

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 2 (36)

ИЮНЬ 2020



**Стандарты CDIO и их развитие
при подготовке к соревнованиям WorldSkills**

С. 40

Экологические
аспекты
струнного транспорта

Организация маршрутов
городского пассажирского
транспорта

Эффективное использование
газотурбинных локомотивов
на Среднем Урале



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**

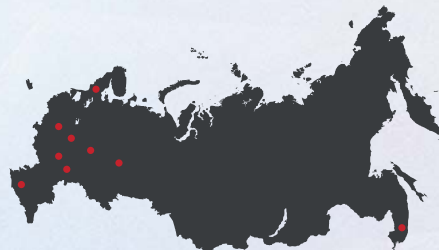
НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- > 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

№ 2 (36), 2020 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 типографии ООО «Универсальная Типография «Альфа Принт». 620049, Свердловская обл., г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж. Тел.: 8-800-300-16-00. Сайт: www.alfaprint24.ru

Подписной индекс издания в общероссийском каталоге «Пресса России» — 85022. Цена 395 руб.

DOI: 10.20291/2311-164X.

Подписано в печать 29.06.2020. Дата выхода в свет 07.07.2020.

Печать офсетная. Тираж 500 экз. (1-й з-д 1–160). Заказ № 12106

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 2020

© Общероссийская общественная организация «Российская академия транспорта», 2020

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

Innotrans

Scientific-and-nonfiction edition

№ 2 (36), 2020

Published since November 2011

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

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

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

Editing and proofreading — Elena V. Chagina

Layout and design — Andrey V. Trubin

Address of the editorial office:

66 Kolmogorova Str., Ekaterinburg, 620034.

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

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

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

Subscription reference number of the issue in the All Russia Catalogue “Russian Press” — 85022. Price 395 rub.

Released for printing on 29.06.2020. Date of issue 07.07.2020. Offset printing. Circulation 500 copies.

© ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, 2020

© All-Russian Public Organisation “Russian Academy of Transport”, 2020

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

Ларин О.Н., Кулаков А.Д.

Совершенствование показателей оценки социально-экономических эффектов для проектов развития транспортно-логистической инфраструктуры 3

Юницкий А.Э., Цырлин М.И.

Экологические аспекты струнного транспорта 7

Голубев О.В., Семенов И.С. Особенности устройства железнодорожной станции на Крайнем Севере с применением малолюдных технологий 10

Цариков А.А., Бондаренко В.Г., Пятанов М.С.

Организация маршрутов городского пассажирского транспорта с учетом бесплатных пересадок 18

Организация производства (транспорт)

Мерганов А.М., Илесалиев Д.И., Ибрагимова Г.Р.,

Азимов Ф.К. Методика поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем в универсальных контейнерах 27

Самуйлов В.М., Чернова Н.В. Влияние цифровизации на развитие молодых специалистов, формирование их мотивационного поведения с целью достижения эффективных результатов деятельности компании 33

Тарасян В.С., Тарасян М.Г.

Стандарты CDIO и их развитие при подготовке к соревнованиям WorldSkills 40

Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Смолянинов А.В., Черепов О.В., Колясов К.М.,

Киселева Е.В. Сравнительный анализ прочности предохранительных дуг котлов цистерн для перевозки опасных грузов 48

Ковалев А.А., Крапивин Н.В., Кардаполов А.А.

Испытание компенсирующего устройства со встроенным тормозом при проведении мероприятий по плавке гололеда на проводах контактной подвески 57

Самуйлов В.М., Неволин Д.Г., Писчикова С.А.

Эффективное использование газотурбинных локомотивов на Среднем Урале 61

Эксплуатация автомобильного транспорта

Кузнецов В.Н. Анализ структуры автомобильного парка и тенденции ее изменения 67

Юскаев Ю.Ю., Раевская Л.Т.

Моделирование переносного устройства пассивной безопасности пассажиров автомобиля 70

CONTENTS

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

Oleg N. Larin, Aleksandr D. Kulakov.

Improvement of the indicators for assessing social and economic effects for projects of transport and logistics infrastructure development 3

Anatoli E. Unitsky, Mikhail I. Tsyrlin.

Ecological aspects of string transport 7

Oleg V. Golubev, Igor` S. Semenov. Peculiarities of layout of a railway station at the Far North using partially-inhabited technologies 10

Aleksey A. Tsarikov, Viktor G. Bondarenko,

Matvey S. Pyatanov. Organization of routes of urban public passenger transport taking into account free-of-charge transfers 18

The organization of production (transport)

Avaz M. Merganov, Daurenbek I. Ilesaliev,

Gulshan R. Ibragimova, Farrukh K. Azimov. Technique for finding rational means of allocation of cable spools in multi-purpose containers 27

Valeriy M. Samuylov, Natal`ya V. Chernova. Influence of digitalization on young specialists education, formation of their motivational behavior in an effort to achieve efficient results of the company's business 33

Vladimir S. Tarasyan, Maria G. Tarasyan.

CDIO Standards and their development while preparing for WorldSkills competition 40

Rolling stock, hauling operation and electrification

Aleksander V. Smol`yaninov, Oleg V. Cherepov,

Konstantin M. Kolyasov, Yekaterina V. Kiselyova. Comparative analysis of guard hoops strength of tank shells for transportation of hazardous freight 48

Aleksey A. Kovalev, Nikita V. Krapivin, Andrey A. Kardapolov.

Testing of the compensating device with built-in brakes when performing actions on ice-melting on catenary suspension wires 57

Valeriy M. Samuylov, Dmitry G. Nevolin,

Sofia A. Pischikova. Effective use of gas-turbine locomotives in the Middle Urals 61

Operation of motor transport

Vasiliy N. Kuznetsov. Analysis of motor vehicle fleet structure and tendencies of its change 67

Yuriy Y. Yuskaev, Larisa T. Raevskaya.

Simulation of a motor vehicle portable device of passengers' passive safety 70



**Олег Николаевич
Ларин**

Oleg N. Larin



**Александр Дмитриевич
Кулаков**

Aleksandr D. Kulakov

Совершенствование показателей оценки социально-экономических эффектов для проектов развития транспортно-логистической инфраструктуры

Improvement of the indicators for assessing social and economic effects for projects of transport and logistics infrastructure development

Аннотация

В статье рассмотрены методологические аспекты оценки социально-экономических эффектов от развития транспортно-логистической инфраструктуры. Для повышения качества и обоснованности выделения инвестиций рекомендуется для оценки социально-экономических эффектов использовать показатели, которые отражают интересы частных инвесторов, госорганов и населения регионов.

Ключевые слова: транспортно-логистическая инфраструктура, стратегическое развитие, оценка социально-экономических эффектов, инвестиции.

Abstract

The methodological aspects for assessing social-economic effects from transport and logistics infrastructure development are reviewed in the article. In order to improve quality and justification for investment funding it is recommended for assessing social and economic effects to use the indicators which reflect interests of private investors, state bodies and population of regions.

Keywords: transport and logistics infrastructure, strategic development, assessment of social and economic effects, investments.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-3-6

Авторы Authors

Олег Николаевич Ларин, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор, Российский университет транспорта, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва; e-mail: larin_on@mail.ru | **Александр Дмитриевич Кулаков**, аспирант, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва; e-mail: adkulakov@fa.ru

Oleg Nikolaevich Larin, Doctor of technical sciences, Full Member of the Russian Academy of Transport, Professor, Russian transport university, Financial university under the government of the Russian Federation, Moscow; e-mail: larin_on@mail.ru | **Aleksandr Dmitrievich Kulakov**, post-graduate student, Financial university under the government of the Russian Federation, Moscow; e-mail: adkulakov@fa.ru

В настоящее время достаточно остро стоит необходимость активизации инновационного и инвестиционно-процессов в российской экономике. В условиях программно-целевого механизма развития субъектов РФ и городов особую актуальность приобретают вопросы оценки социально-экономических эффектов при реализации стратегий развития данных административно-территориальных образований [6]. Важной составляющей таких стратегий являются проекты модернизации и строительство капиталоемких объектов транспортно-логистической инфраструктуры [4].

По данным [3], транспортно-логистическая инфраструктура страны остро нуждается в инвестициях на развитие. В 82 субъектах страны индекс развития транспортной инфраструктуры находится на низком уровне. Даже российская столица по уровню развития транспорта и инфраструктуры существенно уступает многим мегаполисам мира. Поэтому государство готовократно увеличить объемы инвестиций в инфраструктуру. Согласно Комплексному плану модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, плановый объем инвестиций в транспортно-логистическую инфраструктуру превышает 6,3 трлн рублей, в том числе свыше 3 трлн — средства федерального бюджета, около 60 млрд — средства бюджетов субъектов РФ, более 3,2 трлн — внебюджетные источники.

Однако существующие планы, возможно, придется корректировать с учетом формирующейся динамики развития национальной экономики. Неоднозначная ситуация на товарных рынках, скорее всего, негативно отразится на стоимости и доступности инвестиций. В связи с этим остро встает задача обеспечения обоснованности выделения инвестиционных средств в инфраструктурные проекты на основе повышения качества оценки их эффективности. Вместе с тем существующие системы, механизмы и методики планирования и реализации инфраструктурных инвестиционных проектов не лишены недостатков и требуют совершенствования [1].

Действующая нормативно-правовая база делает акцент на необходимости оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. При расчете социально-экономических эффектов от реализации инфраструктурных проектов основное внимание уделяется расчету инвестиционных показателей и эффектов, таких как чистый дисконтированный доход (*NPV*), внутренняя норма доходности (*IRR*), индекс доходности (*PI*), срок окупаемости проекта (*PBP*) [7]. Такие индикаторы ориентированы на соблюдение условий возврата вложенных средств инвесторам и не в полной мере отражают интересы населения и государства [8], так как на государственном или муниципальном уровне особое внимание необходимо уделять расчету социальных эффектов, которые могут быть выражены в создании новых рабочих мест, росте заработной платы, качественном росте человеческого капитала, прочих синергетических

эффектах, образующихся при создании инфраструктурных транспортно-логистических объектов [2]. В частности, согласно методическим рекомендациям по оценке социально-экономических эффектов от проектов строительства (реконструкции) и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры (см. Постановление Правительства РФ № 1512 от 26.11.2019), следует учитывать эффекты в виде сокращения затрат времени на перевозки и повышения их безопасности, формирование агломераций и трансформации транспортных связей внутри них и пр.

Передовой международный опыт базируется на расчете показателей, которые позволяют выявить социально-экономические эффекты как для инвесторов (частные стейкхолдеры), так и для публичных стейкхолдеров. К последним относятся различные группы заинтересованных лиц, в том числе население, бизнес, местные и региональные органы власти соответствующих административно-территориальных образований. Создание новых объектов транспортно-логистической инфраструктуры сопряжено с созданием новых рабочих мест для населения, с повышением доступности социальных и культурно-бытовых услуг, с расширением возможностей для ведения бизнеса и наращивания конкурентных преимуществ за счет сокращения затрат на логистику, что, как следствие, увеличивает доходы бюджетов всех уровней от налоговых поступлений.

Данный подход особенно важно применять для оценки социально-экономических эффектов от развития объектов транспортно-логистической инфраструктуры, так как большая часть таких объектов (в отличие от инфраструктурных объектов энергетической, коммунальной, телекоммуникационной и прочих отраслей, на создание которых также привлекаются бюджетные средства), как правило, являются объектами общего пользования и доступны для неограниченного круга лиц без оплаты соответствующих услуг (проезд по автомобильным дорогам).

Представленные ниже показатели, на первый взгляд, достаточно близки по расчетам к классическим инвестиционным показателям. Однако экономическая сущность при расчете этих показателей кардинально иная — она позволяет оценить выгоды в первую очередь для публичных стейкхолдеров.

Экономический чистый дисконтированный доход (*ENPV*, *Economic Net Present Value*) представляет собой разность дисконтированной величины будущих выгод и затрат с учетом монетизированных социально-экономических эффектов:

$$ENPV = \sum_{t=0}^n (a_t \cdot S_t) = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n}, \quad (1)$$

где S_t — сумма экономических потоков проекта (сумма свободного денежного потока по инвестиционному про-

екту и монетизированных социально-экономических эффектов) в период времени t ; n — число периодов; i — социальная ставка дисконтирования (SDR) — специальный показатель, характеризующий степень экономического развития стран.

В отличие от классического показателя NPV показатель $ENPV$ рассчитывается в рамках оценки социально-экономических эффектов. В качестве ставки дисконтирования применяется показатель социальной ставки дисконтирования.

Экономическая внутренняя норма доходности ($EIRR$, Economic Internal Rate of Return) — ставка дисконтирования, при которой $ENPV$ обращается в ноль, определяется из выражения:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1 + EIRR)^t}. \quad (2)$$

Приемлемость $EIRR$ определяется путем сравнения с соответствующими показателями по другим аналогичным проектам.

Дисконтированный экономический период окупаемости ($EDPBP$, Economic Discounted Payback Period) — расчет данного показателя осуществляется по следующей формуле:

$$EDPBP = t, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n \frac{ECF_t}{(1+r)^t} > IC, \quad (3)$$

где ECF_t — экономический денежный поток для t -го периода; IC — величина исходных инвестиций в нулевой период; r — ставка дисконтирования, равна средневзвешенной стоимости капитала. Как правило, показатель r больше значения социальной ставки дисконтирования i .

Коэффициент экономической удельной эффективности инвестиционного проекта (EPI , Economic Profitability Index) — расчет данного показателя осуществляется по следующей формуле:

$$EPI = \frac{ENPV_{project}}{I_{project}}, \quad (4)$$

где $ENPV_{project}$ — дисконтированная сумма денежных потоков проекта; $I_{project}$ — общие инвестиции проекта.

Соотношение экономических затрат-выгод ($EBCR$, Economic Benefit Cost Ratio) — оценивает соотношение экономических затрат и выгод и определяется как отношение приведенной стоимости будущих социальных выгод к приведенной стоимости затрат:

$$EBCR = \frac{PV(B)}{PV(З)}, \quad (5)$$

где $PV(B)$ — приведенная полная стоимость ожидаемых выгод; $PV(З)$ — приведенная стоимость затрат.

Приведенная стоимость затрат $PV(З)$ рассчитывается с учетом монетизированных социально-экономических эффектов в соответствии с рекомендациями Методических указаний по подготовке стратегического и комплексного обоснований инвестиционного проекта (приказ Минэкономразвития России № 741 от 14.12.2013).

