию покрытия автодороги, с последующей укладкой нового слоя (рис. 6). При выборе данной стратегии необходимо поддерживать соответствующую ровность покрытия автодороги, поэтому рекомендуется проводить фре-

20–40 мм		Слой износа ЩМА-8, «Новачип» на БНД90/130
50 мм		Верхний слой покрытия А22В _Т на ПБВ-90
70–80 мм		Нижний слой покрытия А22Н _т на БНД90/130
80 мм		Верхний слой основания А32О _т на БНД90/130
100–200 мм		Нижний слой основания — щебеночно-песчаная смесь, укрепленная цементом (М75)

Рис. 4. Конструкция дорожной одежды, рекомендуемая к применению на автомобильных дорогах с высокими эксплуатационными требованиями



Рис. 5. Колея износа на автомобильной дороге Екатеринбург — Реж — Алапаевск. Участок дороги, на котором устроен слой износа по технологии «Новачип»

зерование с последующей укладкой на всю ширину дороги или отдельной полосы (если это автомобильная дорога I технической категории).

На автомобильных дорогах I технической категории количество полос может составлять от 4 до 10, при этом износ полос под воздействием шипованной резины происходит неравномерно. Крайние левые полосы, на которых передвигаются легковые автомобили с высокой скоростью движения, изнашиваются гораздо быстрее, чем правые полосы, где преобладает движение грузовых автомобилей. В связи с этим необходимо проводить замену слоев износа на разных полосах движения в разные годы, то есть в те периоды времени, когда полоса износа отработает свой ресурс полностью. В некоторых случаях срок службы крайней правой

полосы может достигать 12 и более лет, и ее замена требуется только во время проведения ремонтных работ. Крайние левые полосы изнашиваются в 1,5–2 раза быстрее, поэтому замену слоя износа здесь необходимо проводить один раз в шесть лет, а на автомагистралях и того чаще — один раз в четыре года.

На рис. 6 показан пример замены изношенных слоев автомобильной дороги I технической категории с четырьмя полосами движения. Как видно из рисунка, покрытие на левых полосах движения изнашивается быстрее, поэтому их замену в данном примере необходимо проводить один раз в четыре года. Правые полосы изнашиваются немного медленнее, поэтому их замена проводится, согласно данной схеме, один раз в шесть лет.

В соответствии с приказом № 402 от 16.11.2012 г. [4], восстановление изношенных верхних слоев асфальтобетонных покрытий и ликвидация колеи глубиной до 50 мм относятся к работам по содержанию автомобильных дорог, поэтому заказчик вправе проводить их без конкурса, в рамках контракта, заключенного по содержанию автомобильной дороги. Как видно из рис. 6, вся стратегия ремонтов рассчитана на 12-летний цикл работ. Фактически перед заказчиком стоит задача — сохранить верхний слой покрытия в хорошем эксплуатационном состоянии в течение этого периода, т. е. от одного текущего ремонта до следующего планового ремонта.

Замена верхнего слоя покрытия на отдельных участках

Скорость износа покрытия автомобильной дороги может существенно отличаться не только на разных полосах, но и на отдельных участках. Так, при исследовании покрытия на улицах Екатеринбурга было выявлено множество случаев, когда колея износа образовывалась на участке протяженностью 50–100 м до места пересечения проезжих частей. Безусловно, разгон и торможение автомобиля перед светофором оказывают существенное влияние на процесс образования колеи износа, поэтому требуется более частая замена верхнего слоя покрытия. Аналогичная ситуация наблюдается на автомобильных дорогах с крутыми подъемами и поворотами.

Кроме того, у владельца автомобильной дороги или улицы объем денежных средств на ремонт и содержание может быть существенно ограничен. В этом случае рекомендуется замена верхнего слоя покрытия только на полосах и участках, где она достигла сверхнормативных значений.

