

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

№ 1 (39)
март 2021

I N N O T R A N S

Проектирование и производство рамы
студенческого болида «Формула Студент»

С. 63



Конструктивные
особенности юникара
тропического

Транспортная стратегия
развития Восточного
полигона

О разработке методики
цифрового двойника
тележки ЭС2Г «Ласточка»



ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

ДАТА ОСНОВАНИЯ — 1991 год

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ — объединение ученых, специалистов и руководителей

ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА — проведение исследовательских и научно-технических работ

БОЛЕЕ **660** УЧЕНЫХ

540 ДОКТОРОВ НАУК

БОЛЕЕ **120** КАНДИДАТОВ НАУК

400 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ

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

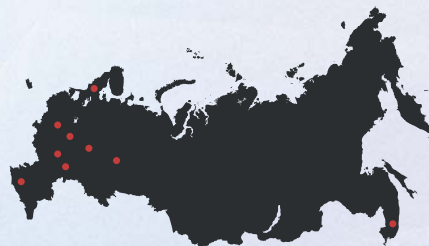
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

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

КТО МОЖЕТ СТАТЬ ЧЛЕНОМ АКАДЕМИИ?

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

- доктора транспорта
- кандидата наук
- доктора наук



2 ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЯ

8 РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОТДЕЛЕНИЙ

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

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

Инновационный транспорт (Иннотранс)

Научно-публицистическое издание

№ 1 (39), 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.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета в ООО «Чемпион». 394036, г. Воронеж, ул. Трудовая, д. 50. Тел. 8-903-654-64-57

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022. Цена 456,86 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X

Подписано в печать 25.03.2021. Дата выхода в свет 12.04.2021

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–160). Заказ № 0149

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

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

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

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 1 (39), 2021

Published since November 2011

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

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

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

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office:

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

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

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

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

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

Released for printing on 25.03.2021. Date of issue 12.04.2021. Offset printing. Circulation 500 copies

© ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, 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

Сабиров Н.Э., Валиев Ш.К.

Исследование ресурсосберегающего потенциала высокоскоростных железнодорожных магистралей и систем железнодорожной автоматики и телемеханики 3

Юницкий А.Э., Гарах В.А., Зайцев А.Д., Цырлин М.И.

Конструктивные особенности юникара тропического для городских перевозок пассажиров 8

Самуйлов В.М., Солохов В.Б.

Транспортная стратегия развития Восточного полигона 16

Организация производства (транспорт)

Громов И.Д., Тихонов П.М. Методологические основы формирования показателей ресурсного обеспечения в организационных сетях (на примере холдинга «РЖД») 20

Абдувахитов Ш.Р., Мерганов А.М., Азимов Ф.К.

Повышение перерабатывающей способности терминала за счет применения DEF и GBYR-анализа 25

Линькова Н.А. Состояние здоровья

как регулятор активной учебной деятельности студентов транспортных вузов 29

Мирахмедов М.М.

Проблема песчаных заносов на железных дорогах 32

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Смолянинов А.В., Дуванов Д.В., Колясов К.М.,

Добычин И.А. О разработке методики цифрового двойника тележки электропоезда «Ласточка» 37

Управление процессами перевозок

Богусевич С.А., Самуйлов В.М., Гашкова Л.В.

Анализ основных проблем по обработке транзитных поездов на внеклассной сортировочной станции Екатеринбург-Сортировочный 45

Расулов М.Х., Исматуллаев А.Ф.

перспективах развития ускоренных контейнерных перевозок в Узбекистане 50

Эксплуатация автомобильного транспорта

Ахтямов Э.Р., Дедюхин А.Ю., Кошкарлов Е.В.

Организация контроля качества автомобильных дорог с использованием лабораторной информационной менеджмент-системы U-LAB 55

Матушкин Л.Н., Неволин Д.Г., Сирин А.В. Проектирование

и производство рамы студенческого болида «Формула Студент» (предпроектные исследования) 63

Матушкин Л.Н., Неволин Д.Г., Сирин А.В. Проектирование

и производство рамы студенческого болида «Формула Студент» (проектно-технологическая часть) 69

CONTENTS

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

Nakip Z. Sabirov, Shamil K. Valiev.

Research of resource-saving potential of high-speed railway lines and railway automation and telemechanics systems 3

Anatoli E. Unitsky, Viktor A. Garakh, Andrei D. Zaitsev,

Michael I. Tsyrlin. Design features of the tropical unicar for urban passenger transport 8

Valeriy M. Samuylov, Vyacheslav B. Solokhov.

Transport strategy for the development of the Eastern Polygon... 16

The organization of production (transport)

Igor D. Gromov, Pavel M. Tikhonov. Methodological bases of formation of indicators of resource provision in organizational networks (on the example of the «Russian Railways Holding»)... 20

Shahboz R. Abduvahitov, Avaz M. Merganov,

Farrukh K. Azimov. Increasing the processing capacity of the terminal through the use of DEF and GBYR analysis 25

Natalia A. Linkova.

The state of health as a regulator of educational activity of students of transport universities 29

Mahamajon M. Mirakhmedov.

The problem of sand drifts on railways 32

Rolling stock, hauling operation and electrification

Alexander V. Smolyaninov, Daniil V. Duvanov,

Konstantin M. Kolyasov, Ivan A. Dobychin. Development of the digital counterpart of the “Lastochka” electric train bogie... 37

Management of transportation processes

Sergey A. Bogushevich, Valeriy M. Samuylov,

Lyudmila V. Gashkova. Analysis of the main problems in handling transit trains at the out-of-class sorting station Yekaterinburg-Sortirovochny 45

Marufdjan X. Rasulov, Azizbek F. Ismatullaev.

Prospects for the development of accelerated container transportation in Uzbekistan 50

Operation of motor transport

Eldar R. Akhtyamov, Alexander Y. Dedyukhin,

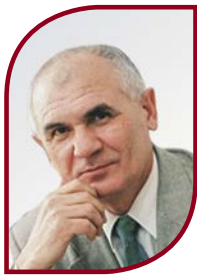
Evgeny V. Koshkarov. Organization of road quality control using the U-LAB laboratory information management system 55

Lev N. Matushkin, Dmitry G. Nevolin, Andrey V. Sirin.

Designing and manufacturing of the student race car “Formula Student” frame (pre-project research) 63

Lev N. Matushkin, Dmitry G. Nevolin, Andrey V. Sirin.

Designing and manufacturing of the student race car “Formula Student” frame (design and technological part) 69



**Накип Закиевич
Сабиров**
Nakip Z. Sabirov



**Шамиль Касымович
Валиев**
Shamil K. Valiev

Исследование ресурсосберегающего потенциала высокоскоростных железнодорожных магистралей и систем железнодорожной автоматики и телемеханики

Research of resource-saving potential of high-speed railway lines and railway automation and telemechanics systems

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы ресурсосбережения на железных дорогах. Выделены подходы к определению сущности ресурсосбережения. Выявлено влияние высокоскоростных железнодорожных магистралей на изменение структуры трудовых ресурсов. Определены задачи совершенствования системы управления ресурсами и специфические ресурсы на железнодорожном транспорте. Особое внимание уделено системам железнодорожной автоматики и телемеханики, при применении которых произойдет значительное сокращение трудозатрат на ВСМ. Приведены удельные энергетические затраты на различных видах транспорта и на один пассажиро-километр.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; высокоскоростные железнодорожные магистрали; системы управления ресурсами; ресурсосберегающие технологии; автоматика и телемеханика; сокращение трудозатрат; расходы на оплату труда; сигнализация, централизация и блокировка; провозная способность; безопасность движения; экономия энергетических затрат; затраты на один пассажиро-километр.

Abstract

The article deals with the issues of resource saving on railways. Approaches to the definition of the essence of resource saving are highlighted. The influence of high-speed railway lines on the change in the structure of labor resources is revealed. The tasks of improving the resource management system and specific resources on railway transport are defined. Special attention is paid to railway automation and telemechanics systems, which will significantly reduce the labor costs of the HSR. The specific energy costs for different types of transport and per passenger-kilometer are given.

Keywords: railway transport; high-speed railway lines; resource management systems; resource-saving technologies; automation and telemechanics; reduction of labor costs; labor costs; signaling, centralization and blocking; carrying capacity; traffic safety; saving energy costs; costs per passenger-kilometer.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-3-7

Авторы Authors

Накип Закиевич Сабиров, канд. экон. наук, младший научный сотрудник Челябинского института путей сообщения — филиала Уральского государственного университета путей сообщения (ЧИПС УрГУПС), Екатеринбург | Шамиль Касымович Валиев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Nakip Zakievich Sabirov, Candidate of Economic Science, Junior Researcher at the Chelyabinsk Institute of Railway Transport — a branch of the Ural State University of Railway Transport (CHIPS USURT), Yekaterinburg | Shamil Kasymovich Valiev, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Chair "Automation, Telemechanics and Communication on Railway Transport" of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg

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

Высокоскоростные железнодорожные магистрали (ВСМ) со скоростями выше 300 км/ч при перевозке пассажиров надежно и эффективно функционируют во многих экономически развитых странах. Россия к настоящему времени только приступает к полномасштабному освоению таких проектов.

Наличие большого количества зарубежных и российских научных разработок, проектных решений по вопросам высокоскоростного движения, практическая реализация многих из них в целом ряде стран не снимают актуальности исследований в данной области. В полной мере это касается систем обеспечения движения поездов, железнодорожной автоматизации и телемеханики, космической навигации, совершенствование которых ведется непрерывно.

Актуальность работы обусловлена и тем, что реализация проектов высокоскоростных магистралей основана на новейших достижениях в сфере электроники, цифровых систем, навигации, производства современных материалов, высокой интенсивности исследований в этих и других областях техники и технологий. В свою очередь сам железнодорожный транспорт выступает катализатором научно-технического прогресса и развития страны. Эти и другие аспекты создания и функционирования ВСМ, рассматриваемые в данной работе, не вызывают сомнений в ее необходимости и актуальности.

Ресурсосбережение можно назвать одной из ключевых проблем хозяйствования и управления, повышения эффективности производства и условием ускоренного социально-экономического развития любой страны. Для железнодорожного транспорта ресурсосбережение имеет большое значение, так как он является одной из самых ресурсоемких частей не только транспортно-комплекса, но и всех отраслей народного хозяйства.

В отечественной литературе чаще всего выделяют следующие подходы к определению сущности ресурсосбережения [1]:

- ресурсосбережение как процесс устранения потерь;
- ресурсосбережение как процесс задействования неиспользуемых резервов;
- ресурсосбережение как процесс интенсификации и повышения эффективности использования факторов производства;
- ресурсосбережение как процесс предотвращения ущерба;
- ресурсосбережение как процесс устранения дефицита факторов производства.

Вопросам ресурсосбережения на железных дорогах всегда уделялось большое внимание. Деятельность в этой сфере носит системный характер и опирается на ведущие мировые разработки в области техники и технологий [2].

Совершенствование системы управления ресурсами на железнодорожном транспорте означает сокращение



Рис. 1. Учебный класс с инновационными тренажерами

потребления топливно-энергетических ресурсов, экономию материальных и человеческих ресурсов. Эти задачи в отрасли решаются на всех стадиях жизненного цикла техники: в научных исследованиях, проектировании, производстве, эксплуатации и утилизации [3].

Ресурсосбережение включает в себя технические средства и технологии, нацеленные на решение следующих ключевых задач [4]:

- снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов;
- снижение затрат на топливно-энергетические ресурсы в стационарной энергетике;
- сокращение эксплуатационных расходов за счет рационального использования материальных ресурсов;
- более эффективное использование трудовых ресурсов в результате применения новых безлюдных и мало обслуживаемых технологий, а также современных систем диагностики и контроля.

В ОАО «РЖД» для решения перечисленных задач был разработан инвестиционный проект «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте», целью которого стало внедрение наукоемких, перспективных ресурсосберегающих технических средств и технологий, направленных на повышение технического уровня предприятий железнодорожного транспорта, снижение эксплуатационных затрат ОАО «РЖД» [5]. В настоящий момент проект реализуется на всех железных дорогах.

На предприятиях железнодорожного транспорта и в учебных заведениях внедряются инновационные тренажеры, в которых сочетаются реальная аппаратура и виртуальная реальность [6]. Инновационные тренажеры снижают электропотребление, имеют небольшие габариты, малую стоимость, размещаются в небольших помещениях, повышают качество обучения. На рис. 1 представлен учебный класс, в котором инновационные тренажеры применяются для изучения систем железнодорожной автоматизации и телемеханики.

Кроме традиционных видов ресурсов (труд, материалы, топливо, электроэнергия и т.д.), потребляемых практически всеми производителями, железнодорожный транспорт в больших количествах используют земельные угодья для полосы отвода, которые серьезно влияют на сохранность природных ресурсов (лес, вода, воздух).

Железнодорожный транспорт нуждается и в таких специфических ресурсах, как собственная провозная способность, мобильность и уровень благосостояния населения, объем предъявляемых для перевозки грузов, развитая сеть других видов транспорта. Размер таких ресурсов определяется не только внешними факторами, но и формируется через функции и деятельность всех транспортных составляющих страны. Последнее обстоятельство требует от перевозчиков не только конкуренции, но и тесного сотрудничества между всеми видами транспорта, их комплексного и планового развития. Например, железные дороги серьезно заинтересованы в увеличении возможностей морских перевозок, мощностей портового хозяйства, в совмещении местонахождения автомобильных и железнодорожных вокзалов и т.д.

Ресурсосберегающие особенности и возможности высокоскоростных железнодородных магистралей требуют более глубокого и полного осмысления в связи с тем, что полномасштабная реализация проектов ВСМ в России в части освоения скоростей более 250 км/час еще только начинается.

Человек, его труд выступают главным ресурсом любого производства. Влияние ВСМ на изменение структуры трудовых ресурсов имеет несколько граней. На железнодородном транспорте, несомненно, сократится потребность в таких профессиях, как работники поездных бригад, особенно проводники. В меньшей степени будут востребованы работники технических станций, занимающиеся экипировкой и обслуживанием традиционных пассажирских поездов, машинисты пассажирских локомотивов, так как значительное повышение скоростей приведет к уменьшению количества соответствующего подвижного состава.

Качественно в лучшую сторону изменится квалификация работников не только пассажирского комплекса, но и других служб железных дорог, особенно обслуживающих системы управления и обеспечения безопасности движения поездов, так как создание ВСМ и последующая их эксплуатация возможны только на основе самых передовых достижений техники и технологий.

Благоприятное влияние высокоскоростные магистрали окажут на состояние и развитие трудовых ресурсов в масштабе регионов, областей, краев и республик. Ключевое значение при этом будут иметь рост мобильности населения и экономия трудовых ресурсов. Возможность проживания людей на достаточно большом расстоянии от места работы позволит рациональнее перераспреде-

лить рабочую силу, приведет к максимальному заполнению рабочих мест, уменьшит уровень безработицы и значительно расширит рынок труда.

За счет конкуренции между работниками повысится эффективность рынка труда и уровень экономической активности населения. Работодатели, имея широкий выбор для найма персонала, в определенной мере даже смогут снижать расходы на заработную плату, что тоже равноценно сбережению затрат труда.

Значительно сократится время в пути при передвижении людей на дальние расстояния. По имеющимся источникам и исследованиям, такое сокращение составит более 20 %. Это приведет к снижению потерь времени, связанных с трудовой деятельностью, и существенно повысит качество жизни.

Сокращение трудозатрат на ВСМ произойдет при использовании микропроцессорных систем железнодородной автоматики и телемеханики (СЖАТ) вместо релейных, систем интервального регулирования без проходных светофоров и при применении централизованного размещения аппаратуры, а также при сокращении количества напольного оборудования, внедрении в эксплуатацию вновь разрабатываемых малообслуживаемых стрелочных переводов и дроссель-трансформаторов. Наибольшее внимания при этом заслуживают вопросы разработки и внедрения новейших систем диагностики и контроля СЖАТ для перехода от регламентных методов обслуживания к обслуживанию по их состоянию.

Снижение расходов на оплату труда в хозяйстве железнодородной автоматики и телемеханики имеет принципиальное значение, так как их удельный вес в общих эксплуатационных затратах дистанций сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) превышает 50 %. В определенной мере решению этой проблемы будет способствовать принятие новой инструкции по техническому обслуживанию и ремонту СЖАТ. Отличительная особенность инструкции заключается в значительном увеличении сроков периодичности выполнения работ по техническому обслуживанию СЖАТ. Однако кардинального поворота к обслуживанию техники по ее состоянию пока не наблюдается. Требуются более широкие исследования в этом направлении.

Доля затрат на содержание хозяйства СЦБ в расходах железных дорог сравнительно небольшая и составляет около 5 %. Однако, являясь основой систем регулирования и безопасности движения поездов, это хозяйство оказывает важнейшее влияние на состояние такого ключевого ресурса железнодородного транспорта, как провозная и пропускная способность. Провозная способность и пропускная способность во многом зависят от перерабатываемых возможностей станций, вида локомотивов и вагонов, состояния путевого хозяйства и ряда других факторов. Но возможность наиболее полной реализации этих факторов

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

в значительной степени определяется уровнем электрической централизации стрелок и сигналов, горочных систем на станциях, видом систем интервального регулирования движения поездов на перегонах. Поэтому технические средства СЦБ на высокоскоростных линиях должны наиболее полно соответствовать требованиям к устройствам пути, электроснабжения, средствам связи, подвижному составу, особенностям конкретных полигонов, требованиям безопасности движения поездов. Например, подвижной состав нужно оборудовать средствами обеспечения остановки поезда у светофора с запрещающим показанием, которые уже в принципе существуют, но нуждаются в доработке, так как при высоких скоростях проблема экстренного торможения состава является довольно сложной задачей. Для этого на локомотив должна поступать информация о количестве не только свободных впереди лежащих блок-участков на перегоне, но и участков пути между поездными светофорами на станциях по пути следования поезда.

Диспетчерская централизация, кроме традиционных функций, должна дополнительно обеспечивать автоматическую установку маршрутов при включении режима высокоскоростного движения, а также регистрацию и контроль действий технических средств и дежурного персонала по управлению движением. При высокоскоростном движении должны отключаться системы автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда, если они не доработаны для скоростей выше 250 км/ч. После прохождения высокоскоростного поезда они должны возвращаться в обычный режим работы.

Для увеличения провозной способности и безопасности движения полигонов ВСМ необходимо повышать отказоустойчивость электрической централизации и автоблокировки с помощью систем счета осей для контроля свободности участков пути, диагностики прилегания остряка к рамному рельсу и подвижного сердечника крестовины к усовику стрелочных переводов, контроля технического состояния других устройств СЦБ. Пропускную способность участков необходимо увеличивать за счет пропуска поездов в обоих направлениях по каждому пути перегона при условии движения поездов по неправильному пути по сигналам АЛСН со скоростью не выше 160 км/ч.

Сбережению трудовых и материальных ресурсов будет способствовать также то, что устройства электрической централизации и автоблокировки оборудуются рельсовыми цепями без изолирующих стыков на перегонах и минимальным количеством изолирующих стыков на главных путях станций. Аппаратуру системы автоблокировки необходимо размещать на постах ЭЦ, в транспортательных модулях прилегающих станций, а в некоторых исключительных случаях — в транспортательных модулях на перегоне.

ОАО «РЖД» является одним из крупнейших потребителей топливно-энергетических ресурсов и ежегодно расходует около 5 % всей потребленной в стране электроэнергии, а также 11 % от всего расхода дизельного топлива по России. Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в общих эксплуатационных расходах компании в последние годы колеблется в пределах 13–15 %, поэтому вопросы энергосбережения остаются для ОАО «РЖД» одним из приоритетных направлений снижения производственных издержек [7].

Высокоскоростные магистрали позволяют существенно экономить энергетические затраты не только в отрасли, но и в стране. Работая на электрической тяге, они не потребляют углеводородное сырье, практически отсутствуют вредные выбросы в атмосферу, как это происходит на автомобильном и авиационном транспорте. Повышение скоростей движения транспортных средств дает значительную экономию не только времени, но и удельных расходов практически всех ресурсов, включая энергетические затраты. Этот эффект наиболее полно проявляется при массовых перевозках на дальние расстояния, что характерно для железнодорожного транспорта в целом и для ВСМ в частности.

Удельный расход энергии (УРЭ) на различных видах транспорта характеризуется следующими показателями [8], приведенными на рис. 2.

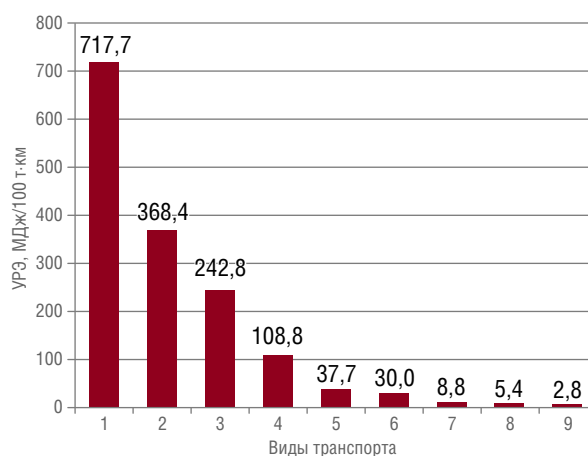


Рис. 2. Удельный расход энергии на различных видах транспорта:

- 1 — автомобили малой грузоподъемности; 2 — газопроводы;
- 3 — автомобили средней грузоподъемности; 4 — автомобили большой грузоподъемности; 5 — речной транспорт;
- 6 — морской транспорт; 7 — железнодорожный транспорт при тепловозной тяге; 8 — нефтепроводы;
- 9 — железнодорожный транспорт при электрической тяге

Учитывая, что перевозка одного пассажира на 1 км по себестоимости обычно равняется стоимости транспортировки одной тонны груза, а высокоскоростные линии всегда электрифицированы, приведенная статистика однозначно показывает преимущество ВСМ в потреблении энергии.

Если принять энергетические затраты традиционного железнодорожного транспорта за единицу, то удельные энергетические затраты (УЭЗ) на один пассажиро-километр в условных единицах по видам транспорта будут представлены следующими показателями [9] (рис. 3).



Рис. 3. Удельные энергетические затраты на различных видах транспорта:
1 — самолеты; 2 — легковые автомобили;
3 — междугородние автобусы; 4 — скоростные железные дороги

При строительстве железнодорожных линий происходит значительное уменьшение отчуждения земли, чем при сооружении автодорог. Следовательно, потери сельскохозяйственных угодий и масштабы вырубки леса в стране будут сокращаться. При этом следует иметь в виду, что линии высокоскоростных магистралей, особенно в больших городах, зачастую создаются без балластной призмы, на специальных эстакадах или в тоннелях (например, под Ла-Маншем между Францией и Англией). Большие финансовые затраты при этом окупаются экономией земли, стоимость которой в крупных мегаполисах порой достигает немислимых сумм.

Выводы

Ресурсосберегающие возможности ВСМ имеют огромное народнохозяйственное значение и требуют более глубокого и полного осмысления в связи с тем, что полномасштабная реализация проектов в части освоения высоких скоростей в России еще только разворачивается. Главный ресурсосберегающий эффект заключается в кратном сокращении времени в пути пассажиров, что приводит к пространственному перераспределению и более рациональному использованию рабочей силы, углублению рынка труда, а также экономит свободное время человека, способствует его гармоничному развитию.

Сравнивая высокоскоростные магистрали с другими традиционными видами транспорта, можно утверждать, что на ВСМ значительно сокращены удельные энергетические затраты на перевозку одного пассажира, снижено потребление углеводородного сырья, уменьшаются вредные выбросы в окружающую среду. В отличие от автотранспорта реже отчуждаются земельные и лесные угодья страны. На железнодорожном транспорте повышается провозная способность, уменьшается потребление трудовых и материальных ресурсов, особенно в пассажирском хозяйстве и при эксплуатации СЖАТ.

Несмотря на значительные затраты при строительстве ВСМ, последующая их эксплуатация будет иметь неоспоримо больший ресурсосберегающий эффект для народного хозяйства страны в сравнении с другими видами транспорта. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Чикишев Д. В. Ресурсосбережение как экономическая категория // Транспортное дело России. — 2011. — № 3. — С. 118–120. — ISSN 2072–8689.
2. Мишарин А. С. Ресурсосбережение на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт. — 2000. — № 10. — С. 9–13. — ISSN 0044–4448.
3. Зубрев Н. И., Устинова М. В. Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте : учеб. пособие. — М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. — 392 с. — ISBN 978-5-89035-809-7.
4. Васюкевич Е. Б. Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте // Путь и путевое хозяйство. — 2011. — № 1. — С. 8–13. — ISSN 0131–5765.
5. Официальный сайт компании ОАО «РЖД». — URL: <http://rzd.ru>.
6. Валиев Ш. К., Дубров И. А. Инновационные тренажеры систем автоматизации и телемеханики // Инновационный транспорт. — 2020. — № 1 (35). — С. 46–50. — ISSN 2311–164X.
7. Чернышова Л. И. Роль ресурсосбережения в оптимизации затрат предприятий железнодорожного транспорта // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. — 2016. — № 11 (93). — С. 20. — eISSN 1999–4516.
8. URL: <https://locomo.ru/info/energeticheskie-pokazateli-razlichnyh-vidov-transporta.html>.
9. URL: <https://bstudy.net>.

Объем статьи: 0,51 авторских листа



Анатолий Эдуардович
Юницкий

Anatoli E. Unitsky



Виктор Александрович
Гарах

Viktar A. Harakh



Андрей Дмитриевич
Зайцев

Andrei D. Zaitsev



Михаил Иосифович
Цырлин

Michael I. Tsyrlin

Конструктивные особенности юникара тропического для городских перевозок пассажира

Design features of the tropical unicar for urban passenger transport

Аннотация

В работе исследуются конструктивные особенности юникара тропического для городских пассажирских перевозок. Дано описание устройства основных узлов юникара, представлены его преимущества перед базовой моделью.

Ключевые слова: струнный транспорт, пассажирские перевозки, городской транспорт, юникар тропический.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-8-15

Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@unitsky.com | Виктор Александрович Гарах, заместитель генерального конструктора по конструированию ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: v.garah@unitsky.com | Андрей Дмитриевич Зайцев, начальник управления подвижного состава ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a.zaytsev@unitsky.com | Михаил Иосифович Цырлин, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование» Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ), Гомель; e-mail: tsirlin1962@gmail.com

Anatoli E. Unitsky, General designer, Unitsky String Technologies Co., Minsk; e-mail: a@unitsky.com | Viktar A. Harakh, deputy General design for engineer for project engineering, Unitsky String Technologies Co, Minsk; e-mail: v.garah@unitsky.com | Andrei D. Zaitsev, head of rolling stock department, Unitsky String Technologies Co, Minsk; e-mail: a.zaytsev@unitsky.com | Michael I. Tsyrlin, candidate of technical science, associate Professor, «Transport-technology machine and equipment» Department, Belarusian State University of Transport (BelSUT), Gomel; e-mail: tsirlin1962@gmail.com

В настоящее время перспективным видом транспорта, готовым осуществлять грузопассажирские перевозки, стал струнный транспорт UST (струнный транспорт Юницкого), признанный инновационным Министерством транспорта России в 2017 г. Принцип действия струнного транспорта заключается в перемещении беспилотных навесных и подвесных транспортных средств со стальными колесами за счет электрической тяги по неразрезной предварительно напряженной рельсо-струнной путевой структуре [1]. Данная технология реализуется ЗАО «Струнные технологии» в «ЭкоТехно-Парке» (Марьино Горка, Республика Беларусь) и в инновационном центре SkyWay (Шарджа, Объединенные Арабские Эмираты).

В ЗАО «Струнные технологии» разработана целая линейка транспортных средств, предназначенных для разных целей и форматов перевозок. Наиболее комфортным видом транспорта для будущих пассажирских перевозок внутри города является юникар.

Юникар — бирельсовый подвесной электромобиль на стальных колесах (юнимобиль) для перевозки пассажиров по рельсо-струнной эстакаде со скоростью до 150 км/ч [2]. Малогабаритный (длина 4,7 м) и комфортный (6 сидячих мест), юникар значительно разгрузит городские улицы. При этом он обеспечит более высокую пропускную способность транспортной системы, чем, например, внушительные по размерам, стоимости и вместимости железнодорожные поезда и автобусы, которые именно из-за своих габаритов не могут следовать друг за другом с большой частотой.

Юникар является беспилотным транспортным средством, управление осуществляется в автоматическом режиме без присутствия водителя (оператора).

На базе транспортного средства юникар U4-430 разработано модифицированное транспортное средство юникар U4-431-01 в тропическом исполнении для регионов с жарким и влажным климатом (рис. 1).

Тропический юникар имеет практически максимальную комплектацию и прошел ряд модернизаций относительно базовой модели, необходимых для адаптации машины к жаркому климату и повышенной влажности и обеспечения безопасности и комфортных условий для пассажиров, в частности:

- верхний температурный предел эксплуатации транспортного средства увеличен до +55 °С;
- производительность модульной системы микроклимата увеличена на 60 % для обеспечения поддержания минимальной температуры в салоне на уровне 23 °С при температуре окружающей среды +55 °С;
- снижен до 67 дБА уровень шума в салоне, внешний шум не превышает 70 дБА;
- обеспечен требуемый уровень надежности и безотказности путем агрегатного и функционального



Рис. 1. Общий вид юникара тропического

дублирования всех основных систем и соответствующим увеличением энерговооруженности изделия;

- обеспечен требуемый уровень функциональной безопасности путем применения аппаратно-программного комплекса, построенного по стандартам SIL и включающего уникальные решения UST в части систем предотвращения аварийных ситуаций;
- обеспечен требуемый уровень конструктивной безопасности транспортного средства в целом, в том числе обитаемого отсека, за счет применения специальных материалов остекления;
- комплектация предусматривает также возможность персонального VIP-исполнения салона, включающего два высококомфортабельных места для отдыха и два места для работы персонала и оборудованного не только удобствами быта, но и мультимедиа-системой для удаленного ведения бизнеса.

Габаритные размеры юникара-Т U4-431-01 приведены на рис. 2, технические характеристики — в табл. 1 [3].

В настоящее время тропический юникар в варианте VIP-исполнения проходит испытания и подготавливается к сертификации в инновационном центре SkyWay (Шарджа, ОАЭ).

Юникар-Т имеет модульную конструкцию, основными узлами исполнения являются тяговый модуль, пассажирский модуль и обтекатели (рис. 3).

Тяговый модуль предназначен для обеспечения движения юникара-Т с возможностью изменения скорости, направления, ускорения и остановки транспортного средства. Тяговый модуль, представленный на рис. 4, состоит из тяговой тележки 1, токоприемников 2 и электрооборудования тягового модуля 3.

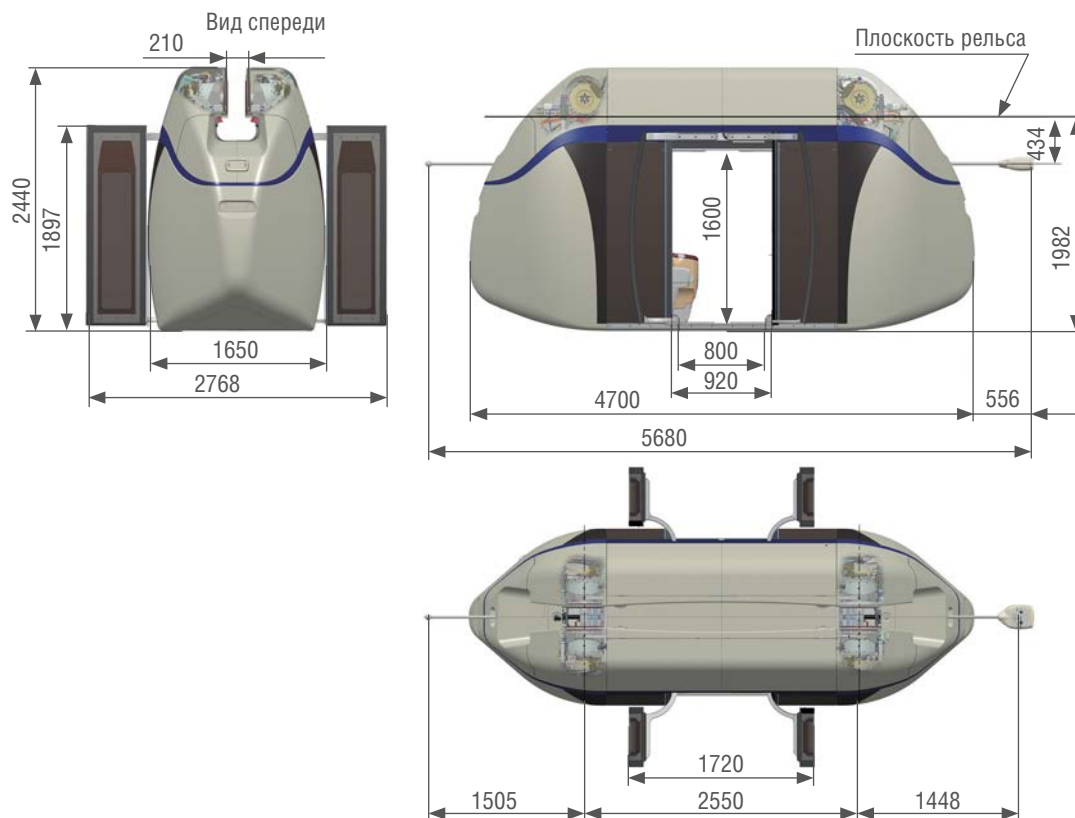


Рис. 2. Габаритные размеры юникара-Т

Таблица 1

Технические характеристики юникара-Т U4-431-01

Параметры	Значение
Пассажировместимость, чел.	4; 6
Количество мест для сидения, чел.	4; 6
Снаряженная масса, кг	4200
Технически допустимая максимальная масса, кг	4550
Конструктивная скорость, км/ч	150
Эксплуатационная скорость, км/ч	120
Пробег в автономном режиме при скорости 100 км/ч, км	200
Расход электроэнергии на скорости 100 км/ч при пересчете в топливо, кг/пасс.×100 км	0,5
Максимальная производительность транспортного комплекса, пасс./ч в обе стороны	7000
Минимальный интервал на линии между одиночными юникарами в электронной сцепке, с	5
Максимальное количество юникаров в жесткой или электронной сцепке	7
Минимальный интервал движения, с	20

Тяговая тележка состоит из опорных колес 17, переднего 10 и заднего 4 аварийно-буксировочного устройства (АБУ), передней 15 и задней 5 подвески, переднего 14 и заднего 6 боковых колес, фрикционных тормозов 9 и стояночного тормоза 7, двух контуров системы охлаждения 8, рамы 11, двух тележек 12, отбойников препятствий 13, электродвигателей 16.