Дополнительно к данным показателям при оценке социально-экономических эффектов необходимо рассчитывать коэффициент-мультипликатор — коэффициент, позволяющий учитывать дополнительные эффекты, возникающие за счет синергии между невязанными флагманскими проектами. Такой эффект, как правило, возникает, так как реализация проектов в рамках стратегии способствует ускоренному социально-экономическому развитию муниципальных образований и иных административных единиц. Развитие транспортной инфраструктуры стимулирует создание новых организаций, появление дополнительных рабочих мест и т.п. Сложившаяся практика расчета коэффициента-мультипликатора показывает необходимость расчета коэффициента индивидуально для каждого проекта.

Кроме вышеуказанных показателей, целесообразно использовать ряд индикаторов, которые позволяют диагностировать социально-экономическое развитие административных единиц:

- доходы муниципального бюджета, их изменение за счет реализации инфраструктурных проектов;
- инвестиции в основные средства, их изменение за счет реализации проектов;
- прирост индикативного показателя валового городского продукта (расчетный показатель на основе показателя ВРП) и др.

Расчет приведенных выше индикаторов особенно важен для оценки социально-экономических эффектов при выработке стратегических мер в целях социально-экономического развития административно-территориальных единиц РФ. Результаты расчетов целесообразно использовать для анализа перспектив социально-экономического положения административной единицы, в том числе для понимания текущего положения основных отраслей экономики и прогнозных значений целевых показателей. Всесторонняя оценка эффективности проектных решений, заложенных в стратегические программные документы, повысит ценность данных решений, а также будет способствовать оперативному реагированию на изменения условий под воздействием внешних факторов, используя подготовленные средства для различных сценариев развития.

Применение индикаторов оценки социально-экономических выгод совместно с традиционными показателями эффективности инвестиций позволит повысить качество и обоснованность оценок «полезности» реализации инфраструктурных проектов. Причем в таких оценках будут заинтересованы не только частные инвесторы, но и публичные стейкхолдеры.

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

Стоит отметить, что в настоящем исследовании сделаны предварительные выводы о допустимости и значимости представленных индикаторов. Однако в рамках дальнейших исследований планируется исследовать особенности применения рассмотренных выше показателей

на одном из реализуемых в настоящее время объектов транспортно-логистической инфраструктуры и на этой основе произвести сравнительный анализ полученных оценок с эффектами, которые показывают используемые в настоящее время индикаторы. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Дасковский В. Б., Киселев В. Б. Совершенствование оценки эффективности инвестиций // Экономист. — 2009. — № 7. — С. 43–56. — ISSN 0869–4672.
2. Дасковский В. Б., Киселев В. Б. Еще раз о несоответствии оценок эффективности инвестиций // Экономист. — 2010. — № 7. — С. 78–92. — ISSN 0869–4672.
3. Инвестиции в инфраструктуру: 2018, 2019, 2020. Сборник аналитики InfraONE Research. — М. : Альпина Паблишер, 2020. — 526 с.
4. Рытиков С. А., Богданов А. В., Кулаков А. Д. Финансовое моделирование при реализации инфраструктурных проектов (на примере оптимизации стратегии финансирования проекта реконструкции Московского Западного речного порта) // Современные наукоемкие технологии. — 2014. — № 7. — С. 26–30.
5. Пустохина И. В., Пустохин Д. А. Проблемы и перспективы развития транспортно-логистической инфраструктуры г. Керчь Республики Крым // Логистика. — 2018. — № 7 (140). — С. 34–38. — ISSN 2219–7222.
6. Пустохина И. В., Пустохин Д. А. ГЧП как основа развития и модернизации транспортно-логистической инфраструктуры России // Логистика: современные тенденции развития : материалы XVI Международной научно-практической конференции. — СПб., 2017. — С. 75–78.
7. Рытиков А. М., Рытиков С. А. Оптимизация стратегии организации и финансирования инвестиционного процесса // Цветные металлы. — 2005. — № 7. — С. 4–13. — ISSN 0372–2929.
8. Рытиков С. А., Богданов А. В., Кулаков А. Д. Применение моделей одновременного инвестиционно-финансового планирования при экспертизе инвестиционных проектов резидентов особой экономической зоны // Экономический анализ: теория и практика. — 2014. — № 40. — С. 57–68. — ISSN 2073–039X.

Объем статьи: 0,31 авторских листа



Анатолий Эдуардович
Юницкий
Anatoli E. Unitsky



Михаил Иосифович
Цырлин
Mikhail I. Tsyrlin

Экологические аспекты струнного транспорта

Ecological aspects of string transport

Аннотация

В статье рассматривается негативное воздействие транспорта на окружающую среду. Описаны основные источники загрязнения на транспорте. Представлен струнный транспорт как наиболее экологичный. Даны его преимущества.

Ключевые слова: транспорт, экология, струнный транспорт, экологическая безопасность струнного транспорта.

Abstract

Negative impact of transport on environment is given consideration in the article. The main sources of pollution on transport are described. String transport is presented as the most environmentally friendly and its advantages are offered.

Keywords: transport, ecology, string transport, environmental safety of string transport

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-7-9

Авторы Authors

Анатолий Эдуардович Юницкий, генеральный конструктор ЗАО «Струнные технологии», Минск; e-mail: a@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 | 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

Транспорт — один из основных загрязнителей атмосферного воздуха, его доля в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет около 40 % [1]. При этом загрязнение окружающей природной среды в настоящее время осуществляется темпами, значительно более высокими, чем скорость ее естественного восстановления. В этих условиях проблемы экологии транспорта приобретают особое значение.

Негативное воздействие транспорта на окружающую среду проявляется:

- в загрязнении атмосферы, водных объектов и земель, изменении химического состава почв и микрофлоры, образовании производственных отходов, в том числе токсичных и радиоактивных;
- в потреблении природных ресурсов — атмосферного воздуха, нефтепродуктов и природного газа, воды для производственных и бытовых нужд, земельных ресурсов, отчуждаемых под строительство автомобильных и железных дорог, аэропортов, трубопроводов, морских и речных портов и других объектов транспортной инфраструктуры;
- в необратимом изъятии из атмосферы самого важного компонента, необходимого для жизни на планете, — кислорода, более 10 млрд т ежегодно;
- в выделении тепла в окружающую среду;
- в создании высоких уровней шума и вибрации;
- в возможной активации неблагоприятных природных процессов (водная эрозия, заболачивание местности, образование селевых потоков и т.п.);
- в травматизме и гибели людей и животных;
- в уничтожении почвенно-растительного покрова под дорогами и его деградации на прилегающих территориях, в уменьшении урожайности сельскохозяйственных культур и снижении качества сельхозпродукции.

Наибольшие выбросы на транспорте приходятся на автомобильный и железнодорожный. В целом на долю автомобильного транспорта приходится 91,3 % загрязнения атмосферы, железнодорожного — 3,7 %, морского — 2,7 %, речного — 0,9 % и воздушного — 1,4 % [2].

К основным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся: на железнодорожном транспорте — тепловозы и дизель-поезда; на автомобильном транспорте — легковые и грузовые автомобили, автобусы [3]. Эксплуатация такого транспорта сопровождается выбросами в атмосферный воздух вместе с выхлопными газами углеводородов, оксида и диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, частиц сажи и других веществ.

Неудовлетворительное состояние атмосферного воздуха ведет к росту заболеваний дыхательных путей, онкологических и других заболеваний. Это обстоятельство, а также перспектива глобальных осложне-

ний в окружающей природе (кислотные дожди, изменение климата) приводят к необходимости ограничения выбросов загрязняющих веществ, созданию и развитию новых видов транспорта, перспективных с точки зрения экологичности.

Одним из таких видов транспорта может стать струнный транспорт SkyWay (струнный транспорт Юницко-го) [4]. В нем беспилотные навесные или подвесные транспортные средства со стальными колесами перемещаются за счет электрической энергии по неразрезной предварительно напряженной растяжением рельсо-струнной эстакаде на высоте от 5 м. Данная технология воплощается ЗАО «Струнные технологии» в «ЭкоТехно-Парке» (Марьино Горка, Республика Беларусь). На сегодняшний день разработано 11 видов подвижного состава для городских, междугородних высокоскоростных пассажирских, а также грузовых перевозок (рис. 1–3). Построено пять тестовых трасс с гибким, полужестким и жестким рельсом. Многие транспортные средства уже получили сертификацию. В 2017 г. струнный транспорт эстакадного типа признан Министерством транспорта России инновационным.

Струнный транспорт является высокоэкологичным по ряду причин:

- в качестве энергии используется электричество, а не дизельное или бензиновое топливо с высокими источниками загрязнения окружающей среды;
- низкий уровень энергопотребления транспортными средствами SkyWay благодаря стальным колесам и высоким аэродинамическим качествам, в том числе из-за отсутствия эффекта экрана (отсутствия сплошного дорожного полотна и рельсошпальной решетки), что особенно существенно при скоростях выше 250 км/ч, так как мощность аэродинамического сопротивления пропорциональна скорости в третьей степени;
- малый расход строительных материалов на транспортную эстакаду благодаря предварительному натяжению струнных рельсов и неразрезной по длине конструкции путевой структуры (отсутствие деформационных температурных швов);
- малый расход конструкционных материалов на подвижной состав благодаря простоте конструкции транспортных средств — рельсовых электромобилей; отсутствие массивных приводов, мощных рам, тяжелых ходовых тележек и колесных пар не требует больших затрат на их производство;
- минимальный объем земляных работ и землеотвод под строительство путевой структуры;
- земля под дорогами может быть использована для разбивки парков, ведения сельского хозяйства, так как путевая структура располагается на высоте, не препятствующей перемещению



Рис. 1. Городское пассажирское транспортное средство SkyWay — подвесной квадирельсовый 48-местный юнибус. Марьина Горка, 2019 г.



Рис. 2. Междугороднее пассажирское транспортное средство SkyWay — высокоскоростной (до 500 км/ч) 6-местный юнибус семейного типа



Рис. 3. Грузовое транспортное средство SkyWay — юнитрак



Рис. 4. Путьевая структура SkyWay жесткого типа (рельсо-струнная ферма для движения как подвешеного, так и навесного подвижного состава). Марьина Горка, 2019 г.

домашних животных, а также сельскохозяйственной и иной техники (рис. 4);

- не нарушается гидрология почв (движение поверхностных и грунтовых вод), как это происходит при строительстве автомобильных и железных дорог;
- сохраняются пути миграции диких животных из-за отсутствия земляных насыпей.

Фото: https://vk.com/skyway_official.

Список литературы / Reference

1. Павлова Е. И. Экология транспорта / Е. И. Павлова, Ю. В. Буралев. — М. : Транспорт, 1998. — 232 с.
2. Галабурда В. Г. Управление транспортной системы / В. Г. Галабурда, Ю. И., Н. В. Королькова. — М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. — 343 с.
3. Овчинников В. М. Оценка вредного воздействия транспортного предприятия на окружающую среду / В. М. Овчинников, В. А. Халиманчик, Н. Г. Швец. — Гомель : БелГУТ, 2009. — 79 с.
4. Юницкий А. Э. Струнные транспортные системы на Земле и в космосе : научная монография / А. Э. Юницкий. — Минск : Беларуская навука, 2017. — 379 с.

Объем статьи: 0,24 авторских листа



Олег Ведимирович
Голубев
Oleg V. Golubev



Игорь Сергеевич
Семенов
Igor S. Semenov

Особенности устройства железнодорожной станции на Крайнем Севере с применением малолюдных технологий

Peculiarities of layout of a railway station at the Far North using partially-inhabited technologies

Аннотация

В статье актуализирована необходимость применения малолюдных интеллектуальных технологий для поиска перспектив развития железнодорожных станций России в условиях Крайнего Севера. На основе проекта «Северный широтный ход» отображены особенности развития и функционирования железнодорожных станций в связи с ключевыми природно-территориальными характеристиками Крайнего Севера России. Обоснована необходимость применения малолюдных технологий для эффективного функционирования железнодорожной станции в условиях Крайнего Севера. Рассматриваются масштабные научно-технические проекты и конкретные примеры технологической интеллектуализации на железнодорожном транспорте России. На основе современных научно-технических исследований сформулированы области усовершенствования железнодорожной станции с помощью интеллектуализации ее устройств.

Ключевые слова: железнодорожная станция, Крайний Север, «Северный широтный ход», малолюдные технологии, технологическая интеллектуализация, «умные» устройства.

Abstract

The necessity of using partially-inhabited intellectual technologies for finding development prospects of Russia's railway stations in the Far North environment is foregrounded in the article. On the basis of "Northern latitudinal railway" project, the characteristic features of development and functioning of railway stations taking into consideration the key environmental and territorial characteristics of the Far North of Russia are highlighted.

The necessity for using partially-inhabited technologies for effective operation of railway stations in the Far North environment is substantiated. The large-scale scientific and technical projects as well as particular examples of technological intellectualization at railway transport of Russia are reviewed in the article. On the basis of up-to-date scientific and technical research, the areas for improvement of a railway station using intellectualization of its equipment are defined.

Keywords: railway station, the Far North, "Northern latitudinal railway", partially-inhabited technologies, technological intellectualization, "smart" devices.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-10-17

Авторы Authors

Олег Ведимирович Голубев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Игорь Сергеевич Семенов**, студент 2 курса, гр. ЭД-248 факультета управления процессами перевозок Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Oleg Vedimirovich Golubev, candidate of technical science, "Railway Construction and Railway Track" department, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg | **Igor Sergeevich Semenov**, 2-nd year student, ED-248 group of Operation of Transportation Processes Faculty of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg

Глобализация и цифровизация разных отраслей промышленности сопровождается увеличением вложений в технологическую модернизацию инфраструктуры. Не является исключением и железнодорожный комплекс [1]. Инновационное развитие железных дорог на основе современных и перспективных научных разработок, воплощенных в технологиях, услугах, оборудовании, автоматизированных системах управления и организации перевозочного процесса, является приоритетом развития транспортной отрасли России. В первую очередь это относится к железнодорожным станциям как наиболее сложным и ответственным звеньям транспортного конвейера, от эффективного функционирования которых в значительной степени зависит устойчивая работа всей сети железных дорог. По оценкам экспертов, уже сегодня наработанный научно-технический потенциал по созданию инновационной железнодорожной станции позволяет с успехом конструировать «умную архитектуру» ее органичного развития, уверенно реагируя на глобальные вызовы нового тысячелетия [2–4].