Конструкция дорожной одежды после очередного ремонта



Рис. 6. Предлагаемая схема замены верхних слоев автомобильных дорог с высокими эксплуатационными требованиями

Для примера рассмотрим улицу Белинского в Екатеринбурге. На участке от улицы Фурманова до улицы Большакова на данной магистрали организовано одностороннее движение с четырьмя полосами, одна из которых выделена только под движение общественного транспорта (рис. 7). На полосе, предназначенной для движения маршрутных транспортных средств, после шести лет эксплуатации колея фактически отсутствует. В первую очередь это связано с отсутствием движения по ней автомобилей с шипованной резиной. По крайней левой полосе движение разрешено только налево, при этом интенсивность движения здесь составляет 300–350 авто-

мобилей в час в наиболее загруженные часы. Колея на данной полосе составляет 10–15 мм и практически не видна глазу.

Несколько иная ситуация наблюдается по двум средним полосам, по которым разрешено движение только прямо. На участке от пересечения с улицей Фурманова, не доезжая 100 м до пересечения с улицей Большакова, зафиксирована колея размером от 15 до 25 мм. Примерно за 100 м от светофора начинается колея глубиной 35–45 мм, которая наблюдается и за перекрестком. Интенсивность движения по данным полосам достигает значения 1500–1800 автомобилей в час в наиболее загруженное время.