Рама тяговой тележки (рис. 5) представляет собой жесткую раму 4, к которой крепятся подпоры 2 и перекладины 5. Между рамой 4 и пассажирским модулем имеются упругие элементы — виброизоляторы 3, которые гасят возникающие при движении вертикальные колебания, изолируют возникающий в тяговом модуле шум и могут принимать на себя большие горизонтальные усилия. На тележку 1 жестко установлены электромоторы, ступичные узлы с опорными колесами, боковые колеса, отбойники препятствий, а также элементы подвески, связывающие ее с рамой.

Тележка и рама тягового модуля являются несущими элементами конструкции транспортного средства.

На тележку тягового модуля устанавливаются четыре опорных колеса, связанных с четырьмя электродвигателями, и четыре боковых колеса с постоянным поджимом, центрирующих транспортное средство на рельсе в процессе движения и являющихся противосходной системой.

Подвеска юникара предназначена для восприятия действующих внешних и инерционных сил со стороны колесных движителей и транспортного модуля, гашения возникающих колебаний и, соответственно, обеспечения требуемого уровня комфорта (рис. 6). Подвеска состоит из упругих, направляющих, демпфирующих элементов, стабилизатора поперечной устойчивости и элементов крепления.

Подвеска юникара гидропневматическая, зависимая, на двойных поперечных рычагах.

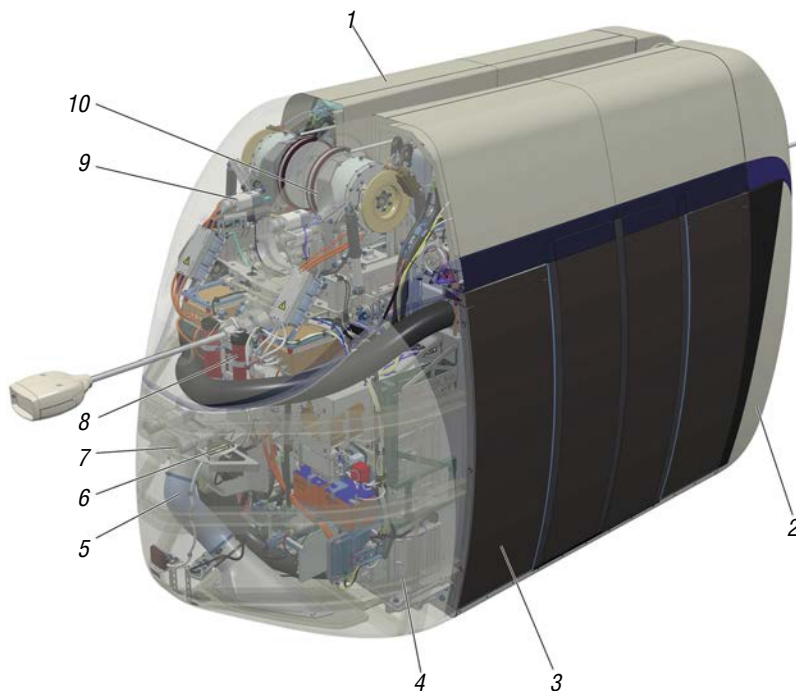


Рис. 3. Конструкция юникара-Т:

- 1 — оперение тягового модуля; 2 — обтекатель; 3 — пассажирский модуль;
- 4 — система питания; 5 — система микроклимата;
- 6 — дополнительное электрооборудование;
- 7 — оборудование связи и технического зрения (в пассажирском модуле);
- 8 — система пожаротушения;
- 9 — оборудование связи и технического зрения (в тяговом модуле);
- 10 — тяговый модуль

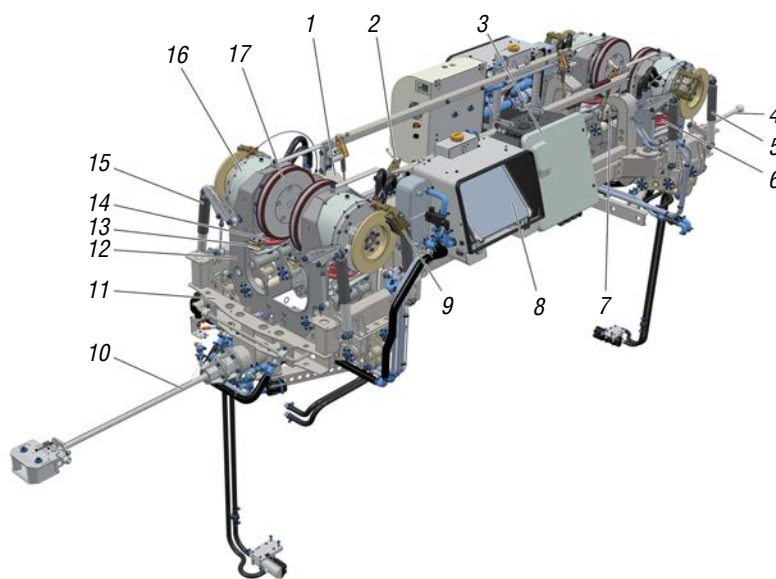


Рис. 4. Тяговый модуль юникара:

- 1 — тяговая тележка; 2 — токоприемник; 3 — электрооборудование тягового модуля;
- 4 — заднее АБУ; 5 — подвеска (задняя); 6 — боковое колесо (заднее);
- 7 — стояночный тормоз; 8 — система охлаждения; 9 — фрикционный тормоз;
- 10 — переднее АБУ; 11 — рама; 12 — тележка; 13 — отбойник препятствий;
- 14 — боковое колесо (переднее); 15 — подвеска (передняя);
- 16 — электродвигатель; 17 — опорное колесо

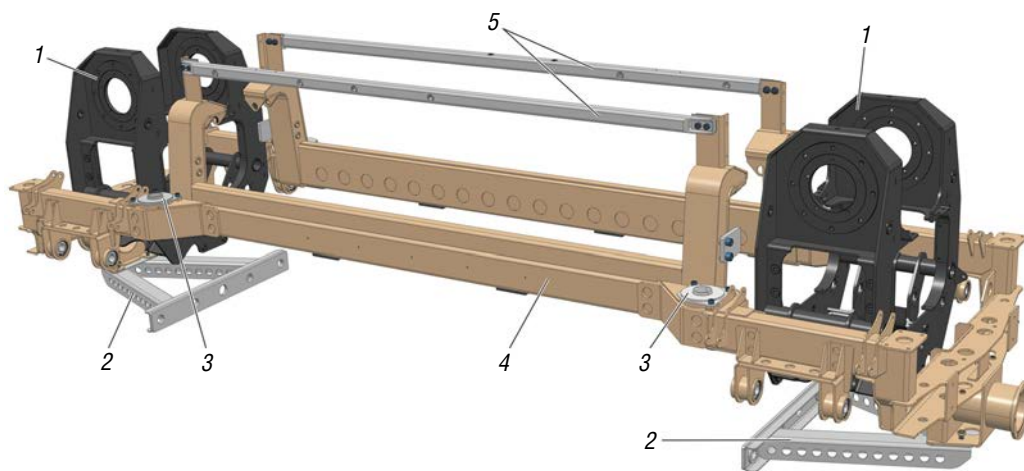


Рис. 5. Рама тяговой тележки:
1 — тележка; 2 — подпор; 3 — виброизолятор; 4 — рама; 5 — перекладина

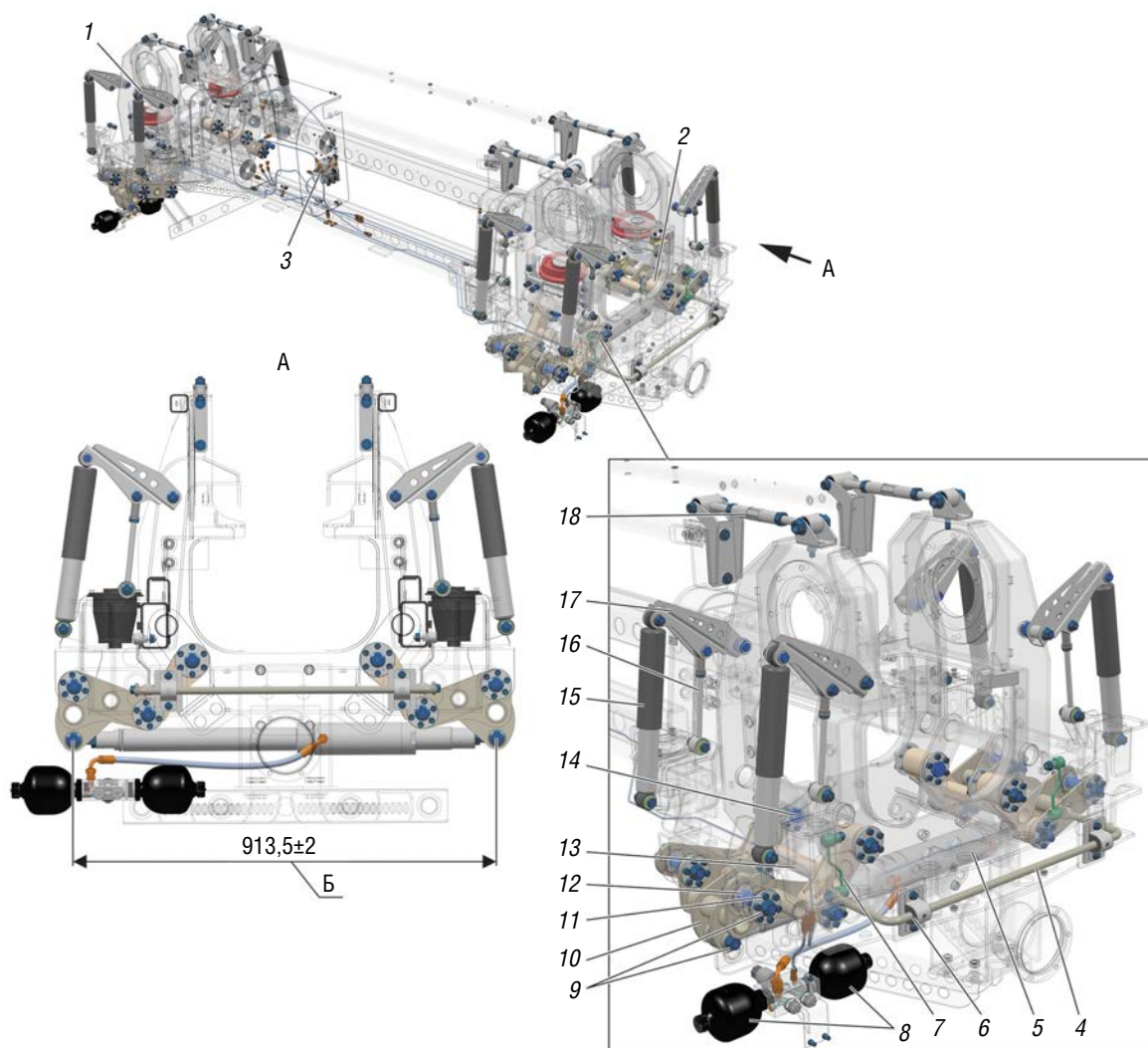


Рис. 6. Подвеска юникара:
1 — задняя подвеска; 2 — передняя подвеска; 3 — блок подвески; 4 — штанга; 5 — гидростойка; 6 — втулка;
7 — стойка стабилизатора; 8 — ПГА; 9 — гайка; 10 — рычаг; 11 — винт; 12 — ось; 13 — рычаг промежуточный;
14 — ось; 15 — амортизатор; 16 — штанга; 17 — рычаг; 18 — штанга

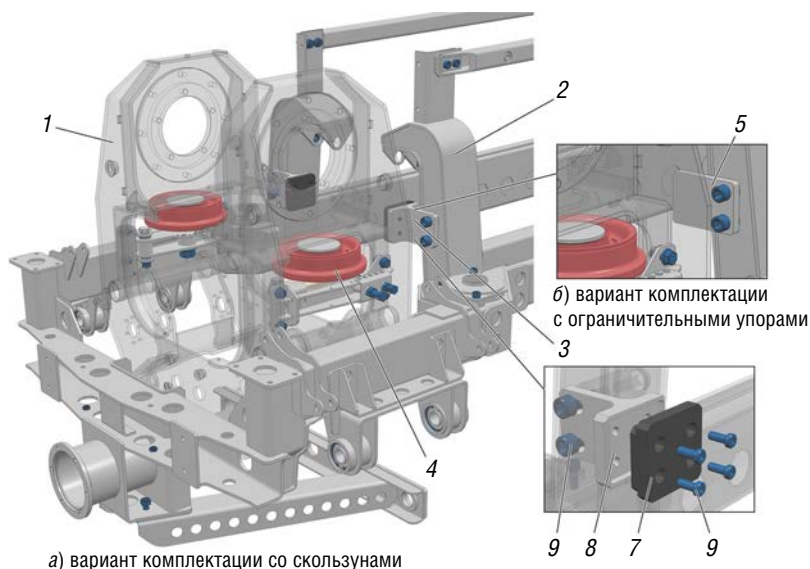
Упругим элементом подвески является пневмогидроаккумулятор (ПГА) 8 с предварительно закаченным в него под давлением азотом. Усилие от колеса на упругий элемент подвески передается через гидростойку 5, которая также позволяет выполнять регулировку положения транспортного средства в вертикальной плоскости по отношению к перрону и рельсу. Рычаги 10 и 13 являются несущими силовыми элементами подвески, которые соединены через резинометаллические шарниры (сайлентблоки) между собой и рамой тягового модуля.

Для уменьшения амплитуды колебаний пассажирского модуля, вызванных работой упругого элемента подвески, установлены амортизаторы 15. Для уменьшения поперечного крена пассажирского модуля установлен стабилизатор поперечной устойчивости, который представляет собой штангу 4, соединенную через стойки стабилизатора 7 с тележкой юникара.

Антисходовая система транспортного средства состоит из двух подсистем (рис. 7). Первая подсистема исключает поперечный увод транспортного средства на рельсовом пути и имеет две степени защиты:

- первая степень обеспечивается конструкцией, состоящей из четырех боковых колес 4. Боковые колеса 4 прижаты к рельсу через упругие элементы и имеют механическое ограничение обратного хода на величину 5 мм каждый. Таким образом, отклонение траектории пути транспортного средства от условной продольной оси рельсового пути составляет ± 5 мм;
- вторая степень обеспечивается системой ограничителей упоров 5 или скользящих 3, в зависимости от комплектации, и не допускает сход колеса с рельса при неисправной системе первой степени.

Вторая подсистема исключает падение транспортного средства с рельсового пути при столкнове-



а) вариант комплектации со скользящими

Рис. 7. Антисходовая система юникара:
1 — тележка; 2 — рама; 3 — скользящий; 4 — боковое колесо;
5 — ограничительный упор; 6 — винт; 7 — вкладыш; 8 — кронштейн; 9 — винт

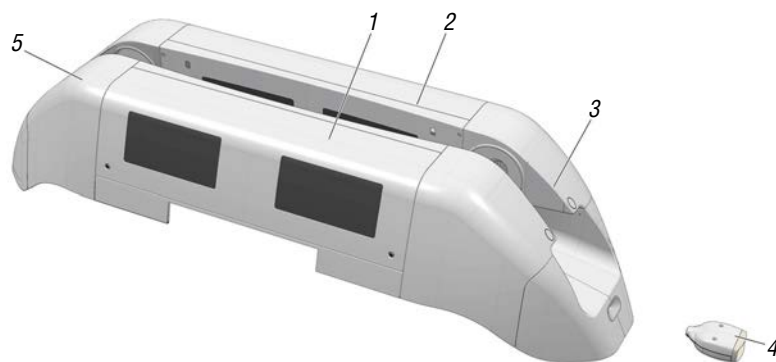


Рис. 8. Облицовка тягового модуля:

1 — капот (правый); 2 — капот (левый); 3 — обтекатель (передний);
4 — обтекатель АБУ; 5 — обтекатель (задний)

нии, разрушении основных несущих элементов конструкции, например, опорного колеса, рычагов подвески и т.д. Безопасность достигается за счет конструкции, обеспечивающей геометрическую проходимость только в специально предназначенных для этого участках пути. Поэтому транспортное средство заводится на рельс в специально предназначенных для этого участках пути.

Отбойники препятствий являются пассивным защитным элементом колесного движителя и служат для удаления препятствий с поверхности рельса на путевой структуре.

Облицовка тягового модуля юникара выполнена из стеклопластиковых обтекателей 3 и 4 и капотов 1 и 2 (рис. 8). В задние обтекатели 5 устанавливаются аварийно-буксировочные устройства (АБУ).

Пассажирский модуль предназначен для перевозки сидящих пассажиров (рис. 9) и имеет пылеводонепроницаемую сборную конструкцию с внутренней обшивкой, сиденьями и подлокотниками, остеклением, дверями, обтекателями, а также компонентами климатической системы, освещения, системы звукового и видеoinформирования и дуплексной речевой связи.

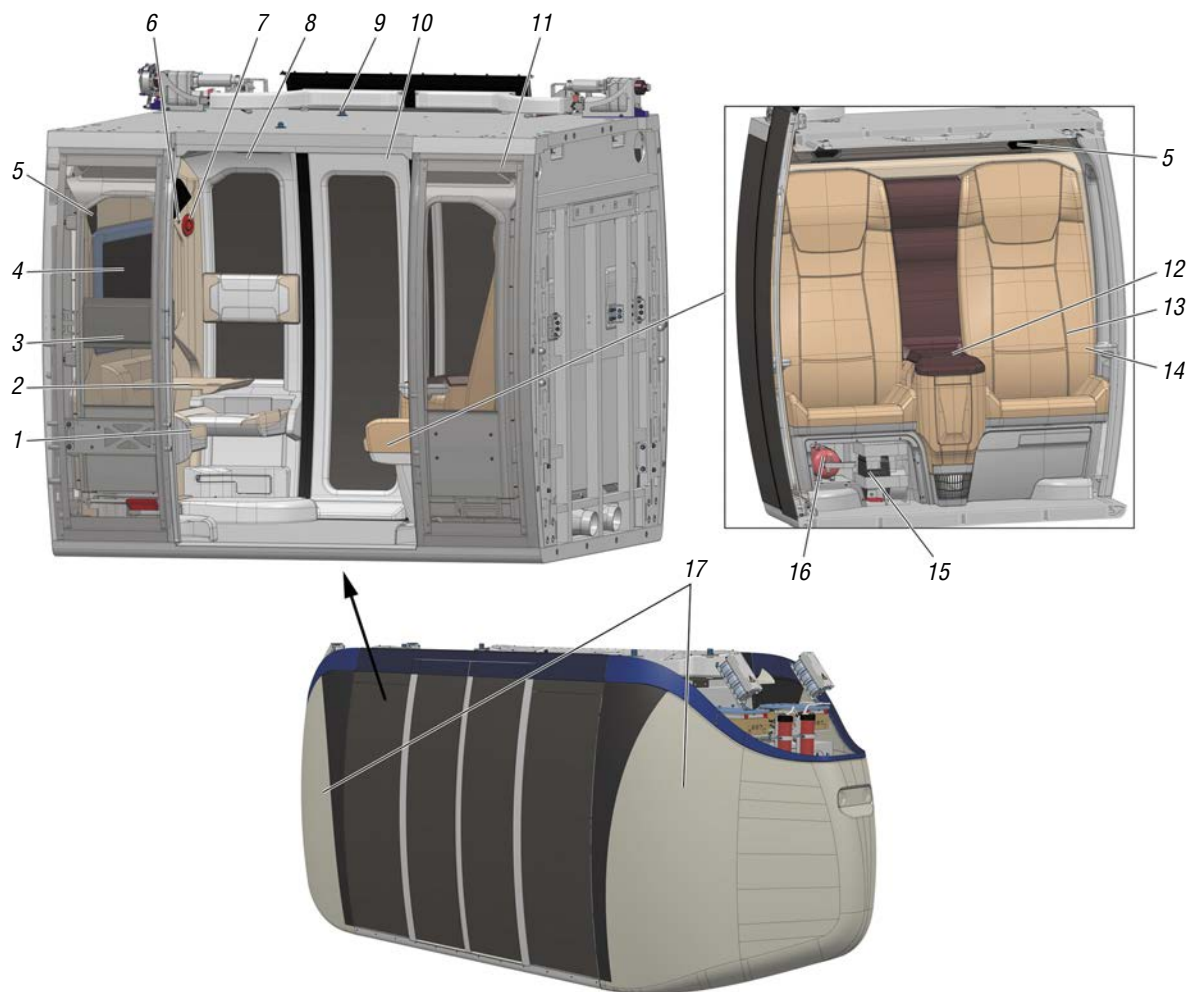


Рис. 9. Пассажирский модуль юникара в VIP-исполнении:
 1 — сервис-сиденье; 2 — откидной столик; 3 — подплечник; 4 — монитор; 5 — динамик;
 6 — микрофон; 7 — кнопка экстренной связи с диспетчером; 8 — панели интерьера;
 9 — кронштейн крепления устройства канатно-спускового (УКС); 10 — дверь; 11 — остекление; 12 — холодильник;
 13 — сиденье VIP-пассажиров; 14 — подлокотник; 15 — УКС; 16 — огнетушитель; 17 — обтекатель

Пассажирский модуль юникара — каркасный цельноносварной, вагонного типа, несущий с сэндвич-панелями, с термо- и шумоизоляцией, двумя дверными проемами и окнами из закаленного теплоотражающего стекла. Внутренняя обшивка из композитных материалов (стеклопластика).

Силовой каркас состоит из сварного каркаса, сэндвич-пола и сэндвич-крыши. На каркасе предусмотрены места для соединения с тяговым модулем и установки других систем.

Крыша, так же как и пол, выполнена в виде трехслойной сэндвич-панели.

Каркас состоит из профильных труб прямоугольного сечения. Между вертикальными стойками карка-

са, полом и крышей вклеены стеклопакеты из закаленного низкоэмиссионного стекла.

Обтекатель пассажирского модуля юникара представляет собой стеклопластиковую панель с каркасом, дополнительно укреплен усилителем и закрыт с внутренней стороны шумоизоляцией 3 (рис. 10). Для обслуживания оборудования, находящегося в подкапотном пространстве, предусмотрен технологический люк обтекателя 6.

Внутренняя обшивка пассажирского модуля выполнена из высококачественных неогнеопасных композитных и тканевых материалов.

В будущем юникар, который отличается вместимостью, комфортностью и безопасностью движения, сможет стать идеальной заменой личного транспорта. **ИТ**

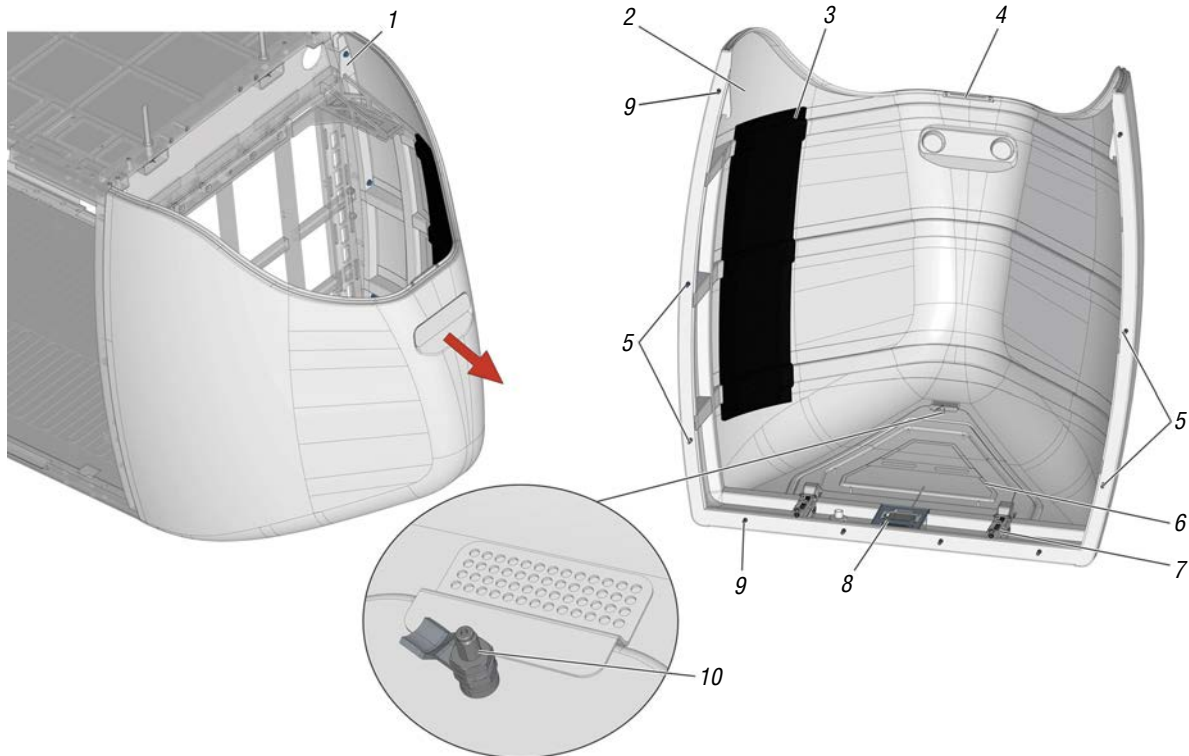


Рис. 10. Обтекатель пассажирского модуля юникара:

1 — пластина; 2 — обтекатель; 3 — шумоизоляция; 4 — замок; 5 — направляющая шпилька; 6 — люк обтекателя; 7 — петля; 8 — лючок зарядки накопителя энергии; 9 — винт; 10 — замок

Список литературы / Reference

1. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. — Силакрогс : ПНБ принт, 2019. — 576 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. Средство транспортное Юникар U4-431. Руководство по эксплуатации. — Минск : ЗАО «Струнные технологии», 2018. — 220 с.

Объем статьи: 0,86 авторских листа



Валерий Михайлович
Самуйлов

Valeriy M. Samuylov



Вячеслав Борисович
Солохов

Vyacheslav B. Solokhov

Транспортная стратегия развития Восточного полигона

Transport strategy for the development of the Eastern Polygon

Аннотация

В статье рассмотрены основные задачи стратегии развития Восточного полигона в условиях высокой загрузки отдельных участков, которые способствуют интеграции его в евразийскую транспортную систему. Представлена программа модернизации, сформулированы предложения по менеджменту, которые учитывают особенности Восточного полигона.

Ключевые слова: транспортная стратегия, Восточный полигон, комплексная программа, железнодорожные магистрали.

Abstract

The article considers the main objectives of the strategy for the development of the Eastern polygon under conditions of high loading of its individual sections, which contribute to its integration into the Eurasian transport system. The program of its modernization is presented, and management proposals are formulated that take into account the features of the Eastern Polygon.

Keywords: transport strategy, Eastern polygon, integrated program, railway lines.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-16-19

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 | Вячеслав Борисович Солохов, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: slavasolohov@mail.ru

Valeriy Mikhailovich 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), Ekaterinburg; e-mail: Samuilov-sv@convex.ru | Vyacheslav Borisovich Solokhov, Post-graduate student of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: slavasolohov@mail.ru

Восточный полигон российских железных дорог является составной и очень важной частью сразу нескольких международных коридоров Евразийского континента (рис. 1).

Каждая из его основных магистралей играет ключевую роль в развитии восточной части России и выполняет следующие задачи:

1. Транспортировка грузов из европейской части страны, богатых полезными ископаемыми регионов Уральского федерального округа, а также Сибири к морским портам Приморского края, Хабаровского края и северо-восточной части Китая, откуда они водным транспортом попадают на перспективные рынки Тайваня, Сингапура, Японии и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Перевозки осуществляются как по территории Российской Федерации, так и транзитом через Монголию и Китай посредством железнодорожных пограничных перевалочных переходов (например, через станции Забайкальск и Гродеково), с возможной сменой ширины колеи. Так, на долю железнодорожного транспорта Дальнего Востока приходится свыше 80 % грузооборота.

2. Обеспечение внутреннего пассажирооборота на удаленных от центра и значительных по площадям территориях Дальнего Востока, на долю которого приходится около 40 % [1].

Восточный полигон включает в себя четыре железные дороги: Красноярскую, Восточно-Сибирскую, Забайкальскую и Дальневосточную. Он обеспечивает транспортные перевозки 14 субъектов Российской Федера-

ции и осуществляет транзит для всей страны. Эксплуатационная длина железных дорог составляет 11 тыс. км. Полигон имеет 810 железнодорожных станций, семь из которых — сортировочные.

Обновление и расширение сети железнодорожного транспорта — одна из важнейших задач для поддержания транспортного единства Российской Федерации и повышения скорости и качества грузовых и пассажирских перевозок. Основываясь на материалах тезисов совещания о параметрах финансового плана и инвестиционной программы ОАО «РЖД» от 8 декабря 2020 г., можно утверждать, что отдельная задача для транспортной отрасли — это реализация Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры Восточного полигона: проект «Транссиб за 7 суток», проекты «Междуреченск — Тайшет» и «Артышта — Междуреченск — Тайшет» и, в особенности, модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей в несколько этапов (рис. 2). Кроме того, Президентом РФ В. В. Путиным неоднократно подчеркивалось уже в январе 2021 г., что данный проект носит стратегический характер и принесет долгосрочный комплексный эффект как для отдельных территорий и регионов, так и для всей страны. Кроме того, он дает нагрузку строительным мощностям, обеспечивает заказами отечественных поставщиков и подрядчиков, позволяет создавать новые качественные рабочие места.



Рис. 1. Восточный полигон — БАМ и Транссиб



Рис. 2. Программы модернизации инфраструктуры Восточного полигона ОАО «РЖД»

На ближайшие годы намечен рост инвестиций в развитие Восточного полигона в условиях экономических ограничений. Сегодня это, безусловно, один из важнейших участков, на котором ведется работа по реконструкции. Значимость Восточного полигона в железнодорожных грузоперевозках по России подчеркивается тем, что ключевым фактором роста грузооборота страны являются перевозки экспортных грузов по направлениям Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей [2]. Так, например, по итогам первого этапа развития этих направлений в 2019 г. по железной дороге в направлении Дальнего Востока было перевезено свыше 114 млн т экспортных грузов, что в два раза больше уровня базового 2012 г. (58,1 млн т). В 2020 г. этот показатель несколько снизился в связи с пандемией коронавируса, но, несмотря на это, составил значительные 102,7 млн т. Таким образом, ОАО «РЖД» уже достигнут целевой показатель прироста провозной способности Восточного полигона в +55 млн т грузов к уровню 2012 г. По результатам реализации программы компания планирует перевезти на Дальний Восток до 124,9 млн т грузов за год и таким образом выйти на максимальный установленный показатель прироста +66,8 млн т [3]. Учитывая, что экспорт из Российской Федерации в Китай и другие страны АТР стабильно растет (в особенности лесные грузы, руда и каменный уголь), данная цель является достижимой [2].

Первостепенные проблемы, которые требуют решения для развития данного транспортного коридора, описываются следующим образом [4, 5]:

- 1) увеличение конкурентоспособности сквозной ставки на направлении;
- 2) ввод единых информационных технологий и электронного оборота документов в постоянном взаимодействии с пограничными и таможенными органами;
- 3) исключение разногласий в нормах государственного и международного транспортного права;
- 4) обеспечение эффективного технологического взаимодействия всех видов транспорта;

5) приведение железнодорожных и интермодальных транспортных продуктов в соответствие с международными стандартами сохранности грузов и безопасности.

Программа модернизации Восточного полигона является частью планов грузоотправителей по наращиванию поставок. Так, например, программа модернизации Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей взаимосвязана с целевыми показателями проекта Программы развития угольной промышленности Российской Федерации до 2035 г. [6]. Несмотря на это, уже на данном этапе можно отметить прогресс в реализации этих проектов. В 2019 г. в направлении Дальнего Востока перевезено свыше 114 млн т экспортных грузов, при этом загрузка участков железной дороги Восточного полигона в направлении Тихого океана была близка к критической: около 50 % участков было загружено более чем на 95 %. Самые загруженные участки — западная часть Байкало-Амурской магистрали (участки Таксимо — Тында, Северомуйский тоннель), сегменты Транссиба (Чернышевск — Хабаровск, Тайшет — Петровский завод) [7].

В ходе реализации дата завершения первого этапа программы модернизации БАМа и Транссиба переносилась сначала с 2017 на 2020 г., а в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 4 апреля 2020 г. срок был перенесен на 2021 г. Кроме того, исходя из инвестиционного плана ОАО «РЖД», принятого в ноябре 2019 г., финансирование второго этапа модернизации БАМа и Транссиба, а также проектов «Транссиб за 7 суток» и «Артышта — Тайшет» на ближайшие три года (2020–2022 гг.) было сокращено суммарно на 161 млрд рублей (на 31 %) относительно изначальных планов, зафиксированных в Долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» (март 2019 г.) [8, 9].

Вопреки всем позитивным результатам, на данный момент сохраняется проблема критической загрузки железных дорог Восточного полигона. Постоянные сдвиги сроков и корректировки в принимаемых долгосрочных программах развития приводят к тому, что грузо-

отправители вынуждены уделять большое внимание учету рисков в части расширения инфраструктуры региона ОАО «РЖД». Существует несколько вариантов сведения к минимуму этой проблемы. По первому из них заинтересованные представители грузоотправителей вовлекаются в развитие некоторых участков железнодорожных линий с помощью механизмов государственно-частного партнерства. Второй предполагает введение тяжеловесного движения и применение технологии интервального регулирования (синхронное движение поездов в одном направлении на минимальном расстоянии друг от друга), за счет чего можно повысить провозную способность. Помимо этого, выделяется вариант с использованием специальных тарифов, которые будут стимулировать грузоотправителей на использование альтернативных маршрутов.