Вместе с тем устойчивое развитие России, расширение ее геополитических и экономических связей, укрепление целостности и безопасности невозможно без развития надежной и эффективной транспортной инфраструктуры в труднодоступных, чрезвычайно суровых, но обладающих огромным потенциалом роста районах Крайнего Севера. Необходимость создания и реализации проектов развития транспортной инфраструктуры северного региона России для освоения его природно-ресурсного потенциала входит в число приоритетных и стратегических целей страны [5, 6]. Однако объективные территориальные особенности Российского Севера, связанные с его удаленным месторасположением, суровым климатом, рисковыми природными условиями, низкой плотностью населения, являются реальными проблемами, осложняющими развитие железнодорожной инфраструктуры региона. По мнению экспертов, для решения подобного рода задач необходимо учитывать территориальные особенности Крайнего Севера и эффективно реализовывать стратегии малолюдных технологий [6]. Поэтому применение малолюдных цифровых технологий для решения проблем и поиска перспектив развития железнодорожных станций России в условиях Крайнего Севера становится актуальным как с практической, так и с научной точки зрения.

Особенности функционирования железнодорожной станции в условиях Крайнего Севера

Железнодорожная станция Крайнего Севера представляет собой сложный технологический организм, слаженная работа которого повышает доступность транс-

портных услуг региона, удовлетворяет спрос и предложения по энергоносителям, с успехом увязывает интересы всех участников транспортного рынка. Крайний Север — это часть территории России, расположенная к северу от Полярного круга: ее арктическая зона, тундра, лесотундра и тайга. Существенная часть субъектов РФ полностью или частично относится к регионам Крайнего Севера — Российский Север занимает почти 2/3 территории страны, а на территории, относимые к Крайнему Северу, и местности, приравненные к ним, приходится 44,5 % территории России. Крайне сложно переоценить и экономический потенциал Севера России — богатство недр и природных ресурсов. На Севере России производится более 20 % ВВП, 18 % электроэнергии, 25 % лесной продукции и добывается более 90 % природного газа, 75 % нефти, 80 % золота, 90 % меди и никеля, почти все алмазы, кобальт, платиноиды, апатитовый концентрат. В федеральном бюджете доля доходов от использования минерально-сырьевой базы Севера превышает 40 %, а доля валютных поступлений — 80 % [7]. Русский Север — это не только богатейшая топливно-сырьевая сокровищница России, это душа отечества, его сокровенная суть. И сегодня, подчеркивают эксперты, невозможно ощутить исконную близость этого сурового и прекрасного края, его причастность к судьбе каждого русского человека без Северной железной дороги.

Вместе с тем суровые природно-климатические условия, повсеместное распространение структурно неустойчивых при оттаивании многолетнемерзлых тонкодисперсных грунтов, отсутствие в достаточном количестве кондиционных грунтовых материалов, необходимых для строительства дорог, а также в основном малолюдность региона сдерживают широкомасштабное освоение арктических территорий. Численность населения Крайнего Севера России составляет чуть более 5 % населения России, при этом наблюдается ежегодная убыль населения (в связи с миграцией и т.д.). Плотность населения Севера России крайне низкая — 1,03 человека на 1 км² (для сравнения: плотность населения европейской части России составляет 27 чел./км²). Погодные условия складываются под влиянием арктического и субарктического климата с характерными суровыми морозными зимами (8–9 месяцев в году), с экстремально низкими температурными режимами (минус 40 °С и ниже — например, в Якутии зафиксировано 77 °С ниже нуля, что является абсолютным температурным минимумом и обозначает полюс холода на планете), сильные снегопады, метели, вечная мерзлота (многолетняя криолитозона, характеризующаяся отсутствием периодического протаивания грунта), обширные ледники, многолетнемерзлые породы.

В контексте сказанного особый интерес представляет проект «Создание железнодорожного Северного широтного хода «Обская — Салехард — Надым — Панго-

ды — Новый Уренгой — Коротчаево» и железнодорожных подходов к нему» (СШХ). Проект с 2008 года включен в «Стратегию развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года» (и ряд других документов стратегического планирования Правительства РФ), входит в число главных проектов государственного значения для освоения природно-ресурсного потенциала Арктической зоны РФ [6, 8]. Проект предполагает строительство железнодорожной магистрали общей протяженностью 686 км, которая включает в себя как строительство новых железнодорожных путей и инфраструктуры, так и реконструкцию существующих, что в результате существенно сократит протяженность транспортных маршрутов, ускорит оборачиваемость грузов, товародвижения, оптимизирует загрузки железнодорожной сети ОАО «РЖД» и снизит транспортные издержки в экономике, простимулирует дальнейшие геологические изыскания и освоение новых месторождений полезных ископаемых (нефти, газа) и создаст новые рабочие места не только на железнодорожном транспорте (прирост более 1500 человек), но и в смежных отраслях. С одной стороны, эксперты прогнозируют, что организация инфраструктуры в рамках реализации проекта СШХ станет наиболее перспективной составляющей освоения Арктики и Приполярного шельфа. С другой, за годы работы в режиме временной эксплуатации проектируемого участка железнодорожной магистрали специалисты сталкиваются с «тревожными» проблемными аспектами по реализации этого проекта, связанными с особенностями северного климата с резкими колебаниями температуры, длительностью зимнего периода, наличием вечномерзлых грунтов, а также с малолюдностью проектируемого участка.

На основе открытой информации о практической реализации проекта, материалов транспортного портала Gudok.ru и других отраслевых ис-

точников, с учетом мнения экспертов выделены особенности развития и функционирования железнодорожных станций в связи с ключевыми природно-территориальными характеристиками Крайнего Севера России (рис. 1).

Стройка ведется в Заполярье — в области к северу от Северного полярного круга, что находится на значительном расстоянии от центра России. Эксперты констатируют, что в связи с колоссальными по объему работами существует реальная проблема с кадрами. Например, для работы на участке Чум — Обская привлекаются люди, проживающие в близлежащих городах, активно применяется вахтовый метод обслуживания участков, определена потребность в общежитиях и домах отдыха локомотивных бригад,

разрабатывается проект строительства железнодорожного вокзала. На станции Печора, где расположены несколько крупных подразделений Северной магистрали, трудятся 19 человек, каждый из которых имеет несколько специальностей, постоянно тренируется и повышает квалификацию, работая по принципу «один за всех, и все за одного». На самой северной дистанции пути СЖД — Елецкой работают 163 человека, большинство из них приезжают в рабочие дни из Печоры, Воркуты, живут в общежитии и работают «рука об руку под общей крышей».

Суровые климатические условия с экстремальными температурными режимами и обилием снега являются сложными для работы человека и техники на участке. Так, на станции Кожва (где дислоцируется самая



Рис. 1. Особенности функционирования железнодорожной станции в условиях Крайнего Севера

северная путевая машинная станция № 110) работники вручную демонтируют и перебирают старогоднюю рельсошпальную решетку с деревянными шпалами. Работа идет постоянно: звено длиной 25 м два человека собирают примерно за восемь часов при температуре ниже минус 35 градусов. С другой стороны, основная работа в зимнее время — разваловка снежных заносов на станциях и перегонах. На участке Елецкая — Лабитнанги интенсивной борьбой со снегом путейцы занимаются большую часть года, как правило, с сентября до конца июня. Осадков выпадает очень много, снег нагребают бульдозерами на железнодорожные пути, затем его разрабатывают и заглаживают специальными снегоочистителями. Эффективность работ крайне низкая — за «окно» успевают расчистить одну выемку, а это всего 150 метров. При этом работу снегоочистительной техники осложняет устаревшая электрожезловая система регулирования движения поездов на малодеятельных участках, которую в ходе строительства СШХ планируется заменить автоблокировкой.

В центре «Путевая инфраструктура и взаимодействие колесо — рельс» АО «ВНИИЖТ» считают, что огромную помощь при выработке целостной концепции обслуживания пути в суровых условиях Севера окажет разработанный в компании программный комплекс «Нейро-эксперт», позволяющий оценивать состояние инфраструктуры в реальном времени, прогнозировать возможные риски, поломки и отказы. Программный комплекс представляет собой совокупность физико-статистических моделей, позволяющих на основании данных, собираемых как статичными датчиками, установленными на инфраструктуре, так и с помощью специализированного подвижного состава, оценивать состояние инфраструктуры в реальном времени и прогнозировать возможные поломки и отказы. В реализации комплекса физико-статистических моделей положена технология искусственной нейронной сети. Нормативами для оценки «Нейроэкспертом» должны стать данные паспорта пути, которые будут поступать в нейросеть автоматически, без участия человека.

Кроме сурового климата арктические территории отличаются широким распространением высокольдистых, тонкодисперсных грунтов, которые являются наиболее сложными и опасными с точки зрения строительства [9]. Вечная мерзлота обуславливает обширные деструктивные процессы земляного полотна, деформационные бугры, профильные просадки, термокарстовые явления вблизи железнодорожного пути и т.д. В связи с необходимостью повышения грузонапряженности участка вырабатываются решения по усилению земляного полотна, водоотведению, укреплению откосов, реконструкции искусственных сооружений и т.д.

Специалисты участка Чум — Елецкая отмечают, что «большое» земляное полотно требует особых решений, и предлагают опыт использования берм с охладителем

для избегания оттаивания грунта. Процесс установки берм включает несколько этапов: бурение, закладку труб с охладителем (аммиачными капсулами), чтобы поддерживать вечную мерзлоту на глубине 10 см. Для снижения степени оттаивания при отсыпке земляного полотна используется пенополистирол. Во избежание просадок делается отвод воды от насыпи. Здоровый путь — залог безаварийной работы, поэтому в условиях Крайнего Севера придается большое значение использованию малолюдных или безлюдных технологий, применению технологий термостабилизации грунта, математического моделирования процесса укладки пути, пониманию особенностей эксплуатации стрелочных переводов.

Для решения подобного рода задач на железнодорожных станциях северных регионов России активно внедряются отраслевые инновационные проекты, которые уже сегодня демонстрируют свою эффективность. Например, проект «Переход на малолюдные технологии обслуживания стрелочных переводов в зимний период за счет внедрения систем электрообогрева», который внедрен на стрелочных постах, обслуживаемых работниками дистанций пути Сургутского региона Свердловской железной дороги. С помощью автоматического электрообогрева очищаются от снега и наледи зоны острижков стрелочных переводов на удаленных разъездах без путевого развития, что высвобождает примерно пять работников. В рамках проекта «Перевод железнодорожных переездов на малолюдные технологии за счет централизации и автоматизации функции наблюдения» предлагается оборудовать переезды устройствами контроля свободности зоны переезда с видеонаблюдением и возможностью удаленного управления техническими средствами. Оборудование такой аппаратурой только одного переезда высвобождает до пяти обслуживающих его работников. Экономический эффект от реализации межфункционального проекта «Объединение смежных перегонов малоинтенсивных железнодорожных линий, оборудованных полуавтоматической блокировкой (ПАБ), за счет внедрения микропроцессорной полуавтоматической блокировки (МПАБ)», по оценкам специалистов, составит 11,8 млн руб. в год и снизит численность персонала на 19 человек. В ТвГТУ в рамках решения проблемы повышения эффективности транспортного строительства в арктических зонах предложена новая оригинальная конструкция железнодорожной насыпи повышенной устойчивости. В случае реализации специалисты прогнозируют повышение устойчивости насыпи, снижения объема грунтовой отсыпки с попутной утилизацией отработанных железнодорожных цистерн [10].

Учитывая природно-территориальные характеристики региона, необходимо сосредоточиться на использовании прогрессивных устройств, в основе которых лежат широкие возможности инновационных малолюдных технологий: дистанционное управление с максимальной

автоматизацией всех процессов для обеспечения мобильности персонала, оптимизации его численности и снижения расходов на его содержание, повышения безопасности труда и т.д.; использование технологий информационного моделирования пути, в том числе с применением технологий промышленного Интернета вещей (IoT) и BigData, направленных на реализацию малолюдных методов обслуживания инфраструктуры, развитие автоматизированных методов диагностики состояния пути и технических средств для оптимизации ремонтных работ, минимизации расходов на обслуживание, а также совершенствование процессов проектирования, реконструкции и нового строительства в условиях вечной мерзлоты; создание единого центра по выработке и координации общей технической политики для использования уже имеющегося опыта работы с применением малолюдных технологий в других регионах.

Использование малолюдных технологий для совершенствования железнодорожных станций на основе интеллектуализации ее устройств: проекты, решения, подходы

Концепция безлюдного и малолюдного производства подразумевает вытеснение человека из сферы исполнительно-технологических функций за счет использования безлюдных и малолюдных технологий, созданных на основе возможностей искусственного интеллекта. Интеллектуализация железнодорожного транспорта — это ведущая прорывная технология создания и развития транспортных систем постиндустриального общества, стратегическое направление инновационного развития железнодорожного транспорта России [11, с. 10]. В Стратегии научно-технологического развития РФ в долгосрочной перспективе предполагается переход страны к «передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» [12]. Выполнение такой амбициозной задачи предполагается за счет внедрения инновационных интеллектуальных малолюдных технологий в железнодорожной отрасли, которые, интегрируя основные и обслуживающие процессы, становятся фактором прогресса, особенно в экстремальных для человека условиях.

Так, в ответ на вызовы нового тысячелетия формируется новая концепция «Железнодорожная станция 2.0» [13], которая учитывает глобальные тренды в области развития станционных комплексов на основе мирово-

го опыта применения инновационных технологий энергоэффективности и энергосбережения, перспектив развития «умных» интеллектуальных цифровых устройств на железнодорожной станции. Отображая наиболее значимые области усовершенствования, «Железнодорожная станция 2.0» становится перспективным идейным воплощением формирования интеллектуального железнодорожного комплекса с огромным потенциалом социально-экономического роста.

Амбициозным отображением ключевых принципов и задач внедрения инноваций в железнодорожной отрасли является российский научно-технический проект «Цифровая железная дорога», направленный на обеспечение устойчивой конкурентоспособности компании на глобальном рынке транспортных и логистических услуг на основе полной интеграции интеллектуальных коммуникационных технологий между пользователем, транспортным средством, системой управления движением и инфраструктурой. С учетом послания Президента России Федеральному Собранию и Указа Президента от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2019 года № 466-р утверждена долгосрочная программа развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 г., что предусматривает переход на «цифровую железную дорогу» [3, 4]. В широком смысле цифровая железная дорога — «это совокупность бизнес-моделей, продуктов, услуг и средств их автоматизации, объединенных едиными принципами сквозной цифровизации всех активов и процессов Холдинга «РЖД», и их интеграция в цифровую экономику России и мировую экосистему перевозок» [14, с. 209]. В технологическом смысле развитие цифровой железной дороги предполагает использование сложных интеллектуальных цифровых методов описания инфраструктуры всего железнодорожного комплекса. Результатом реализации проекта должны стать полная автоматизация мониторинга инфраструктуры и подвижного состава, переход к потоку управления поездов с учетом их энергоэффективности, максимальное внедрение малолюдных и безлюдных технологий аналогично опыту зарубежных транспортных узлов, создание основы для организации непрерывного технологического процесса мультимодальных перевозок [2–4].