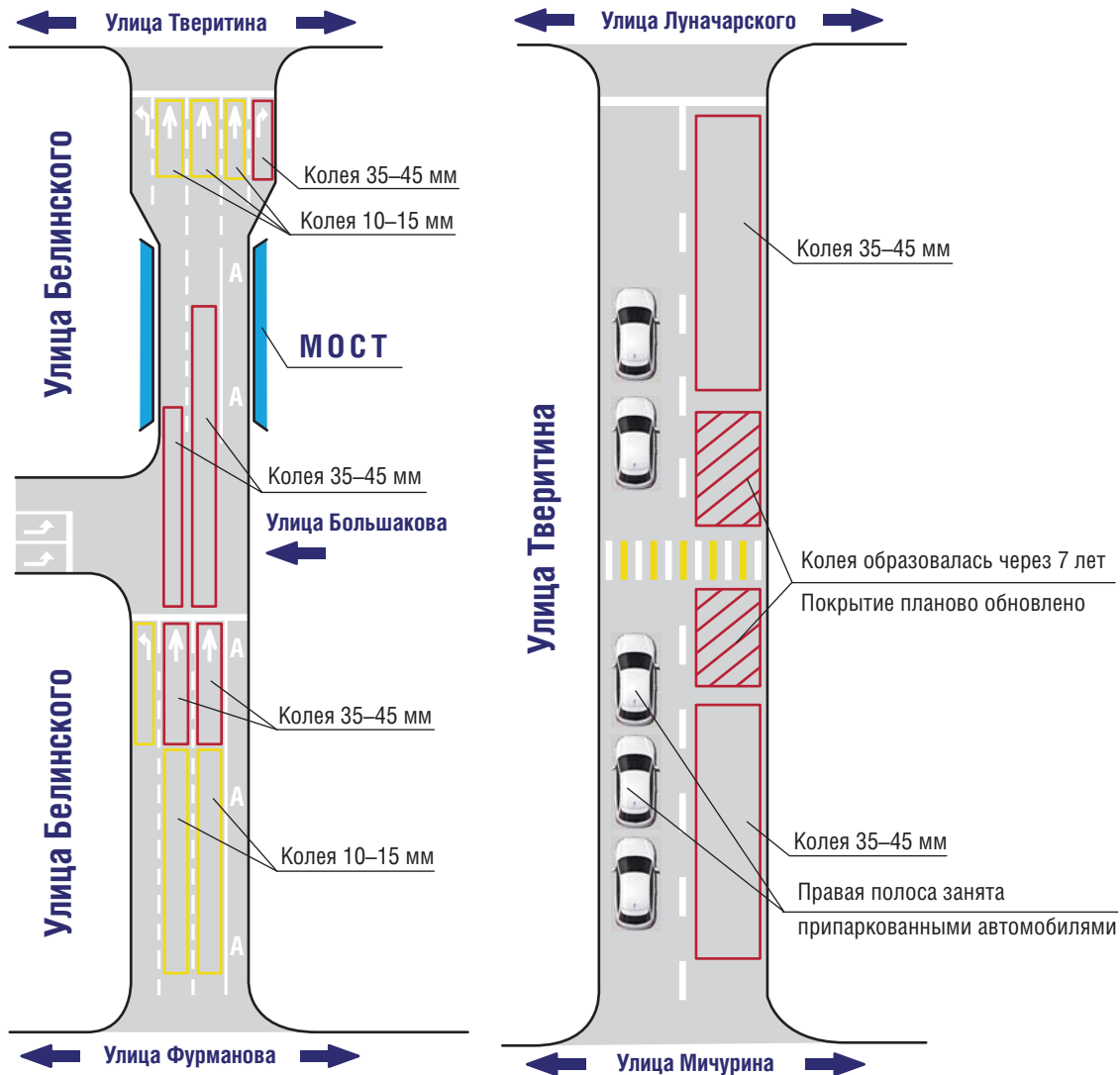


Рис. 7. Закономерности образования колеи износа на улицах Екатеринбурга

На следующем участке — от улицы Большакова до пересечения с улицей Тверитина движение также одностороннее с тремя полосами. При этом после преодоления мостового перехода ширина проезжей части улицы Белинского увеличивается до пяти полос за счет уширения. Здесь колея размером 35–45 мм наблюдается по средней и левой полосе, от перекрестка с улицей Большакова до конца мостового перехода. По правой полосе, где организовано движение маршрутных транспортных средств, колеи фактически нет, она появляется только за мостом и заканчивается перед стоп-линией.

Причины образования колеи в этом месте объясняются просто. После моста полоса для движения маршрутных транспортных средств заканчивается, и разрешено движение как в прямом направлении, так и направо. Таким образом, легковые автомобили сначала дви-

гаются по средней полосе, а после моста, в месте, где кончается полоса для маршрутных средств, резко тормозят и перестраиваются в правый ряд для выполнения поворота на улицу Тверитина.

Таким образом, на участке улицы Белинского протяженностью 540 м, где общая протяженность полос движения составляет 2160 м, необходимо заменить верхний слой покрытия на участках общей протяженностью 350 м. Несомненно, что после замены верхнего слоя покрытия на данных участках примерно через 6 лет колея износа снова достигнет критических значений, да и остальные участки и полосы постепенно будут изнашиваться. Однако общий срок службы покрытия улицы за этот период достигнет значения 12 лет, и здесь можно будет планировать полноценный ремонт с фрезерованием проезжей части на всю ширину и укладкой двух слоев покрытия.

Следующим примером служит улица Тверитина, на участке от улицы Мичурина до перекрестка с улицей Луначарского. Последний ремонт на данном участке производился в 2010 г., с использованием асфальтобетонной смеси типа А. Улица также является односторонней, и на ней организованы две полосы движения.

Отличительной чертой улицы Тверитина является то, что на левой полосе здесь круглосуточно припаркованы автомобили, т.е. практически весь участок работает в режиме однополосного движения. Исключение составляет только участок протяженностью в 50 м перед перекрестком с улицей Луначарского.

Использование для движения только одной полосы привело к тому, что по истечении 11 лет левая полоса находится в идеальном состоянии, а на правой образовалась колея глубиной 35–45 мм. При этом рядом с нерегулируемым пешеходным переходом, около остановки трамвая «Площадь Обороны», колея износа появилась после 7 лет эксплуатации, т.е. на четыре года раньше, чем на других участках полосы. Замена верхнего слоя покрытия перед пешеходным переходом и сразу же за ним позволила продлить срок службы улицы еще на 5–7 лет. В следующем году межремонтный срок на данном участке улицы достигнет значения 12 лет. Однако целесообразность ремонта здесь вызывает большие сомнения. Для продления срока службы проезжей части будет эффективнее провести фрезерование верхнего слоя покрытия правой полосы на всю ширину, после чего уложить новый слой асфальтобетонной смеси марки ЩМА-16, который практически в два раза более устойчив к образованию колеи износа, чем асфальтобетон типа А.