Проблема повышения провозной способности инфраструктуры Восточного полигона становится особенно актуальной задачей на фоне значительного увеличения поставок российского угля в страны Азиат-

ско-Тихоокеанского региона, развития контейнерных маршрутов, активного строительства портовых терминалов, что, в свою очередь, привлекает множество различных участников рынка. Решение этой проблемы заключается в эффективной координации усилий всех участников, что снизит неопределенность и в полной мере задействует экспортный и логистический потенциал России.

ОАО «РЖД» с начала 2020 г. предпринимает действия для ускоренной модернизации Восточного полигона и расширения «узких мест» в связи с падением спроса на уголь в Европе и скорейшего перенаправления экспорта в страны Азиатско-Тихоокеанского региона: 212 участков наиболее «узких мест», где ожидается рост грузопотока. Все они предположительно будут введены в эксплуатацию раньше намеченного срока на один-два года. Это будет способствовать повышению объема контейнерных перевозок в соответствии с федеральным проектом «Железнодорожный транспорт и транзит» [10]. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Восточный полигон: новые возможности или старые ограничения? — URL: <http://www.morvesti.ru/> (дата обращения: 20.12.2020).
2. Самуйлов В. М., Неволин Д. Г., Калашников А. Е. Роль транспортного коридора «Россия — Китай» в перевозке экспортных грузов // Инновационный транспорт. — 2020. — № 4 (38). — С. 15–20. — ISSN 2311–164X.
3. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры. — URL: <https://mintrans.gov.ru/> (дата обращения: 20.12.2020).
4. Самуйлов В. М., Галкин А. Г., Бушуев С. В., Неволина А. Д. Транссибирская железнодорожная магистраль (Транссиб) — мост между Европой и Азией // Инновационный транспорт. — 2015. — № 1 (15). — С. 45–48. — ISSN 2311–164X.
5. Самуйлов В. М., Паршина В. С., Серов К. Д. Особенности логистической организации мультимодальных перевозок Россия — Китай // Инновационный транспорт. — 2020. — № 1 (35). — С. 18–23. — ISSN 2311–164X.
6. Программа развития угольной промышленности Российской Федерации до 2035 года. — URL: <https://minenergo.gov.ru/node/433> (дата обращения: 20.12.2020).
7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. — URL: <https://mintrans.gov.ru/> (дата обращения: 20.12.2020).
8. Зябиров Х. Ш., Шапкин И. Н. Логистика перевозок на железнодорожном транспорте (состояние, теория, практика, перспектива). — М.: ВИНТИ РАН, 2012. — 343 с.
9. Савин Г. В., Гришина В. В. Развитие транспортно-логистической системы и ее элементов в России и мире: монография. — Новосибирск: ООО «СибАК», 2019. — 152 с.
10. Федеральный проект «Железнодорожный транспорт и транзит». — URL: <https://mintrans.gov.ru/> (дата обращения: 20.12.2020).

Объем статьи: 0,37 авторских листа



Игорь Дмитриевич
Громов

Igor D. Gromov



Павел Михайлович
Тихонов

Pavel M. Tikhonov

Методологические основы формирования показателей ресурсного обеспечения в организационных сетях (на примере холдинга «РЖД»)

Methodological bases of formation of indicators of resource provision in organizational networks (on the example of the «Russian Railways Holding»)

Аннотация

Рассмотрены и предложены интегральные показатели закупочной деятельности сетевого интегратора при организации ресурсного обеспечения. С целью дальнейшего представления общего процесса движения ресурсных потоков предложена укрупненная алгоритмическая модель ресурсного обеспечения в сетевых организационных структурах, позволяющая в дальнейшем строить имитационные модели отдельных этапов. Представлен закупочный процесс как основание дальнейшего движения ресурсных потоков. С целью улучшения качества управленческих решений предложена концептуальная модель закупочного процесса сетевого интегратора. Представленный алгоритм закупочной деятельности позволяет описывать и математически формализовывать бизнес-процессы крупных организационных структур, таких как холдинг «РЖД».

Ключевые слова: закупки, холдинг «РЖД», сетевые структуры, ресурсное обеспечение, управление ресурсными потоками, математическое моделирование.

Abstract

The integral indicators of the procurement activity of a network integrator in the organization of resource provision are considered and proposed. In order to further represent the general process of resource flow movement, an enlarged algorithmic model of resource provision in network organizational structures is proposed, which allows us to further build simulation models of individual stages. The purchasing process is presented as the basis for further movement of resource flows. In order to improve the quality of management decisions, a conceptual model of the procurement process of a network integrator is proposed. The presented algorithm of purchasing activity allows describing and mathematically formalizing the business processes of large organizational structures, such as the Russian Railways Holding.

Keywords: procurement, Russian Railways holding, network structures, resource provision, resource flow management, mathematical modeling.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-20-24

Авторы Authors

Игорь Дмитриевич Громов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС); ведущий инженер Свердловского ТЦФТО – ЦФТО – филиала ОАО «РЖД», Екатеринбург; e-mail: idgromov@gmail.com; ORCID 0000-0003-2765-9967 | Павел Михайлович Тихонов, начальник отдела комплектования локомотивов расходными материалами, ООО «СТМ-Сервис», Екатеринбург; e-mail: tikhonov.p.m@gmail.com; ORCID 0000-0002-3543-7312

Igor Dmitrievich Gromov, cand. tech. sci., Associate Professor, Chair of Track and railway construction, Ural state University of railway transport, Leading Engineer of Sverdlovsk TCFTO – CFTO – branch of JSC “Russian Railways”, Ekaterinburg; e-mail: idgromov@gmail.com; ORCID 0000-0003-2765-9967 | Pavel Mikhaylovich Tikhonov, Head of the locomotive supplies Chair, STM-Service LLC, Ekaterinburg; e-mail: tikhonov.p.m@gmail.com; ORCID 0000-0002-3543-7312

С целью выработки оптимального управленческого решения, учитывающего автоматизацию ресурсных потоков в сетевых структурах, таких как холдинг «РЖД», необходима интегральная количественная оценка. Данная оценка должна учитывать отдельные интересы заказчиков и участников (потенциальных исполнителей) закупочной процедуры [1, 2–4].

В общем виде интересы заказчика реализуются при определении параметров закупочной процедуры и контроле исполнения обязательств сторон. Интересы участника, в свою очередь, реализуются за счет наиболее эффективного использования производственных мощностей и достижения финансовых показателей [1].

Учитывая сложность сетевой структуры холдинга «РЖД», ресурсное обеспечение должно быть экономически целесообразным и количественно обоснованным. В качестве критерия эффективности работы всей исследуемой системы, учитывая работы [2–4], целесообразно использовать интегральный коэффициент устойчивости сетевого интегратора [5]:

$$K_{\text{инт}} = f(K_{\text{инк}}, K_{\text{пр}}, K_{\text{оут}}), \quad (1)$$

где $K_{\text{инк}}$ — интегральный показатель устойчивости ресурсного обеспечения сетевого интегратора, $K_{\text{пр}}$ — интегральный показатель собственной устойчивости сетевого интегратора, характеризующий внутренние производственные бизнес-процессы, $K_{\text{оут}}$ — интегральный показатель устойчивости реализации интегратором исходящих ресурсных потоков [5].

Так как одной из целей существования сетевой структуры является обеспечение интегратора, логичным будет принять в качестве критерия эффективности организации движения ресурсных потоков $K_{\text{инк}}$ [2–4]:

$$K_{\text{инк}}(i) = \frac{Q_f(i)}{Q_p(i)}, \quad (2)$$

где $Q_f(i)$ — фактический объем входящих ресурсных потоков, поступивший сетевому интегратору при реализации i -го управленческого решения, $Q_p(i)$ — плановый объем входящих ресурсных потоков, необходимый для сетевого интегратора.

Математическое моделирование подразумевает генерацию событий, зависящих от исходных данных и конфигурации организационной сети. Математическое ожидание $K_{\text{инк}}$ будет показывать вероятность достижения плановых результатов, так как эффективная организация ресурсных потоков возможна только при учете отдельных интересов всех субъектов сети [1].

Сами ресурсные потоки являются следствием закупочной деятельности и сводятся к исполнению обязательств сторон. Вероятность безотказного исполнения обязательств сторон будем показывать через устойчивость [5]:

$$K_{\text{уст}}(i) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k n_i \cdot k_{\text{нi}}}{N_i}, \quad (3)$$

где n_i — количество нарушений i -й компанией договорных обязательств, $k_{\text{нi}}$ — коэффициент, характеризующий степень нарушений, N_i — общее количество действующих договоров [5].

Поскольку результат имитационного моделирования предполагает выработку управленческих решений, в качестве объекта моделирования необходимо в первую очередь представить закупочный процесс сетевого интегратора. Сами ресурсные потоки, учитывая их сложность, а также запуск событий, не зависящих от самих потоков, логичнее на данном этапе исследования представить через алгоритмы действий.

Укрупненный (описательный) алгоритм действий при организации движения ресурсных потоков в целях обеспечения сетевого интегратора представлен на рис. 1.

Алгоритм ресурсного обеспечения показывает последовательность процессов закупок и реализации ресурсных потоков, увязку отдельных интересов, возможность учета механизмов смарт-контрактов и разработанных имитационных моделей при закупках и реализациях материальных потоков [5–7].

Внешнее воздействие на отдельных агентов сети в части выдачи заданий для осуществления реактивных действий по закупке и/или реализации ресурсов запускает рассмотренные в исследованиях [5–7] соответствующие процессы.

Воздействие в виде запуска самоисполняемых процессов основано на заложенных в заключенных договорах алгоритмах и автоматизации принятия соответствующих управленческих решений. Для автоматизации предлагается использовать цифровизацию промежуточных и рутинных операций [8] в части использования интернет-вещей, радиометок при перемещении товарно-материальных ценностей, видеоконтроля с системой распознавания [9, 10] и т.п.

Предложенная алгоритмическая модель ресурсного обеспечения позволяет строить имитационные модели различных составляющих при исследовании и совершенствовании сетевого организационного дизайна.

Основание появления всех ресурсных потоков и возникновения ресурсного обеспечения, а также количественно измеримый инструмент, позволяющий моделировать производственные сценарии при организации ресурсного обеспечения, — это имитационная математическая модель закупочного процесса. Алгоритмическое представление модели закупочного процесса сетевого интегратора показано на рис. 2.

Представленная модель в виде укрупненных действий разделена на этапы, на каждом этапе выделены драйверы, отвечающие за процессы работы модели (табл. 1).

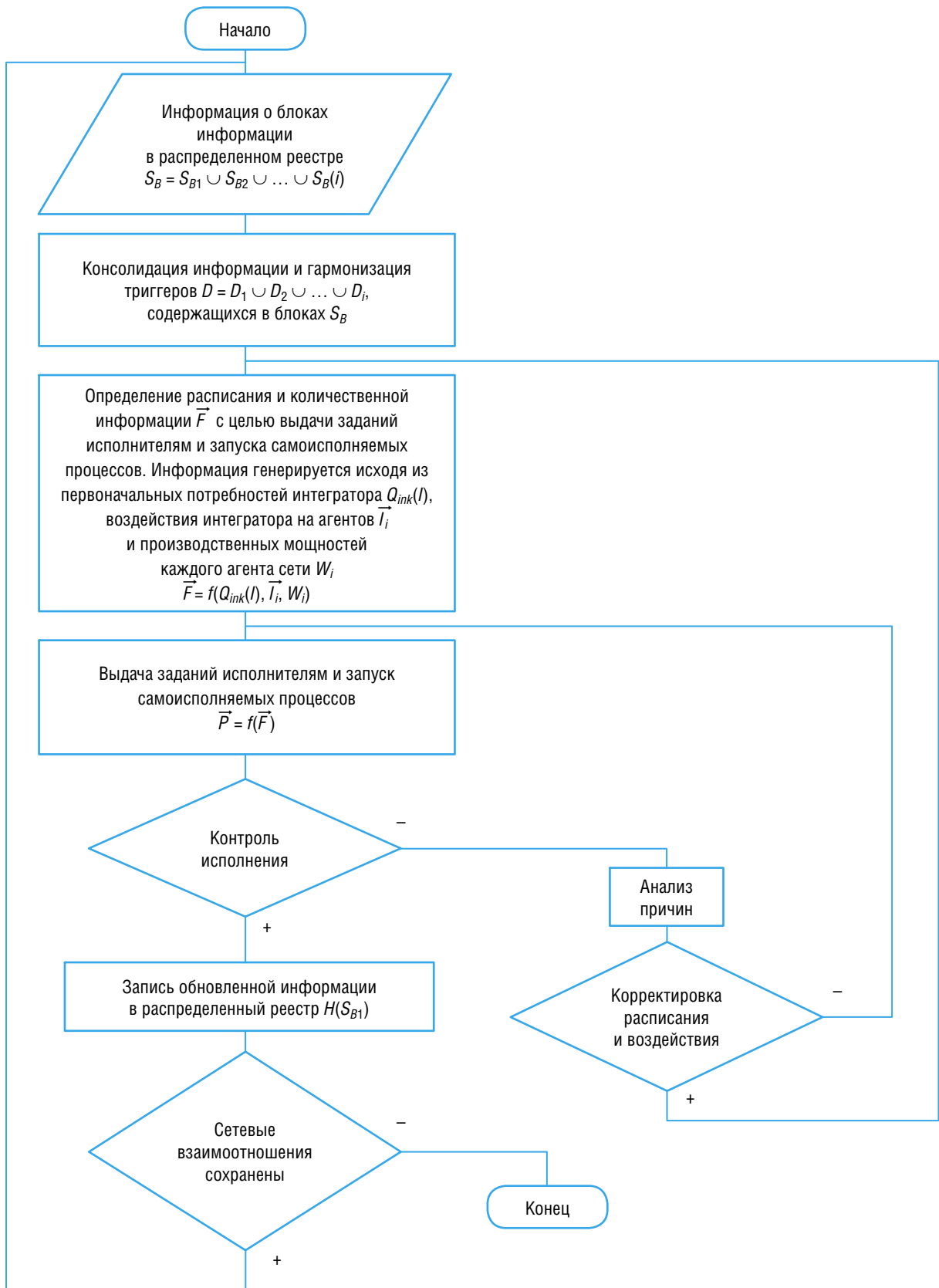


Рис. 1. Единый алгоритм действий ресурсного обеспечения

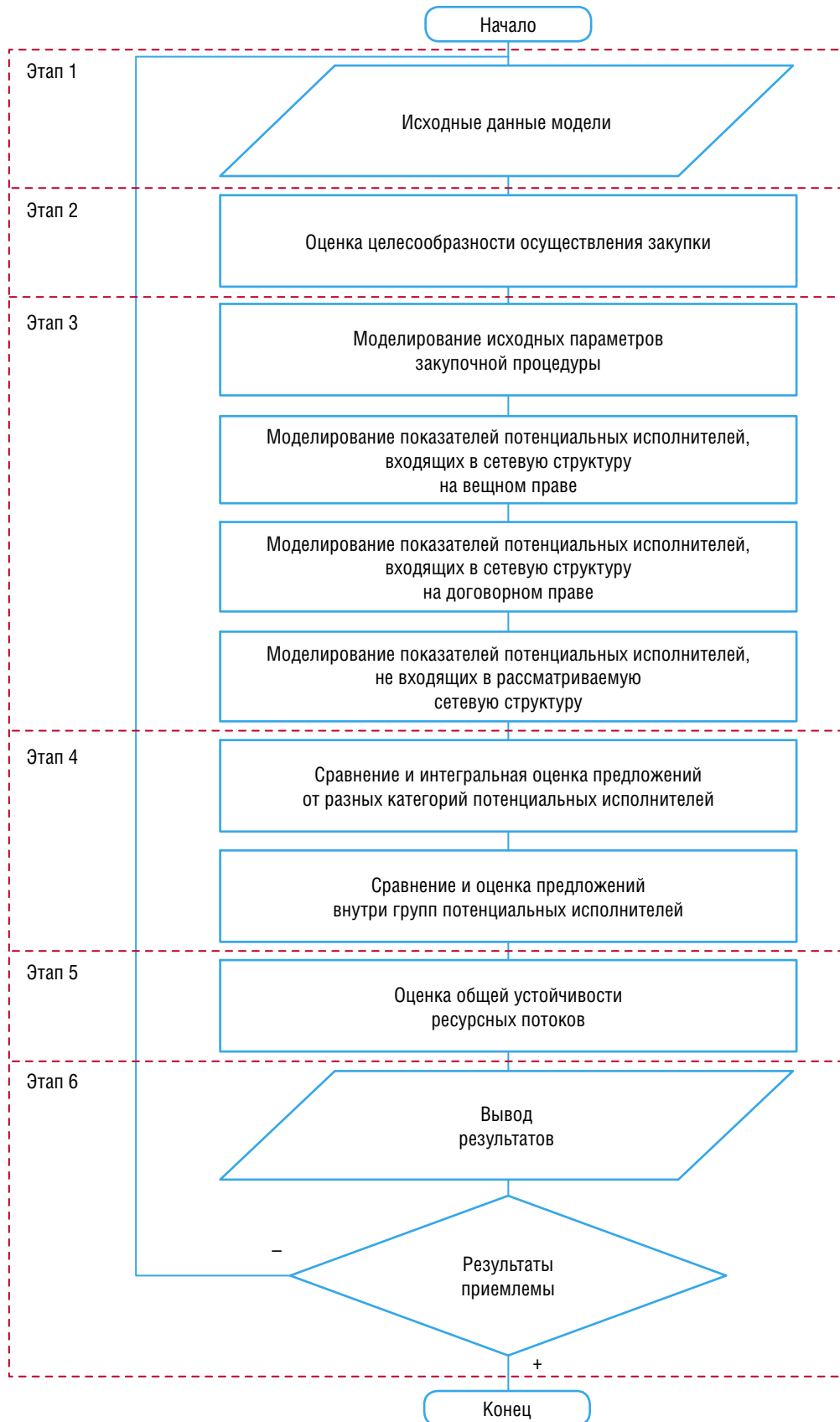


Рис. 2. Алгоритмическое представление модели закупочной деятельности сетевого интегратора

Этапы алгоритмических действий модели закупочной деятельности сетевого интегратора

Этап	Наименование этапа	Действия и драйверы
1	Исходные данные	Введение исходных данных модели
2	Оценка целесообразности закупки	Консолидация и определение необходимости осуществления закупки
3	Моделирование параметров	Моделирование исходных параметров закупочной процедуры и показателей потенциальных исполнителей
4	Оценка результатов	Оценка доли ресурсных потоков, подлежащих реализации сетевому интегратору
5	Определение устойчивости	Оценка общей устойчивости ресурсных потоков, являющихся следствием закупочной деятельности
6	Вывод результатов	Вывод результатов и сравнение с заданными значениями

Таким образом, представлены общие алгоритмические модели ресурсного обеспечения и закупочной деятельности сетевого интегратора.

Данный алгоритм закупочной деятельности позволяет описывать и математически формализовывать бизнес-процессы крупных организационных структур, таких как холдинг «РЖД».

В целях имитационного моделирования и представления цифровых результатов, позволяющих принимать эффективные управленческие решения, на следующем этапе исследования будет осуществлена математическая формализация представленных этапов закупочного процесса. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Громов И. Д., Тихонов П. М. Формализация отдельных интересов заказчика и участника закупочной процедуры // Вестник УрГУПС. — 2020. — № 3 (47). — С. 74–80. — ISSN 2079–0392.
2. Громов И. Д. Формирование и оценка организационных сетевых структур с разделенными интересами (на примере холдинга «РЖД»): дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Екатеринбург, 2015. — 127 с.
3. Сай В. М., Сизый С. В. Образование, функционирование и распад организационных сетей: монография. — Екатеринбург: УрГУПС, 2011. — 270 с. — ISBN 978-5-94614-199-4.
4. Сай В. М. Методология построения сетевых организационных структур на железнодорожном транспорте: дис. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук: 05.02.22. — Екатеринбург, 2003. — 389 с.
5. Горелова Д. Ю. Методологические подходы определения коэффициента устойчивости в сетевых организационных структурах // Вестник УрГУПС. — 2020. — № 2 (46). — С. 110–119. — ISSN 2079–0392.
6. Сай В. М., Тихонов П. М. Моделирование действий агента-заказчика при закупочной процедуре // Вестник УрГУПС. — 2020. — № 2 (46). — С. 51–68. — ISSN 2079–0392.
7. Сай В. М., Тихонов П. М. Моделирование движения ресурсных потоков в организационных сетях (на примере холдинга «РЖД») // Транспорт Урала. — 2020. — № 3 (66). — С. 104–112. — ISSN 1815–9400.
8. Тихонов П. М. Развитие ресурсного обеспечения при регулируемой закупочной деятельности // Вестник УрГУПС. — 2019. — № 4 (44). — С. 112–123. — ISSN 2079–0392.
9. Куприяновская Ю. В., Куприяновский В. П., Климов А. А., Намиот Д. Е., Долбнев А. В., Синягов С. А., Липунцов Ю. П., Арсенян А. Г., Евтушенко С. Н., Ларин О. Н. Умный контейнер, умный порт, BIM, интернет вещей и блокчейн в цифровой системе мировой торговли // International Journal of Open Technologies. — 2018. — Т. 6, № 3. — С. 49–94. — ISSN 2307–8162.
10. Елизаров М. А. Модели и алгоритмы информационного взаимодействия в сетях интернета вещей: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.13.01 / ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет». — Санкт-Петербург, 2017. — 126 с.

Объем статьи: 0,53 авторских листа



**Шахбоз
Равшан угли
Абдувахитов**
**Shahboz R.
Abduvahitov**



**Аваз
Мирсултанович
Мерганов**
**Avaz M.
Merganov**



**Фаррух
Кахраманович
Азимов**
**Farrukh K.
Azimov**

Повышение перерабатывающей способности терминала за счет применения DEF и GBYR-анализа

Increasing the processing capacity of the terminal through the use of DEF and GBYR analysis

Аннотация

В статье представлен инструмент DEF-анализа, который позволяет распределять контейнеры по времени нахождения в контейнерных терминалах. В рамках исследования также разработан инструмент GBYR-анализа, который предусматривает размещение контейнеров по высоте в зависимости от того, в какой «коридор» таможенная служба определила тот или иной контейнер. На основе комбинирования предложенных методов DEF и GBYR-анализа разработан метод повышения перерабатывающей способности контейнерного терминала.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, контейнерный терминал, контейнерная площадка, контейнер, сервис, вместимость, DEF-анализ, GBYR-анализ.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-25-28

Авторы Authors

Шахбоз Равшан угли Абдувахитов, канд. техн. наук, и.о. доцента кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: abduvahitov@bk.ru | Аваз Мирсултанович Мерганов, канд. техн. наук, и.о. доцента кафедры «Экономика» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: meravaz@gmail.com | Фаррух Кахраманович Азимов, ассистент кафедры «Транспортно-грузовые системы» Ташкентского государственного транспортного университета (ТГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: farruxa@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: abduvahitov@bk.ru | Avaz M. Merganov, PhD of technical science, Acting Associate Professor of the Department of «Economy» Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: meravaz@gmail.com | Farrukh K. Azimov, Assistant Lecturer of Department «Transport and Cargo Systems» Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: farruxa@mail.ru

Введение

На сегодняшний день контейнерные перевозки играют важную роль в международной логистике [1–2]. Терминалы обеспечивают перевалку контейнеров между различными видами транспорта и являются ключевым элементом в цепях поставок. В мире ведутся научно-исследовательские работы по оптимизации вместимости контейнерных площадок и совершенствованию терминальных технологий на транспорте [3–7]. Основные задачи этого направления — создание математической модели вместимости и перерабатывающей способности площадки контейнерных терминалов в современных условиях и разработка методов определения параметрических рядов контейнерного терминала на основе типов погрузочно-разгрузочных машин для рациональной организации транспортного потока [8, 9].

Республика Узбекистан, занимая выгодное географическое положение в Центральной Азии, является транзитным мостом, связующим остальные страны региона. В настоящее время Правительство Республики Узбекистан прилагает значительные усилия, направленные на повышение транзитной привлекательности страны [10]. Эти усилия заключаются в упрощении таможенных процедур, сокращении времени прохождения таможенных пунктов пропуска, создании электронного документооборота, установлении гибкой системы тарифов на железнодорожные перевозки грузов, осуществлении реконструкции и модернизации железнодорожного парка, создании интегрированных логистических центров и разработке соответствующей нормативно-правовой базы. Важным фактором повышения транзитной привлекательности Узбекистана является создание в стране сети развитых логистических центров [11].

Анализ контейнерных терминалов по степени важности

При анализе контейнерных терминалов было выявлено, что импортные контейнеры можно распределить на группы по степени их нахождения в ожидании таможенного контроля. Для этого можно использовать метод DEF-анализа, который предусматривает разделение контейнеров по времени нахождения на контейнерном терминале (степень важности):

- группа *D* — высокая степень важности: контейнеры, у которых срок хранения достигает 15 дней;
- группа *E* — средняя степени важности: контейнеры, у которых срок хранения составляет от 15 до 30 суток;
- группа *F* — низкая степени важности: контейнеры, у которых срок хранения превышает 30 суток.

Предложенный метод DEF-анализа заключается в том, что множества контейнеров *N* разбиваются на три подмножества *D*, *E* и *F*: $D \cup E \cup F = N$. Группа *D* не входит в группу *E* или в группу *F*, т.е. пересечение подмножества *D*, *E* и *F* равно нулю: $D \cap E \cap F = 0$. Отсюда

$$\begin{aligned} D &= \{(N \setminus E) \setminus F\}; \\ E &= \{(N \setminus D) \setminus F\}; \\ F &= \{(N \setminus D) \setminus E\}. \end{aligned} \quad (1)$$

Данное распределение на группы по степени важности в зависимости от срока хранения позволит увеличить перерабатывающую способность контейнерного терминала за счет зонирования контейнеров методом DEF-анализа (рис. 1).

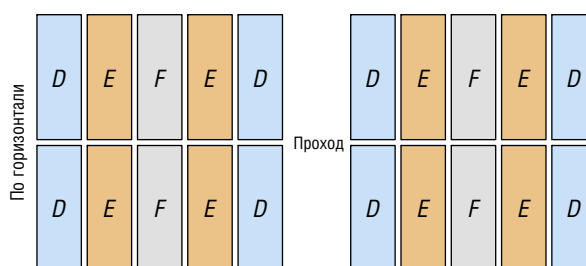


Рис. 1. Зонирование контейнеров методом DEF-анализа

Из рис. 1 видно, что для сокращения рабочего цикла контейнеры группы *D* должны размещаться по краям «блока». Контейнеры группы *E* размещаются между группами *D* и *F*. Контейнеры группы *F* размещаются в самой глубине штабеля.

DEF-анализ способствует сокращению рабочего цикла погрузочно-разгрузочных машин при переработке контейнеров. При всех достоинствах DEF-анализа существует один недостаток: данный инструмент производит зонирование контейнеров по горизонтали, не учитывая штабелирование контейнеров по степени важности. В настоящее время после внедрения системы четырех коридоров прохождения таможенного контроля (рис. 2) контейнер до его передачи контейнерополучателю на участке хранения переставляется в среднем 6–7 раз.

Метод GBYR-анализа

Каждая контейнерооперация при обслуживании рич-стакером обходится контейнерному терминалу в среднем в 95–110 тысяч сум. Если при перестановке контейнеров задействован козловой кран, то контейнерный терминал затрачивает на одну операцию примерно 25–35 тысяч сум. В связи с этим был разработан инструмент GBYR-анализа (рис. 2).

GBYR-анализ предусматривает размещение контейнеров по высоте в зависимости от того, в какой коридор таможенная служба определила тот или иной контейнер. Разделение по такому принципу позволяет сократить терминальные расходы по перестановке контейнеров (рис. 3).

Также GBYR-анализ позволяет сортировать контейнеры в зависимости от импортируемых грузов по стабильности прохождения таможенного контроля. Определить это помогает коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{x^*} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x^*)^2}{n}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где σ — стандартное отклонение прохождения грузами таможенного контроля; x_i — объем грузов, проходящих таможенный контроль в i -период; n — количество рассматриваемых периодов прохождения таможенного контроля; x^* — среднеарифметическое значение прохождения таможенного контроля.

Полученное значение показывает процентное отклонение прохождения таможенного контроля от среднего.

На рис. 4 приводится зонирование контейнеров методами DEF и GBYR-анализа, которые необходимо объединить для разработки определенной стратегии увеличения перерабатывающей способности терминала и уменьшения чрезмерного количества контейнероопераций.

Совмещение двух инструментов позволяет формировать группы и разрабатывать эффективные решения (рис. 5).

Построение матрицы контейнеров с помощью DEF и GBYR-анализа требует внимания и сосредоточенности. На рис. 6 представлена окончательная схема размещения контейнеров методами DEF и GBYR-анализа.

G	«зеленый коридор» — формы таможенного контроля не осуществляются в отношении товаров и транспортных средств (контейнеров) с низким уровнем риска при принятии решения об их выпуске
B	«синий коридор» — формы таможенного контроля осуществляются в отношении товаров, имеющих средний показатель уровня риска или определенных случайным выбором, после их выпуска
Y	«желтый коридор» — формы таможенного контроля по проверке таможенной декларации, документов и сведений осуществляются в отношении товаров и транспортных средств, имеющих средний показатель уровня риска или определенных случайным выбором
R	«красный коридор» — формы таможенного контроля осуществляются в отношении товаров и транспортных средств (контейнеров), имеющих высокий показатель уровня риска или определенных случайным выбором

Рис. 2. Инструмент GBYR-анализа

G	G	B	G	G	G	G	B	G	G
G	B	B	B	G	G	B	B	B	G
B	Y	Y	Y	B	B	Y	Y	Y	B
B	R	R	R	B	B	R	R	R	B

Проход

Рис. 3. Зонирование контейнеров методом GBYR-анализа

G	G	B	G	G	G	G	B	G	G
G	B	B	B	G	G	B	B	B	G
B	Y	Y	Y	B	B	Y	Y	Y	B
B	R	R	R	B	B	R	R	R	B

Проход

D	E	F	E	D	D	E	F	E	D
D	E	F	E	D	D	E	F	E	D

По горизонтали

Рис. 4. Зонирование контейнеров методами DEF и GBYR-анализа

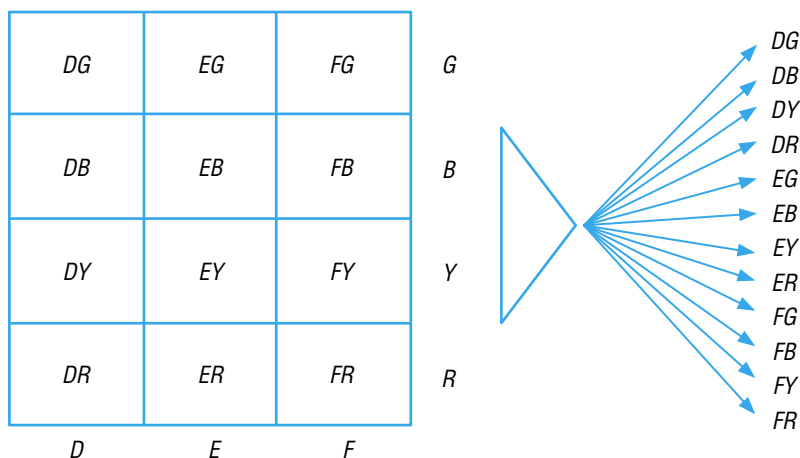


Рис. 5. Формирование групп и разработка эффективных решений

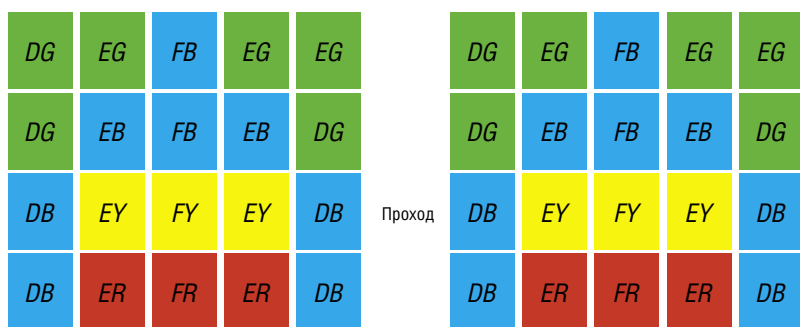


Рис. 6. Комбинирование контейнеров методами DEF и GBYR-анализа

Заключение

Таким образом, предложенный инструмент DEF-анализа позволяет распределять контейнеры по времени нахождения на контейнерном терминале (степень важности), которое зависит от срока хранения. Это способствует увеличению перерабатывающей способности терминала за счет зонирования контейнеров. Метод GBYR-анализа предусматривает штабелирование контейнеров по высоте в зависимости от того, в какой коридор таможенная служба определила тот или иной контейнер. На основе комбинирования инструментов DEF и GBYR-анализа разработан метод повышения перерабатывающей способности контейнерного терминала. Внедрение данного метода в деятельность терминала дает возможность классифицировать контейнеры по времени нахождения на технологических участках хранения, а также сократить количество лишних контейнероопераций, оказывающих влияние на технологию транспортного процесса. **ИТ**

Список литературы / Reference

- Маликов О. Б. Проектирование контейнерных терминалов : учебное пособие / О. Б. Маликов, Е. К. Коровяковский, Ю. В. Коровяковская. — Санкт-Петербург : Изд-во ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. — 52 с.
- Маликов О. Б. Увеличение перерабатывающей способности контейнерного терминала // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф. Ф. Ушакова. — 2014. — № 3 (8). — С. 36–41. — ISSN 2307–2210.
- Осипов Г. С. Оптимизация пропускной способности грузовых терминалов // Символ науки : международный научный журнал. — 2015. — № 12. — С. 73–76. — ISSN 2410–700X.
- Luo J., Wu Y., Halldorsson A., Song X. Storage and stacking logistics problems in container terminals // OR Insight. — 2011. — Vol. 24. — P. 256–275.
- Stahlbock R., Voss S. Operations research at container terminals: a literature update // OR Spectrum. — 2008. — Vol. 30 (1) — P. 1–52.
- Steenken D., Voß S., Stahlbock R. Container terminal operations and operations research — a classification and literature review // OR Spectrum. — 2004. — Vol. 26. — P. 3–49.
- Chen L., Lu Z. The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal // International Journal of Production Economics. — 2012. — Vol. 135. — P. 73–80.
- Расулов М. Х. Определение вместимости контейнерного терминала, обслуживаемого ричстакером / М. Х. Расулов, Ш. Р. Абдувахитов, Д. И. Илесалиев // Инновационный транспорт. — 2019. — № 1 (31). — С. 35–49. — ISSN 2311–164X.
- Расулов М. Х. Исследование параметров участка основного хранения контейнерного терминала / М. Х. Расулов, Д. И. Илесалиев, Ш. Р. Абдувахитов, А. Ф. Исмагуллаев // Инновационный транспорт. — 2019. — № 2 (32). — С. 31–37. — ISSN 2311–164X.
- Ilesaliev D. I., Abduvakhitov Sh. R., Ismatullaev A. F., Makhmatkulov Sh. G. Research of the main storage area of the container terminal // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). — 2019. — Vol. 9 (1). — P. 4625–4630.
- Ilesaliev I. I., Makhmatkulov S. G., Abduvakhitov, S. R. Peculiarities of container terminal functioning in delivery chains // Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 918 (1). — P. 012043.