Наряду с указанными подходами необходимо выделить некоторые примеры внедрения и реализации инновационных отечественных систем на железнодорожном транспорте, использующих методы искусственного интеллекта. Характерные функциональные особенности и целевое значение таких технологий направлены на автоматизацию и оптимизацию всего процесса перевозок на железнодорожном транспорте, что обеспечивает его эффективность с минимальным участием человека (табл. 1).

Интеллектуальные технологии железнодорожного транспорта России

Технология	Характеристики		
	Функция	Цель	Значение
Интеллектуальная система управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ)	Автоматизирует полный цикл производственного процесса эксплуатационной работы	Оптимизация процесса перевозок и улучшение качественных показателей работы железнодорожного транспорта	Повышение эффективности эксплуатационной работы и клиентоориентированности компании
Центры управления перевозками (ЦУП)	Создают вертикали управления и оперативного контроля процесса продвижения вагонопотоков	Обеспечение оперативно-управления перевозочным процессом железнодорожной отрасли	Эффективность управления скоростным движением пассажирских поездов, вагонными и локомотивными парками, поездной работой
Инновационная технология автоматизированного управления работой станции (ИТАУР)	Отражает в реальном времени все процессы работы с поездами и локомотивами на принципе автоматического сбора первичной информации	Создание информационной модели, реально отражающей бизнес-процессы станционной работы	Сокращение эксплуатационных расходов, рост пропускной способности станции, эффективность работы направления
Система управления перевозочным процессом и транспортная логистика (система «СИРИУС»)	Объединяет существующие информационные технологии управления перевозками в единое целое	Повышение качества услуг, предоставляемых грузоотправителям и грузополучателям	Автоматизация рутинных функций, оптимизация технологии перевозочного процесса
Автоматизированная система управления поездной работой на направлениях с использованием суточного энергооптимального графика движения (АСУ «Полигон»)	Автоматизирует организацию поездной работы	Снижение эксплуатационных затрат и улучшение показателей поездной работы железнодорожного направления	Эффективность контроля и анализа выполнения плана поездной работы, работы основных технических станций
Система «Автомашинист» – «Автодиспетчер»	Автоматизирует управление движением поездов в условиях высокой интенсивности движения	Обеспечение безопасности движения	Эффективность организации движения электропоездов в соответствии с требованиями безопасности движения

К инновационным отечественным технологиям относятся:

- интеллектуальная система управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ) — автоматизирует полный цикл производственного процесса эксплуатационной работы ОАО «РЖД»;
- центры управления перевозками (ЦУП) — обеспечивают оперативное управление грузовыми и пассажирскими перевозками;
- инновационная технология автоматизированного управления работой станции (ИТАУР) — отражает все бизнес-процессы станционной работы;
- система управления перевозочным процессом и транспортная логистика — например, систе-

ма «Сириус», объединяющая информационные технологии управления перевозками для оптимизации перевозочного процесса;

- автоматизированная система управления поездной работой на направлениях с использованием суточного энергооптимального графика движения (АСУ «Полигон») — направлена на снижение эксплуатационных затрат и улучшение показателей поездной работы железнодорожного направления: повышает качество выполнения графика движения поездов;
- система «Автомашинист» – «Автодиспетчер» — позволяет в автоматизированном режиме контролировать движение поезда в реальном времени в соответствии с требованиями безопасности.

Применение этих и других инновационных подходов позволяет решать проблемы эксплуатации железнодорожных устройств в условиях Крайнего Севера, обеспечивая безопасность и эффективность их работы.

В развитие инновационной концепции «Железнодорожная станция 2.0», в русле ключевых положений отечественного проекта «Цифровые железные дороги», на основе современных научно-технических исследований сформулированы области совершенствования железнодорожной станции на основе интеллектуализации ее устройств (рис. 2).

«Умная» железнодорожная станция — это взаимосвязанный комплекс технических средств и устройств для выполнения технологических операций, связанных с перевозочной деятельностью и функционирующих на основе интеллектуальных (автоматизированных, информационных, цифровых и т.д.) процессов при минимальном участии человека.

«Умный» поезд — это сложное техническое устройство для перевозки людей и грузов на дальние расстояния, оборудованное автопилотной (беспилотной) системой управления, автономной системой передвижения вагонов, автоматизированной системой погрузки, ориентирующееся на дороге при помощи специальных датчиков, собирающих информацию об окружающем пространстве.

«Умные» железнодорожные устройства — это совокупность интеллектуальных устройств (автоматизированных, цифровых и т.д.) железнодорожной транспортной инфраструктуры, включающих «интеллектуальные» железнодорожные пути, станции, устройства электроснабжения, сети связи, системы сигнализации, централизации и блокировки, информационные комплексы, системы управления движением, здания, стро-

ения, сооружения, устройства, оснащенные информационными системами мониторинга, видеонаблюдения и управления транспортной безопасностью.

«Умная» железная дорога — технологически оснащенная интегрированная система, позволяющая эффективно управлять перевозочной и другими видами деятельности на основе методов искусственного интеллекта.

В заключение необходимо отметить, что мороз в России — это стимул для инноваций [15], пример превращения особенностей региона в ценный актив. Север отличается широким набором нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (энергия солнца, ветра, малых рек, морских приливов, волн и др.), обладает всеми условиями для дешевого охлаждения, что важно для расположения глобальных центров обработки данных, энергосбережения, всеобщей цифровизации и интеллектуализации [16]. Даже самый суровый климат не является препятствием для построения успешного бизнеса и развития экономики.

Способность учитывать в цифровом интеллектуальном отражении реальность физического мира невероятно расширяет возможности человека, позволяя решать невыполнимые задачи и достигать ранее недостижимых целей [1]. Именно интеллектуализация транспортных систем является «мостом» для устойчивого развития территорий [17]. Освоение труднодоступных территорий Крайнего Севера России является крайне перспективной, но невероятно сложной в технологическом исполнении задачей. Возможность внедрения искусственного интеллекта в объекты инфраструктуры железнодорожного комплекса, активное использование малолюдных «умных» технологий в его «архитектуре» позволяет строить далеко идущие планы по освоению Крайнего Севера, выводя Россию на новый уровень развития. **ИТ**



Рис. 2. Области совершенствования железнодорожной станции на основе интеллектуализации ее устройств

Список литературы / Reference

1. Куприяновский В. П., Суконников Г. И., Бубнов П. М., Сиягов С. А., Намиот Д. Е. Цифровая железная дорога — прогнозы, инновации, проекты // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2016. — Vol. 4, № 9. — С. 34–42.
2. Розенберг Е. Н., Розенберг И. Н. Интеллектуальный железнодорожный транспорт // *Евразия. Вести*. 2010. — URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2010-05a13>.
3. Розенберг Е. Н., Батраев В. В. О стратегии развития цифровой железной дороги // *Бюл. объедин. ученого совета ОАО «РЖД»*. — 2018. — № 1. — С. 9–27.
4. Розенберг Е. Н., Дзюба Ю. В., Батраев В. В. О направлениях развития цифровой железной дороги // *Автоматика, связь, информатика*. — 2018. — № 1. — С. 9–13. — ISSN 0005-2329.
5. Разумовская Н. Формирование инфраструктуры железнодорожных перевозок в современной России // *Вестник института экономики РАН*. — 2012. — № 1. — С. 154–160. — ISSN 2073-6487.
6. Федоров Ю. Н., Фейло М. Б., Чурилин А. Ю., Поречина И. А. Создание железнодорожного Северного широтного хода // *Транспорт Российской Федерации*. — 2017. — № 4 (71). — С. 40–44. — ISSN 1994-831X.
7. Фаузер В. В. Демографический потенциал северных регионов России // *Межрегиональная научно-практическая конференция «Республика Саха (Якутия) — 2030/2050: Стратегия успеха»*, 23 декабря 2016 г., Якутск.
8. Пехтерев Ф. С. С учетом прогнозов социально-экономического развития страны // *Железнодорожный транспорт*. — 2016. — № 5. — С. 15–19. — ISSN 0044-4448.
9. Строительство путей сообщения на Севере / С. Я. Луцкий, Т. В. Шепитько, П. М. Токарев, А. Н. Дудников. — М. : ЛАТМЭС, 2009. — 286 с.
10. Трофимов В. И. Инновационная технология строительства железных дорог в условиях Крайнего Севера // *Научный вестник Арктики*. — 2019. — № 5. — С. 20–25. — ISSN 2542-1220.
11. Информационная безопасность и защита информации на железнодорожном транспорте : учебник : в 2 ч. / С. Е. Ададунов и др.; под ред. А. А. Корниенко. — М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — Часть 1. Методология и система обеспечения информационной безопасности на железнодорожном транспорте. — 440 с.
12. Стратегия научно-технологического развития России до 2035 года: утв. Указом Президента РФ от 01.12.2016 N 642.
13. Китаев А. Е., Миронова И. И., Погодаева А. И., Соколов Д. А., Гусева Е. К. Железнодорожная станция 2.0: новая концепция развития цифровой железной дороги // *International Journal of Open Information Technologies*. — 2017. — Vol. 5, № 2. — С. 85–96. — ISSN 2307-8162.
14. Дзюба Ю. В., Павловский А. А., Уманский В. И. Цифровая железная дорога. Технологический уровень // *Перспективы науки и образования*. — 2018. — № 1 (31). — С. 208–213. — eISSN 2307-2334.
15. Мороз как стимул для инноваций. Интервью Александра Аузана // *Harvard Business Review*. Февраль, 2020. — URL: <https://hbr-russia.ru/biznes-i-obshchestvo/ekonomika/821795>.
16. Жагина С. Н., Пахомова О. М. Состояние и перспективы развития альтернативной энергетики в северных регионах России // *Местное устойчивое развитие. Специальный выпуск*. — 2015. — С. 1–9. — URL: <http://www.fsdejournal.ru/node/604>.
17. Интеллектуальные транспортные системы — Концептуальная записка / Экономический и Социальный Совет ООН. Европейская экономическая комиссия. Комитет по внутреннему транспорту. Семьдесят восьмая сессия. Женева, 23–26 февраля 2016 года. — URL: <https://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/itc/ECE-TRANS-2016-10r.pdf>

Объем статьи: 0,89 авторских листа



**Алексей
Алексеевич
Цариков**
Aleksey A.
Tsarikov



**Виктор
Григорьевич
Бондаренко**
Viktor G.
Bondarenko



**Матвей
Сергеевич
Пятанов**
Matvey S.
Pyatanov

Организация маршрутов городского пассажирского транспорта с учетом бесплатных пересадок

Organization of routes of urban public passenger transport taking into account free-of-charge transfers

Аннотация

В статье рассмотрены различные варианты организации маршрутов пассажирского транспорта в городах с населением менее 500 тысяч жителей. Проведено моделирование и сравнение основных показателей маршрутной сети при различных вариантах ее организации.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городской общественный транспорт, транспортная сеть.

Abstract

Various options of organization of routes of urban public passenger transport in towns with population of less than 500 thousand people are dealt with in the article. Modelling and comparison of the main indicators of route network at different variants of its organization are carried out.

Keywords: passenger transportation, urban public transport, transport network.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-18-26

Авторы Authors

Алексей Алексеевич Цариков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Виктор Григорьевич Бондаренко**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Матвей Сергеевич Пятанов**, магистр, Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

Aleksey Alekseevich Tsarikov, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg | **Viktor Grigorievich Bondarenko**, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Design and Operation of Automobiles" of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg | **Matvey Sergeevich Pyatanov**, master's degree student, Ural state forestry engineering university, Ekaterinburg

Городской пассажирский транспорт России на современном этапе его функционирования остро нуждается в реформации. В работе пассажирского транспорта необходимы массовые изменения как в отношении использования подвижного состава, так и в вопросах организации маршрутов и создания приоритетных условий движения.

В последние годы специалисты в области городского транспорта неоднократно поднимали тему перехода к новой схеме организации маршрутов пассажирского транспорта. Если в советский период в городах практически всегда использовалась стратегия организации беспересадочной схемы движения маршрутов, то сейчас данная схема начинает давать сбои. Европейские города уже перешли на новые схемы маршрутной сети, в основе которых лежит использование бесплатной пересадки для пассажиров.

В городах России, несмотря на наличие проблем в области пассажирского транспорта, переходить к подобной схеме маршрутной сети не спешат. В первую очередь это связано с отсутствием понимания того, какие плюсы и минусы принесет подобная система. В связи с этим авторы статьи предприняли попытку понять, как повлияет на работу городского транспорта введение новой, пересадочной схемы маршрутов. Для этого была разработана «условная» схема маршрутной сети для городов Урала и Сибири с населением от 93 до 416 тысяч жителей в двух вариантах.

Первый вариант сети предусматривал исключение маршрутов, которые дублируются между собой на 75 % и более. Как показали исследования авторов, во многих городах России на сегодняшний день существует проблема высокой дублируемости маршрутов. На некоторых улицах города (особенно центральных) наблюдается избыток маршрутов, проходящих по одному и тому же участку. Зачастую высокая дублируемость маршрутов общественного транспорта приводит к перегруженности остановок, конкуренции между перевозчиками, а отсюда к росту уровня дорожно-транспортных происшествий.

Второй вариант сети разрабатывался с условием, что из одной любой точки города можно было бы доехать в любую другую точку с помощью общественного транспорта максимум с одной пересадкой. Стоит отметить, что любая пересадка с одного маршрута общественного транспорта на другой требует определенное время. Это связано с ожиданием подвижного состава на остановке, а в некоторых случаях — перехода с одной стороны проезжей части на другую. Поэтому большое количество пересадок увеличивает общее время поездки пассажира, делая подобную схему неудобной для конечного пользователя. Поскольку мы рассматривали города с населением менее 500 тысяч жителей, варианты с двумя пересадками были бы крайне неудобными для пассажиров, поскольку увеличивают общее время поездки.

Необходимо отметить, что в распоряжении авторов не было всей необходимой информации для разработки полноценной маршрутной сети, поэтому маршрутная сеть прорабатывалась без учета пассажиропотоков, матрицы корреспонденций и вместимости подвижного состава.

Описание методики разработки новой маршрутной сети

Первый вариант оптимизации маршрутной сети городского пассажирского транспорта основан на выявлении дублируемых маршрутов и их исключении. Степень дублируемости маршрутов отечественные специалисты разделили на три группы.