Аналогичным образом можно производить замены верхнего слоя покрытия и на участках загородных автомобильных дорог, в том числе на многополосных магистралях. Более подробно данный процесс описан в работе [2].

Смещение дорожной разметки на автомобильных дорогах с многополосной проезжей частью

Еще один способ борьбы с образованием колеи износа основан на технологии смещения дорожной разметки с течением времени. Если детально рассматривать колею износа, то она представляет собой кривую, близкую по форме к корыту, основание которого имеет ширину 30 см (рис. 8).

Как видно из рис. 8, глубина колеи достигает максимального значения в центре и уменьшается по мере движения по краям. Если измерить всю поверхность проезжей части, изношенной шипами, то она составит всего 25–30% от общей площади автомобильной дороги.

В связи с этим для продления срока службы покрытия необходимо с течением времени смещать плоскость, по которой двигаются автомобили. Для этого нужно наносить новую разметку со смещением от старой разметки на расстоянии в 20–40 см. Подобная технология позволит более равномерно изнашивать верхний слой покрытия, тем самым увеличивая срок его службы.

Подобное смещение дорожной разметки рекомендуется производить не реже чем один раз в два года, желательно в осенний период времени, перед началом зимнего сезона, когда максимально используется шипованная резина. Использование подобной технологии увеличит ширину колеи, но практически не изменит ее форму. Технология будет эффективна на автомобильных дорогах с шестью и более полосами движения. На двух- и четырехполосных автодорогах отсутствует пространство для смещения проезжих частей.

На улицах крупных и крупнейших городов подобная технология сложна к применению и имеет множе-

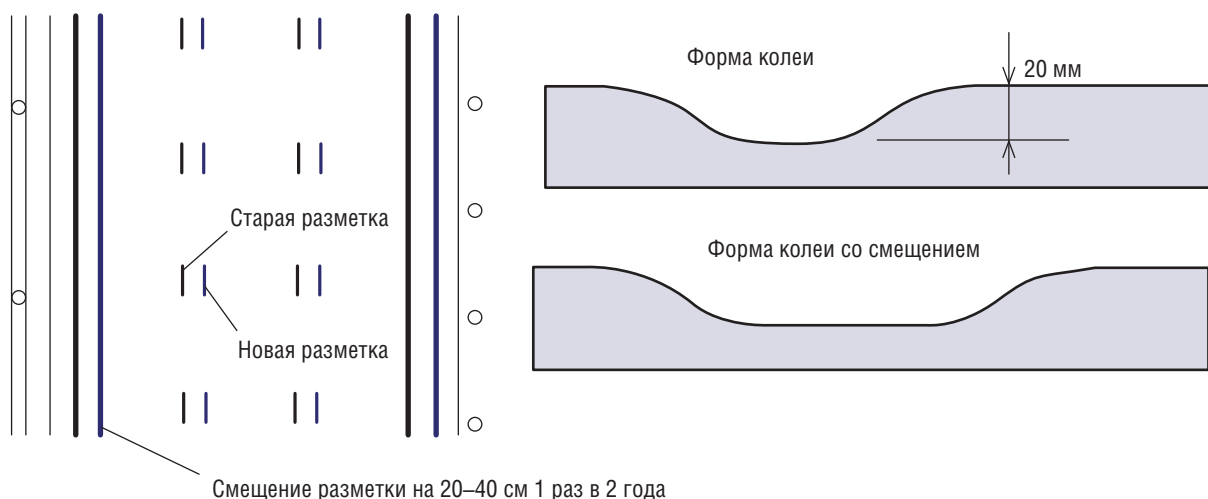


Рис. 8. Схема смещения разметки в процессе эксплуатации автомобильной дороги

ство ограничений. Однако именно в городах наблюдается естественный процесс смещения автомобилей на полосах проезжей части. Первая причина — это припаркованные у тротуара автомобили, которые заставляют водителей, движущихся в крайнем правом ряду, смещаться на 2 м левее. Аналогично смещается плоскость движения автомобилей в среднем и левом рядах.