Объем статьи: 0,41 авторских листа



Наталья Анатольевна
Линькова

Natalia A. Linkova

Состояние здоровья как регулятор активной учебной деятельности студентов транспортных вузов

The state of health as a regulator of educational activity of students of transport universities

Аннотация

В статье рассмотрены возможные риски возникновения определенных заболеваний у студентов в период учебы при условии несоблюдения ими принципов здорового образа жизни. При снижении адаптационных возможностей организма человека появляются утомляемость, дискомфорт и риск заболеваний, что негативно влияет на эффективность и безопасность труда. Во время учебы в вузе под воздействием определенных факторов, связанных с интенсивным учебным процессом и неумением организовать свою жизнедеятельность, нередко происходит ухудшение состояния здоровья учащейся молодежи. Такие изменения снижают качество учебного процесса будущих специалистов, от которого зависит приобретение необходимых знаний и навыков. Использование средств физической культуры способно снизить риск различных сопутствующих заболеваний студентов. Физические упражнения способствуют улучшению функциональной деятельности всех органов и систем в организме человека, укреплению иммунитета.

Ключевые слова: студенты, функциональное состояние, учебная деятельность, здоровье, физическая подготовка.

Abstract

The article discusses the possible risks of certain diseases students may have during their studies, provided that they do not follow the principles of a healthy lifestyle. With decrease in the adaptive capabilities of a human body, fatigue, discomfort and exposure to diseases arise, which negatively affect the efficiency and safety of work. While studying at the university, under the influence of certain factors related to the intensive educational process and the inability to organize their life activities, there is often deterioration in the health of students. Such changes reduce the quality of the educational process of future specialists, on which the acquisition of the necessary knowledge and skills depends. The use of physical education means can reduce the risk of various concomitant diseases of students. Physical exercises help to improve the functional activity of all organs and systems in the human body, strengthen the immune system.

Keywords: students, functional state, educational activity, health, physical training.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-29-31

Авторы Authors

Наталья Анатольевна Линькова, канд. пед. наук, доцент Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), профессор РАЕ, Екатеринбург, Россия; Register Nurse, Brisbane, Australia

Natalia A. Linkova, PhD in Pedagogy, assistant professor, Ural State University of Railway Transport, professor RAE, Ekaterinburg, Russia; Register Nurse, Brisbane, Australia

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема здоровья учащейся молодежи, которая обсуждается на всех уровнях государственной власти, а также медиками и специалистами по физической культуре [1–3].

Эффективное развитие экономики государства напрямую зависит от здоровья работоспособного населения, в том числе выпускников вузов. Работа будущих инженеров — выпускников транспортных вузов порой требует высокой работоспособности и выносливости всего организма. При этом необходимо отметить, что современная подготовка специалистов отличается высокой интенсификацией и информатизацией учебного процесса, что зачастую приводит к перегрузкам обучающихся, ухудшает их психофизическое состояние, снижает адаптационные возможности организма [7]. Данные изменения в состоянии здоровья учащейся молодежи могут способствовать росту хронической заболеваемости, обострению болезней органов зрения, нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной систем и органов дыхания [7].

Доказано, что состояние здоровья прямым образом зависит от генетики человека, т.е. его наследственности и предрасположенности к заболеваниям, при этом большое значение уделяется адаптационным возможностям организма человека, от которых зависит его функциональное состояние [9, 10]. Процесс обучения в вузе порой отрицательно влияет на состояние здоровья молодежи, и только 20 % выпускников можно считать здоровыми [9]. Такие изменения могут быть связаны с несоблюдением принципов здорового образа жизни (ЗОЖ) в период интенсивного умственного труда. Поэтому необходимо проанализировать риски, влияющие на ухудшение состояния здоровья студентов.

Цель исследования: определение рисков, влияющих на ухудшение состояния здоровья современных студентов.

Задачи исследования: проанализировать функциональное состояние студентов, определить основные проблемы современного образа жизни студентов, предложить рекомендации по улучшению функционального состояния студентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Российские и международные исследования (Scopus, Pub Med, Elsevier) показывают, что учебная нагрузка в вузе даже пять лет назад была в два раза ниже, чем сегодня [2, 6]. Динамика заболеваемости студентов указывает

на рост хронических заболеваний как в целом, так и по отдельным нозологическим группам [1, 4, 5]. В настоящее время у студентов чаще наблюдаются острые респираторно-вирусные инфекции.

По данным медицинских осмотров обучающихся в Уральском государственном университете путей сообщения за последние 5 лет (2016–2020 гг.), можно выделить ряд наиболее распространенных заболеваний студентов. Среди них выявлены расстройства пищеварения (40,3 %), заболевания эндокринной системы (35,8 %), органов дыхания (35 %), органов зрения (28 %), системы кровообращения (26,3 %), опорно-двигательного аппарата (23 %). Более 40 % студентов направляются по состоянию здоровья в оздоровительные учреждения. Кроме того, определено, что частота хронических патологий увеличивается от курса к курсу [3].

Ухудшение функциональной деятельности организма может оказывать негативное влияние на результативность учебного процесса обучающихся и, как следствие, на качество профессиональной подготовки будущих специалистов [10]. Несмотря на сложившуюся ситуацию, профилактику возможных заболеваний проводит лишь четверть студентов, режим дня соблюдают 22,2 % респондентов, закаляются 18 %. Только 25,3 % опрошенных выбирают активную форму отдыха, большая часть предпочитает пассивные формы досуга.

Специалисты по физическому воспитанию молодежи считают, что функциональное состояние организма и физическая подготовка современных студентов не соответствуют оптимальному уровню. Анализ источников показал, что более 50 % школьников старших классов имеют по два хронических заболевания, 30 % призывников имеют слабое здоровье, которое не позволяет нести службу в Вооруженных Силах России. Кроме того, 40 % молодежи данной категории не в состоянии выполнить нормативы по общей физической подготовке хотя бы на оценку «удовлетворительно» [7].

Образ жизни студентов часто связан с подготовкой к занятиям в ночное время, отсюда поздние ужины, особенно перед сном, возможные проблемы в социальной и личной жизни, в большинстве случаев малоподвижный образ жизни. В связи с этим студенты просто не успевают восстановить свое психологическое и эмоциональное состояние. Особое значение в данной ситуации следует уделить физической культуре, которая определяется теоретическими знаниями в области ЗОЖ.

Основное занятие студентов — учебная деятельность, основой которой является умственный труд. Известно, что высокие умственные нагрузки могут отрицательно воздействовать на функции сердечно-сосудистой системы [8, 9], приводят к учащению ритма сердца, повышению артериального давления. При повышенном артериальном давлении возникает быстрая утомляемость, головная боль, что может отразиться на работоспособно-

сти, физической и умственной деятельности. У данной категории студентов ухудшается физическая подготовка, основным показателем которой является выносливость организма [8, 9].

Известно, что физические упражнения способствуют улучшению функциональной деятельности всех органов и систем в организме человека, укрепляют иммунитет. Систематические и регулярные занятия могут быть хорошей профилактикой при заболеваниях сердца, повышают общую работоспособность. Человек, активно занимающийся физическими упражнениями, становится более гармоничным, способен достигать поставленные перед собой цели и задачи, у него улучшается настроение, значительно повышается умственная работоспособность. Это объясняется усиленным кислородным обогащением организма и активным кровоснабжением головного мозга во время двигательной активности [10]. Пассивные к физической культуре и спорту люди, напротив, отличаются быстрой утомляемостью, снижением концентрации внимания, что влияет на эффективность труда. Регулярные занятия физическими упражнениями помогают студентам противостоять стрессовым ситуациям, задействовать значительные умственные ресурсы [8]. Физическая культура и стремле-

ние к здоровому образу жизни естественным образом укрепляют самодисциплину, целеустремленность и ответственность за выполняемую работу.

Выводы

Здоровье можно определить как особое динамическое состояние человека, которое может изменяться в условиях конкретной социальной среды и влиять на его социальные функции.

Данные медицинского обследования студентов УрГУПС подтверждают результаты общих исследований: в последние годы отмечается рост количества студентов, имеющих серьезные отклонения в состоянии здоровья, которые тем или иным образом могут оказывать отрицательное воздействие на качество учебного процесса. Плановые и регулярные занятия физическими упражнениями способны улучшить состояние здоровья студентов, повысить их работоспособность. В связи с этим необходима разработка мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья учащейся молодежи, популяризацию здорового образа жизни и физической активности. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Андреевкова И. В. Здоровье и образ жизни студентов первого курса Смоленского государственного университета / И. В. Андреевкова, Т. В. Максимова, О. В. Павлюченкова // Тезисы докладов международной научно-практической конференции (10–11 июня 2008 г.). — Смоленск, 2008. — С. 8–9.
2. Батрымбетова С. А. Здоровье и социально-гигиеническая характеристика современного студента // Гуманитарные методы исследования в медицине: состояние и перспективы. — 2007. — С. 165–179.
3. Гребняк Н. П. Здоровье и образ жизни студентов / Н. П. Гребняк, В. П. Гребняк, В. В. Машинистов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. — 2007. — № 4. — С. 33–37. — ISSN 0869–866X.
4. Латышевская Н. И. Гендерные различия в состоянии здоровья и качестве жизни студентов / Н. И. Латышевская, С. В. Клаучек, Н. П. Москаленко // Гигиена и санитария. — 2004. — № 1. — С. 51–54. — ISSN 0016–9900.
5. Правдов М. А. Адаптация студентов факультета физической культуры к обучению в педагогическом вузе / М. А. Правдов, Н. Е. Хромцов, А. А. Головкина // Материалы международной научно-практической конференции (Шуя, 19–20 октября 2006 г.). — Шуя, 2006. — С. 96–98.
6. Пономарева Л. А. Анализ уровня здоровья студентов-медиков / Л. А. Пономарева, С. И. Двойников // Здоровье семьи XXI век : матер. VI Междунар. науч. конф. — Пермь, 2002. — С. 111–112.
7. Попова Н. М. Комплексная характеристика здоровья подростков (на модели Удмуртской Республики) : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М., 2006. — 40 с.
8. Садвакасов Т. М. Сравнительная характеристика образа жизни лиц молодого возраста / Т. М. Садвакасов, Ш. Д. Джакетаева, Г. А. Жаналина, Ж. А. Алданова, К. Т. Абдрахманов, Т. С. Сергалиев, Д. Б. Кулов // Медицина и экология. — 2015. — № 1 (74). — С. 46–47.
9. Шагина И. Р. Влияние учебного процесса на здоровье студентов // Астраханский медицинский журнал. — 2010. — № 2. — С. 26–29. — ISSN 1992–6499.
10. Шагина И. Р. Медико-социальный анализ влияния учебного процесса на состояние здоровья студентов медицинского вуза (по материалам Астраханской области) : автореф. дис. ... канд. соц. наук. — Астрахань, 2010. — 20 с.

Объем статьи: 0,27 авторских листа



Махамаджон Мирахмедович
Мирахмедов

Mahamajon M. Mirakhmedov

Проблема песчаных заносов на железных дорогах

The problem of sand drifts on railways

Аннотация

Песчаные заносы железнодорожного пути и выдувание земляного полотна негативно воздействуют на элементы путевой инфраструктуры в такой степени, что они достигают предельных состояний, при которых становится невозможным их дальнейшее функционирование. Это приводит к нарушению безопасности движения поездов. Для оценки негативного воздействия песка и определения необходимых защитных мер предложен метод визуального мониторинга состояния пути.

Ключевые слова: песчаная пустыня, ветер, железная дорога, песчаный занос, мониторинг.

Abstract

The sand drift of the railway track and the blowing of the roadbed negatively affect the elements of the track infrastructure to such an extent that they reach the limit states at which it becomes impossible for them to continue functioning. This leads to a violation of train safety. To assess the negative impact of sand and determine the necessary protective measures, a method of visual monitoring of the state of the track is proposed.

Keywords: sandy desert, wind, railway, sand drift, monitoring.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-32-36

Авторы Authors

Махамаджон Мирахмедович Мирахмедов, д-р техн. наук, профессор Ташкентского государственного транспортного университета, Ташкент, Узбекистан; e-mail: mirakhmedovm@mail.ru

Mahamajon Mirakhmedovich Mirakhmedov, Doctor of technical Sciences, Professor of the Tashkent state transport University, Tashkent, Uzbekistan; e-mail: mirakhmedovm@mail.ru



Рис. 1. Занос железнодорожного пути:
а, б — засыпание песком; в — наползание бархана

Введение

Накопление песка на откосах земляного полотна и верхнем строении пути называется песчаным заносом (англ. sand drift). Песчаные заносы являются ключевой проблемой проектирования железных дорог в засушливых песчаных пустынях, они угрожают безопасности строительства и организации движения поездов, негативно влияют на техническое обслуживание и снижают удобство эксплуатации.

Поскольку процесс взаимодействия ветра, песка и железнодорожного пути сложный и во многом не до конца изучен, принимаемые меры по снижению негативного воздействия не всегда адекватны, а их результативность низкая. Учитывая рост объемов строительства новых железных дорог в песчаных пустынях и увеличение скоростей движения поездов, можно с уверенностью констатировать актуальность проблемы, связанной с песчаными заносами.

1. Песчаный занос как результат негативного влияния экзогенного процесса на железную дорогу

Песчаный занос проявляется как переменное воздействие окружающей среды на железную дорогу аналогично другим действиям в инженерных областях, таким как тепловое воздействие, воздействие огня, коррозия, воздействие ветра, выдувание ветром снега или криогенное воздействие (льда).

Воздействие ветра на рыхлый песок вызывает сдувание (дефляцию) песчинок и их перенос на ограниченной высоте, и при снижении скорости ветра песчинки выпадают из потока на инфраструктуру пути (рис. 1). Железнодорожное земляное полотно и верхнее строение пути могут быть засыпаны подвижным песком при двух условиях:

1) если железнодорожная линия пересекает песчаную равнину с незакрепленным слоем песка. В этом случае железнодорожное земляное полотно (насыпь и/или выемка) и путь в целом являются препятствиями для потока ветра, насыщенного песком (рис. 1, а, б);

2) если занос связан с перемещением форм рельефа (барханов) (рис. 1, в). Такие формы перемещаются практически без изменений в форме и размерах [1, 2]. Скорость перемещения бархана зависит от его высоты. Например, дюна высотой 3 м перемещается со скоростью от 15 до 60 м/год, а дюна высотой 15 м — со скоростью от 4 до 15 м/год [3].

На наветренной и особенно подветренной стороне препятствия скорость потока снижается [4–7].

Снижение скорости ветра и напряжения сдвига над земляным полотном способствует выпадению песка, что приводит к частичному или полному заносу элементов верхнего строения железнодорожного пути (рис. 2, а). Помимо скорости поступления песка, степень заноса зависит от продолжительности процесса заноса, времени года. Независимо от степени заноса осаждаемый песок приводит к образованию предельных состояний (SULS) железной дороги [8, 9]. Когда это ставит под угрозу безопасность или работу инфраструктуры, движение поездов происходит с ограничением скорости или вовсе приостанавливается [7, 10–14].

2. Оценка состояния инфраструктуры пути

Верхнее строение пути (балласт, шпалы, рельсы, плита) по аналогии с предыдущим случаем является препятствием, поэтому способствует осаждению переносимого ветром песка. Песок засоряет щебень, накапливается в уменьшающемся зазоре между усом и рельсом и расходящимся внешним рельсом, заклинивает стрелочные переводы и препятствует правильной работе переключателей.



Рис. 2. Категории (степени) заносов песком:
 а — I категория: занос по головку рельсов;
 б — II категория: подошвы рельсов засыпаны до головки рельсов, балласт и шпалы частично засыпаны песком;
 в — III категория: рельсы, балласт и шпалы местами присыпаны

Система мер SMM¹, принятая на Западе [8], и «банк технологических решений и условий» (методы и способы пескозакрепления), принятый в странах СНГ [9], вполне согласуются между собой. SLS (SULS и SSLS)² — это состояния элементов инфраструктуры пути, т.е. условия, для которых могут быть рекомендованы соответствующие им меры SMM. Основания для применения мер пескозакрепления возникают только при техническом обслуживании железной дороги в условиях подвижных песков и оцениваются в рамках мониторинга за его состоянием [9].

Нежелательные последствия могут быть смягчены, но не полностью устранены. В мире принято определять меры смягчения воздействия песка в зависимости от объема песка, перемещаемого в год в преобладающем направлении переноса через 1 м фронта ветропесчаного потока, определяемого безотносительно к расположению железной дороги [6, 8, 9], что подтверждено также нормами РФ и Узбекистана: СП 119.13330.2012; СП 32–104–98; СП 342.1325800.2017; КМК 2.05.01–96; КМК 2.05.10–97.

Однако объем песка, переносимый через железную дорогу, кроме природно-климатических факторов зависит в значительной степени от орографии — местных условий. Поэтому для проектирования мер в конкретных условиях объем песка в м³/год не вполне приемлем, так как не учитывает ряд параметров кроме скорости ветра. Например, преобладающее направление ветропесчаного потока (угол атаки) может составлять менее 30° по отношению к трассе железной дороги, тогда ветропесчаный поток направляется земляным полотном вдоль дороги и степень заноса верхнего строения пути будет минимальной (возможно, заноса не будет вовсе). Если поверхность песка прилегающей полосы покрыта растительностью, то в этом случае занос также минимальный, тогда как по существующей методике объем песка, определяемый по преобладающему направлению переноса (по розе переносов), будет указывать на необходимость классификации участка I или II категории, т.е. указывать на необходимость мер закрепления. Учитывая эти обстоятельства и исходя из реального состояния инфраструктуры, необходимость пескозакрепительных работ предложено определять визуально, по результатам осмотров верхнего строения пути, что вполне достоверно отражает степень влияния всех значимых факторов на безопасность движения поездов и приоритет осуществления SMM (рис. 2).

Прекращение движения поездов является обязательным в случае SULS первой категории, поскольку неисправность переключателей стрелочного перевода или занос по головку рельсов, выдувание бровки земляного полотна и зависание плети и другие состояния могут привести к сходу поезда или лобовому столкновению встречных поездов.

¹SMM (Sand Mitigation Measures) — меры смягчения воздействия песка.

²SLS (Sand Limit States) — предельные состояния (инфраструктуры), вызванные песчаным заносом.

Бруно Л. и соавторы [8] считают, что на безопасность движения поездов, помимо предельного состояния инфраструктуры пути, влияет также состояние подвижного состава. Утверждается, что подвижной состав должен прекратить движение в следующих случаях:

- если песчаный занос приводит к сходу поездов с рельсов [13];
- вследствие опрокидывания поездов боковым ветром [4];
- в ситуации, когда поезда, остановленные даже на относительно короткое время, могут быть заблокированы песком во время песчаной бури [15].

На самом деле во всех трех случаях негативное влияние на нормальную эксплуатацию инфраструктуры пути возникает не из-за состояния подвижного состава, а в результате песчаных заносов.

Для удовлетворения условий SMLS, SSSL необходимы эффективные, долговечные, надежные и устойчивые меры SMM по смягчению воздействия песка («банк технологических решений» [9]). Предельные состояния инфраструктуры, приводящие к нарушению условий безопасности движения поездов (выход из строя подвижного состава или системы сигнализации и связи), однозначно обусловлены состоянием железнодорожного пути, главным образом, земляного полотна и верхнего строения пути.

Выводы

1. Песчаный занос ограничивает нормальную эксплуатацию верхнего строения пути и земляного полотна и является одной из значимых проблем нормальной эксплуатации железной дороги в условиях подвижных песков.

2. Учитывая сложность и недостаточную изученность вопроса взаимодействия ветропесчаного потока и железнодорожного пути и отсутствие достоверного метода определения объема песка, переносимого через 1 м фронта ветра в год, для выявления мер смягчения негативного воздействия песка на железнодорожный путь предлагается визуальный мониторинг состояния пути, интегрируемый в систему его плано-предупредительных ремонтов в части осмотров пути.

3. Следует различать три степени заноса пути песком (I – занос по головку рельсов; II — подошвы рельсов засыпаны песком до головки рельсов, балласт и шпалы частично засыпаны песком; III — подошвы рельсов, балласт и шпалы местами присыпаны песком) и с учетом ограниченности материальных ресурсов и времени определять приоритет на очистку пути от песка по степени заноса. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Вейсов С. Динамика рельефа барханных песков / под ред. Б. А. Федоровича, А. Г. Бабаева. — Ашхабад : Ылым, 1976. — 196 с.
2. Tsoar H., Blumberg D. G., Stoler Y. Elongation and migration of sand dunes // *Geomorphology*. — 2004. — Vol. 57, № 3–4. — P. 293–302. — URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S 0169-555X\(03\)00161-2](http://dx.doi.org/10.1016/S 0169-555X(03)00161-2).
3. Andreotti P., Claudin S. Douady. Selection of dune shapes and velocities. Part 1: dynamics of sand, wind and barchans // *Eur. Phys. J. Condens. Matter*. — 2002. — № 28. — URL: <https://archive.org/details/arxiv-cond-mat0201103>.
4. Baker C. J. A review of train aerodynamics // *Aeronautical J.* — 2014. — Vol. 118. — Iss. 1202. — P. 345–382. — URL: <https://doi.org/10.1017/S 0001924000009179>.
5. Lianchan F., Jiqing L., Yaoquan D. Review on the prevention of sand damages to railway line in desert areas of China // *J. China Railw. Soc.* — 1994. — № 3.
6. Закиров Р. С. Железные дороги в песчаных пустынях. — М. : Транспорт, 1980. — 221 с.
7. Поляков В. П., Песвианидзе Д. И., Горбачева В. Ф. Опыт борьбы с песчаными заносами на Среднеазиатской железной дороге. — Ташкент : УЗИНТИ, 1966. — 72 с.
8. Bruno L., Horvat M., Raffaele L. Windblown sand along railway infrastructures: a review of challenges and mitigation measures // *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*. 2018. — Vol. 177. — P. 340–365. — DOI: 10.1016/j.jweia.2018.04.021. — URL: https://www.researchgate.net/publication/325416230_Windblown_sand_along_railway_infrastructures_A_review_of_challenges_and_mitigation_measures.
9. Мирахмедов М. Основы методологии организации пескозакрепительных работ и защита природно-технических объектов от песчаных заносов. — Ташкент, 2008. — 248 с.
10. Cheng J. J., Jiang F. Q., Xue C. X., Xin G. W., Li K. C., Yang Y. H. Characteristics of the disastrous wind-sand environment along railways in the Gobi area of Xinjiang // *Atmospheric Environment*. — 2015. — Vol. 102. — P. 344–354. — DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.12.018. — URL: https://www.researchgate.net/publication/272391499_Characteristics_of_the_disastrous_wind-sand_environment_along_railways_in_the_Gobi_area_of_Xinjiang_China.
11. Plaza J. S., Barcelo M. L., de Lema Tapetado P. R. Sand and wind: an outline of the study of aeolian action on infrastructure with reference to Haramain high-speed railway Makkah-Al-Madinah // *Rev. Obras Publicas*. — 2012. — Vol. 159.
12. Zhang K. C., Qu J. J., Liao K. T., Niu Q. H., Han Q. J. Damage by wind-blown sand and its control along Qinghai-Tibet Railway in China // *Aeolian Reshersh*. — 2010. — № 1. — P. 143–146. — DOI: 10.1016/j.aeolia.2009.10.001.
13. Nathawat A. Challenges of track maintenance in desert area — problems and remedies // *Permanent Way Bull.* — 2005. — № 32. — P. 1–8.
14. Ходжаев А. А. Борьба с песчаными заносами на железных дорогах. — М. : Трансжелдориздат, 1947. — 104 с.

15. Al-Gassim. SAR — North South Railway Challenges, 2013. — URL: <https://ru.scribd.com/document/281052705/Gassimalgassim-Sarenvironmentalchallenges-110424014921-Phpapp02>.
16. Zakeri J. A., Abbasi R. Field investigation of variation of loading pattern of concrete sleeper due to ballast sandy contamination in sandy desert areas // Journal of Mechanical Science and Technology. — 2013. — № 26 (12). — DOI: 10.1007/s12206-012-0886-5.
17. Tyfour W. R. Effect of moving sand as a ballast contaminant on rail corrugation: field experience // International Journal of Environmental Engineering. — 2014. — Vol. 6, № 1. — P. 15–28. — DOI: 10.1504/IJEE.2014.057836.
18. Esmaeili M., Zakeri J. A., Mosayebi S. A. Effect of sand-fouled ballast on train-induced vibration // International Journal of Pavement Engineering. — 2014. — № 15 (7). — DOI: 10.1080/10298436.2013.818146.
19. Ebrahimi A. Keene. Maintenance planning of railway ballast // Proceedings of the AREMA Conference, Minneapolis, 2011.
20. Anurag S. Problems in maintenance of indian railway in deserts and possible solutions // UIC Workshop on Desert Railways.
21. Carrascal I. A., Casado J. A., Diego S., Polanco J. A. Dynamic behaviour of high-speed rail fastenings in the presence of desert sand // Construction and Building Materials. — 2016. — Vol. 117. — P. 220–228. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.023>.
22. Kolmann J. Railway operations under harsh environmental conditions sand, dust & humidity problems and technical solutions/mitigation measures. AHK Workshop Be a Partner of Qatar Rail, Berlin, 2013. — URL: <https://docplayer.net/22407097-Railway-operations-under-harsh-environmental-conditions.html>.
23. Ивлев Н. П., Каменев А. М. Опыт пескозакрепительных работ на дорогах Казахстана // Борьба с песчаными заносами на железной дороге : сб. науч. тр. — Вып. 171/18. — Ташкент : ТашИИТ, 1981.

Объем статьи: 0,43 авторских листа



**Александр
Васильевич
Смолянинов**

**Alexander V.
Smolyaninov**



**Даниил
Вадимович
Дуванов**

**Daniil V.
Duvanov**



**Константин
Михайлович
Колясов**

**Konstantin M.
Kolyasov**



**Иван
Александрович
Добычин**

**Ivan A.
Dobychin**

О разработке методики цифрового двойника тележки электропоезда «Ласточка»

Development of the digital counterpart of the “Lastochka” electric train bogie

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы разработки методики создания цифрового двойника тележки электропоезда «Ласточка». Сформулированы этапы научных исследований, объектами которых являются рессорное подвешивание в виде двух ступеней и рама тележки. Приведены методика и результаты цифрового анализа напряженно-деформированного состояния цилиндрических пружин первой ступени подвешивания тележки и их верификация.

Ключевые слова: электропоезд «Ласточка», тележка, цифровой двойник, рессорное подвешивание, первая ступень, прочность.

Abstract

The article deals with the development of methodology for creating a digital counterpart of the “Lastochka” electric train bogie. The stages of scientific research are formulated, the objects of them being the spring suspension in the form of two stages and the bogie frame. The method and results of the digital analysis of the stress-strain state of cylindrical springs of the first stage of suspension of the bogie and their verification are presented.

Keywords: electric train “Lastochka”, bogie, digital counterpart, spring suspension, first stage, strength.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-37-44

Авторы Authors

Александр Васильевич Смолянинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | **Даниил Вадимович Дуванов**, инженер-конструктор департамента конструкторских разработок и исследований ООО «Уральские локомотивы», Россия; e-mail: mr.duvanov@bk.ru | **Константин Михайлович Колясов**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия; e-mail: KKolyasov@usurt.ru | **Иван Александрович Добычин**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия

Alexander Vasilievich Smolyaninov, Doctor of Technical Science, Professor of the “Railway Cars” Chair of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | **Daniil Vadimovich Duvanov**, Design Engineer, Department of Design Development and Research, Ural Locomotives LLC, Russia; e-mail: mr.duvanov@bk.ru | **Konstantin Mikhailovich Kolyasov**, Candidate of Technical Science, Head of the Chair “Railway Cars” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia; e-mail: KKolyasov@usurt.ru | **Ivan Alexandrovich Dobychin**, Doctor of Technical Science, Professor of the Chair “Mechatronics” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia

Общие понятия

Существует много определений цифрового двойника. Как минимум шесть имеют наибольшее распространение. В данном исследовании принимается во внимание следующее определение: цифровой двойник — это виртуальная интерактивная копия реального физического (в нашем случае) объекта. Оно созвучно с таким более конкретизирующим определением: цифровой двойник — это программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды.

Цифровой двойник применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включающих в себя разработку, изготовление и эксплуатацию. Уже на этапе эскизного проектирования с использованием программного обеспечения для системного/имитационного моделирования возможно создание вариаций системной модели разрабатываемого изделия для оценки и выбора наилучшего технического решения [1].

Далее на этапе технического проектирования полученная на предыдущем этапе модель может дорабатываться и уточняться при помощи более точных системных моделей элементов, которые могут быть получены на основе результатов многовариантных численных расчетов, сконвертированных в модели пониженного порядка — ROM-модели¹. Данная многофизичная точная системная модель позволяет учесть и оптимизировать взаимодействие всех элементов с учетом режимов работы и воздействий окружающей среды.

На этапе изготовления разработанная системная модель (которая уже может называться цифровым двойником изделия) поможет в определении требуемых допусков, точностей изготовления для соблюдения характеристик и безотказной работы изделия в течение всего срока службы, а также позволит быстро выявить причины неисправностей в процессе тестирования.

При переходе к этапу эксплуатации изделия модель цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с разработкой и изготовлением изделий, диагностикой и прогнозированием неисправностей, повышением эффективности работы, перекалибровки, выявления новых потребностей потребителя.

Существует множество классификаций цифровых двойников. Приведем наиболее распространенные:

1. Прототип — виртуальный аналог реального физического объекта. Он содержит все данные по этому продукту, включая информацию со стадий проектирования и производства, например, требования к изделию,

трехмерную модель объекта, описание технологических процессов, условия утилизации и т.д.

2. Экземпляр — данные, описывающие физический объект. Например, аннотированная трехмерная модель, сведения о материалах и компонентах изделия, информация о рабочих процессах, итоги тестов, записи о проведенных ремонтах, операционные данные от датчиков, параметры мониторинга и пр.

3. Агрегированный двойник — система, которая объединяет все цифровые двойники и их реальные прототипы, позволяя собирать данные и обмениваться ими в реальном времени.

Таким образом, цифровой двойник можно рассматривать в качестве виртуального прототипа реального объекта или процесса, который содержит все данные о нем, включая историю и информацию о текущем состоянии [1].

Экономическая часть проекта

Стоимость изделия определяется стоимостью каждой фазы цикла: эскизный проект и детальная проработка; прототип и оценка; постановка на производство и полноценное производство. Если принять за единицу затрат стоимость эскизного проекта, то детальная проработка этой фазы составит десять единиц. Затраты на разработку прототипа и его оценку составят сто единиц. Постановка на производство потребует затраты в тысячу, а полноценное производство — в двадцать тысяч единиц. В таком случае при традиционном проектировании, производстве и испытании первоначальные затраты увеличиваются в двадцать тысяч раз. При использовании цифрового двойника стоимость решения одной задачи на данных этапах меньше стоимости решения задачи на этапах прототипа и оценки и значительно меньше стоимости решения задачи на этапах постановки на производство и полноценного производства [2]. Таким образом, цифровые двойники значительно сокращают затраты компании на разработку нового продукта. Так, например, инвестиции в организацию выпуска вагонных тележек на «Уральских локомотивах» (собственное производство) составили около 1,4 млрд рублей.

Объект исследования

Реальным физическим объектом настоящей работы являются ходовые части (тележки) электропоезда ЭС2Г/ЭС2ГП «Ласточка».

Первые электропоезда ЭС1 «Ласточка» выпускались на тележках, сделанных на базе семейства SF 500, которое

¹ Модели сокращенного порядка (ROM-модели) — это компактные, автоматически создаваемые представления полноценных 3D-моделей, предназначенные для системного моделирования (ANSYS CFX/Fluent).



Рис. 1. Общий вид тележки немоторного вагона электропоезда ЭС2Г

послужило основой при разработке тележек для высокоскоростного электропоезда ЭВС «Сапсан», и поставляемых на «Уральские локомотивы» австрийским заводом.

Тележки электропоезда ЭС1 «Ласточка» имеют двухступенчатое рессорное подвешивание и спроектированы для железнодорожных линий с шириной колеи 1520 мм. В первой ступени использованы винтовые пружины. Вторая ступень выполнена на пневморессорах с автоматическим регулированием давления, благодаря чему поддерживается высота расположения пола над уровнем головки рельса при изменении населенности вагона и тем самым автоматически регулируется тормозная эффективность электропоезда.