Первая группа дублируемости — это совпадение маршрутов на участке от 30 до 50 % от протяженности маршрута. Такой показатель дублируемости маршрутов говорит о необходимости синхронизации расписания маршрутов, а в ряде случаев может послужить условием для слияния двух маршрутов в один.

Вторая группа дублируемости — это совпадение маршрутов на участке от 50 до 75 % от протяженности маршрута. Совпадение маршрутов на таком протяжении также может послужить поводом для исключения из реестра одного из маршрутов, а в иных случаях потребовать корректировки интервалов движения данных маршрутов.

Третья группа дублируемости — это совпадение маршрутов на участке более 75 % от его протяженности. Такое совпадение маршрутов крайне нежелательно и требует пространственного анализа.

В данной работе для определения дублируемости маршрутов городского общественного транспорта между собой мы производили наложение их друг на друга в пространстве. На рис. 1 представлен пример пространственного наложения маршрута № 2 и маршрута № 9 в городе Каменске-Уральском. Как видно из рисунка, маршруты № 2 и № 9 совпадают на участке от 0 км до 4,9 км. Так как протяженность маршрута № 2 составляет 16 км, то дублируемый участок маршрута № 9 составляет меньше 50 %, но больше 30 % от протяженности всего маршрута.

После сравнения всех маршрутов на совпадение траектории движения с маршрутом № 2 необходимо сравнивать маршрут № 4 и так далее. Полученные в результате анализа данные по дублируемости маршрутов в городе Каменске-Уральском представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, наибольшая дублируемость зафиксирована на маршруте № 11, который дублирует сразу три маршрута (5, 16, 19) на участке протяженностью более 75 % от всей его длины.

Условно можно выделить четыре основных способа исключения взаимодублирующихся маршрутов (рис. 2).

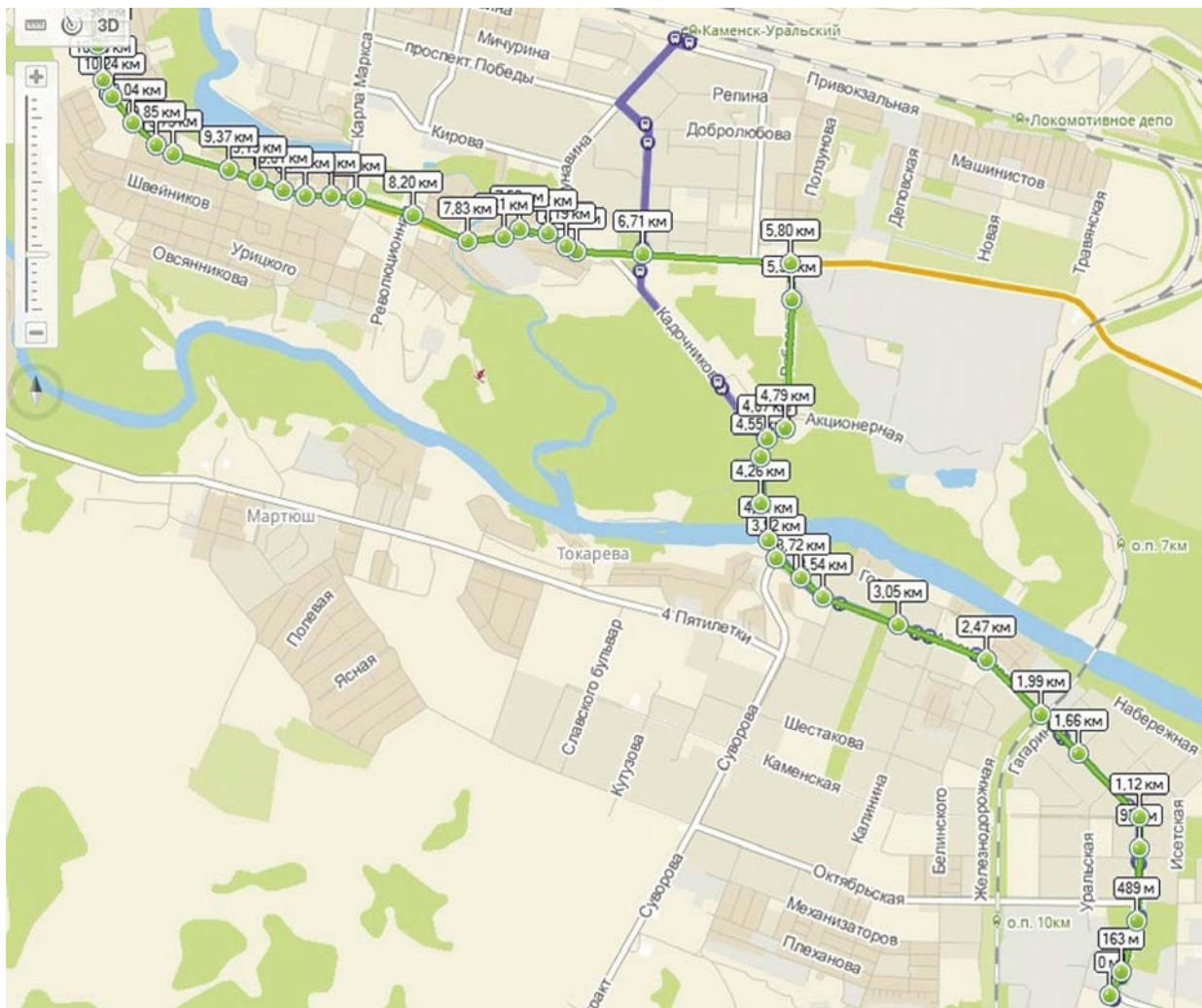


Рис. 1. Сравнение маршрутов № 2 и № 9 г. Каменска-Уральского на наличие дублируемых участков

Таблица 1

Показатели дублируемости маршрутов городского общественного транспорта г. Каменска-Уральского

№ маршрута	Дублируемость 30–50 %	Дублируемость 50–75 %	Дублируемость более 75 %
2	5, 9, 11, 15, 19 (5)		16 (1)
4	11, 14 (2)	5, 16 (2)	
5	19 (1)	4, 11, 14 (3)	16 (1)
8	4, 16 (2)		
9	14 (1)	2, 5, 11, 16, 19 (5)	15 (1)
11		2, 4, 9, 14, 15 (5)	5, 16, 19 (3)
12	2 (1)	16 (1)	
14	19 (1)	4, 11, 16 (3)	5 (1)
15	2, 9, 11, 19 (4)		
16	4, 5, 11 (3)	2 (1)	
17	4, 14 (2)		
19	4, 14 (2)	2, 9, 15, 16 (4)	5, 11 (2)
Итого	24	24	9

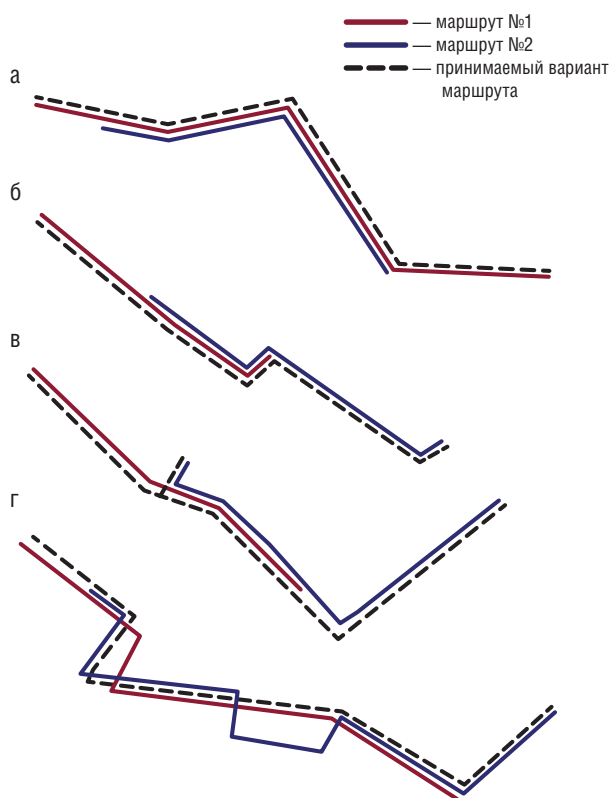


Рис. 2. Варианты взаимной дублируемости маршрутов и предложения по их устранению

Первый способ возможен в случае, когда оба маршрута проходят по одной траектории (рис. 2, а). В данном варианте обычно один маршрут несколько длиннее второго. Для оптимизации сети предлагается оставлять в реестре маршрутов более длинный маршрут, а короткий исключать.

Второй способ предполагает наличие двух маршрутов, которые пересекаются по одной траектории в центральной или срединной части города. При этом траектории данных маршрутов совпадают на определенных участках (рис. 2, б). В этом случае для оптимизации маршрутной сети города рекомендуется удлинить любой из принятых маршрутов так, чтобы он включал в себя траекторию обоих маршрутов. В этом случае мы вместо двух маршрутов получаем один, но более длинный.

Третий способ предполагает наличие двух маршрутов, один из которых частично отклоняется от маршрута другого в сторону (рис. 2, в). В этом варианте отклоняющийся маршрут обычно имеет одну-две остановки в стороне от основных улиц и заканчивается конечной остановкой. В данном способе предлагается принять новую схему движения маршрута, который включает в себя оба маршрута с отклонением от основной траектории движения на одну-две остановки и последующим возвратом.

Четвертый способ предполагает наличие двух маршрутов, которые по траектории движения совпадают друг с другом, но отклоняются на одном-двух участках друг

от друга (рис. 2, г). При этом отклоняющиеся участки находятся на параллельных улицах на удалении не более 500 метров друг от друга. В данном случае рекомендуется выбрать маршрут, который будет проходить от конечной остановки одного маршрута до конечной остановки другого маршрута. При этом маршрут должен проходить по улицам более высокого класса или по улицам, имеющим большее количество точек тяготения.

Второй вариант оптимизации маршрутной сети городского пассажирского транспорта основан на связи периферийных районов между собой через центральную часть города. По данной методике маршруты должны проходить через одну или несколько точек, расположенных в центре. Так как в данной статье мы рассматриваем города с населением меньше 500 тысяч жителей, то в задачи городского транспорта входит в основном связь удаленных районов между собой и центром. Связи периферийных маршрутов в обход центра в городах такого размера в большинстве случаев слабые и не требуют введения отдельных маршрутов. Кроме того, улично-дорожная сеть таких городов не имеет отдельных магистралей, связывающих периферийные районы между собой в обход центра.

Таким образом, все маршруты, которые мы организуем по данной методике, в большинстве своем относятся к диаметральным видам маршрутов, а в некоторых случаях — к радиальным и двурадialным маршрутам. Хордовые, кольцевые и полукольцевые маршруты для городов такого размера являются неэффективными вследствие низкого пассажиропотока.

Методика разработки маршрутной сети с одной пересадкой показана на примере города Каменска-Уральского (рис. 3). Как видно из рисунка, город на две части разделяет река Исеть, через которую построен мост в одном месте. Байновский мост в данном случае был выбран как центральная точка, через которую проложены все маршруты пассажирского транспорта. Северная часть города имеет семь отдельных ответвлений и конечных маршрутов общественного транспорта. При этом в южной части города ответвлений гораздо меньше, а конечных остановок только три. В связи с этим мы проложили семь маршрутов с северной части города, от каждой отдельной конечной, через мост. Так как конечных остановок в южной части города меньше, то на них пришлось не по одному, а по два-три маршрута.

Аналогичным образом были разработаны схемы маршрутов городского пассажирского транспорта в двух вариантах по 11 городам Урала и Западной Сибири. Стоит отметить, что для экспериментального анализа были выбраны города с населением менее 500 тысяч жителей, так как они имеют меньшую протяженность сети, а следовательно, более простую схему маршрутов. Полученные в результате моделирования данные по количеству маршрутов городского пассажирского транспорта представлены в табл. 2.



Рис. 3. Новая схема организации маршрутов пассажирского транспорта города Каменска-Уральского с учетом одной пересадки

Как видно из табл. 2, введение новых схем организации маршрутов пассажирского транспорта с исключением из реестра маршрутов, которые имеют высокую степень дублирования, позволило значительно уменьшить общее количество маршрутов в городах. Особенно это касается городов с населением 150 тысяч жителей и менее. Так, в Соликамске исключение дублирующих маршрутов позволило уменьшить общее число маршрутов с 20 до 8, или в 2,5 раза. В Ханты-Мансийске и Березниках подобные изменения позволили уменьшить количество маршрутов в 1,5 раза.

Это означает, что на данный момент количество маршрутов в вышеперечисленных городах избыточно, вследствие чего возникает конкуренция между перевозчиками за пассажира, а точнее за финансовые средства. Подобная конкуренция зачастую приводит к разорению некоторых (чаще государственных) перевозчиков, снижению уровня безопасности движения городского пассажирского транспорта, а также к ухудшению качества обслуживания.

Таблица 2

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

Город	Численность населения, тыс. чел.	Количество маршрутов городского пассажирского транспорта		
		Существующая схема	Схема без дублирующих маршрутов	Новая схема с пересадками
Соликамск	93	20	8	4
Ханты-Мансийск	101	18	12	4
Березники	141	30	19	9
Миасс	151	33	21	8
Златоуст	166	33	24	8
Каменск-Уральский	167	15	11	7
Нижневартовск	276	38	27	10
Курган	315	67	51	17
Нижний Тагил	352	66	51	10
Сургут	373	36	28	10
Магнитогорск	416	73	55	12

Как видно из табл. 2 и рис. 3, чем крупнее по численности населения город, тем меньшая доля маршрутов была подвергнута «условному закрытию» при моделировании маршрутной сети. Так, в городе Нижнем Тагиле «условному закрытию» подверглось только 23 % существующих маршрутов.

Данный фактор говорит о том, что исключение дублирующих маршрутов дает определенных эффект только в городах с избыточной маршрутной сетью, а также в городах с небольшой численностью населения. Чем крупнее город и сложнее сеть его пассажирского транспорта, тем меньший эффект дает подобная оптимизация сети.

Несколько иная ситуация наблюдается при организации маршрутов пассажирского транспорта с одной пересадкой. Как видно из табл. 2 и рис. 3, введение одной бесплатной пересадки позволило так упростить маршрутную схему, что в го-

родах количество маршрутов снизилось в 3–6 раз по сравнению с первоначальным вариантом. Наименьшее снижение пришлось на город Каменск-Уральский, который на данный момент имеет неплохую маршрутную схему пассажирского транспорта и использует автобусы только большого и среднего класса.