Еще одной причиной подобного смещения автомобилей по рядам проезжих частей являются валы снега, которые нагребает дорожные машины во время снегопадов. В отличие от автомобильных дорог снег на городских улицах предварительно складывается в валы вдоль проезжей части и вывозится только спустя

несколько дней и даже недель. Поэтому на ряде магистральных городских улиц можно наблюдать ситуацию, когда весь верхний слой покрытия проезжей части равномерно изношен шипованной резиной.

В заключение необходимо отметить, что применение вышеуказанных рекомендаций позволит в значительной мере снизить протяженность участков автодорог с колеей износа, однако каждый отдельный участок требует всестороннего анализа на предмет использования того или иного метода. Кроме того, необходимо учитывать характеристики существующей конструкции дорожной одежды, ее несущую способность и остаточную прочность. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. О нормативах финансовых затрат и Правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения: Постановление Правительства Российской Федерации № 658 от 30 мая 2017 г. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71589744>.
2. Данилов В. В., Цариков А. А. Опыт устранения колеи износа на примере автомобильных дорог Свердловской области // Дороги и мосты. — 2020. — № 2 (44). — С. 93–114. — ISSN 1815–896X.
3. Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.0.006–2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030728>.
4. Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог: Приказ Министерства транспорта Российской Федерации № 402 от 16.11.2012 г. (с изменениями на 12.02.2020 г.). — URL: <https://base.garant.ru/70318144>.

Объем статьи: 0,79 авторских листа

Подписка на 2022 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 2022 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на ~~газету~~
журнал

85022

(индекс издания)

Иновационный транспорт

(наименование издания)

Стои- мость	подписки	руб. ___ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	руб. ___ коп.	

на 2022 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Технические требования и рекомендации к оформлению статей

1. Публикация состоит из следующих **обязательных элементов**:

- а) УДК;
- б) Ф. И. О. автора (авторов) (на русском и английском языках);
- в) название статьи (на русском и английском языках);
- г) аннотация (на русском и английском языках);
- д) ключевые слова (на русском и английском языках);
- е) текст статьи;
- ж) библиографический список;
- з) сведения об авторе (авторах): место работы (учебы), ученая степень, ученое звание, должность, почтовый адрес, телефон, e-mail (на русском и английском языках);
- и) портретное фото автора (авторов), представленное в электронном виде отдельным файлом, цветное, высокого качества, в форматах *.jpg (от 200 Кб), *.tif (от 1 Мб).

2. Материалы подготавливаются в редакторе MS Word.

3. Объем статьи не более 15 страниц.

4. Список литературы помещается в конце статьи после подзаголовка и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.0.5-2008. Ссылки на литературу в тексте статьи оформляются в квадратных скобках ([3], [3, 4], [3–7]).

5. Требования к разметке и форматированию текста.

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

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

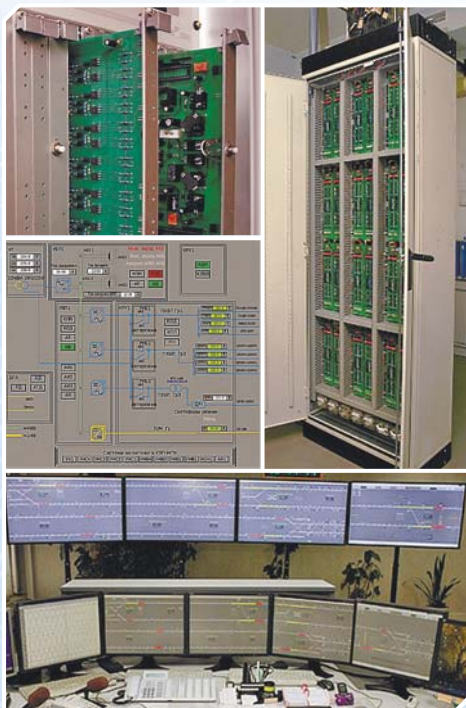
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру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

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

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

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

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



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. Б3-03.
Тел./факс: (343) 221-25-27.

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