Все колесные пары головных вагонов электропоезда являются моторными. Промежуточные вагоны оснащены немоторными тележками. При расчете максимальной пассажироместимости электропоезда ЭС1 «Ласточка» число пассажиров, едущих стоя, определяли из расчета 7 чел./м², максимальная нагрузка на ось была оценена в 19 т [3]. К освоению вагонных тележек предприятие «Уральские локомотивы» приступило в начале 2013 г. Осенью 2014 г. первый комплект из десяти тележек был установлен на пятивагонный электропоезд «Ласточка» ЭС2Г № 005. И уже весной 2015 г. предприятие получило сертификат соответствия на электропоезд «Ласточка» с вагонными тележками собственного производства (рис. 1).

Тележка воспринимает тяговые и тормозные усилия, боковые, горизонтальные и вертикальные силы при прохождении неровностей пути и передает их на раму кузова. Каждый вагон электропоезда опирается на две двухосные тележки, которые подразделяются на моторные и немоторные.

Конструктивно тележка (моторная и немоторная) состоит из следующих элементов: Н-образной сварной рамы; шкворневого узла с демпфером гашения поперечных колебаний; рессорного подвешивания первой ступени; рессорного подвешивания второй ступени с пнев-

матических рессорами; торсионной системы стабилизации и демпфера виляния.

Первая ступень рессорного подвешивания тележек включает одноповодковые буксы, цилиндрические винтовые пружины, гидравлические гасители вертикальных колебаний и имеет упругие ограничители вертикального перемещения.

Вторая ступень состоит из пневматических рессор в виде пневматических баллонов, гидравлических гасителей вертикальных колебаний, а также гидравлических гасителей виляния и поперечных колебаний. Все тележки снабжены стабилизаторами боковой качки.

Цель исследования заключается в разработке цифрового двойника ходовых частей электропоезда типа «Ласточка» (рис. 1).

Задачи (этапы), подлежащие решению:

1. Исследование прочности и долговечности первой ступени рессорного подвешивания тележки.

2. Цифровое моделирование работы пневматического рессорного подвешивания (вторая ступень) с целью выбора рациональных параметров и разработка методики создания пневматических подвесок с повышенными демпфирующими свойствами. Оценка срока службы пневматического подвешивания.

3. Анализ прочности и долговечности рамы тележки.

Далее цифровой двойник будет создаваться для первой ступени подвешивания (рис. 2), включающей в себя нижнюю опору пружины 1, демпфер вертикальных колебаний 2, упругий упор 3, жесткий упор 4, резиновый амортизатор 5, направляющую 6, верхнюю опору пружин 7, комплект регулировочных прокладок 8, стяжной болт 9, комплект из двух цилиндрических пружин 10, боковую раму тележки 11, корпус буксы 12 и многослойную резинометаллическую рессору 13.

В конструкции тележек применяются два комплекта пружин разной жесткости для разных вагонов:

- первый комплект для моторных вагонов;
- второй комплект для немоторного вагона.

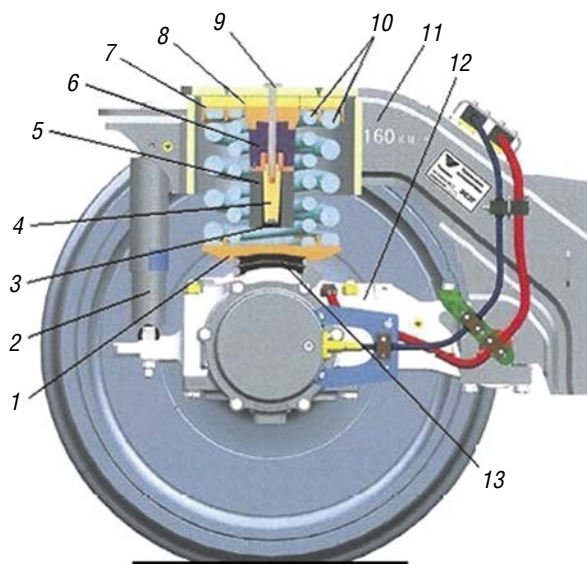


Рис. 2. Первая ступень рессорного подвешивания

Конструктивно комплекты исполнены однотипно и различаются величиной воспринимаемой нагрузки.

Расчетные нагрузки

В эксплуатации пружины железнодорожного подвижного состава испытывают сложную переменную нагрузку, способную вызвать их разрушение из-за усталости металла. Для расчета пружины на усталость необходимо иметь полную статистическую характеристику нагрузок, которые воспринимает пружина за все время эксплуатации, и, соответственно, усталостные характеристики пружин проектируемого типа. При отсутствии таких данных выполняются приближенные расчеты, в которых косвенно учитываются факторы, влияющие на усталость пружин [4–7]. Для пружин грузовых и пассажирских вагонов широкое применение получил так называемый условный статический расчет, в котором для определения наибольших напряжений принимают расчетную силу $P_{\text{МАХ}}$, вычисленную как произведение статической нагрузки ($P_{\text{СТ}}$) на коэффициент конструктивного запаса прочности ($k_{\text{ЗП}}$):

$$P_{\text{МАХ}} = P_{\text{СТ}} \cdot k_{\text{ЗП}}.$$

Величина $k_{\text{ЗП}}$ выбирается такой, чтобы в эксплуатации при наибольших амплитудах колебаний не происходило полной осадки пружин до соприкосновения витков (расчетный зазор 3 мм). Нормы расчета вагонов на прочность для пружин обеих ступеней рессорного подвешивания тележек пассажирских вагонов рекомендуют $k_{\text{ЗП}} = 1,5 \dots 1,7$, а если по результатам испытания вагона установлены предельные динамические нагрузки ($k_{\text{Д}}$), то рекомендуется определить силу как $P_{\text{МАХ}} = P_{\text{СТ}}(1 + k_{\text{Д}})$ [4].

Кроме расчета на прочность, для пружин производится проекторочный расчет для заданных условий работы (нагрузки и габаритные размеры).

Однако ГОСТ 33796–2016 «Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам» предусматривает, что коэффициент запаса пружинных комплектов ($K_{\text{КЗ}}$) определяется по формуле [8]:

$$K_{\text{КЗ}} = \frac{P_{\text{МАХ}}}{P_{\text{СТ_БРУТТО}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{МАХ}}$ — максимальная сила, соответствующая допускаемому конструкцией пружинного комплекта сжатию до состояния незамыкания на 3 мм витков пружины, которая в комплекте замыкается первой; $P_{\text{СТ_БРУТТО}}$ — статическая нагрузка на пружинный комплект рессорного подвешивания при максимальной населенности вагона пассажирами.

Отличительной особенностью зависимости (1) является то, что понятие коэффициента запаса относится в целом к комплекту, а не к отдельно взятой пружине. В таком случае коэффициент запаса прогиба выступает критерием усталости и прочности пружины.

Статическая нагрузка брутто на пружинный комплект рессорного подвешивания при максимальной населенности вагона пассажирами определяется по формуле

$$P_{\text{СТ.БР}} = \frac{n_1 \cdot (Q - m_{\text{НЧ}})}{n_{\text{ТЕЛ}} \cdot n_2},$$

где n_1 — количество осей, шт.; Q — максимальная нагрузка от оси колесной пары на рельсы, кН; $m_{\text{НЧ}}$ — вес необрессованных частей тележки, приходящийся на ось, кН; $n_{\text{ТЕЛ}}$ — количество тележек, шт.; n_2 — количество двухрядных пружин первой ступени рессорного подвешивания в одной тележке, шт.

Максимальная сила, соответствующая допускаемому конструкцией пружинного комплекта сжатию до состояния незамыкания на 3 мм витков пружины:

$$P_{\text{МАХ}} = C_{\text{В}} \cdot F_{\text{МАХ}},$$

где $C_{\text{В}}$ — вертикальная жесткость пружины, Н/мм; $F_{\text{МАХ}}$ — максимально допустимый прогиб пружины до незамыкания ее витков на 3 мм.

$$C_{\text{В}} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_0^3 \cdot n},$$

где G — модуль упругости при сдвиге кручением, Н/мм² (МПа); D_0 — средний диаметр витка пружины, мм; d — диаметр прутка, мм; n — количество рабочих витков.

Для стали 60С2ХФА $G = 82000$ Н/мм² (МПа) [9].

$$F_{\text{МАХ}} = H_0 - H_{\text{ЗАМ}} + 3,$$

где H_0 — высота пружины в свободном состоянии, мм; $H_{ЗАМ}$ — высота полностью сжатой цилиндрической винтовой пружины с круглым сечением прутка, изготовленного согласно ГОСТ 1452–2011, мм.

При расчете могут быть учтены вертикальные (или приведенные вертикальные) жесткости других упругих элементов, установленных в ступени рессорного подвешивания и работающих параллельно с пружинным комплектом. В этом случае расчет $K_{КЗ}$ должен содержать расчет жесткости элемента, работающего параллельно с пружинным комплектом. Расчет максимальной силы $P_{МАХ}$ выполняют по лимитирующей пружине с учетом конструктивных особенностей установки пружин, таких как наличие нижних (верхних) подкладок под (на) пружины, отставание включения в работу пружинного комплекта одной или нескольких пружин и других упругих элементов, работающих параллельно с пружинным комплектом.

В связи с тем, что конструкция комплекта пружин первой ступени рессорного подвешивания содержит упругий упор, ограничивающий вертикальные перемещения буксы относительно рамы тележки, расчет показателя для первой ступени рессорного подвешивания выполняют дважды.

Пункт 4.1.6 ГОСТа [8] гласит, что коэффициент конструктивного запаса пружинных комплектов первой ступени рессорного подвешивания в случае отсутствия упругих упоров, ограничивающих вертикальные перемещения буксы относительно рамы тележки $K_{КЗ1}$, должен быть не менее 1,60.

При наличии упругих упоров коэффициент должен быть не менее 1,60 — при включении в схему нагружения упругого упора и 1,40 — до включения в схему нагружения упругого упора.

Расчет должен содержать конструктивную схему рессорного подвешивания в состоянии без нагрузки, позволяющую проследить порядок вступления в работу всех учитываемых жесткостей при нагружении комплекта. По результатам заводского расчета для выпусков вагонов электропоезда на тележках, созданных на «Уральских локомотивах», с пружинами, выполненными из стали 60С2ХФА ($\sigma_T = 1470$ МПа; $[\tau] = 1000$ МПа), конструктивный запас пружинных комплектов составил:

- для комплекта I (тележки моторных вагонов):

$$K_{КЗ1,4} = 117135 / 82134 = 1,42 \geq 1,4,$$

$$K_{КЗ1,6} = 143111 / 82134 = 1,74 \geq 1,6;$$

- для комплекта II (тележки немоторного вагона):

$$K_{КЗ1,4} = 100823 / 72010 = 1,40 \geq 1,4,$$

$$K_{КЗ1,6} = 126703 / 72010 = 1,76 \geq 1,6.$$

В этом случае коэффициент конструктивного запаса учитывает, что на пружину вагона будут действовать максимальные и статические силы от начала эксплуатации и до конца срока эксплуатации постоянно.

Анализ напряженно-деформированного состояния пружинного комплекта

Конечно-элементная модель буксового (первой ступени) рессорного подвешивания показана на рис. 3. 3D-модель состоит из восьми узловых элементов типа SOLID 185. Рессоры связаны с верхней листовой и нижней листовой пружинами с помощью связи «Контакт». Верхняя листовая пружина связана с рамой с помощью связи «Контакт». Нижняя листовая пружина жестко закреплена. Часть рамы закреплена в продольных и поперечных направлениях.

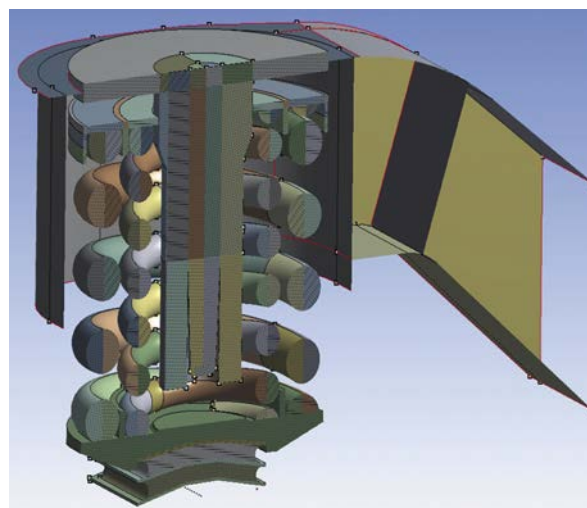
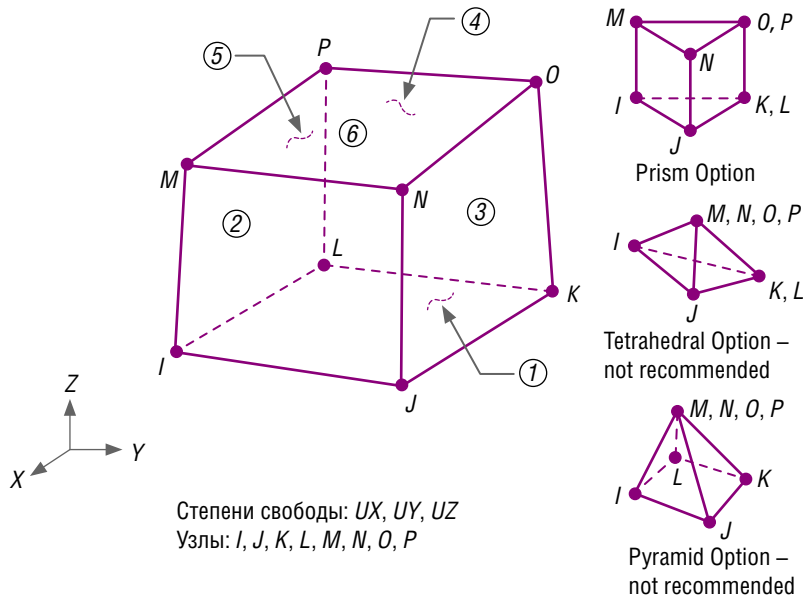


Рис. 3. Конечно-элементная модель буксового рессорного подвешивания

SOLID 185 используется для трехмерного моделирования твердых конструкций. Он определяется восемью узлами, имеющими три степени свободы в каждом узле: трансляции в узловых направлениях x , y и z и свойствами ортотропного материала. Элемент обладает пластичностью, гиперэластичностью, повышением жесткости при напряжении, ползучестью, большим прогибом и большой способностью к деформации. Он допускает вырождение призмы, тетраэдра и пирамиды при использовании в областях неправильной формы (рис. 4).

На первом этапе рассматривается упрощенная модель рессорного комплекта немоторного вагона, состоящая из внутренней и внешней пружин, двух листов (верхнего и нижнего) стали, для равномерного моделирования места ограничения комплекта и задания нагрузки на него (рис. 5).



Поверхностные нагрузки: давление на лица и гранях:
лицо 1($J-I-L-K$), лицо 2($I-J-N-M$), лицо 3($J-K-O-N$);
грань 4($K-L-P-O$), грань 5($L-I-M-P$), грань 6($M-N-O-P$)

Рис. 4. Однородная структурная твердотельная геометрия SOLID 185

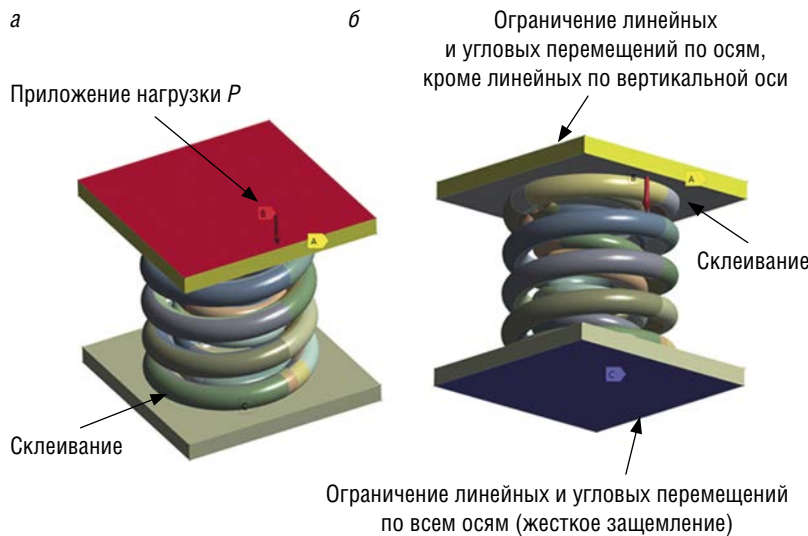


Рис. 5. Твердотельная модель пружинного комплекта с нагрузкой и закреплениями: а — вид сверху; б — вид снизу

Его цифровой аналог создан в виде объемной конечно-элементной модели с использованием программного комплекса ANSYS 2020R 1 (лицензия fatigue tool). В качестве конечного элемента использован Hex 3D-элемент типа SOLID 185.

Между листами стали и пружинами смоделировано соединение «по-

верхность — поверхность» (Surface-to-Surface Gluing). Данный тип склейки используется как для стыковки неконгруэнтной сетки, так и для соединения между собой различных типов элементов. На верхний лист приложена статическая нагрузка (P), равная рабочей нагрузке для двух пружин вместе (табл. 1). Нижний лист

имеет ограничение перемещений по всем шести степеням свободы. Рабочая схема в виде твердотельной модели приведена на рис. 5.

Характеристики пружин первой ступени рессорного подвешивания представлены в табл. 1.

В целях последующей верификации расчетных схем расчеты выполнены для каждой пружины. В качестве примера на рис. 6 приведены результаты напряженного состояния наружной (а) и внутренней (б) пружин от статической нагрузки при полном сжатии 55917 Н и 30901,5 Н соответственно.

Максимальные напряжения возникают на внутренних поверхностях витков и составили 399 и 407 МПа при рабочей нагрузке, 612 и 597 МПа от нагрузки при полном сжатии.

Для подтверждения результатов и проверки правильности построения модели проводится верификация. С учетом влияния кривизны витков максимальные значения напряжений для внутренней стороны витков составляют [4]:

$$\tau_{\max} = \frac{8PD}{\pi d^3} \eta, \quad (2)$$

где η — коэффициент, учитывающий кривизну витков и поперечную силу.

Внутренние волокна пружины испытывают более высокие напряжения в связи с тем, что их длина меньше наружных волокон, поэтому при кручении витка деформации сдвига внутренних волокон больше деформаций наружных. Эта разница увеличивается с уменьшением индекса пружины (m).

Наиболее точная формула для коэффициента, учитывающего кривизну витков, имеет вид:

$$\eta = 1 + \frac{1,25}{m} + \frac{0,875}{m^2} + \frac{1}{m^3}.$$

Для исследуемого рессорного комплекта получим: для наружной $\eta_1 = 1,241$ и внутренней $\eta_2 = 1,271$ пружин.

По зависимости (2) вычислим напряжения, возникающие на внутренних волокнах пружин:

- от рабочей нагрузки:

$$\tau_1 = 415,43 \text{ МПа};$$

$$\tau_2 = 405,54 \text{ МПа};$$

- от нагрузки при полном сжатии:

$$\tau_{1\max} = 591,98 \text{ МПа};$$

$$\tau_{2\max} = 594,15 \text{ МПа}.$$

Погрешность полученных расчетов напряжений с помощью программного комплекса ANSYS 2020R 1 и аналитического решения составила 0,65 и 0,59 %.

Величину расчетного прогиба от действия заданной нагрузки определим по формуле [4]:

$$f_{\max} = \frac{\pi n_p D^2}{\eta G d} \tau_{\max},$$

где n_p — число рабочих витков.

Расчетный прогиб от рабочей нагрузки:

$$f_1 = 67,7 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$f_2 = 59,7 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

от нагрузки при полном сжатии:

$$f_{1\max} = 96,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$f_{2\max} = 87,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Результаты расчетов прогибов пружин от нагрузки при полном сжатии приведены на рис. 7.

Высота наружной пружины изначально выше (табл. 1), и она первая воспринимает статическую нагрузку. В связи с этим прогиб наружной пружины будет больше прогиба внутренней на величину разности их высот. Максимальные прогибы наружной и внутренней пружин при рабочей нагрузке составили 71,2 и 62,6 мм, от нагрузки при полном сжатии — 101,48 и 91,79 мм. Верификация прогибов составила 5 %.

Характеристики рессорного комплекта первой ступени рессорного подвешивания

Параметр	Обозначение	Характеристика
Высота пружин рессорного комплекта в свободном состоянии: наружная, мм внутренняя, мм	H_1 H_2	$362_{-3}^{+7,5}$ $352_{-3}^{+7,5}$
Средний диаметр наружной пружины, мм	D_1	248,2
Средний диаметр внутренней пружины, мм	D_2	160,4
Диаметр прутка: наружный, мм внутренний, мм	d_1 d_2	42 30
Число витков пружин: наружной/внутренней: полное рабочее	n_n n	5,3/7,4 3,6/5,7 (5,9)
Рабочая нагрузка, кгс: наружная внутренняя	P_1 P_2	4000 2150
Нагрузка при полном сжатии, кг, не более: наружная внутренняя	$P_{1\max}$ $P_{2\max}$	5700 3150
Вес пружины, кг, не менее: наружной внутренней	m_1 m_2	39 18
Статический прогиб пружины при рабочей нагрузке и полном сжатии, мм наружной внутренней	f_1 f_2	$70 \pm 2 / 100 \pm 2$ $60 \pm 2 / 90 \pm 2$

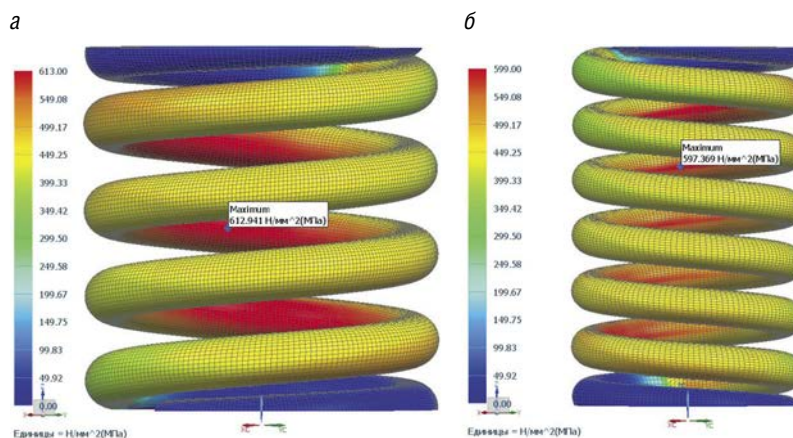


Рис. 6. Напряженное состояние пружин рессорного комплекта от нагрузки при полном сжатии

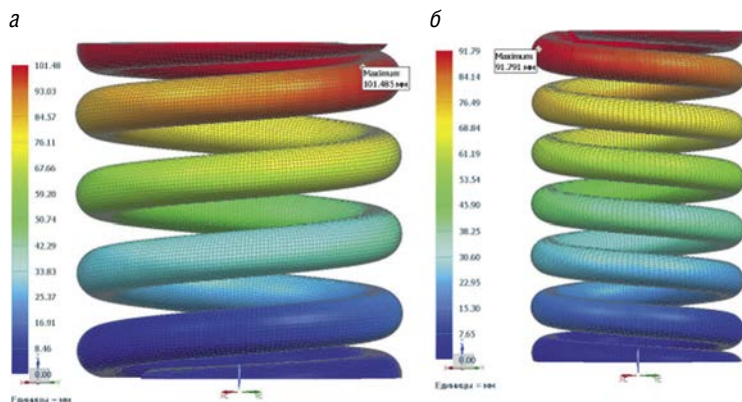


Рис. 7. Прогибы пружин рессорного комплекта от нагрузки при полном сжатии

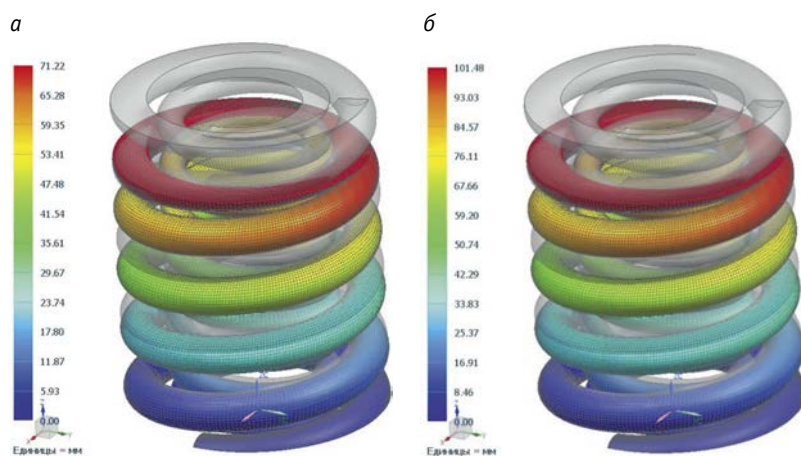


Рис. 8. Деформированное состояние пружинного комплекта от действия рабочей (а) и максимальной (б) нагрузки

На рис. 8 показано деформированное состояние комплекта винтовых пружин буксового подвешивания при действии рабочей и максимальной нагрузки. Значения расчетных прогибов составили 71,22 мм и 101,48 мм соответственно, что практически совпадает с параметрами пружин (табл. 1). Серый цвет соответствует исходному (ненагруженному) состоянию комплекта.

Выводы

Цифровой двойник тележки — это компьютерный прообраз ее физической конструкции, и чем точнее цифровой двойник описывается в компьютерной среде, тем больше он соответствует своему реальному прототипу.

Компьютерный анализ напряженно-деформированного состояния показал, что его результаты практически совпадают с данными расчетов по аналитическим зависимостям для оценки прочности и определения прогибов пружин. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Цифровой двойник. — URL: [https://www.cadferm-cis.ru/service/digital-twin/#:~: text.](https://www.cadferm-cis.ru/service/digital-twin/#:~:text=)
2. Кокорев Д. С., Юрин А. А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / COLLOQUIUM-JOURNAL, Голопристанский районный центр занятости (Варшава). — 2019. — № 10–2 (34). — С. 101–104.
3. Циглер В., Манглер Р. Desiro RUS — перспективный пригородный электропоезд // Железные дороги мира. — 2012. — № 4. — С. 44–51. — ISSN 0321–1495.
4. Вершинский С. В. и др. Расчет вагонов на прочность / под ред. Л. А. Шадура. — М.: Машиностроение, 1971. — 432 с.
5. Левин А. Б. Оценка демпфирующих свойств буксового подвешивания многоосных тележек грузовых вагонов / А. Б. Левин, А. Э. Павлюков, А. В. Смольянинов // Транспорт Урала — 2014. — № 2 (41). — С. 27–32. — ISSN 1815–9400.
6. Левин А. Б. Проектирование билинейного рессорного подвешивания тележек грузовых вагонов / А. Б. Левин, А. В. Смольянинов, А. Э. Павлюков // Транспорт Урала. — 2015. — № 1 (44). — С. 57–61. — ISSN 1815–9400.
7. Миронов И. Н., Барбарич С. С. Нормы расчета и проектирования грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм РФ. — М.: ФГУП ВНИИЖТ — ФГУП ГосНИИВ, 2004. — 213 с.
8. ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. — М.: Стандартинформ, 2016. — 40 с.
9. Сорокин В. Г. Марочник сталей и сплавов. — М.: Машиностроение, 1989. — 322 с.

Объем статьи: 0,85 авторских листа

УДК 656.212.5



**Сергей
Александрович
Богусhevич**

**Sergey A.
Bogushevich**



**Валерий
Михайлович
Самуйлов**

**Valeriy M.
Samuylov**



**Людмила
Вячеславовна
Гашкова**

**Lyudmila V.
Gashkova**

Анализ основных проблем по обработке транзитных поездов на внеклассной сортировочной станции Екатеринбург-Сортировочный

Analysis of the main problems in handling transit trains at the out-of-class sorting station Yekaterinburg-Sortirovochny

Аннотация

В статье рассматриваются основные проблемы обработки транзитных поездов на крупной внеклассной сортировочной станции Свердловской железной дороги Екатеринбург-Сортировочный. Проведен анализ всех возможных актуальных проблем при продвижении транзитных грузов, разработаны и предложены перспективные пути их решения. Станция Екатеринбург-Сортировочный имеет огромный потенциал и играет важную роль в международных отношениях современной России с Китаем, так как располагается в пределах Евразийского транспортного коридора, соединяющего Москву и Пекин. В настоящее время от скорости обработки и доставки грузов в транзитных поездах внутри транспортного коридора также зависит укрепление международных взаимоотношений. Сделан вывод о необходимости снижения простоев транзитных поездов по станции и введения новой структуры их обработки.

Ключевые слова: сортировочная станция Екатеринбург-Сортировочный, транзитные поезда, грузовые перевозки, транспортный коридор, отправление поездов.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-45-49

Авторы Authors

Сергей Александрович Богусhevич, аспирант первого курса Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: Bogushevich96@mail.ru | 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: Samuylov-sv@convex.ru | 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

Sergey Alexandrovich Bogushevich, first-year post-graduate student of the Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg; e-mail: Bogushevich96@mail.ru | Valeriy Mikhailovich 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), Ekaterinburg; e-mail: Samuylov-sv@convex.ru | Lyudmila Vyacheslavovna 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



Рис. 1. Станция Екатеринбург-Сортировочный

Екатеринбург-Сортировочный — это железнодорожная сортировочная станция Екатеринбургского региона Свердловской железной дороги, расположенная в городе Екатеринбурге (рис. 1). Эта станция — одна из важнейших на Свердловской железной дороге, так как находится на главном ходу Транссибирской магистрали.

Сортировочные станции на сети железных дорог являются решающими опорными пунктами в организации вагонопотоков и выполнении важнейших показателей перевозочного процесса. От их работы в большей мере зависит функционирование всей сети железных дорог. Сортировочная станция предназначена для формирования и расформирования различных поездов. Здесь выполняются операции по пропуску транзитных поездов без переработки, производится коммерческий и технический осмотр составов, выявление и устранение выявленных неисправностей вагонов, смена локомотивов и локомотивных бригад.

Что же такое транзитный поезд? Транзитный поезд — это состав, проследующий станцию без переработки либо с изменением веса или длины. Перелом веса или длины поезда на технических станциях нужен в том случае, если поезд следовал по участку с разрешенной массой и длиной поезда, но далее будет следовать по участку, на котором данная длина или масса поезда определяется как технический параметр в зависимости от мощности локомотива, длины приемо-отправочных путей станций на участке, а также имеющейся пропускной и провозной способности железнодорожной линии.

Описание поэтапного разбора обработки транзитного поезда на технической станции [1]:

1. Информация о приближении поезда к станции от поездного диспетчера передается станционному диспетчеру.

2. Информация от станционного диспетчера передается дежурному парка прибытия.

3. После принятия поезда на станцию дежурным парка прибытия поезд следует до маршрутного светофора в парк формирования, и информация от дежурного парка прибытия передается дежурным парка формирования и отправления.

4. После приготовления маршрута приема дежурный парка формирования принимает транзитный поезд на один из четырех путей парка отправления.

5. Поезд на пути парка встречают бригады ПТО¹, ПКО², дежурный по парку и работники военизированной охраны (если в поезде имеется ценный груз).

6. После остановки состава поезд закрепляется дежурным по парку, принимаются перевозочные документы от локомотивной бригады, дежурному по парку докладывается о закреплении.

7. Дежурный по парку дает команду локомотивной бригаде на отцепку локомотива от состава, помощник машиниста производит отцепку, после чего локомотив с локомотивной бригадой отправляются в депо.

8. После отцепки и закрепления состава дежурный по парку дает команду бригадам ПТО и ПКО на технический и коммерческий осмотр.

9. Дежурный по парку передает документы оператору при дежурном по станции, который, в свою очередь, производит последующую подготовку документов для дальнейшей передачи их новой локомотивной бригаде. Оператор производит пакетирование документов и с натурным листом выдает помощнику под роспись в книге ДУ-40.

10. После полного осмотра бригадами ПТО и ПКО дается техническая готовность на прицепку локомотива к составу.

¹ПТО — пункт технического осмотра.

²ПКО — пункт коммерческого осмотра.

11. После прицепки локомотива к составу производится опробование автотормозов, после чего машинисту выдается справка (формы ВУ-45) об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии.

12. Далее дежурный по станции дает команду сигнальнику на раскрепление состава.

13. После раскрепления поезда готовится маршрут отправления, и дежурный по станции отправляет транзитный поезд на участок.

Главными операциями по обработке транзитных поездов без переработки на станции Екатеринбург-Сортировочный являются операции по техническому осмотру вагонов бригадами ПТО и коммерческому осмотру бригадой ПКО, а также смена локомотивов или локомотивных бригад, подготовка документов на состав, вручение справки об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии [2].

Таким образом, можно определить первую группу проблем, связанных с обработкой транзитных поездов на станции Екатеринбург-Сортировочный: негодность локомотивов или серий локомотивов, недопустимых для дальнейшего следования по участку.

Транзитные поезда, подходящие к станции с Дружининского, Тагильского, Исетского или Кузинского участков, в большинстве случаев идут с сериями локомотивов 2ЭС10, 3ЭС10, Вл10, Вл11, 2ЭС6, 3ЭС6. Для дальнейшего отправления поездов со станции подходят серии 2ЭС6 и Вл10, Вл11 (устаревающие), в редких случаях, по согласованию с поездным диспетчером участка, 3ЭС6. Таким образом, все поезда, идущие с другими сериями локомотивов (отличными от 2ЭС6, Вл10, Вл11 и 3ЭС6), подлежат смене локомотивов, что осложняет и замедляет обработку транзитных поездов по станции Екатеринбург-Сортировочный (рис. 2). Это связано с тем, что участки подхода к станции трудные, имеют ломаный профиль, крутые затяжные подъемы и для перевозки поезда нуждаются в высококлассных инновационных локомотивах, к примеру, серии 2ЭС10 «Гранит», имеющих суммарную длительную мощность 8400 кВт.