По данным табл. 2, даже в крупных городах, таких как Нижний Тагил, Сургут, Нижневартовск и Магнитогорск, введение бесплатной пересадки позволило снизить количество маршрутов до 10–12 единиц. Столь радикальное изменение маршрутной сети позволило бы вышеперечисленным городам значительно уменьшить число используемых автобусов и перейти на подвижной состав большого класса.

Необходимо отметить, что такой показатель, как количество маршрутов, в неполной мере характеризует существующую и моделируемую маршрутную сеть городов. Для оценки предложений авторов необходим анализ и других показателей, которые используются в практике организации городского пассажирского транспорта.

Результаты сравнения новой и старой маршрутных сетей

Для того чтобы оценить степень влияния наших предложений по изменению схем маршрутных сетей на объем подвижного состава, используемого на линии, необходимо рассчитать основные показатели маршрутной сети.

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

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

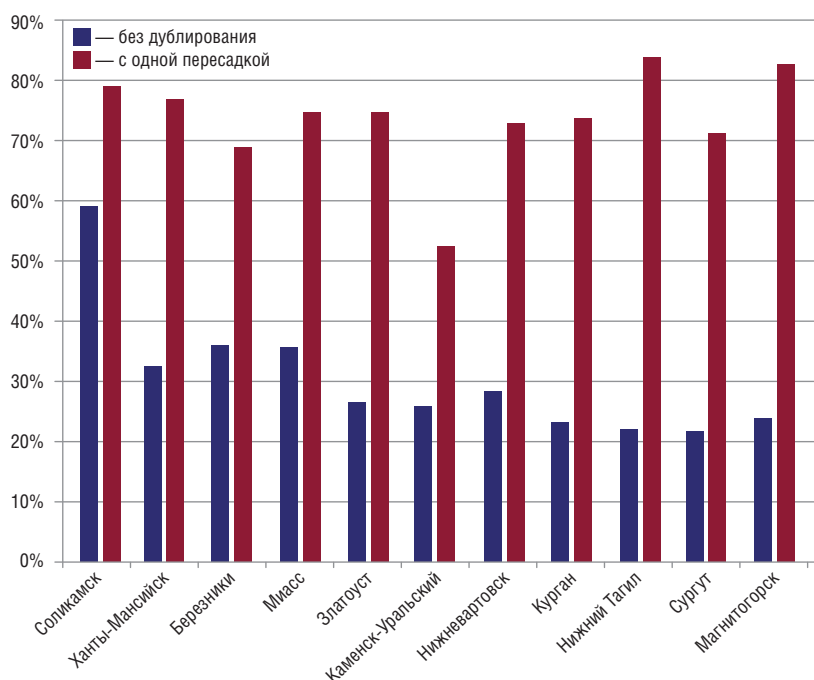


Рис. 3. Снижение общего числа маршрутов в различных вариантах маршрутной сети при сравнении с существующей схемой

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

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

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

Стоит отметить, что отечественные специалисты рекомендуют значение коэффициента маршрутизации K_M в пределах от 1,5 до 4 единиц [1, 2]. При этом, чем меньше численность населения города, тем меньшее значение должен иметь данный коэффициент. Значения коэффициента маршрутизации K_M и общей протяженности всех маршрутов в рассматриваемых нами городах представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3 и рис. 4, коэффициент маршрутизации K_M в рекомендуемых пределах зафиксирован только в трех из одиннадцати городов: Ханты-Мансийске, Березниках и Каменске-Уральском. Высокий коэффициент маршрутизации гово-

рит об излишнем количестве маршрутов, организованных в данных городах. Так, маршрутный коэффициент $K_M = 4,95$ довольно высок для такого маленького по численности населения города, как Соликамск. Значение $K_M = 7,41$ для Магнитогорска тоже следует считать достаточно высоким.

Столь высокие коэффициенты маршрутизации можно отметить и в других городах России, подробно данный вопрос рассмотрен в работах [3, 4]. Отметим, что одной из причин, по которой городской общественный транспорт на данный момент находится в упадке, является избыточный объем маршрутов.

Рассмотрим вариант, в результате которого мы убрали часть дублирующих друг друга маршрутов и в некотором виде оптимизировали сеть. Как видно из рис. 4 и табл. 3, исключение дублирующих маршрутов позволило в значительной мере снизить маршрутный коэффициент K_M . При этом в семи городах из одиннадцати коэффициенты маршрутизации достигли значений от 1,5 до 4 единиц, рекомендуемых специалистами как оптимальные.

Таблица 3

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

Город	Существующая схема	Схема без дублирующих маршрутов	Новая схема с пересадками
	Протяженность маршрутов / коэффициент маршрутизации K_m		
Соликамск	538 км / 4,95	297 км / 2,73	148 км / 1,36
Ханты-Мансийск	530 км / 3,23	364 км / 2,21	236 км / 1,43
Березники	401 км / 3,43	287 км / 2,62	173 км / 1,65
Миасс	706 км / 5,97	490 км / 4,15	243 км / 2,05
Златоуст	1051 км / 5,56	718,7 км / 3,8	287 км / 1,52
Каменск-Уральский	394 км / 2,44	302 км / 1,88	287 км / 1,67
Нижневартовск	920 км / 6,61	658 км / 4,72	225 км / 1,62
Курган	2228 км / 5,63	1745 км / 4,41	607 км / 1,53
Нижний Тагил	1377 км / 4,86	1077 км / 3,79	451 км / 1,59
Сургут	953 км / 4,34	742 км / 3,38	406 км / 1,85
Магнитогорск	2420 км / 7,41	1834 км / 5,62	558 км / 1,71

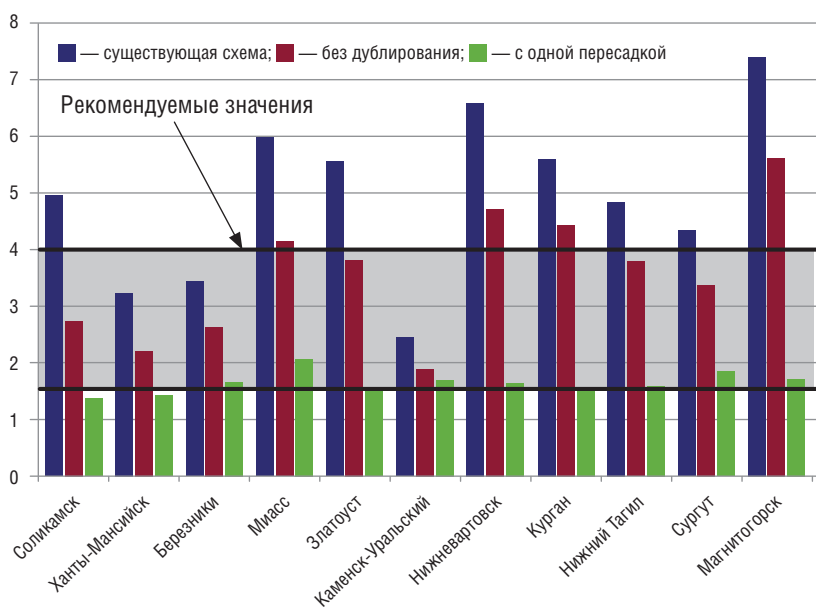


Рис. 4. Сравнение значений коэффициента маршрутизации K_m для городов с населением менее 500 тысяч жителей при различных вариантах маршрутной сети

Вместе с тем из рис. 4 видно, что в некоторых городах (Соликамск, Златоуст, Нижний Тагил, Сургут) исключение взаимодублирующих маршрутов дает определенный эффект по оптимизации маршрутной сети и ее упрощению. А в городах Миассе, Нижневартовске, Магнитогорске, Кургане, в силу их пространственного развития, исключение дублирующих маршрутов не позволяет оптимизировать маршрутную сеть до рекомендуемых значений. Иными словами, улично-дорожная сеть данных городов выросла до таких значений, когда беспересадочная схема маршрутной сети не позволяет одновременно удовлетворить требования пассажиров и предприятий перевозчиков. В этом случае необходима корректировка схемы маршрутов городского пассажирского транспорта, при которой разрешается одна бесплатная пересадка для пассажиров. Такая корректировка позволяет отказаться от большого количества маршрутов.

Введение одной пересадки позволило сократить количество маршрутов, а вследствие этого снизить коэффициент маршрутизации до значений от 1,36 до 2,05 единиц (рис. 4, табл. 3). Столь радикальные изменения позволяют уменьшить общую протяженность маршрутов городского транспорта в 2,5–4 раза (рис. 5) и, соответственно, сократить количество автобусов на линии.

Попробуем рассмотреть более детально, что дает для пассажира и перевозчика упрощение сети, которое мы описали выше. Как известно, пассажиру для поездки из точки А в точку Б хочется потратить минимальное время. Для этого время его подхода к остановке, время движения в подвижном составе и время ожидания маршрута должны быть минимальными.

Перевозчика с точки зрения хозяйственной деятельности интересует прибыль, поэтому ему хотелось бы перевозить большее число пассажиров с наименьшими за-

тратами, т.е. минимальным количеством подвижного состава. Исходя из этого, попробуем на основе трех вариантов маршрутной сети рассчитать, какое количество подвижного состава потребуется для организации движения на всех маршрутах с 10-минутным интервалом.

Как видно из табл. 4, организация маршрутов с одной пересадкой в значительной мере снижает необходимое количество подвижного состава для перевозки пассажиров. Так, в Магнитогорске, чтобы организовать на всех имеющихся маршрутах 10-минутные интервалы движения, необходимо 728 единиц подвижного состава. В случае, если оптимизировать схему маршрутов и разрешить одну бесплатную пересадку, для того же интервала движения потребуется всего 168 автобусов.

Стоит отметить, что в Магнитогорске в некоторые периоды времени на линии работало 1100 единиц только автобусов, а в Нижнем Тагиле и того более — 1500 единиц подвижного состава. Практически все автобусы в этих городах относились к особо малому классу и не могли вмещать большого числа пассажиров. Вместе с тем уменьшение количества автобусов по варианту, предложенному авторами, потребует замены подвижного состава малого и особо малого класса на подвижной состав большого класса, а на некоторых маршрутах — особо большого класса.

В заключение необходимо отметить, что переход на схему маршрутов пассажирского транспорта с одной бесплатной пересадкой действительно позволяет упростить схему движения подвижного состава и сократить необходимое количество подвижного состава, используемого на линии. Вместе с тем вступление в силу закона ФЗ-220 [5] потребует нового подхода к организации перевозок пассажиров в городах Российской Федерации. Организация конкурсов на осуществление перевозок потребует анализа работы общественного транспор-

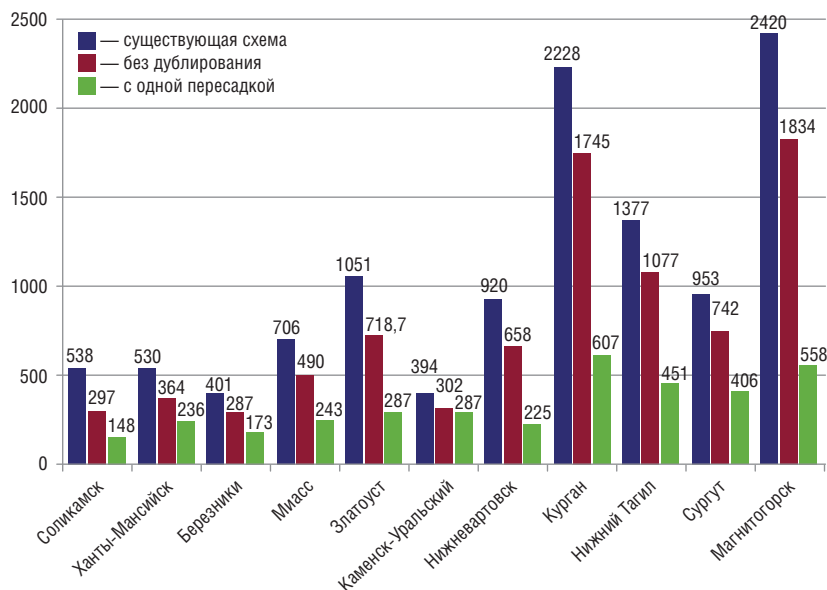


Рис. 5. Сравнение протяженности маршрутов пассажирского транспорта для городов с населением менее 500 тысяч жителей при различных вариантах маршрутной сети

Таблица 4

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

Город	Существующая схема	Схема без дублирующих маршрутов	Новая схема с пересадками
	Принят 10-минутный интервал движения		
Соликамск	162	90	45
Ханты-Мансийск	160	110	71
Березники	121	87	52
Миасс	212	148	73
Златоуст	316	216	87
Каменск-Уральский	119	91	87
Нижневартовск	277	198	68
Курган	669	524	183
Нижний Тагил	414	324	136
Сургут	286	223	122
Магнитогорск	728	551	168

та, его пассажиропотока и развития маршрутной сети. Любые изменения маршрутной сети, как локальные, так и радикальные, тре-

буют предварительного анализа, которым, к сожалению, на современном этапе пренебрегают в городах России. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Страментов А. Е., Сосянц В. Г., Фишельсон М. С. Городской транспорт и организация движения : учебное пособие. — М. : Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1960. — С. 68–69.
2. Об утверждении правил организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте : Приказ Минавтотранса РСФСР от 31.12.81 № 200. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028678>.
3. Цариков А. А., Бачина А. В., Тапасева О. Ю. Анализ основных показателей развития сетей и маршрутов пассажирского транспорта городов России // Инновационный транспорт. — 2017. — № 2 (24). — С. 20–27. — ISSN 2311–164X.
4. Цариков А. А., Бачина А. В., Тапасева О. Ю., Пятанов М. С. Анализ основных показателей развития пассажирского транспорта больших и крупных городов России // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции / [отв. ред. И. Н. Пугачев]. — Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. — С. 123–129.
5. Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 220-ФЗ от 13.07.2015. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659.

Объем статьи: 0,89 авторских листа



**Аваз Мирсултанович
Мерганов**

Avaz M. Merganov



**Дауренбек Ихтиярович
Илесалиев**

Daurenbek I. Ilesaliev



**Гульшан Руслановна
Ибрагимова**

Gulshan R. Ibragimova



**Фаррух Кахрамонович
Азимов**

Farrukh K. Azimov

Методика поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем в универсальных контейнерах

Technique for finding rational means of allocation of cable spools in multi-purpose containers

Аннотация

Исследование посвящено поиску рационального размещения барабанов с грузом или без него в универсальных контейнерах. Приводятся математические модели взаимосвязи параметров тары, груза и контейнера. Разработана методика поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем в контейнере.