2ЭС10 «Гранит» — российский грузовой двухсекционный восьмиосный электровоз постоянного тока напряжением 3 кВ с асинхронным тяговым приводом. Электровоз был создан российской компанией «Группа Синара» при участии немецкого концерна Siemens (СП «Уральские локомотивы») и выпускается Уральским заводом железнодорожного машиностроения с 2010 г. На базе 2ЭС10 можно формировать трехсекционный электровоз (2ЭС10 с бустерной секцией 2ЭС10С, условно именуемый как 3ЭС10) [3]. Локомотивы серии 3ЭС10 на треть превосходят по мощности электровозы 2ЭС10 (12600 кВт) и обычно используются для перевозки тяжелых поездов или поездов повышенной массы.

Для отправления со станции поездов в направлении Баженовского, Тюменского, Каменского участков локомотивы не нуждаются в большой мощности, и здесь мо-



Рис. 2. Выезд годных локомотивов из локомотивного депо

гут использоваться серии локомотивов с меньшей мощностью. Например, 2ЭС6 «Синара» — грузовой двухсекционный восьмиосный магистральный электровоз постоянного тока напряжением 3 кВ с коллекторными тяговыми двигателями. Электровоз выпускается с 2006 г. в городе Верхней Пышме Уральским заводом железнодорожного машиностроения, входящим в ЗАО «Группа Синара» [4]. Суммарная длительная мощность локомотива серии 2ЭС6 — 6000 кВт, серии 3ЭС6 — 9000 кВт.

Локомотивы, подходящие для дальнейшего следования по участкам, в большинстве случаев оказываются неисправными или негодными. Основные проблемы: нехватка песка в бункерах, неисправная пожарная сигнализация, неисправности автоматической локомотивной сигнализации, устройств безопасности, компрессоров и пневматических устройств, систем подачи песка.

Транзитные поезда, идущие по станции с годными локомотивами, сменяются только локомотивными бригадами, и в этом случае полная обработка транзитного поезда от его прибытия в парк отправления до отправления на участок составляет в среднем 1–1,5 часа, при норме обработки транзитных поездов по станции Екатеринбург-Сортировочный в 2,1 часа.

Для решения данных проблем необходимо производить тщательную диагностику и ремонт локомотивов при их заезде на технический осмотр (ТО). Это позволит увеличить пробег локомотивов по участку без заезда на ТО в пунктах основного депо, между плановыми ТО. Кроме того, нужно использовать универсальные локомотивы, подходящие для движения по всем участкам их обращения.

Зачастую транзитные поезда простаивают большое количество времени на подходе к станции у входных и маршрутных светофоров. Это связано с тем, что в парке отправления имеется четыре электрифицированных пути для приема транзитных поездов (рис. 3).

Управление процессами перевозок

При занятости всех четырех путей и обработке составов к отправлению все подходящие транзитные поезда останавливаются у маршрутного светофора и ожидают освобождения транзитного пути в парке отправления для дальнейшего приема и обработки. В результате увеличиваются простои, растет рабочий парк вагонов на станции, замедляется продвижение транзитных грузов внутри узла.

Решением данной проблемы может служить планирование движения поездов поездным диспетчером таким образом, чтобы транзитные поезда, идущие в сторону станции Екатеринбург-Сортировочный, не имеющей свободных путей для приема, по возможности были пропущены в обход узла и станции.

Важным этапом в обработке транзитных поездов является технический осмотр поезда бригадами вагонного хозяйства. Среднее время обработки состава в техническом отношении занимает 45 минут, но из-за неравномерности в прибытии поездов бригадам ПТО не всегда удается вовремя осмотреть составы, поэтому происходит задержка технической готовности состава. Таким образом, появляется еще одна проблема — нехватка человеческих ресурсов для осмотра и обработки составов [5].

Неравномерность прибытия поездов устранить или снизить крайне тяжело, поэтому в периоды прибытия большого количества составов необходимо подключать дополнительные бригады для ускоренной обработки транзитных поездов.

Несвоевременное поступление информации также зачастую является фактором задержки транзитных поездов. Поезда прибывают на станцию, закрепляются работниками парков, происходит осмотр и обработка состава, готовится локомотив и локомотивная бригада для заезда под состав поезда, и спустя час после прибытия приходит информация о нагреве букс с комплекса технических средств контроля за состоянием подвижного состава (КТСМ) с уровнем тревоги. Иногда получается устранить неисправность вагона непосредственно в самом составе, а в большинстве случаев происходит отцепочный ремонт вагона. Отцепка вагона занимает много времени, и в случае задержки информации о тревоге с КТСМ поезд будет простаивать в ожидании отцепки неисправного вагона.

Коммерческие неисправности возникают намного реже, чем вышеизложенные проблемы обработки. Существует два способа их устранения. Первый и самый быстрый — это безотцепочное устранение неисправности на пути. Второй, более сложный и долговременный — отцепка вагона и перестановка его в пункт исправления коммерческих неисправностей. В данном случае снова возникают непроизводительные простои при полной технической готовности состава к отправлению.

Для ускорения передачи информации необходимы новые каналы связи, более совершенные технические средства, которые смогут оперативно передавать информацию о любой неисправности еще при подходе поезда на станцию [6].



Рис. 3. Четный парк отправления станции Екатеринбург-Сортировочный (4 крайних пути слева — электрифицированные, для приема транзитных поездов)

Из-за нехватки локомотивов на станции и узловом участке под состав заезжают локомотивы, у которых высота автосцепных устройств превышает высоту автосцепного устройства у первого вагона состава. И здесь возникает еще одна проблема — несовпадение высот автосцепных устройств локомотива и первого вагона состава. Чтобы устранить данную проблему, необходимо сделать перекидку вагонов в хвостовую часть состава из головной части поезда и подобрать необходимый по высоте вагон для постановки его в головную часть состава. При этом все операции производятся при интенсивном отправлении поездов, и для перекидки вагонов в хвостовую часть состава требуется свободный путь в парке отправления, который не всегда имеется в наличии.

Эту проблему можно решить лишь увеличением парка годных локомотивов и наличием локомотивов с разными высотами автосцепных устройств, чтобы изначально машины подбирались дежурным по депо для поездов с определенными высотами автосцепных устройств.

Бывают и крайне редкие проблемы, которые трудно спрогнозировать: задержка локомотивной бригады на медицинском осмотре, неприем локомотива локомотивной бригадой, задержка поездной информации о приближении поезда к станции, задержка поездных документов перед отправлением, потеря поездных документов в пути следования и др.

Все проблемы, связанные с обработкой транзитных поездов на внеклассной сортировочной станции Екатеринбург-Сортировочный, в сумме приводят к большим непроизводительным простоям, увеличению рабочего парка вагонов по станции, задержке поездов и грузов в частности и, как следствие, к значительным экономическим потерям.

Выводы

В статье разобраны основные проблемы, связанные с обработкой транзитных поездов и задержкой их на сортировочной станции Екатеринбург-Сортировочный, разработаны возможные пути их решения для сокращения времени обработки и ускорения движения поездов.

По мнению авторов, для ускорения транзитного движения необходимо создать современную европейскую транспортную систему, ключевыми элементами которой должны стать интермодальность и функциональная совместимость транспортных средств [7]. А это значит, что в системе транспортной обработки транзитного движения необходимо использовать единый локомотив, который будет современным, универсальным и пригодным как для тяжеловесных, так и для легковесных поездов. Таким локомотивом является инновационный двухсекционный локомотив 2ЭС10 «Гранит» производства группы «Синара». **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Зубков В. Н. Технология и управление работой станций и узлов / В. Н. Зубков, Н. Н. Мусиенко. — М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. — 416 с. — ISBN 978-5-89035-892-9.
2. Боровикова М. С. Организация движения на железнодорожном транспорте : учебник. — М. : Маршрут, 2003. — 368 с. — ISBN 5-89035-085-4.
3. Локомотивы серии 2ЭС10 // Википедия, свободная энциклопедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/2%D0%AD%D0%A110> (дата обращения: 22.12.2020).
4. Локомотивы серии 2ЭС6 // Википедия, свободная энциклопедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/2%D0%AD%D0%A16> (дата обращения: 22.12.2020).
5. Эксплуатация железных дорог в примерах и задачах / И. Б. Сотников. — М. : Транспорт, 1990. — 231, [1] с. — ISBN 5-277-00870-5.
6. Зябиров Х. Ш. Эффективные технологии и современные методы управления на железнодорожном транспорте (теория, практика, перспективы) / Х. Ш. Зябиров, И. Н. Шапкин. — Москва : Финансы и статистика : Транспорт, 2018. — 504 с. — ISBN 978-5-279-03598-4.
7. Самуйлов В. М., Медовщиков И. А., Каргапольцева Т. А. Железнодорожный вокзал будущего // Инновационный транспорт. — 2020. — № 1 (35). — С. 3–10. — ISSN 2311–164X.

Объем статьи: 0,51 авторских листа



Маруфджан Халикович
Расулов

Marufdjan X. Rasulov



Азизбек Фахриддинович
Исматуллаев

Azizbek F. Ismatullaev

О перспективах развития ускоренных контейнерных перевозок в Узбекистане

Prospects for the development of accelerated container transportation in Uzbekistan

Аннотация

В статье рассмотрены и проанализированы объемы перевозок контейнерных грузов в Республике Узбекистан. Изучены тенденции развития контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте. Методология исследования базируется на анализе способов сбора исходной информации, а также методов ее обработки. Предложены основные меры по разработке и реализации технических, технологических, коммерческих и организационных мероприятий по повышению контейнеризации перевозок грузов.

Ключевые слова: контейнеры, железнодорожные контейнерные перевозки, грузовые поезда, контейнерные поезда, экспорт, импорт, транзит.

Abstract

The article considers and analyzes the volume of container cargo transportation in the Republic of Uzbekistan. Trends in the development of container transportation by rail are studied. The research methodology is based on the analysis of the methods of collecting the initial information, as well as the methods of its processing. The main measures for the development and implementation of technical, technological, commercial and organizational measures to increase containerization of cargo transportation are proposed.

Keywords: containers, railway container transportation, freight trains, container trains, export, import, transit.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-50-54

Авторы Authors

Маруфджан Халикович Расулов, канд. техн. наук, профессор Ташкентского государственного транспортного университета (ТашГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru | Азизбек Фахриддинович Исматуллаев, аспирант Ташкентского государственного транспортного университета (ТашГТУ), Ташкент, Узбекистан; e-mail: ismatullayev.aziz@mail.ru

Marufdjan X. Rasulov, PhD of technical science, Professor at Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru | Azizbek F. Ismatullaev, postgraduate at Tashkent State Transport University (TSTU), Tashkent, Uzbekistan; e-mail: ismatullayev.aziz@mail.ru

Введение

За три последних десятилетия пункты зарождения и погашения мирового контейнеропотока переместились в сторону Азиатско-Тихоокеанского региона [2, 3, 6, 7]. Данную тенденцию можно наблюдать и с внешнеторговыми связями Узбекистана, которые преимущественно осуществляются контейнерными перевозками. Мобильность контейнеров позволяет организовывать доставку грузов до «двери» предприятия, что приводит к популярности контейнерных блок-поездов при мультимодальных перевозках [4, 5]. В связи с этим многие компании в Узбекистане при проектировании цепи поставок грузов делают ставку на контейнерные перевозки.

Анализ показал (рис. 1), что внешнеторговый баланс контейнерных перевозок железнодорожным транспортом Узбекистана имеет отрицательное сальдо, так как импорт преобладает над экспортом. Это приводит к росту обратного порожнего пробега контейнеров. Также необходимо обратить внимание, что международный транзит все еще мал, и это в первую очередь зависит от географического расположения. Вместе с тем необходимо отметить, что транзит — в некотором роде показатель развития инфраструктуры страны. В статье [1] отмечается, что для повышения транзитного потенциала необходимо укреплять транспортную сеть путем развития инфраструктуры с одинаковыми технико-эксплуатационными требованиями.

К вопросу об анализе перевозок контейнеров

Доля контейнерных перевозок в масштабах страны не достигает 5 % от общего количества грузоперевозок. Однако в последние три года контейнерные перевозки имеют очевидную тенденцию к росту (рис. 1).

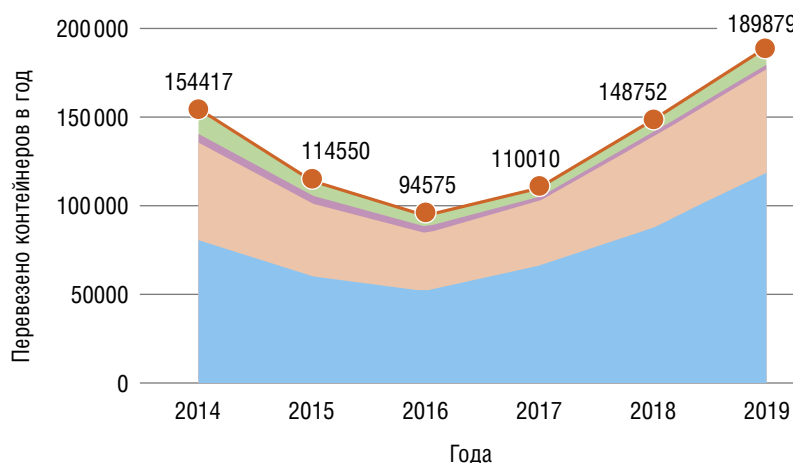


Рис. 1. Динамика перевозок контейнеров железнодорожным транспортом Узбекистана:

— транзит; — внутренние перевозки; — экспорт; — импорт

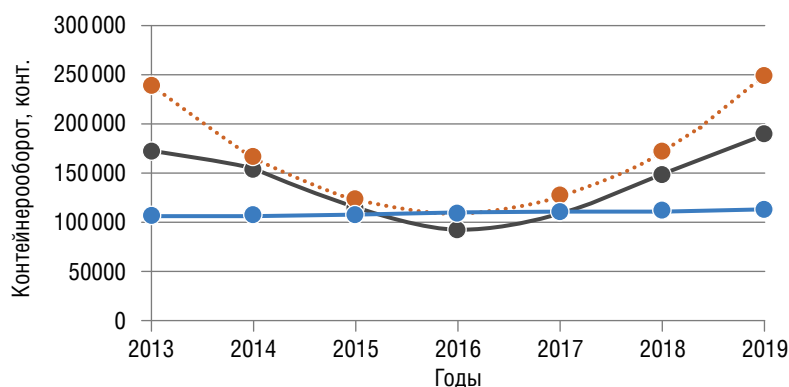


Рис. 2. Фактические и расчетные уровни ряда динамики, полученные по линейной и параболической моделям:

— фактический; — линейный; — параболический

В данном исследовании для более точного прогнозирования применены часто используемые модели кривых роста. С помощью метода последовательных разностей определены полиномы первой и второй степени:

- линейная модель:

$$y_t = 109293 + 1408 \cdot t, \text{ конт.};$$

- параболическая модель:

$$y_t = 109293 + 1408 \cdot t + 14960 \cdot t^2, \text{ конт.}$$

На основании определенных уравнений на рис. 2 приведены фактические и расчетные уровни ряда динамики.

Графический анализ показывает, что линейную модель нельзя признать удачной, она не подходит для описания тенденций динамики роста контейнерооборота, а полученный прогноз будет сильно занижен. Наиболее приближена к фактическим данным контейнерооборота параболическая модель, однако прогноз может быть завышен.

На рис. 3, 4 и 6, 7 приведены графики, построенные на основе диаграммы Парето. Данный инструмент позволяет отобразить наиболее важные станции, участвующие в цепях поставок контейнерных грузов. На рис. 3 приведен подробный анализ работы станций отправления контейнеров в составе грузовых поездов.

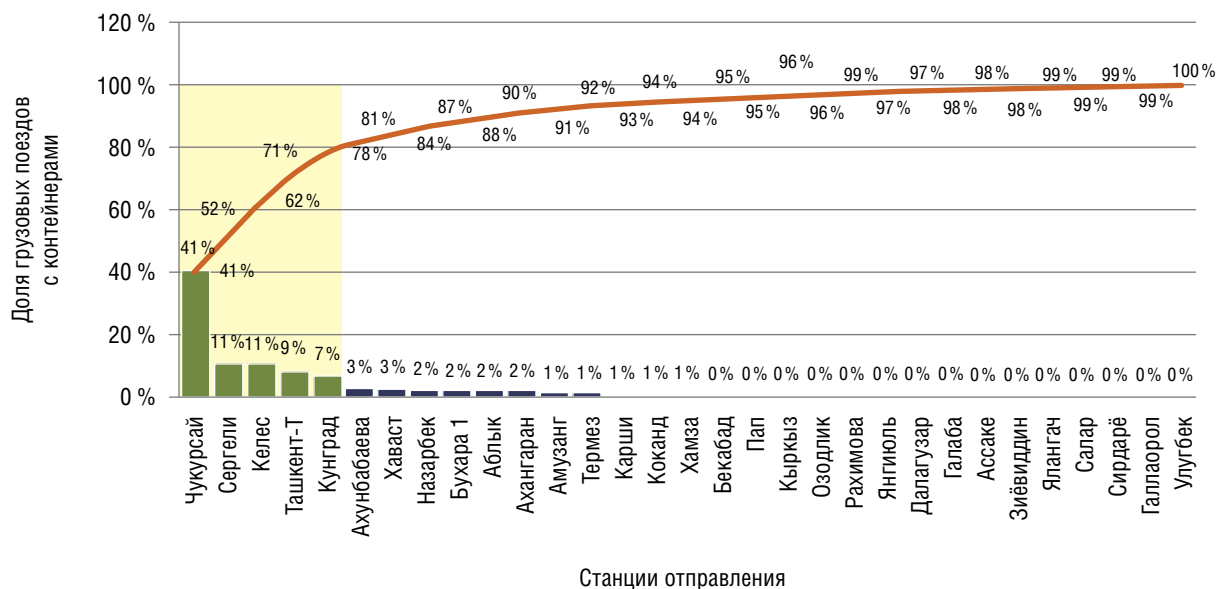


Рис. 3. Диаграмма Парето, иллюстрирующая отправку контейнеров в грузовых поездах за 2019 г. (фрагмент)

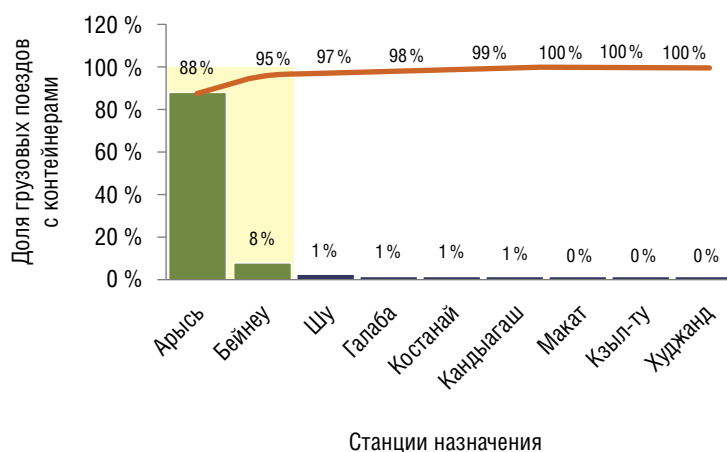


Рис. 4. Диаграмма Парето, иллюстрирующая работу станций назначения грузовых поездов с контейнерами в 2019 г.

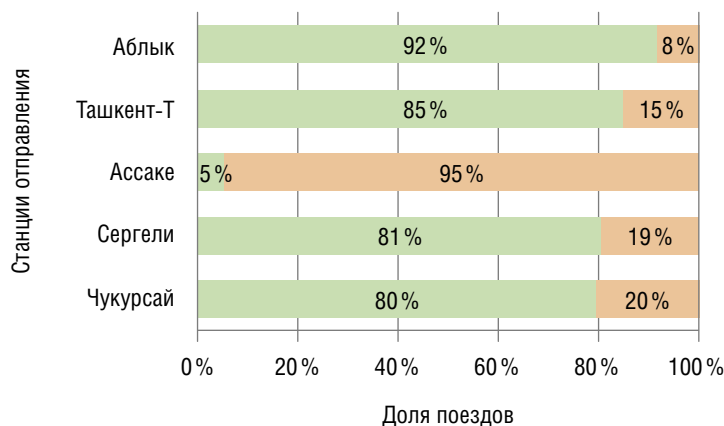


Рис. 5. Доля контейнерных поездов по станциям: — грузовые поезда; — контейнерные поезда

Из рис. 3 видно, что 5 железнодорожных станций формируют примерно 80 % контейнеров в составе грузовых поездов от общего контейнеропотока. В данном случае получается, что 15 % станций отправляют до 80 % контейнеров.

На рис. 4 приведен анализ работы станций назначения грузовых поездов с контейнерами, отправляемых из вышеприведенных станций.

Основная часть (83 %) грузовых поездов направляется на сортировочную станцию Арысь (Казахстан), где они переформируются и следуют как поезда Казахстана с грузовой скоростью.

На сегодняшний день грузовой оператор АО «Узжeldорконтeйнер» формирует более 500 контейнерных поездов, следующих преимущественно в порты Приморского края (рис. 5). При этом контейнеры отправляются групповыми отправлениями по одному перевозочному документу, однако скорость доставки составляет до 400 км в сутки. Сегодня АО «Узжeldорконтeйнер» планирует увеличить количество контейнерных поездов со сроком доставки до 1000 км в сутки.

Как видно из рис. 5, контейнеры зачастую отправляют в составе грузовых поездов с относительно малой грузовой скоростью. Исключением является железнодорожная станция Ассак, которая формирует блок-поезда в Находку. Это связано с тем, что город Ассак является центром автопрома Узбекистана.

Во внутреннем сообщении доля контейнерных поездов незначительна. Например, в 2018 г. впервые запущен контейнерный поезд по маршруту Ташкент-Товарный — Пап — Маргилан — Андижан, курсирующий по твердому графику два раза в неделю. Поезд состоит из 60 фитинговых вагонов и передвигается с маршрутной скоростью 1000 км в сутки. В стоимость оплаты (примерно 100 долларов за 1 ДФЭ) входит погрузка, перевозка и выгрузка контейнеров на автомобильный транспорт.

На рис. 6 приведен анализ работы станций, формирующих прямые контейнерные поезда (контейнерные блок-поезда).

Как видно из рис. 6, примерно 85 % от общего количества формируемых блок-поездов отправляются со станций Чукурсай, Ассаке и Сергели. Контейнерные блок-поезда на сегодняшний день не полностью загружены, так как импорт преобладает над экспортом.

На рис. 7 приведен анализ работы станций назначения контейнерных блок-поездов.

Контейнерные блок-поезда формируются для отправки в порты Приморского края или на стыковые станции казахских железных дорог с Китаем (Достык и Алтынкуль). Блок-поезда, отправляемые в порты, впоследствии перегружаются в контейнерные суда. Блок-поезда, идущие на стыковые станции Казахстана, перегружаются с одной ширины колеи в другую и отправляются к пункту назначения.

Обсуждение результатов исследования

Проведенный анализ показывает, что в последние годы контейнерные перевозки имеют тенденцию роста: как за счет повышения объемов экспортно-импортных грузов, так и за счет увеличения транзита. Анализ формируемых грузовых и контейнерных блок-поездов показал, что

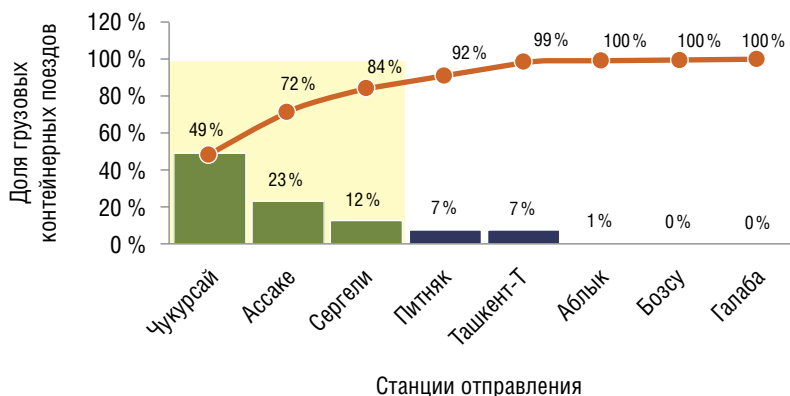


Рис. 6. Диаграмма Парето, иллюстрирующая работу станций отправления контейнерных блок-поездов

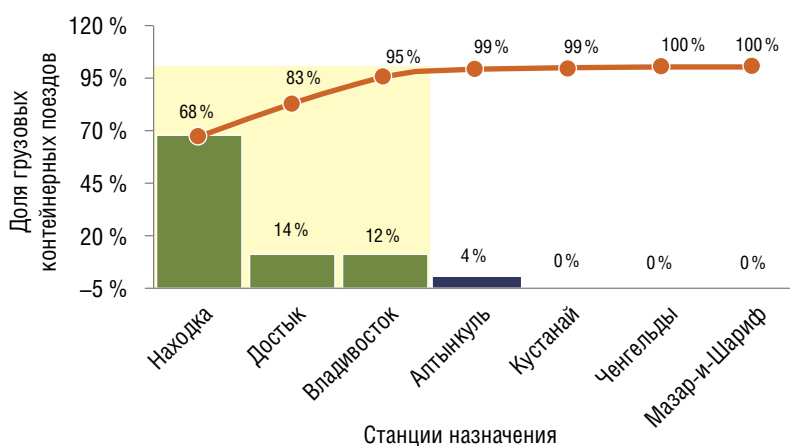


Рис. 7. Диаграмма Парето, иллюстрирующая работу станций назначения контейнерных блок-поездов

основной контейнеропоток формируется на станциях Чукурсай, Сергели, Ташкент-Товарный и Ассаке. Три из четырех основных станций расположены в черте города Ташкента, что в дальнейшем может привести к транспортному коллапсу в данном регионе. Также необходимо отметить, что одной из основных задач контейнеризации должно быть развитие внутренних перевозок, которые сильно отстают от экспортно-импортных перевозок.

Заключение

На сегодняшний день перед железнодорожным транспортом Узбекистана стоит задача наращивания объемов контейнерных перевозок. В связи с этим необходима разра-

ботка и реализация технических, технологических, коммерческих и организационных мероприятий по повышению контейнеризации перевозок грузов.

Несмотря на поэтапное развитие железной дороги, некоторые участки, например Ташкентский железнодорожный узел, в настоящее время имеют недостаточную пропускную способность, а также существенные ограничения по скорости движения пассажирских и грузовых поездов.

Из-за неравномерности грузопотока на полигоне железных дорог Узбекистана отправление поездов осуществляется по готовности, а не по ниткам графика, что не обеспечивает условие скоростного движения поездов. Для осуществления движения контейнерных блок-поездов

по ниткам графика, по мнению авторов, необходимо предпринять следующие меры:

- организовать пропуск контейнерных поездов по твердым (жестким) ниткам графика;
- усилить диспетчерский контроль с целью исключения простоя контейнерных поездов в ожидании неприема их на станцию;
- установить на станциях первоочередность технических и коммерческих осмотров контейнерных поездов;
- установить максимальное время простоя блок-поездов на станции при техническом осмотре и смене локомотивов;
- организовать предварительное информирование работников станции.
- создать современные системы документооборота (например, предварительное информирование таможенных органов для ускорения процесса декларирования грузов), которые позволят повысить маршрутную скорость. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Абдувахидов Ш. Р. Контейнеризация как фактор развития организации перевозок грузов / Ш. Р. Абдувахитов, Ф. К. Азимов, Г. Р. Ибрагимова, Д. И. Илесалиев, А. Ф. Исмадуллаев // Логистические системы в глобальной экономике : материалы X Международ. науч.-практ. конф., 30–31 марта 2020 г., Красноярск. — СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2020. — Ч. 1. — С. 49–52.
2. Балалаев С. А. Конкурентные преимущества перевозок контейнеров в направлении Азия — Европа через Транссиб // Современные аспекты транспортной логистики : сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию кафедры «Технология транспортных процессов и логистика». — Хабаровск, 2014. — С. 34–41.
3. Бояхчан А. Г. Направления и объемы перевозок грузов по Уссурийской ж. д. в начальный период эксплуатации (в начале XX века) // Современные исследования социальных проблем. — 2014. — № 4. — С. 3 — eISSN 2218-7405.
4. Илесалиев Д. И. Объемы и направления тарно-штучных грузов в Республике Узбекистан / Д. И. Илесалиев, Е. К. Коровяковский // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–25 апреля 2014 г., Санкт-Петербург. — СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. — С. 173–177.
5. Илесалиев Д. И. Перевозка экспортно-импортных грузов в Республике Узбекистан / Д. И. Илесалиев, Е. К. Коровяковский, О. Б. Маликов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2014. — № 2 (39). — С. 11–17. — ISSN 1815-588X.
6. Макарова Э. С. Анализ контейнерных перевозок Свердловской области: проблемы и перспективы развития // Евразийский союз ученых. — 2015. — № 12–5(21). — С. 75–79. — ISSN 2411-6467.
7. Переслегина Т. А. Основные направления развития железнодорожных маршрутов доставки грузов в контейнерах из Китая в Россию / Т. А. Переслегина, А. Д. Матяш // Логистика — евразийский мост: материалы XIV Международной научно-практической конференции. — Красноярск, 2019. — С. 313–321.

Объем статьи: 0,46 авторских листа



Эльдар Рашидович Ахтямов
Eldar R. Akhtyamov



Александр Юрьевич Дедюхин
Alexander Y. Dedyukhin



Евгений Васильевич Кошкарлов
Evgeny V. Koshkarov

Организация контроля качества автомобильных дорог с использованием лабораторной информационной менеджмент-системы U-LAB

Organization of road quality control using the U-LAB laboratory information management system

Аннотация

В статье рассмотрены результаты внедрения лабораторной информационной менеджмент-системы (ЛИМС) U-LAB, разработанной институтом «УралНИИстром» и апробируемой в региональном дорожном хозяйстве. Представлена система контроля качества асфальтобетонных дорожных покрытий, конструкций дорожных одежд и дорожно-строительных материалов при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог, определена роль независимого лабораторного контроля, инженерного и научно-технического сопровождения, надзора за проектными решениями. Описано содержание и преимущества использования ЛИМС U-LAB для организации и повышения эффективности лабораторного контроля качества автомобильных дорог и строительных материалов, улучшения взаимодействия между органами управления дорожным хозяйством, подрядными, проектными и научными организациями, привлекаемыми к дорожным работам. Показан интерфейс программы, приведены результаты и технико-экономические показатели внедрения и эксплуатации ЛИМС в испытательном центре «УралНИИстром» в 2020 г.

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожное хозяйство, качество, лабораторный контроль, информационная система, U-LAB, технико-экономические показатели, дорожно-строительные материалы.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-55-62

Авторы Authors

Эльдар Рашидович Ахтямов, технический директор «УралНИИстром», г. Челябинск | Александр Юрьевич Дедюхин, канд. техн. наук, доцент, директор НИИ «ЛАДОР», г. Екатеринбург | Евгений Васильевич Кошкарлов, д-р экон. наук, канд. техн. наук, академик Международной академии авторов научных открытий и изобретений, г. Екатеринбург

Eldar Rashidovich Akhtyamov, Technical Director "UralNIistrom", Chelyabinsk | Alexander Yuriyevich Dedyukhin, Candidate of technical sciences, associate professor, Director of Research Institute "LADOR", Yekaterinburg | Evgeny Vasilievich Koshkarov, Doctor of Economics Sciences, Candidate of Technical Sciences, Academician of the International Academy of Authors of Scientific Discoveries and Inventions, Yekaterinburg

Эксплуатация автомобильного транспорта

Тема повышения качества строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог занимает значительную часть деятельности органов управления дорожным хозяйством, подрядных, проектных и научных организаций дорожной отрасли [1]. Можно сказать, что это «краеугольный камень» дорожного хозяйства, центральный вопрос, влияющий на производственно-экономическую деятельность дорожных организаций, выполнение, оценку и приемку дорожных работ, применяемые в дорожных проектах технические решения, дорожные технологии и дорожно-строительные материалы для их реализации. Проблеме обеспечения качества на всех стадиях жизненного цикла строительства и эксплуатации автомобильных дорог посвящено множество исследований и руководящих документов на федеральном и территориальном уровнях управления дорожным хозяйством [2–8].

Качество — это совокупность свойств и характеристик продукции (работ, услуг), которые придают ей (им) способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности [9–11]. Проблема качества дорожных работ имеет комплексный характер. Более чем на 50 % качество автомобильных дорог зависит от соответствующих дорожным одеждам и покрытиям дорожно-строительных материалов. С учетом этого целесообразно особое внимание уделять эффективной системе управления качеством применяемых в дорожных работах дорожно-строительных материалов и методам их лабораторного контроля.

Развитие системы контроля качества автомобильных дорог и дорожно-строительных материалов (СКК АД и ДСМ) связано с внедрением в научно-производственную практику цифровых лабораторных технологий.

В дорожно-строительных компаниях необходима организация современного комплекса методических, технических и экономических мероприятий для осуществления контроля качества строительства автомобильных дорог. В частности, для решения вопросов обеспечения качества строительства нужно создавать эффективные цифровые строительные лаборатории, геодезические службы, проводить работу по повышению квалификации специалистов контроля качества АД и ДСМ.

В дорожно-строительных организациях выделяют три вида основного производственного контроля качества АД и ДСМ: входной, операционный и приемочный.

Входной контроль возлагается на производственно-техническую службу предприятия. В ряде случаев в процессе входного контроля надлежит выполнить испытания материалов и изделий в привлекаемой дорожно-строительной лаборатории.

Операционный контроль осуществляется после завершения производственных операций или дорожно-строительных процессов и обеспечивает своевременное выявление дефектов и причин их возникновения, а также принятие мер по устранению и предупреждению недочетов.

При операционном контроле качества требуется строго проверять:

- соблюдение технологии выполнения дорожно-строительных процессов, заданных в проектах производства работ;
- соответствие выполняемых работ проектным решениям, рабочим чертежам, строительным нормам и правилам производства дорожных работ и используемым нормам стандартизации.

Приемочный контроль (заключительный) проводится для проверки и оценки качества законченных строительством дорожных сооружений или их элементов, а также скрытых работ и отдельных ответственных дорожных и мостовых конструкций.

На всех стадиях дорожного строительства с целью проверки эффективности ранее выполненного производственного и операционного контроля качества работ и материалов выборочно осуществляется *инспекционный контроль* специально созданными для этой цели комиссиями с участием заказчика. По результатам производственного и инспекционного контроля качества АД и ДСМ разрабатываются мероприятия по устранению выявленных дефектов, при этом учитываются требования авторского надзора проектных организаций и органов государственного надзора.

На сложных и ответственных объектах возможна организация научно-технического сопровождения строительства. *Научно-техническое сопровождение* осуществляется совместно с лабораториями научно-исследовательских организаций дорожной отрасли и службами контроля качества заказчика. При отсутствии у регионального заказчика лабораторной службы или недостаточности лабораторных средств измерений функцию лабораторного контроля и инженерного сопровождения может взять на себя внешняя специализированная организация с аккредитованным испытательным центром и лабораториями, как это осуществляется, например, институтами «УралНИИстром», НИИ «ЛАДОР», Уральским филиалом «РОСДОРНИИ», «УралДорНИЦ» в Уральском регионе.

Недостатком выявленных систем управления качеством дорожных работ и материалов на региональном уровне является отсутствие специализированной дорожной информационной менеджмент-системы, цифровой лаборатории, создание и внедрение которой позволит повысить эффективность, технологичность и информативность всех процессов и информационных потоков в рамках действующих систем управления качеством дорожных работ и лабораторного контроля применяемых ДСМ.

Специализированная лабораторная информационная менеджмент-система (ЛИМС) с оригинальным программным обеспечением и базами данных была создана институтом «УралНИИстром» и внедрена для обеспечения деятельности аккредитованного испытательного

центра института «УралНИИСтром» для эффективного взаимодействия с производственными дорожно-строительными организациями и службами заказчика, значительно усовершенствовал существующую систему контроля качества АД и ДСМ.

Информационная система и цифровая лаборатория, ответственная за обеспечение эффективной работы ЛИМС в составе ИЦ «УралНИИСтром», получила собственное название U-LAB и распространяется на коммерческой основе в других организациях, осуществляющих лабораторный контроль качества автомобильных дорог, дорожных работ и материалов.

В настоящее время разработанная «УралНИИСтром» лабораторная информационная система U-LAB проходит регистрацию в ФИПС (Роспатент) как программа для ЭВМ. При разработке программного обеспечения ЛИМС U-LAB учтен опыт создания подобных лабораторно-информационных менеджмент-систем из смежных отраслей технического контроля и управления качеством работ, услуг и материалов в различных сферах производства.

Характеристика основных подсистем ЛИМС U-LAB приведена в табл. 1.

Схема функционирования цифровой лаборатории U-LAB представлена на рис. 1.

Таблица 1

Характеристика подсистем ЛИМС U-LAB

№ п/п	Наименование основных подсистем	Функционал подсистемы
1	Управление отношениями с клиентами	Прием и обработка заявок, обратная связь
2	Управление нормативной документацией	Актуализация нормативных документов, верификация
3	Учет оборудования	Контроль плановых проверок и ремонта, метрология
4	Формирование документации	Создание протоколов, актов, отчетов — более 30 шаблонов
5	Контроль испытаний	Контроль условий и правильности методик испытаний
6	Личный кабинет заказчика	Просмотр и отслеживание результатов, статуса заказа, создание техзадания, чат с ответственными лицами, доступ 24x7

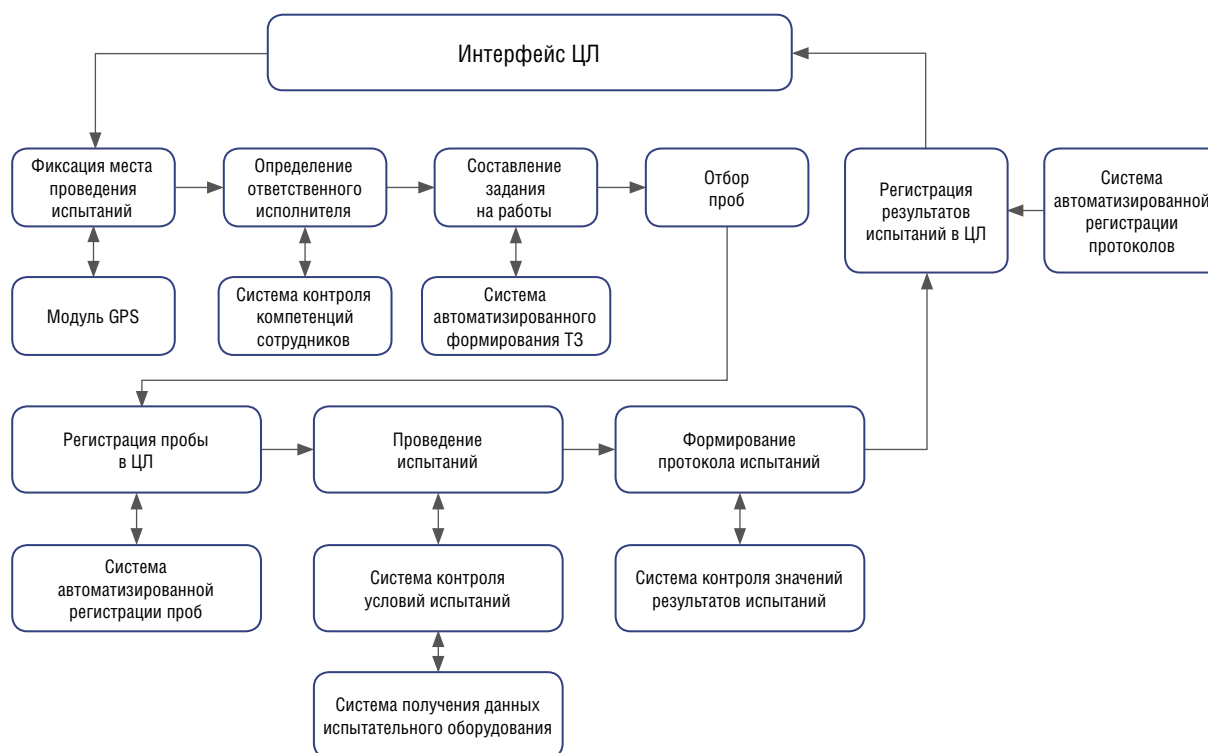


Рис. 1. Принципиальная схема функционирования цифровой лаборатории U-LAB в системе контроля качества автомобильных дорог и дорожно-строительных материалов

Эксплуатация автомобильного транспорта

Основные преимущества цифровой лаборатории U-LAB:

1. Минимальный бумажный документооборот, анализ деятельности лабораторий:

- внесение результатов непосредственно в интерфейс цифровой лаборатории;
- система учета оборудования, доступная для интеграции с внешними системами;
- система контроля компетентности сотрудников;
- система соблюдения условий испытаний.

2. Регламентированная последовательность действий, проведение испытаний по ГОСТу:

- реализация жизненного цикла пробы;
- система автоматизированного составления технических заданий;
- система контроля взаимоотношений с клиентами;
- система автоматизированной регистрации документов;
- шаблоны действий по объектам строительства;
- система получения информации от оборудования;
- реализация контрольных листов в интерфейсе цифровой лаборатории;
- расчет значений согласно ГОСТу;
- контроль сроков выполнения испытаний согласно применяемым ГОСТам.

3. Полная автоматизация и тотальный контроль за результатами испытаний и их фиксация:

- контроль условий проведения испытаний;
- контроль соответствия характеристик используемого оборудования и применяемых методик;
- контроль вносимой информации, валидация основных форм;
- контроль соответствия результатов испытаний техническим условиям;
- контроль соответствия компетенций сотрудников, участвующих в испытаниях.

4. В системе реализовано подписание документов электронно-цифровой подписью:

- ввод результатов испытаний;
- формирование протокола;
- непосредственно в U-LAB подписание документа ЭЦП;
- моментальная отправка на электронную почту заказчика.

Готовый протокол содержит всю необходимую информацию и при этом имеет упрощенный вид (все данные помещаются на одном листе формата А4). Направляемый на e-mail заказчика вместе с протоколом файл электронно-цифровой подписи обеспечивает однозначную верификацию документа и защищает от подделок.

5. Обмен и хранение коммерческих и бухгалтерских документов:

- персонализированный прайс;
- коммерческие предложения;
- договор на оказание услуг;
- счет на оплату;
- акт выполненных работ;
- акт сверки.

Все предоставленные документы синхронизированы с 1С. Ведется подсчет и аналитика всех проведенных испытаний. Осуществляется финансовая отчетность по договорам и работам. Имеется возможность получить копию ранее выданного протокола.

Лабораторная информационно-менеджмент-система логично вписывается в международную систему обеспечения качества процессов и технологий в организации серии ИСО 9000 [15–17] и не противоречит ее постулатам.

Технико-экономические показатели внедрения системы даны в табл. 2.

Схема независимого контроля качества с применением ЛИМС U-LAB в системе взаимодействия с подрядными дорожно-строительными организациями и органами управления дорожным хозяйством представлена на рис. 2.

Система U-LAB была запущена в работу в сентябре 2019 г. в ИЦ «УралНИИСтром», г. Челябинск. Результаты

Таблица 2

Технико-экономические показатели внедрения ЛИМС U-LAB в ИЦ «УралНИИСтром»

№ п/п	Наименование показателей (ТЭО)	Значение	Примечание
1	Количество установленных рабочих компьютерных мест пользователей	100	в лаб. ИЦ «УралНИИСтром»
2	Сумма инвестиций, млн руб.	20	на разработку и внедрение ЛИМС
3	Расчетный срок окупаемости ($T_{ок}$), год	5	по инвестициям
4	Расчетный чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн руб.	100	за горизонт расчета
5	Горизонт расчета, год	5	принят в исходных данных ТЭО

ее внедрения с 2020 г. показали заметное повышение эффективности, точности, своевременности и результативности независимого лабораторного контроля дорожных работ и ДСМ. Заказчику и подрядным организациям особо импонирует наличие личных кабинетов в информационной системе, позволяющих осуществлять мониторинг СКК АД и ДСМ, быстрый прямой доступ к протоколам и банкам данных.

В результате внедрения ЛИМС U-LAB в ИЦ «УралНИИСтром» появилась цифровая лаборатория как структурная единица, обеспечивающая деятельность производственных процессов на основе лабораторной информационной менеджмент-системы, которая организует, контролирует и координирует деятельность испытательных лабораторий и отделов (табл. 3).



Рис. 2. Блок-схема независимого контроля с применением ЛИМС U-LAB в системе контроля качества автодорог и материалов

Таблица 3

Исследовательские лаборатории и центры ИЦ «УралНИИСтром», координируемые U-LAB

№ п/п	Наименование	Функции	Примечание (методическая база)
1	Цифровая лаборатория U-LAB	Управление и координация деятельности подразделений центра, автоматизация производственных и бизнес-процессов, взаимоотношение с клиентами 24×7	Около 2000 клиентов, 5 уровней проверки, 2500 методик испытаний
2	Лаборатория строительных материалов	Сертификационные и контрольные испытания строительных материалов	190 методик, база ГОСТ и ГОСТ Р
3	Лаборатория нерудных полезных ископаемых	Исследование пригодности горных пород и минералов для строительства и различных сфер производства	Испытание горных пород, щебня, песка, глинистого сырья и пр.
4	Дорожно-строительная лаборатория	Контроль качества автомобильных дорог и дорожно-строительных материалов. Подбор состава АБС и ЦМА	ГОСТ, ГОСТ Р, ПНСТ, СП, СНиП, ТР ТС
5	Лаборатория битумов и мастик	Испытание битумов, полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) и мастик	ГОСТ, ГОСТ Р на битумы, ПБВ и мастики
6	Лаборатория керамических материалов	Исследование сырья и керамических изделий и кирпича	41 методика, действующие ГОСТ
7	Лаборатория физико-механических испытаний	Определение прочности материалов и изделий в широком интервале температур	78 методик, ГОСТ, ГОСТ Р
8	Лаборатория композитных материалов	Физико-механические испытания и разработка композитных материалов	26 методик, ГОСТ, ГОСТ Р

№ п/п	Наименование	Функции	Примечание (методическая база)
9	Лаборатория стендовых испытаний конструкций	Определение механических и эксплуатационных характеристик конструкций	11 методик, ГОСТ, ГОСТ Р
10	Лаборатория неразрушающего контроля	Испытание и определение надёжности методами неразрушающего контроля	ГОСТ, ГОСТ Р по неразрушающему контролю
11	Лаборатория грунтов и геологии	Исследование и классификация грунтов и анализ образцов инженерно-геологических изысканий	33 методики, ГОСТ, ОДМ
12	Лаборатория лакокрасочных материалов	Испытания образцов ЛКМ на соответствие требованиям НД	20 методик, ГОСТ, ГОСТ Р
13	Лаборатория огнеупорных бетонов	Испытание жаростойких и огнеупорных бетонов, в т.ч. высокотемпературных	53 методики, ГОСТ, DIN, ASTM
14	Лаборатория тампонажных цементов	Подбор состава и испытание тампонажных цементов различных типов	30 методик, ГОСТ, API
15	Лаборатория обогащения неметаллорудных материалов	Исследования комплексного использования минерального сырья	20 методик, ГОСТ, ТУ, СТО
16	Лаборатория физической химии	Физико-химические исследования структуры и свойств веществ, ФХМА	150 методик, методы ФХМА
17	Химико-аналитическая лаборатория	Определение хим. состава, качественный и количественный хим. анализ веществ	50 методик, автоматизированные испытания
18	Научно-исследовательский центр	Исследование и разработка новых материалов, НИОКР, разработка НТД	Разработка рецептур, технологий, выпуск отчетов о НИР, НТД
19	Центр строительного контроля	Строительный аудит. Контроль качества СМР и строительных материалов	Действующие ГОСТ, СП, СНиП, НТД
20	Учебно-образовательный центр по подготовке и повышению квалификации кадров СКК АД и ДСМ	Обучение и переподготовка кадров специализированных лабораторий, строительного контроля и аудита, обучение инновационным методам исследований	Обучение по разработанным программам, выдача сертификационных документов повышения квалификации

В программе U-LAB также работает отдел продаж организации. Менеджеры используют аппарат CRM-блока для контроля работы с заказчиками. Система имеет синхронизацию с комплексом «1С-Бухгалтерия», что позволяет в автоматическом режиме формировать бухгалтерские документы непосредственно из интерфейса ЛИМС.

С использованием ЛИМС U-LAB осуществлен строительный контроль и проведены испытания дорожно-строительных материалов на объектах заказчиков:

- участки федеральных и региональных автомобильных дорог;
- улично-дорожная сеть городов Екатеринбурга и Челябинска;
- строительство объектов ПГС: физкультурно-оздоровительного центра (г. Копейск, Челябинская область), жилого панельного дома в г. Челябинске;

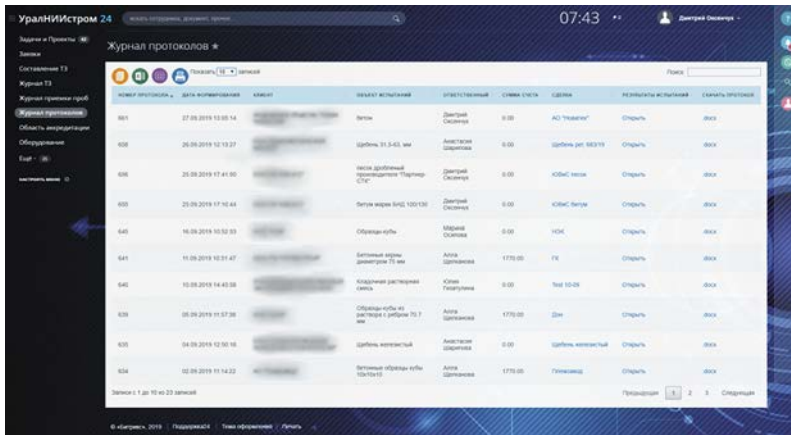
- испытание дорожно-строительных материалов и подбор составов щебеночно-мастичных асфальтобетонов методом Маршалла в соответствии с ГОСТ Р 58406.1–2020.

На рис. 3 показан интерфейс ЛИМС U-LAB: журнал протоколов, перечень оборудования и карта объектов строительства.

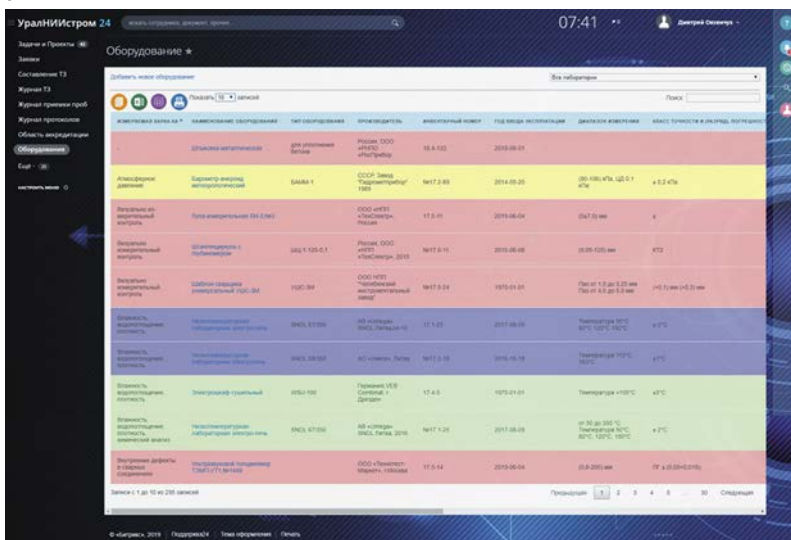
В результате эксплуатации ЛИМС U-LAB в ИЦ «УралНИИстром» в 2020 г.:

- сокращено время оформления результатов испытаний за счет автоматизации бизнес-процессов внутри лабораторий на 2745 часов;
- выдано 2346 протоколов испытаний;
- применено в испытаниях 15192 методики и актуализированных нормативно-технических документов.

а



б



в

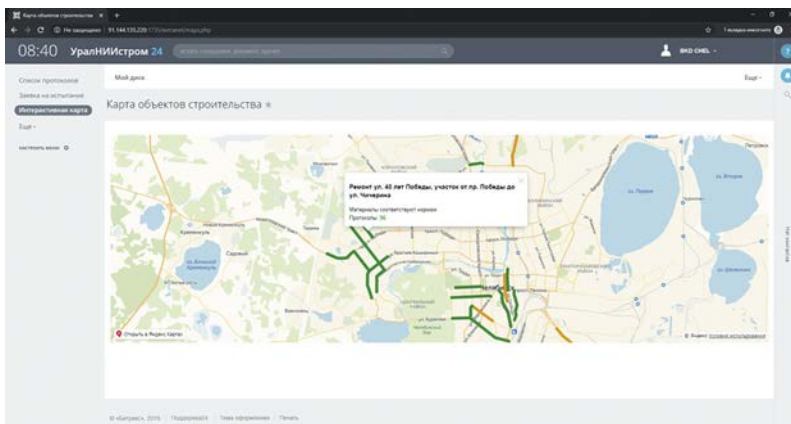


Рис. 3. Интерфейс ЛИМС U-LAB: а — журнал протоколов; б — перечень оборудования; в — карта объектов строительства

Коробочные версии ЛИМС U-LAB установлены также в пяти строительных лабораториях и предлагаются к дальнейшему распространению.

Таким образом, разработка, техническое оснащение и клиенто-ориентированное оформление интерфейса лабораторной информационной менеджмент-системы U-LAB, предназначенной для контроля качества АД и ДСМ, позволили повысить эффективность лабораторного контроля и улучшить взаимодействие между производственными организациями и службами заказчика при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и искусственных дорожных сооружений.

ЛИМС U-LAB рекомендуется к применению в испытательных центрах и лабораториях дорожного хозяйства для улучшения организации и повышения эффективности производственных процессов контроля качества автомобильных дорог и дорожно-строительных материалов. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог : монография / Д. Г. Неволин, В. Н. Дмитриев, Е. В. Кошкарлов и др. — Екатеринбург : УрГУПС, 2015. — 292 с.
2. Обеспечение качества строительства автомобильных дорог. Тематическая подборка. — М. : Инфоравтодор, 2007. — 85 с.
3. Система управления и контроля качества ремонта, реконструкции и строительства магистральных автомобильных дорог и мостов / А. В. Линцер, В. И. Мясковский, В. Б. Салтыков и др. — М., 2001. — 64 с. — (Автомоб. дороги : Обзорн. информ. / Инфоравтодор; Вып. 6).
4. Управление качеством дорожных работ на территориальном уровне / О. П. Афиногенов, А. Ф. Санников, А. С. Белокобыльский. — Кемерово : Кузбассвуиздат, 2002. — 176 с.
5. Технологическое обеспечение качества строительства автомобильных дорог : методические рекомендации СибАДИ / В. Н. Шестаков и др. — Омск : Омский дом печати, 2004. — 256 с.
6. Организация и управление инновационной деятельностью на транспорте: теоретические и практические вопросы управления / А. Б. Ефимов, В. М. Самуйлов, Е. В. Кошкарлов и др. — Екатеринбург : Изд-во УрГУ, 2002. — 264 с. — ISBN 5-7584-0050-5.
7. Комплексная программа повышения качества строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог Свердловской области. — Екатеринбург : СОГУ УАД, 1998. — 150 с.
8. Ершов М. М. Авторский надзор — элемент системы контроля качества строительства автомобильных дорог // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог : сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ. — Вып. 1 (60). — Екатеринбург, 2010. — С. 268–277. — ISSN 2305–381X.
9. Управление качеством : учеб. пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро : под ред. И. И. Мазура. — М. : Высшая школа, 2003. — 334 с.
10. Всеобщее управление качеством / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов и др.; под ред. д. т. н., проф. О. П. Глудкина. — М. : «Лаб. базовых знаний», 2010. — 599 с.
11. Фатхутдинов Р. А. Глобальная конкурентоспособность: инструменты системного развития. — М. : РИА «Стандарты и качество», 2009. — 464 с.
12. Ахтямов Э. Р. Опыт применения стандартов ТР ТС 2014 институтом «УралНИИстром» // Опыт применения стандартов Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» : научно-практическая конференция. — Казань, 2017.
13. Дедюхин А. Ю., Ахтямов Э. Р., Кошкарлов Е. В. Исследование истираемости асфальтобетонных покрытий большого города // Автомобильные дороги. — 2020. — № 12. — С. 63–65. — ISSN 0005–2353.
14. Справочная энциклопедия дорожника. Т. I. Строительство и реконструкция автомобильных дорог / под ред. Васильева А. П. — М. : Инфоравтодор, 2005. — 646 с.
15. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. — М. : Госстандарт России, 2001. — 26 с.
16. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Система менеджмента качества. Требования. — М. : Госстандарт России, 2001. — 21 с.
17. ГОСТ Р ИСО 9004–2001. Система менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. — М. : Госстандарт России, 2001. — 46 с.
18. СНиП 12–01–2004. Организация строительства. — М. : Госстрой России, 2005. — 30 с.
19. Аккредитованный испытательный центр // УралНИИстром. — URL: <https://uniis.ru/nii/?pid=57> (дата обращения: 10.11.2020).
20. Программа ЛИМС «Н-Лаб». — URL: <http://lims54.ru/> (дата обращения: 10.11.2020).
21. Лабораторная информационная система «ЛинтеЛ ЛИС» (LIMS — Laboratory Information Management System) // АО «Башкирское СКБ «Нефтехимавтоматика». — URL: <http://www.bashnxa.ru/catalog/Laboratory/> (дата обращения: 10.11.2020).
22. Система управления лабораторией неразрушающего контроля // Сервис lab365.ru. — URL: <https://lab365.ru/lnk> (дата обращения: 10.11.2020).
23. Лабораторная информационная система, совместимая с «1С: Предприятие» (ЛИС, ЛИМС) // «Центр Учетных Технологий 2019». — URL: <http://www.center-ut.ru/branchsolutions/18.php> (дата обращения: 10.11.2020).
24. Simple Lims. — URL: <https://www.simplelims.com/products.htm> (дата обращения: 10.11.2020).

Объем статьи: 0,93 авторских листа



**Лев
Николаевич
Матушкин**
Lev N.
Matushkin



**Дмитрий
Германович
Неволин**
Dmitry G.
Nevolin



**Андрей
Викторович
Сирин**
Andrey V.
Sirin

Проектирование и производство рамы студенческого болида «Формула Студент» (предпроектные исследования)

Designing and manufacturing of the student race car “Formula Student” frame (pre-project research)

Аннотация

В статье представлены результаты предпроектных исследований совершенно новой рамы болида класса «Формула Студент» с учетом многих ограничивающих аспектов, связанных с технологическими возможностями, процессами изготовления деталей и узлов болида.

Ключевые слова: студенческий болид, «Формула Студент», рама, предпроектные исследования.

Abstract

The article presents the results of pre-designing studies of a completely new race car frame of the Formula Student class, taking into account many limiting aspects related to technological capabilities, manufacturing processes of parts and components of the race car.

Keywords: student race car, “Formula Student”, frame, pre-project research.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-63-68

Авторы Authors

Лев Николаевич Матушкин, бакалавр кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: matushkinln@mail.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Андрей Викторович Сирин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: asirin@usurt.ru

Lev Nikolaevich Matushkin, Bachelor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: matushkinln@mail.ru | **Dmitry Germanovich Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Andrey Viktorovich Sirin**, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: asirin@usurt.ru

Введение

В 2012 г. на базе Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС) была организована спортивная команда будущих автомобильных инженеров и проектировщиков «Formula Student USURT» с целью проектирования и реализации гоночного болида класса «Формула Студент» для участия в этапах международных студенческих соревнований.

Formula Student — это международный образовательный проект, основанный сообществом автомобильных инженеров Society of Automotive Engineers (SAE). Цель проекта — формирование инженерного мышления у студентов и воспитание специалистов, готовых к решению интеллектуальных творческих задач.

За один год команда, собранная исключительно из студентов, проживает полный жизненный цикл автомобилестроительной компании, производящей спортивные автомобили особого класса мелкой серией. Болид должен быть построен в соответствии с техническим регламентом проекта, который обновляется каждый год. Поэтому участники учатся выполнять творческую интеллектуальную работу, соблюдая конкретные технические требования.

Болид команды с каждым годом становится все совершенней, но у каждого автомобильного шасси есть свой технологический предел, с которым столкнулась команда Formula Student USURT, имея в настоящее время шасси болида 2017 г. Это значит, что основная конструкция болида не подвергалась радикальным изменениям уже три года, и пора эти изменения произвести, ведь у команды сейчас очень много предложений и замечаний по желаемым изменениям шасси.

Целью исследования является совершенствование технических и технологических характеристик рамы студенческого болида.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ особенностей проектирования и производства рамы студенческого болида «Формула Студент».
2. Осуществить проектирование и производство рамы студенческого болида «Формула Студент».

1. Анализ особенностей проектирования и производства рамы студенческого болида «Формула Студент»

Зачастую главной ошибкой при проектировании рамы болида «Формула Студент» является незнание или недостаточное понимание официального регламен-

та этапа соревнований, в котором команда принимает участие. И как следствие — команда не проходит техническую инспекцию или, что еще хуже, сталкивается с форс-мажором уже на трассе [1].

Также возможной ошибкой при проектировании является незнание задач, целей и глобального устройства автомобильного шасси. Например, какие силы действуют на шасси, как они влияют на геометрию болида, как измерить срок службы шасси, в каких точках шасси наиболее нагружено и т.д. [2].

Шасси автомобиля или болида — это не самостоятельная единица, ее нельзя спроектировать и произвести, не имея необходимых исходных данных, таких как подвеска, а подвеска, в свою очередь, зависит от условий работы проектируемого болида или автомобиля. Необходима работа с амортизаторами, с покрышками (со всем, что отвечает за непосредственную стабильность автомобиля на дороге) [3].

Также шасси напрямую зависит от спроектированной ранее системы рулевого управления болидом (автомобилем), и, чтобы избежать неблагоприятных пересечений конструкции, геометрии, надо учитывать взаимосвязь систем [4].

Такая же ситуация и с элементами подвески, которые задают ее кинематику. Точки крепления всех тяг, рычагов, нагруженных узлов должны находиться в правильных «attachment points» (точках крепления), которые способны выдержать постоянные нагрузки с переменным модулем и скалярной величиной [5].

Как было сказано ранее, шасси должно быть выстроено вокруг подвески. А значит, надо заранее определиться с типом подвески, будь то Макферсон, привычная двухрычажная подвеска или сложная многорычажная система кинематики. У каждой из них есть свои плюсы и минусы, о которых надо помнить, а также знать, на что лучше сделать упор непосредственно в нашем случае [6].

Конечно, необходимо знать и об общем устройстве автомобиля: как взаимодействуют узлы, какие решения разработаны для тех или иных технических задач, где лучше расположить двигатель, трансмиссию и через сколько узлов передавать крутящий момент и т.д. [7].

Необходимы и академические знания в данной сфере, если перед нами стоит задача не просто производства рамы, а еще и ее проектирования, следовательно, и всевозможных глубочайших расчетов, начиная от того, какую нагрузку может передавать автомобилю своей массой пилот болида, и заканчивая тем, как ведет себя подвеска при разных погодных условиях в разных поворотах [8].

Расчеты в наше время никогда не производятся вручную, если это сложная система узлов и агрегатов, поэтому необходимо найти подходящее программное обеспечение (ПО) [9].

Работа с ПО представляет собой очень много действий по обмену информацией с компьютерной техни-

кой, и чтобы правильно вводить и выводить информацию, нам нужно научиться работать с выбранным ПО [10].

Когда мы поняли, как устроены и проектируются многие узлы автомобиля или болида и как они влияют друг на друга, возникает следующий вопрос: какой выбрать материал для проектирования шасси. В этом поможет справочник конструкционных материалов [11].

Современное программное обеспечение позволяет не только проектировать узлы и системы, но и получать информацию из симуляций работы системы в реальных условиях, например, о том, какие максимальные боковые перегрузки будут действовать на пилота в болиде, как будет изменяться геометрия несущей структуры болида в зависимости от внешних нагрузок [12].

Также для проведения симуляций необходима максимально достоверная физическая модель тех деталей или узлов, которые приобретаются готовыми, например покрышки. Для этого существуют отдельные исследовательские центры, подготавливающие такую информацию для спортивных автомобильных команд по всему миру [13].

Далее, когда предстоит производство спроектированной рамы или шасси, необходимо учесть технологическую готовность предприятия-производителя выполнить те или иные технологические процессы, которые закладываются в раму на стадии проектирования, а также определиться с оборудованием, которое будет осуществлять эти технологические процессы [14].

Зачастую (почти всегда) рама выполняется из отдельных труб, которые надо соединить между собой методом неразъемного соединения, чаще всего — сваркой. Чтобы правильно подобрать режимы, произвести правильные операции по подготовке, необходима определенная литература [15].

Часто искомая информация находится в зарубежных источниках, оформленных не на русском языке (англоязычные сайты, порталы, информационные форумы, видеозаписи с конференций или выставок), следовательно, для комфортного восприятия информации необходим переводчик [16].

Существует множество информационных сайтов для организаторов этапов международных соревнований, где нужно вводить данные по их конкретным требованиям, отличающимся от всех остальных этапов, для нас это 3–4 разных команды организаторов из разных стран [17–20].

Так как от работы с шасси или рамой болида зависит и работа всей остальной команды, необходима организация обмена информацией среди участников команды. Для этого также требуется ПО, позволяющее без затруднений получать и передавать информацию другим участникам [21]. Оформление документации для организаторов о новой раме болида тоже происходит на основе специализированного ПО [22].

Очень часто при проектировании узла появляется необходимость получить общую информацию по той или иной системе, которую мы всегда можем найти на каком-либо узкоспециализированном форуме или же, наоборот, на всем привычной «Википедии» [23–24].

Также мы всегда пользуемся системой поиска информации во всемирной сети Интернет, в нашем случае это поисковая система Google [25].

2. Решения по выбору проектного предприятия

В качестве проектного предприятия выступает Центр инноваций и технологий (ЦИИТ) ФГБОУ ВО УрГУПС.

В ЦИИТ было принято решение проектировать стальную пространственную раму из нелегированной углеродистой стали марки «Сталь 20». Изначально предполагалось проектирование шасси болида типа монокок, но сложность этого процесса привела к задаче разработки новой рамы болида.

После выбора типа шасси было принято решение о поднятии передней части болида, чтобы снизить давление воздуха под болидом, стабилизировать поток воздуха, облегчить его перенаправление в другие части болида. Такое решение не ново, оно применяется в болидах класса «Формула-1» с начала 2000-х годов и дает заметный прирост в работе с потоками воздуха, обтекающими болид. Также становится более правильной посадка пилота внутри болида. Ноги водителя болида приподняты вверх относительно таза, легче прикладывать усилие к педальному узлу, усталость ног заметно уменьшается.

На рис. 1 можно увидеть, как приподнята носовая часть болида Sauber F1.

В связи с жестким регламентированием конструкции болида необходимо учесть все вынужденные конструкторские решения по раме болида, приведенные ниже.