Ключевые слова: универсальный контейнер, перевозка, погрузка, барабан с кабелем, размещение грузов.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-27-32

Авторы Authors

Аваз Мирсултанович Мерганов, ассистент кафедры «Экономика и менеджмент» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: meravaz@gmail.com | **Дауренбек Ихтиярович Илесалиев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортная логистика и сервис» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: ilesaliev@mail.ru | **Гульшан Руслановна Ибрагимова**, ассистент кафедры «Управление эксплуатационной работой железной дороги» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: ibragimova.gulshana@mail.ru | **Фаррух Кахрамонович Азимов**, заместитель декана факультета «Организация перевозок и транспортная логистика» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: farruxa@mail.ru

Avaz M. Merganov, assistant of the Department of «Economics and Management» at Tashkent institute of railway engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: meravaz@gmail.com | **Daurenbek I. Ilesaliev**, PhD (Eng), associate Professor of Department «Transport logistics and services» at Tashkent institute of railway engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: ilesaliev@mail.ru | **Gulshan R. Ibragimova**, assistant of the Department of «Railway operational management» at Tashkent institute of railway engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: ibragimova.gulshana@gmail.com | **Farrukh K. Azimov**, Deputy Dean of the faculty «Organization of transportations and transport logistics» at the Tashkent Institute of Railway Engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: farruxa@mail.ru

Введение

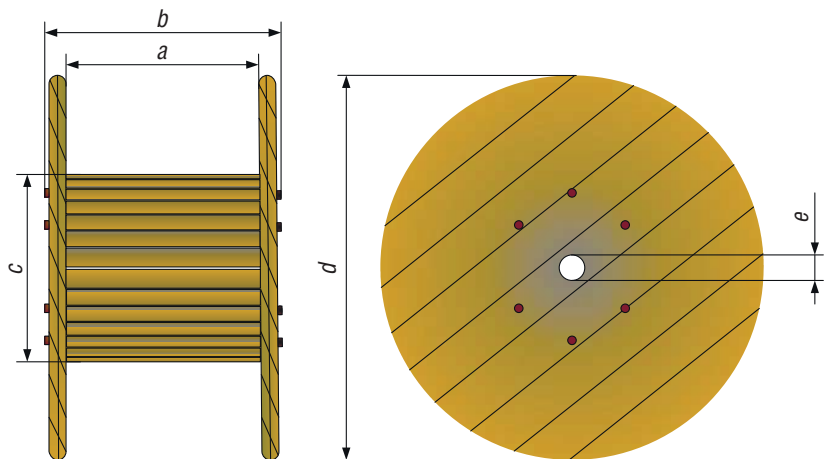
Сохранность перевозок в первую очередь зависит от способа размещения и крепления груза в транспортном средстве. В данном исследовании барабан является оборотной тарой, а груз — электрические кабели и провода, предназначенные для нужд народного хозяйства и экспорта. Рациональное использование транспортных средств по грузоподъемности в зависимости от параметров тары и груза косвенно рассмотрено в многочисленных трудах [1–26]. Однако недостаточно изучен вопрос перевозки транспортной партии на сети железных дорог с учетом рационального способа размещения барабанов в контейнерах, при котором будет обеспечено максимальное количество грузов в контейнере.

В рамках этой научной задачи решаются вопросы выбора оптимального варианта размещения барабанов в контейнерах, а также проводится сравнение вариантов размещения барабанов с различными параметрами и разрабатывается алгоритм поиска рационального способа размещения барабанов.

ГОСТ 5151–79 предусматривает различные виды барабанов для электрических кабелей и проводов (рис. 1).

При размещении барабанов с кабелем необходимо соблюдать ряд условий:

- барабаны категорически запрещается перевозить горизонтально (на щеке), так как шейка барабана не рассчитана на нагрузку в горизонтальном положении. Также погрузка и выгрузка в горизонтальном положении вызывает большие трудности;
- крепление каждого барабана происходит отдельно с надежной фиксацией (противокатные упоры) для предотвращения продольных и поперечных смещений;



Размеры барабанов

Тип барабана	Габариты, мм				
	a	b	c	d	e
10	500	646	545	1000	50
12	500	650	500	1220	70
12 а	710	864	710	1220	70
14	710	875	710	1400	70
14 г	900	1065	900	1400	70
16 а	800	970	800	1600	80
17 а	900	1094	900	1700	80
18 а	900	1120	900	1800	80

Рис. 1. Типы барабанов (фрагмент)

- ряды барабанов должны жестко скрепляться между собой досками;
- для создания дополнительных упоров к барабанам, расположенным у торцевых стен контейнера, ставятся распорки из досок.

Разработка математических моделей взаимосвязи параметров

Соблюдая все условия перевозок барабанов в контейнерах, можно рассмотреть наиболее часто используемые способы их размещения (рис. 2).

Для выбора таких условий перевозок целесообразно обосновать схемы расположения барабанов расчетами. В связи с этим в данном исследовании предложены математические модели взаимосвязи параметров груза, тары и контейнера.

Первый вариант. Барабаны располагаются щеками вдоль контейнера (рис. 2, а):

$$R_1 = \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{КОИТ}}}{d} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{КОИТ}}}{b} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{КОИТ}}}{d} \right\} - \left[\sum_{i=1}^{\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{КОИТ}}}{d} \right\}} \left(\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{КОИТ}}}{d} \right\} - 1 \right) \right] \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{КОИТ}}}{b} \right\}. \quad (1)$$

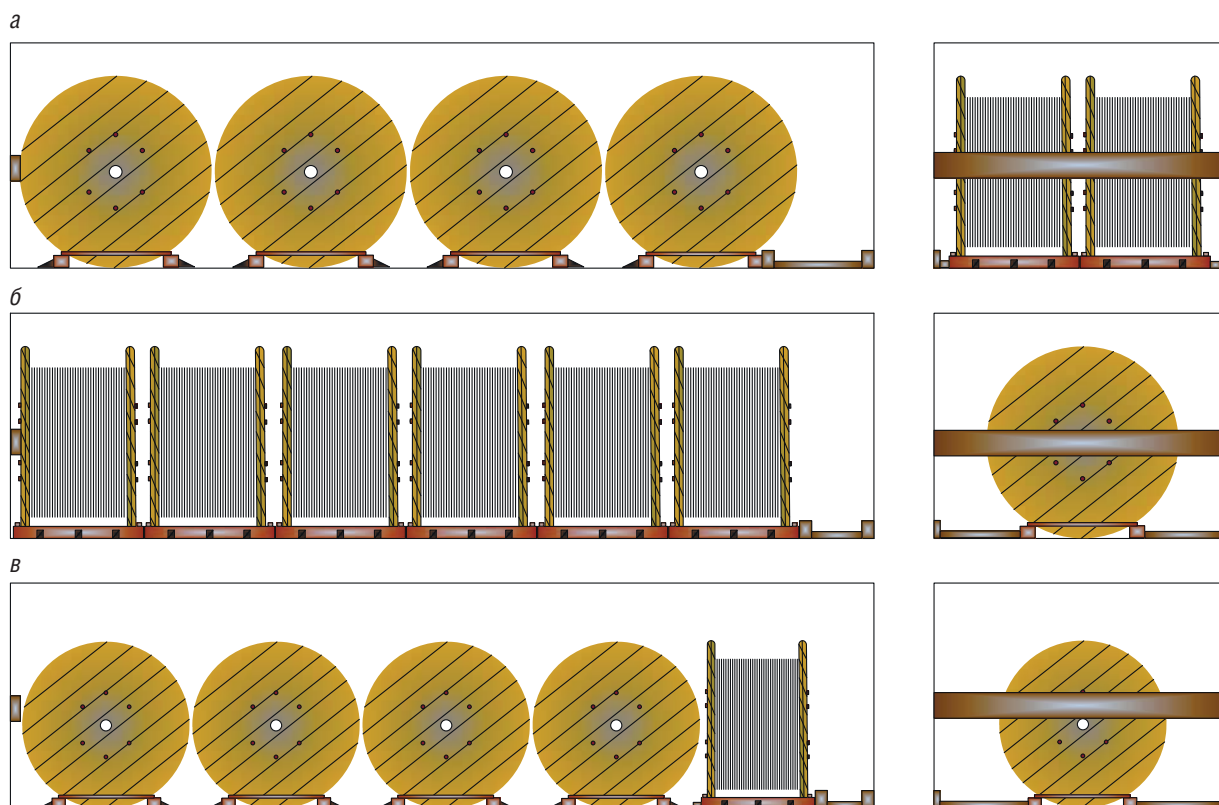


Рис. 2. Варианты перевозок барабанов с кабелем

Второй вариант. Барабаны располагаются щеками поперек контейнера (рис. 2, б):

$$R_2 = \left[\varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{конт}}}{d} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\} - \sum_{i=1}^{\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\}} \left(\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\} - 1 \right) \right] \times \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{конт}}}{b} \right\}. \quad (2)$$

Третий вариант. Зачастую при размещении барабана щеками вдоль контейнера (первый вариант) остается место для размещения барабана в контейнер щеками поперек, тем самым вариант 3 дает возможность догрузить контейнер (рис. 2, в):

$$R_3 = \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{конт}}}{d} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{конт}}}{b} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\} - \left[\sum_{i=1}^{\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\}} \left(\varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\} - 1 \right) \right] \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{конт}}}{b} \right\} + \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{конт}} - \varepsilon \left\{ \frac{L_{\text{конт}}}{d} \right\} \cdot d}{b} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{B_{\text{конт}}}{b} \right\} \cdot \varepsilon \left\{ \frac{H_{\text{конт}}}{d} \right\}, \quad (3)$$

где $L_{\text{конт}}$ — полезная длина контейнера, мм; $B_{\text{конт}}$ — полезная ширина контейнера, мм; $H_{\text{конт}}$ — полезная высота контейнера, мм; d — диаметр барабана, мм; b — ширина барабана, мм; $\varepsilon(\dots)$ — логическая операция округления результата вычислений до целого значения в меньшую сторону.

После расчетов по каждому из трех способов размещения барабанов находится i -й способ размещения, при котором обеспечивается максимальное количество грузов в контейнере. Принимаем его в качестве искомого:

$$R_{\text{ис}} = \max_{i=1,3} \{R_i\}. \quad (4)$$

Далее определяется масса транспортной партии:

$$G = R_{\text{ис}} \cdot (g_{\text{тара}} + g_{\text{гр}}), \quad (5)$$

где $g_{\text{тара}}$ — масса барабана, кг; $g_{\text{гр}}$ — масса груза, кг.

Затем требуется проверить условия неперевышения грузоподъемности контейнера.

$$G = R_{\text{ис}} \cdot (g_{\text{тара}} + g_{\text{гр}}) \leq P_{\text{конт}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{конт}}$ — грузоподъемность контейнера, кг.

Коэффициент заполнения объема контейнера вычисляется по формуле:

$$f = \frac{R_{ис} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot b}{L_{конт} \cdot B_{конт} \cdot H_{конт}}, \quad (7)$$

где r — радиус барабана, мм.

Разработка алгоритма рационального способа размещения барабанов с кабелем в контейнере

В рамках исследования был разработан алгоритм поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем, который базировался на основе приведенных выше формул. На рис. 3 представлен алгоритм, состоящий из следующих основных действий: ввод параметров барабана и контейнера; определение наиболее рационального размещения барабанов в контейнере; определение массы транспортной партии.

Описание блок-схемы алгоритма:
1 — начало технологического процесса;

2 — ввод параметров контейнера и барабанов для каждого i -го варианта;

3–10 — расчет по вариантам размещения;

11 — определение i -го способа размещения барабанов, при котором обеспечивается максимальное количество в контейнере;

12 — определение массы транспортной партии в контейнере;

13 — проверка соблюдения грузоподъемности контейнера;

14 — перебор всех вариантов;

15 — определение коэффициента заполнения объема контейнера;

16 — вывод наиболее рационального варианта;

17 — конец технологического процесса.

Разработанный алгоритм позволит повысить эффективность расчетов и выбора условий перевозок грузов.

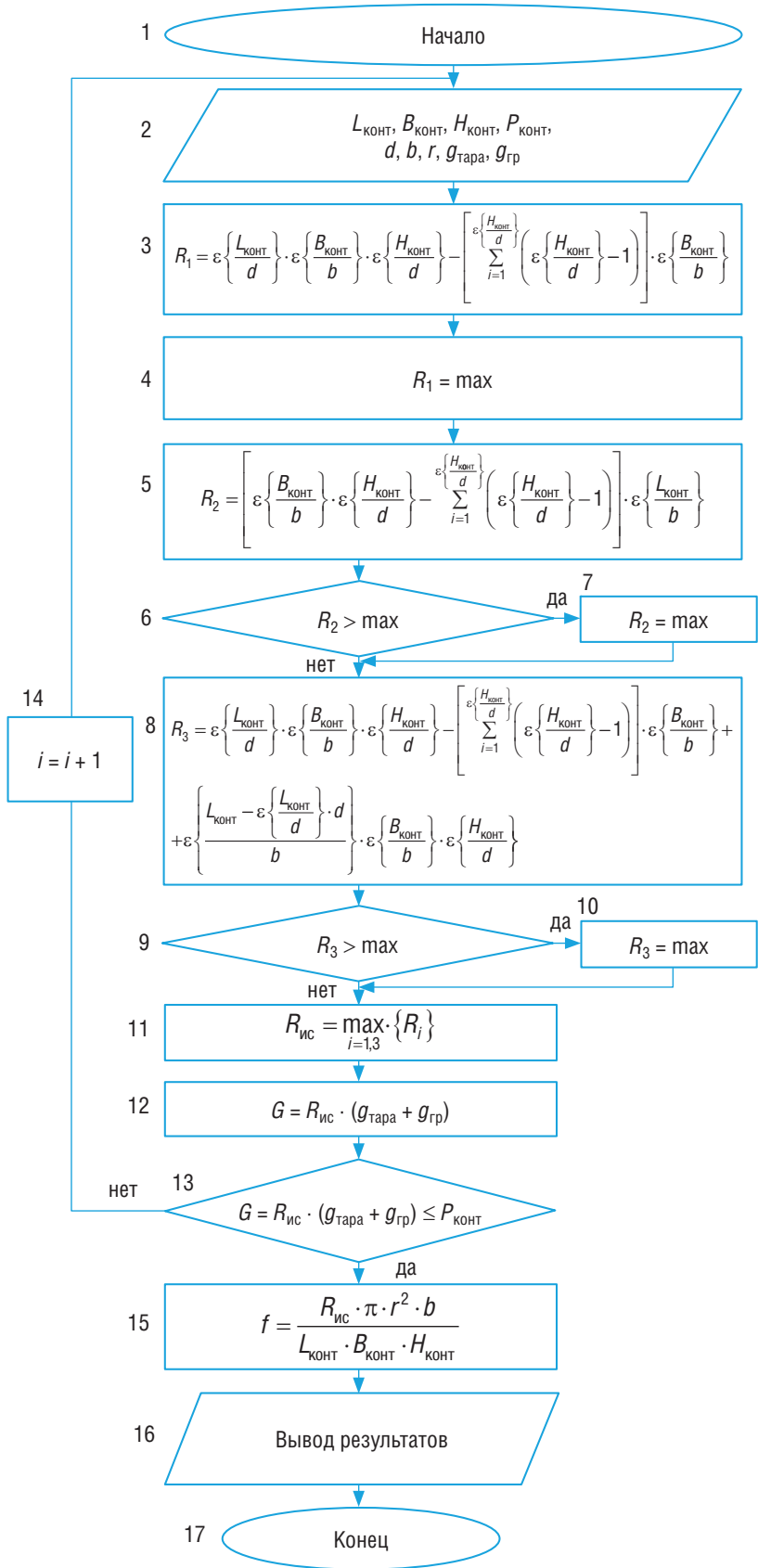


Рис. 3. Алгоритм поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем в контейнере

Обсуждение результатов

Для расчетов приняты характеристики пяти типов барабанов, которые сведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что размещение различных типов барабанов в контейнерах типа 1СС с грузоподъемностью 21,75 т для перевозки проводов равнозначно и выгодно по I и III варианту.