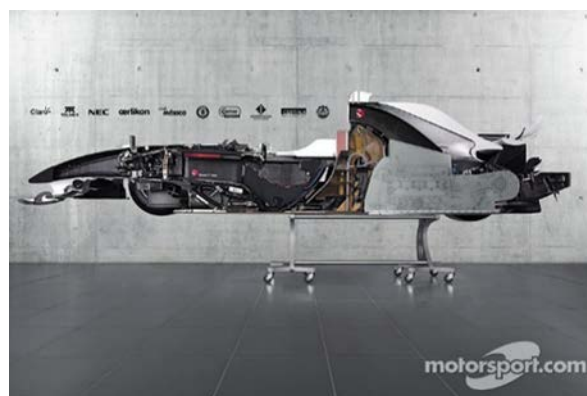


Рис. 1. Разрез шасси болида Sauber F1

Требования к трубам основной структуры рамы

Часть структуры	Минимальная толщина стенки профиля, мм	Минимальная площадь поперечного сечения, мм ²	Минимальный момент инерции поперечного сечения, мм ⁴
Главная и передняя дуги, опора крепления плечевых ремней	2	175	11320
Структура бокового удара, передняя переборка, опора главной дуги, защитный контур пилота	1,2	119	8509
Поддержка передней переборки, поддержка опоры главной дуги	1,2	91	6695

Раздел о требованиях к шасси болида имеет название ТЗ — *General Chassis Design*. По подпунктам:

● Пункт ТЗ.1.1 гласит:

Структура автомобиля должна включать в себя:

- две дуги для крепления остальных компонентов основной структуры шасси (главную дугу и переднюю дугу);
- переднюю опорную переборку с системой поддержки и сминаемым элементом поглощения энергии лобового удара (*IA* — *Impact Attenuator*);
- структуру гашения бокового удара.

В табл. 1 представлены требования к трубам основной структуры рамы.

● Пункт ТЗ.2.2 гласит:

Трубы должны быть изготовлены из нелегированной стали с максимально допустимым процентом углерода 0,3 %, марганца 1,7 % и 0,6 % любого другого нелегирующего элемента. Все иные сплавы, имеющие альтернативный состав, должны дополняться проведенными тестами и подтверждающей документацией.

● Пункт ТЗ.2.3 гласит:

Трубы основной структуры рамы должны иметь отверстия, описанные в ТЗ.7.6, для инспекции и проверки соответствия настоящей рамы и рамы, описанной в *Structural Equivalence Spreadsheet (SES)* — структурной таблице эквивалентности (обычно эти отверстия проделываются уже непосредственно на этапе соревнований по требованию и указанию судей-инспекторов).

● Пункт ТЗ.2.4 гласит:

- Свойства стали, используемые для расчетов в SES. Бесшовные неразъемные едино-объемные детали:
- модуль Юнга (модуль продольной упругости) (E) = 200 ГПа;
 - предел текучести (S_y) = 305 МПа;
 - предел прочности (S_u) = 365 МПа.

Свойства сварных элементов в местах сварки и соединений:

- предел текучести (S_y) = 180 МПа;
- предел прочности (S_u) = 300 МПа.

● Пункт ТЗ.2.5 гласит:

Любые трубы с толщиной стенки менее чем 1,2 мм или с моментом инерции поперечного сечения менее чем 6695 мм⁴ не являются частью основной структуры и будут проигнорированы любым правилом, относящимся к основной структуре шасси болида.

3. Классификация рам студенческого болида «Формула Студент»

Основная классификация шасси класса «Формула Студент» подразделяет конструкции рам на два основных класса:

- 1) стальная пространственная рама;
- 2) многослойная композитная конструкция, иначе — монокок.

Пространственная рама

Пространственная рама — это некая конструкция (система), состоящая из идентичных или неидентичных друг другу (наиболее часто) стальных профилей, будь то круглый, прямоугольный или сложный конструктивный профиль. Ее задачи — принятие на себя всех внешних нагрузок (со стороны агрегатов, подвески или внешней среды) и их компенсация без ущерба каким-либо узлам болида, т.е. выполнение функции полноценного шасси, рассчитанного под определенные актуальные нагрузки для данной модели болида (или автомобиля). Рама должна быть спроектирована таким образом, чтобы нагрузки, идущие на нее, распределялись по всей конструкции, а не концентрировались в одной точке, поэтому применяется проектирование рамы методом *Node-to-node* (от узла к узлу). Это позволяет плавно перенаправлять нагрузку из любой точки болида по всей конструкции шасси и избегать критичных изменений, вызванных внешней средой.

На рис. 2 представлено изображение пространственной трубной рамы, являющейся шасси болида «Формула Студент».

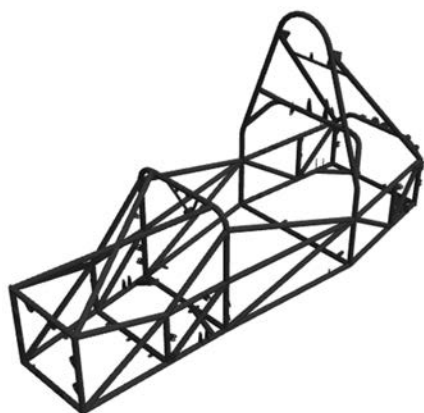


Рис. 2. Изображение пространственной трубной рамы, являющейся шасси болида «Формула Студент»

Монокок

Монокок выполняет ту же функцию, что и пространственная рама, но состоит из других материалов и работает по другой технологии. В основе лежит форма болида, которая выполняет функцию кузова (рис. 3), но сделана по иной методике.



Рис. 3. Составной композитный монокок болида класса «Формула Студент»

Монокок состоит из трех слоев: внешней оболочки, наполнителя, внутренней оболочки. Внешняя и внутренняя оболочки — углеродное волокно разных видов плетения под разными направлениями, но выровненное зеркально относительно третьего слоя — наполнителя. Оболочки залиты эпоксидной смолой для удержания постоянной формы. Наполнитель — алюминиевые, картонные соты или некий конструкционный пенный материал, который обладает малой плотностью, а следовательно, и малым весом. Вся эта многослойная конструкция устроена таким образом, что при любой нагрузке, идущей на нее, углеродное волокно работает на разрыв, что и дает невероятную прочность и жесткость в сочетании с малым весом, поскольку углеродное волокно сложно разорвать (рис. 4).

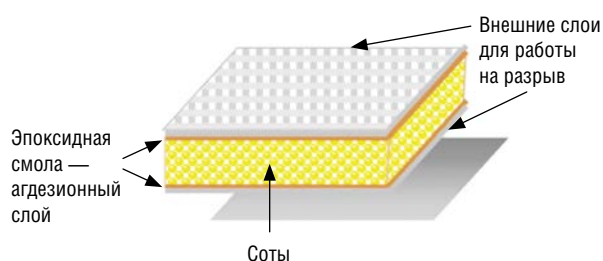


Рис. 4. Технология производства композитного углеродного шасси типа монокок

4. Выводы по статье

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Собрана и обобщена вся необходимая информационная база для выполнения проектирования, расчетов и изготовления новой рамы болида «Формула Студент».
2. Организован информационный обмен со всеми участниками проекта, в том числе работающими над проектированием других узлов и агрегатов, что позволяет системно подходить к решению задачи проектирования рамы болида. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. FSG Regulations 2019 V1.1 — URL: https://www.formulastudent.de/fileadmin/user_upload/all/2019/rules/FS-Rules_2019_V1.1.pdf
2. Агапова В. П. Шасси автомобиля (Fahrwerktechnik) / пер. с немецкого; под ред. канд. техн. наук И. Н. Зверева. — М. : Машиностроение, 1983.
3. Агапова В. П. Шасси автомобиля: амортизаторы, шины и колеса (Fahrwerktechnik: Stobdampfer) : производственное издание / пер. с немецкого; под ред. О. Д. Златовратского. — М. : Машиностроение, 1986.
4. Пальянова В. Н. Шасси автомобиля: Рулевое управление (Fahrwerktechnik: Lenkung) : производственное издание / пер. с немецкого; под ред. А. А. Гальбрейха. — М. : Машиностроение, 1987.
5. Карпухина А. Л. Шасси автомобиля: Элементы подвески (Fahrwerktechnik: Federung Fahrwerkmechanik) : производственное издание / перевод с немецкого; под ред. канд. техн. наук Г. Г. Гридасова. — М. : Машиностроение», 1987.
6. Карпухина А. Л. Шасси автомобиля: Конструкции подвесок (Fahrwerktechnik: Fahrwerksdesigns) : производственное издание / пер. с немецкого; под ред. канд. техн. наук Г. Г. Гридасова. — М. : Машиностроение», 1989.

7. Вахламов В. К. Конструкция автомобиля: Автомобили. Конструкция и элементы расчета : учебник для студентов вузов / В. К. Вахламов. — Академия, 2006. — 480 с.
8. Осепчугов В. В. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета : учебник для вузов / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. — М. : Машиностроение, 1989. — 304 с.
9. Официальный сайт Autodesk. — URL: <https://www.autodesk.ru>.
10. Ресурс обучающих материалов для работы с CAD пакетом программного обеспечения Autodesk. — URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLScE6N9MFKzE9sEaVB6WG2QZYGkp-U3S2>.
11. Арзамасов Б. Н. Конструкционные материалы. Основы проектирования машин : справочник / Б. Н. Арзамасов, В. А. Брострем, Н. А. Буше [и др.]. — М. : Машиностроение, 1990. — 688 с.
12. Ресурс обучающих материалов для работы с CAE пакетом программного обеспечения Autodesk. — URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLScE6N9MFKzE9sEaVB6WG2QZYGkp-U3S2>.
13. The Formula SAE Tire Test Consortium — Tire Testing and Data Handling Edward M. Kasprzak University at Buffalo David Gentz Calspan Corp. — URL: https://www.millikenresearch.com/TTC_SAE_paper.pdf.
14. Колпачков В. И. Производственная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования / В. И. Колпачков, А. И. Ящуря. — URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Proizvodstvennayaeksploat.html>.
15. Степанов В. В. Справочник сварщика / В. В. Степанов [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1983. — 560 с.
16. Google Переводчик. — URL: <https://translate.google.ru>.
17. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Germany. — URL: <https://www.formulastudent.de/fsg>.
18. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Russia. — URL: <http://fstudent.ru>.
19. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Italy. — URL: <https://www.formula-ata.it>.
20. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Netherlands. — URL: <https://www.formula-student.nl>.
21. Официальный сайт программного обеспечения Zoom для персонального компьютера. — URL: <https://zoom.us>.
22. Официальный сайт Компас-3D. — URL: <https://kompas.ru>.
23. Открытый источник информации Wikipedia. — URL: <https://ru.wikipedia.org>.
24. Открытый источник информации, форум, созданный специалистами в области машиностроения I-Mash. — URL: <https://www.i-mash.ru/forum>.
25. Поиск информации в сети Google. — URL: <https://www.google.ru/>

Объем статьи: 0,55 авторских листа



**Лев
Николаевич
Матушкин**
Lev N.
Matushkin



**Дмитрий
Германович
Неволин**
Dmitry G.
Nevolin



**Андрей
Викторович
Сирин**
Andrey V.
Sirin

Проектирование и производство рамы студенческого болида «Формула Студент» (проектно-технологическая часть)

Designing and manufacturing of the student race car “Formula Student” frame (design and technological part)

Аннотация

В статье представлена проектно-технологическая часть проектирования новой рамы болида «Формула Студент». Скелет рамы болида выполнен с помощью инженерного программного обеспечения Autodesk Inventor в виде параметрического трехмерного эскиза.

Ключевые слова: студенческий болид, «Формула Студент», рама, проектно-технологическая часть.

Abstract

The article presents the design and technological part of the development of the new frame of the race car “Formula Student”. The skeleton of the race car frame is made using the Autodesk Inventor engineering software in the form of a parametric three-dimensional sketch.

Keywords: student race car, “Formula student”, frame, design and technological part.

DOI:10.20291/2311-164X-2021-1-69-74

Авторы Authors

Лев Николаевич Матушкин, бакалавр кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: matushkinln@mail.ru | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Андрей Викторович Сирин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: asirin@usurt.ru

Lev Nikolaevich Matushkin, Bachelor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: matushkinln@mail.ru | **Dmitry Germanovich Nevolin**, Doctor of Technical Science, Full member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: innotrans@mail.ru | **Andrey Viktorovich Sirin**, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Chair “Design and Operation of Automobiles” of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg; e-mail: asirin@usurt.ru

1. Технологии проектирования и производства рамы студенческого болида «Формула Студент»

Технология проектирования и производства рамы болида включает в себя следующие технологические процессы:

1. Ознакомление с нормативной документацией и требованиям к раме болида в официальном регламенте соревнований Formula Student Germany (FSG), получение исходных данных для проектирования [1–4].

2. Разработка и проектирование подвески болида (пространственная рама строится вокруг кинематической схемы подвески).

3. Разработка скелета рамы — создание трехмерного эскиза, по которому будет выполнена рама.

4. Определение профилей для изготовления рамы болида по скелету.

5. Составление первой трехмерной модели рамы.

6. Проведение симуляций поведения рамы в множестве возможных ситуаций.

7. Считывание и обработка выходных данных симуляций, принятие решения об актуальности и работоспособности новой рамы.

8. Утверждение технологии производства и оценка возможностей этого производства на предприятии преддипломной практики.

9. Производство рамы.

10. Контроль полученного изделия, проверка идентичности трехмерной модели и опытного образца.

Таким образом, производство и проектирование рамы студенческого болида разбито на этапы, что дает возможность осуществлять контроль за ходом работы на всех стадиях. Центр инноваций и технологий ФГБОУ ВО УрГУПС технологически подготовлен для выполнения поставленных задач.

2. Исходные данные для проектирования

Частью исходных данных является конфигурация подвески болида, которая была разработана и получена в виде трехмерной технической модели.

На рис. 1. представлена конфигурация подвески болида «Формула Студент» FS USURT 2019.

3. Этапы технологического расчета

3.1. Разработка скелета рамы

Скелет рамы болида выполнен в инженерном ПО Autodesk Inventor в виде параметрического трехмерного эскиза [5–7] (рис. 2). Теперь необходимо реализовать такой же скелет, но уже для новой рамы.

Цели и задачи, преследуемые во время разработки новой рамы

1. Создание иных плоскостей размещения крепления рычагов подвески для того, чтобы изменить кинематику и геометрию подвески в лучшую сторону.

Плоскость крепления рычагов подвески может задать изменение углов расположения колес во время работы подвески на сжатие/отбой. Следовательно, изменяя угол наклона данной плоскости, мы работаем непосредственно с пятном контакта между колесом и дорожным покрытием, а значит, влияем на ходовые характеристики болида.

2. Открытие новых горизонтов в работе с аэродинамикой болида, а точнее, поднятие передней части болида относительно задней.



Рис. 1. Конфигурация подвески болида «Формула Студент» FS USURT 2019

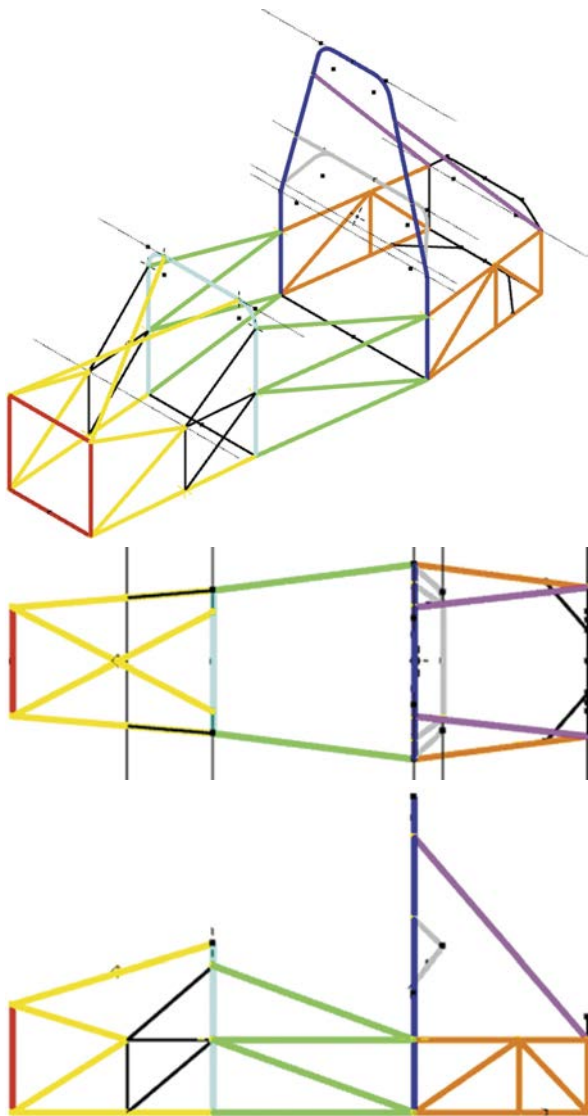


Рис. 2. Скелет рамы:

- передняя дуга (front hoop);
- главная дуга (main hoop);
- структура бокового удара (side impact structure);
- передняя переборка (front bulkhead);
- опоры передней переборки (front bulkhead support);
- опоры главной дуги (main hoop bracing);
- поддержка опоры главной дуги (main hoop bracing support);
- крепление плечевых ремней (shoulder harness mounting bar)

Такое решение позволит снизить давление воздуха под передней частью болида и направлять воздушные потоки путем разработки усовершенствованных антикрыльев и других элементов, влияющих на аэродинамику болида.

3. Снижение массы рамы, а значит, и массы болида в целом, без критических потерь в жесткости и надежности.

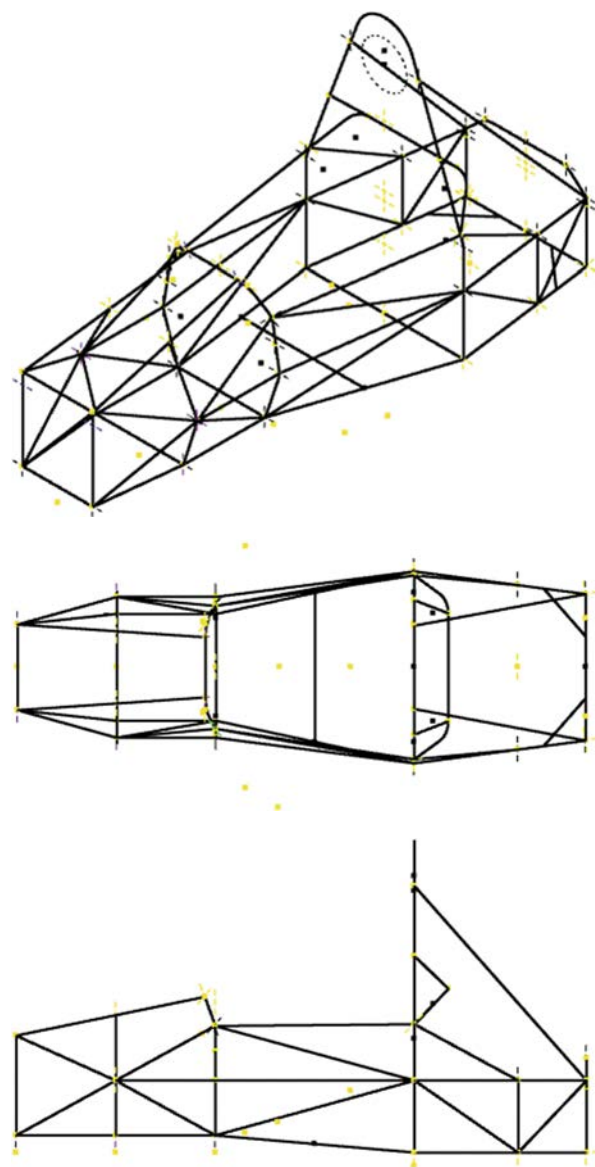


Рис. 3. Скелет новой рамы болида «Формула Студент»

Реализовать эту задачу помогут общее переосмысление геометрии рамы, новая концепция форм и инженерные решения, не используемые ранее в рамках команды Formula Student USURT.

4. Повышение технологичности, ремонтпригодности, освобождение пространства внутри болида, необходимого для работы с узлами, находящимися внутри рамы.

Эта задача является одной из основных, так как инженерам зачастую приходится принимать решения и реализовывать их в полевых условиях, а значит, необходимо сделать болид наиболее приспособленным ко всем условиям.

На рис. 3 изображен скелет новой рамы болида «Формула Студент».

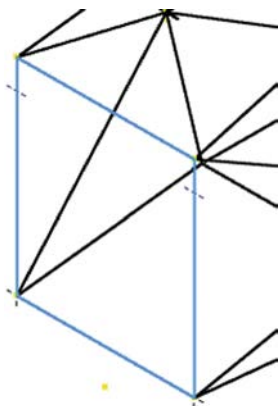


Рис. 4. Передняя переборка в новой раме болида

Изменения в скелете рамы:
1. Габариты передней переборки уменьшены до 300×350 мм, что даст снижение массы и более острый «нос» болида, который будет легче обтекаться воздухом. На рис. 4 представлена передняя переборка в новой раме болида.

2. Передняя часть болида приподнята на 50 мм относительно задней, чтобы уменьшить давление воздуха под передней частью болида и облегчить работу с перенаправлением воздушного потока во время движения болида по трассе (рис. 5).

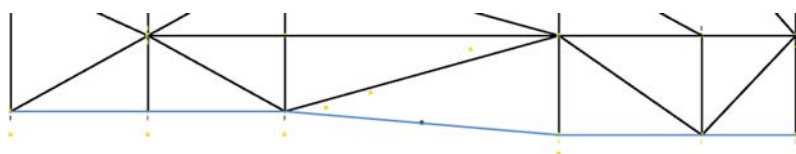


Рис. 5. Приподнятая передняя часть рамы болида

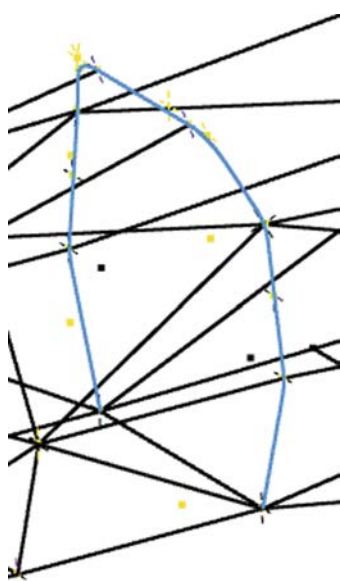


Рис. 6. Передняя дуга

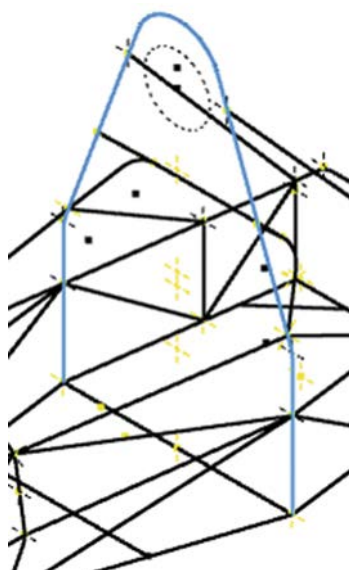


Рис. 7. Главная дуга

3. Передняя дуга теперь имеет изгибы в трех измерениях, а не в двух, как это было ранее. Это добавит жесткости раме в двух направлениях нагрузок, а именно при лобовом ударе и нагрузке на скручивание. Также это позволит разместить приборную панель в более удобном для пилота положении. На рис. 6 представлена передняя дуга в новой раме болида.

4. Главная дуга имеет один изгиб сверху вместо двух, это обусловлено меньшей массой, лучшей обтекаемостью (рис. 7). Также с такой конструкцией навесное оборудование имеет меньшую массу.

5. Добавлены дополнительные трубы в структуру бокового удара, чтобы изменить тенденцию изменения геометрии рамы при лобовом ударе (рис. 8). Если раньше при лобовом ударе главная дуга разъезжалась в стороны, то теперь большую часть нагрузки принимает на себя система поддержки опоры главной дуги. В такой капсуле пилот будет чувствовать себя более защищенным.

6. Изменена конструкция верхней трубы крепления двигателя. Если раньше это были три трубы, сваренные между собой под углом, то теперь это одна труба, загнутая в двух местах (рис. 9). Это даст увеличение жесткости трубы без потери ее прочности, что очень важно, поскольку труба воспринимает на себя нагрузку напрямую с двигателя (двигатель пытается скрутить раму при подаче крутящего момента на узел трансмиссии).

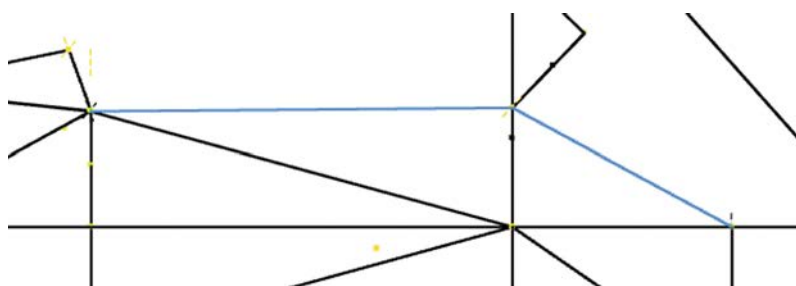


Рис. 8. Трубы, добавленные в структуру бокового удара

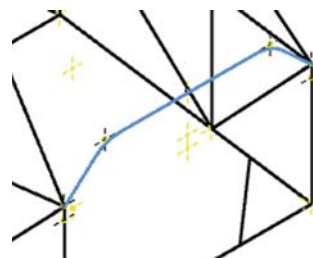


Рис. 9. Верхняя труба крепления двигателя

7. Переработан узел стыковки множества труб в передней части болида. В том месте, где ранее сходились пять труб в звезду, теперь сходятся шесть (рис. 10). Это выполнено с помощью дополнительного круглого профиля увеличенной толщины, что позволит облегчить процесс сборки/сварки конструкции в единое целое.

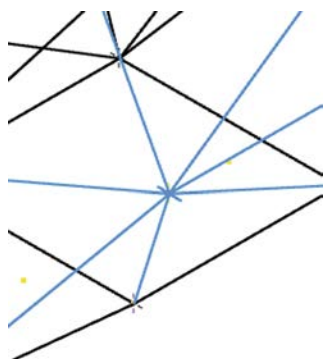


Рис. 10. Место стыковки шести труб в одной точке при помощи одного дополнительного круглого профиля увеличенной толщины

3.2. Определение профилей для изготовления рамы болида

Было решено взять круглый профиль, так как он ведет себя идентично в любом направлении радиальной или касательной нагрузки по сравнению с прямоугольным профилем.

Материал профиля — сталь 20, которая отвечает всем требованиям регламента при выборе материала для реализации шасси рамы: углерод не более 0,3 %, не должен быть легированным сплавом.

Кроме того, круглый профиль из стали 20 очень просто приобрести в наших условиях, а такой же из стали 30 придется заказывать и долго ждать.

Толщины профилей выбраны из стандартных рядов ГОСТа. Перед выбором необходимо повторно ознакомиться с требованиями к профилю изготовления.

Для выполнения рамы были выбраны 4 разных профиля:

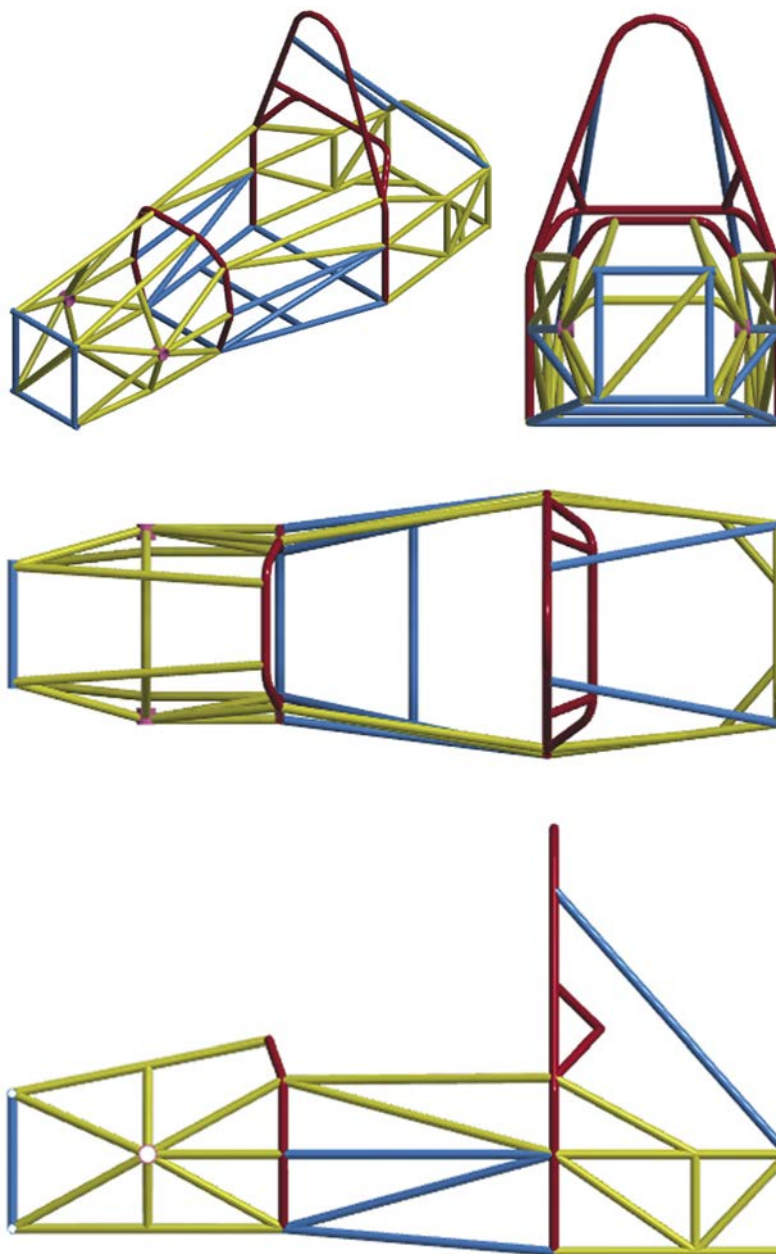


Рис. 11. Профили труб новой рамы болида:

— 25x1,5; — 25x2; — 25x2,5; — 50x4

- ГОСТ 8734–75, труба 50×4, бесшовная, холоднокатаная;
- ГОСТ 8734–75, труба 25×1,5, бесшовная, холоднокатаная;
- ГОСТ 8734–75, труба 25×2, бесшовная, холоднокатаная;
- ГОСТ 8734–75, труба 25×2,5, бесшовная, холоднокатаная.

На рис. 11 изображены профили труб новой рамы болида.

3.3. Составление первой трехмерной модели рамы

Первая полноценная трехмерная модель рамы составлена, нарисована и готова к проведению симуляций (рис. 12).

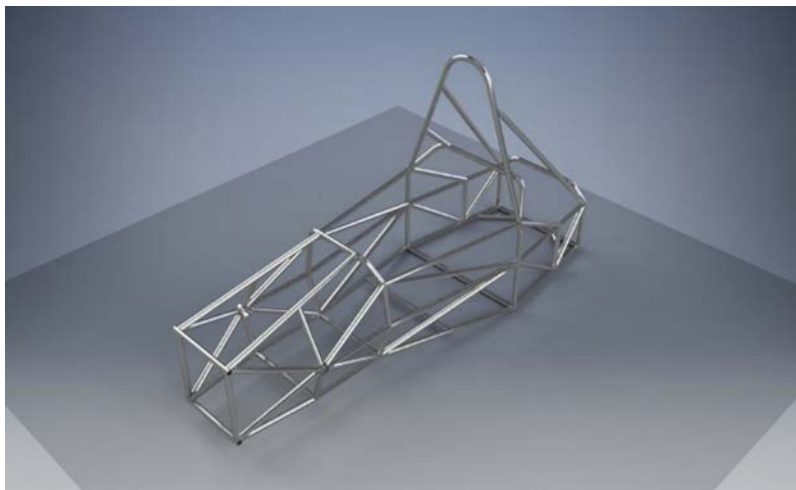


Рис. 12. Трехмерная модель рамы

4. Выводы

В результате проведенных исследований по проектно-технологической части студенческого болида «Формула Студент»: 1) разработана технология проектирования и производства рамы болида, которая включает в себя ряд технологических процессов; 2) сформулированы этапы технологического расчета рамы болида; 3) определены профили для изготовления рамы болида. Первая полноценная трехмерная модель рамы составлена, нарисована и готова к проведению симуляций. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Germany. — URL: <https://www.formulastudent.de/fsg>.
2. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Russia. — URL: <http://fstudent.ru>.
3. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Italy. — URL: <https://www.formula-ata.it>.
4. Официальный сайт этапа соревнований Formula Student Netherlands. — URL: <https://www.formula-student.nl>.
5. Официальный сайт Autodesk. — URL: <https://www.autodesk.ru>.
6. Ресурс обучающих материалов для работы с CAD пакетом программного обеспечения Autodesk. — URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLScE6N9MFKzE9sEaVB6WG2QZYGkp-U3S2>.
7. Ресурс обучающих материалов для работы с CAE пакетом программного обеспечения Autodesk. — URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLScE6N9MFKzE9sEaVB6WG2QZYGkp-U3S2>.

Объем статьи: 0,53 авторских листа

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.

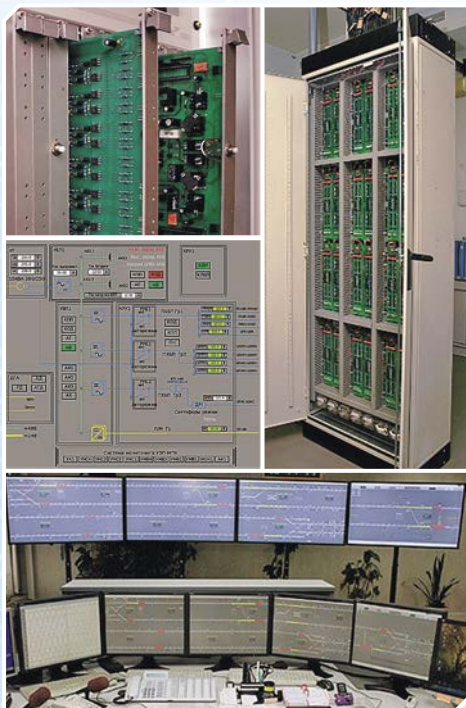
6. Рисунки и таблицы. Таблицы должны быть снабжены заголовками, а рисунки — подписями. Расположение заголовков: слово «Таблица» — в правый край таблицы; название таблицы располагается по центру над таблицей. В рисунках (диаграммах и графиках) слово «Рис.», номер и название рисунка располагаются по центру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