В качестве груза в исследовании выбран кабель марки ТГ 100×2×0,5 с диаметром 22 мм. В расчетах принимались барабаны с обшивкой и без обшивки (табл. 2).

После определения параметров груза и тары по массе в табл. 3 рассчитываем массу барабана с грузом с обшивкой или без нее соответственно во втором и третьем столбце. Для каждого из трех вариантов рассчитана масса транспортной партии, загружаемой в контейнер типа 1СС.

По результатам расчетов табл. 3 видно, что все варианты перевозки барабанов с обшивкой и без нее, кроме типа 18а, подходят к грузоподъемности контейнера 1СС. Барабаны типа 18а рекомендовано перевозить по II варианту размещения.

Выводы

1. Организация эффективных перевозок требует индивидуального подхода для каждого груза в зависимости от параметров тары и транспортного средства.

2. Анализ параметров тары, контейнеров и отдельных штучных грузов позволяет разрабатывать эффективную технологию перевозки.

3. Методика выбора рациональной тары достаточно проста и позволяет быстро проанализировать различные варианты в зависимости от всех параметров, влияющих на условия перевозок грузов в контейнерах.

4. Алгоритм выбора транспортной тары позволит увеличить техническую загрузку контейнеров, исходя из параметров не только груза, но и поддона и самого контейнера. **ИТ**

Таблица 1

Сравнение вариантов размещения барабанов с различными параметрами в универсальный контейнер типа 1СС грузоподъемностью 21,75 т

№	Внутренние размеры контейнера типа 1СС, мм	Тип барабана	Габаритные размеры, мм		Количество барабанов в контейнере		
			b	d	Вариант I	Вариант II	Вариант III
1	5867×2330×2350	12	650	1220	12	8	12
2		14	875	1400	8	5	8
3		16a	970	1600	6	5	6
4		17a	1094	1700	6	4	6
5		18a	1120	1800	6	4	6

Таблица 2

Параметрические данные груза и барабана

№	Тип барабана	Масса, кг/км	Барабан с обшивкой, кг	Барабан без обшивки, кг
1	12	675	132	99
2	14	1300	217	165
3	16a	730	317	237
4	17a	2100	390	295
5	18a	2555	494	422

Таблица 3

Сравнение вариантов перевозки по массе транспортной партии

Тип барабана	Масса барабана с грузом, кг		Масса транспортной партии с обшивкой			Масса транспортной партии без обшивки		
	с обшивкой	без обшивки	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	1162	1129	13944	9296	13944	13548	9032	13548
14	2202	2150	17616	11010	17616	17200	10750	17200
16a	1431	1351	8586	7155	8586	8106	6755	8106
17a	3597	3502	21582	14388	1582	21012	14008	21012
18a	4395	4323	26370	17580	26370	25938	17292	25938

Список литературы / Reference

1. Илесалиев Д. И. Анализ влияния транспортной тары на условия перевозок // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. — 2017. — Вып. 1, № 10. — С. 9–13. — ISSN 2415–8658.
2. Илесалиев Д. И. К обоснованию параметров вместимости крытого склада штучных грузов // CredoExperto: транспорт, общество, образование, язык. — 2017. — № 4. — С. 70–79. — eISSN 2312–1327.
3. Илесалиев Д. И. Обоснование метода переработки тарно-штучных грузов на перевалочных складах в цепях поставок : автореф. ... канд. техн. наук. — СПб., 2016. — 16 с.
4. Илесалиев Д. И. Рациональное использование грузоподъемности и вместимости крытых вагонов при перевозке тарно-упаковочных грузов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. — 2018. — № 2. — С. 107–113. — ISSN 2413–9920.
5. Илесалиев Д. И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. — 2018. — № 1. — С. 97–104. — eISSN 2413–9920.
6. Илесалиев Д. И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары // Известия Транссиба. — 2018. — Вып. 2, № 34. — С. 21–29. — ISSN 2220–4245.
7. Илесалиев Д. И. Анализ существующих методов перегрузки тарно-штучных грузов на железнодорожном транспорте / Д. И. Илесалиев, Е. К. Коровяковский // Современные проблемы транспортного комплекса России. — 2015. — № 1 (6). — С. 38–42. — ISSN 2222–9396.
8. Илесалиев Д. И. Объемы и направления тарно-штучных грузов в Республике Узбекистан // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I, 2014. — С. 173–178.
9. 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.
10. Коровяковский Е. К. К исследованию вопроса выбора параметров транспортных пакетов при перевозке плодовоовощной продукции / Е. К. Коровяковский, Д. И. Илесалиев // Современные проблемы транспортного комплекса России. — 2017. — Т. 7, № 1. — С. 4–12. — ISSN 2222–9396.
11. Маликов О. Б. Логистика пакетных перевозок штучных грузов / О. Б. Маликов, Е. К. Коровяковский, Д. И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2014. — № 4 (41). — С. 51–57. — ISSN 1815–588X.
12. Маликов О. Б. Развитие пакетных перевозок на поддонах / О. Б. Маликов // Технические науки: теория и практика : сборник материалов международной научной конференции. — М. : Международный центр научно-исследовательских проектов, 26–28 июня, 2014. — С. 79–86.
13. Маликов О. Б. Оптимизация доставки плодовоовощной продукции на холодильный терминал для перегрузки в рефрижераторные вагоны / О. Б. Маликов, К. А. Журабов // Вестник транспорта Поволжья. — 2012. — № 3 (33). — С. 30–35. — ISSN 1997–0722.
14. Махкамов Н. Я. Исследование эффективности пакетизации тарно-упаковочных грузов / Н. Я. Махкамов, Д. И. Илесалиев, М. М. Мерганов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. — 2019. — № 4. — С. 549–555. — eISSN 2413–9920.
15. Махкамов Н. Я. Сравнительный анализ факторов, влияющих на доставку пакетных грузов / Н. Я. Махкамов, Д. И. Илесалиев, М. М. Мерганов // Инновационный транспорт. — 2019. — № 3 (33) — С. 50–57. — ISSN 2311–164X.
16. Мерганов М. М. Рациональный способ размещения тарно-упаковочных грузов в автотранспортных средствах / М. М. Мерганов, А. А. Светашев, Д. И. Илесалиев // Инновационный транспорт. — 2019. — № 3 (33) — С. 32–36. — ISSN 2311–164X.
17. Мерганов А. М. Тариф как фактор повышения конкурентоспособности национальной экономики / А. М. Мерганов, А. А. Гуламов, З. Н. Рахматов // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2017. — № 5. — С. 115–119. — ISSN 2520–2057.
18. Морозов В. Н. Логистика перевозок скоропортящихся грузов и других товаров народного потребления // Вестник транспорта Поволжья. — 2010. — № 1 (21). — С. 5–11. — ISSN 1997–0722.
19. Рукавишников А. М. Рефрижераторные контейнеры — важное транспортное звено поставки продуктов населению // Холодильная техника. — 2011. — № 9. — С. 49–53. — ISSN 0023–124X.
20. Сухова И. А. Пакетирование как фактор повышения качества транспортировки скоропортящихся грузов / И. А. Сухова, Д. А. Красникова // Научная мысль. — 2015. — № 2. — С. 39–41. — ISSN 2410–3942.
21. Тиверовский В. И. Инновации в логистике за рубежом // Вестник транспорта. — 2011. — № 10. — С. 33–38.
22. Фирсова С. Ю. Технология выбора оптимального типа подвижного состава при перевозке плодовоовощной продукции от мест сбора на перерабатывающие предприятия / С. Ю. Фирсова, А. В. Куликов, Б. С. Советбеков // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. — 2014. — Т. 14, № 12. — С. 199–201. — ISSN 1694–500X.
23. 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. — Pp. 4625–4630. — DOI: 10.35940/ijeat.A2923.109119. — ISSN 2249–8958.
24. Ilesaliev D., Merganov A. Research package efficiency general cargo // International Journal of Engineering and Advanced Technology. — 2019. — Vol. 9, № 1. — Pp. 6880–6884. — DOI: 10.35940/ijeat.A2992.109119. — ISSN 2249–8958.
25. Makhmatkulov Sh., Ilesaliev D. Stage of development of the railway section // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). — 2019. — Vol. 9, № 1. — Pp. 3239–3245. — DOI: 10.35940/ijitee.A9163.119119. — ISSN 2278–3075.
26. Abdvakhitov Sh., Ilesaliev D. Capacity of storage of participant cargoes // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. — 2020. — Vol. 24, № 4. — Pp. 3864–3871. — DOI: 10.37200/IJPR/V24I4/PR 201499. — ISSN 1475–7192.



**Валерий Михайлович
Самуйлов**
Valeriy M. Samuylov



**Наталья Викторовна
Чернова**
Natalya V. Chernova

Влияние цифровизации на развитие молодых специалистов, формирование их мотивационного поведения с целью достижения эффективных результатов деятельности компании

Influence of digitalization on young specialists education, formation of their motivational behavior in an effort to achieve efficient results of the company's business

Аннотация

В статье рассмотрены перспективные меры развития человеческих ресурсов за счет активного внедрения инновационных цифровых технологий, направленных на создание эффективного производства, освоение новых потребностей клиентов, производство и распространение востребованных товаров и услуг. Такой подход позволит привлечь перспективных молодых специалистов, обладающих знаниями и навыками продуктивного применения цифровых технологий, имеющихся платформ, приложений в трудовом процессе, с целью получения необходимых результатов в работе компании.

Ключевые слова: молодежь, молодые специалисты, человеческие ресурсы, перспективные профессии, цифровые технологии, построение бизнеса онлайн, удовлетворенность трудовой деятельностью, мотивация труда, стимулирование труда, эффективность трудовой деятельности.

Abstract

The article deals with potential measures of human resources development through active introduction of innovational digital technologies targeted at production design, acquisition of new demands of clients, manufacturing and proliferation of high-demand goods and services. Such an approach makes it possible to attract promising young specialists, having the knowledge and skills of productive application of digital technologies, existing platforms, applications in work in an effort to achieve necessary results in the company operation.

Keywords: young people, young specialists, human resources, promising professions, digital technologies, building of online business, satisfaction with work, work motivation, stimulation of labour, work efficiency.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-33-39

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 | Наталья Викторовна Чернова, канд. экон. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: chernova-natasha@yandex.ru

Valeriy Mikhailovich Samuylov, DSc in Engineering, Full Member of the RAT, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | Natalya Viktorovna Chernova, Cand. of econ. sci., Associate Professor, "The World Economy and Logistics" Department, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: chernova-natasha@yandex.ru

В настоящее время важными составляющими перспективного социально-экономического развития страны и мира в целом являются воспроизводство и развитие профессиональных, квалифицированных человеческих ресурсов (human resources, HR).

Наименование «human resources (HR)» в переводе с английского языка обозначает «человеческие ресурсы». На предприятии термин HR включает в себя численность руководителей, специалистов, служащих и рабочих, т.е. все категории работающих.

Воспроизводство и развитие HR предполагает воспитание подростков и молодежи, формирование их профессиональных качеств, основываясь на их базовых знаниях по профессии, в зависимости от отраслевой направленности.

Сегодня те профессии, которые востребованы у молодежи, могут измениться полностью либо вовсе исчезнуть. В табл. 1 представлены перспективные направления обучения молодежи, которые будут актуальными через 5–10 лет [1].

Главные принципы выбора профессии молодежью:

- личностный, основанный на выборе преимущественно любимого предмета;

- профессиональный, основанный на знании общеобразовательной программы по основным предметам;
- целевой, основанный на получении результата от выбранной будущей профессии.

Чтобы помочь молодому человеку сделать правильный выбор своей будущей профессии, высшие учебные заведения организуют дни открытых дверей, к проведению которых подключаются и крупные компании. В 2019 г. ОАО «Российские железные дороги» впервые на всей сети железных дорог провело в девяти опорных университетах, в том числе в Уральском государственном университете путей сообщения (УрГУПС), большое коммуникационное мероприятие «День компании в вузе» с привлечением более 5000 студентов. Целью встречи стало знакомство с руководителями и экспертами компании, реализуемой молодежной политикой, а также ярмарка вакансий и социальных возможностей [3].

Выбрав профессию, каждый молодой человек хочет стать профессионалом своего дела. По данным исследования экспертов финансового университета при Правительстве РФ, представлены наиболее важные при выборе профессии ключевые показатели [4]:

Таблица 1

Перспективные направления обучения молодежи

Наименование профессии	Знание общеобразовательных предметов	Характеристика профессии, профессиональные обязанности специалиста
Инженер	математика, физика, программирование	Применение инновационных технологий в области проектирования и разработок по развитию и строительству инфраструктуры железнодорожного транспорта для высокоскоростного движения подвижного состава [2]
Логист	математика, физика, программирование	Интеграция компетенций в области 3PL, 4PL, 5PL — уровнях логистики, а также в части сквозного планирования услуг компании: перевалка и экспедирование грузов в портах, морской фрахт, перевозка по российским и иностранным железным дорогам в единой мультимодальной транспортной системе
Архитектор виртуальной реальности	математика, программирование, графический дизайн	Создание для строительной отрасли проектов отдельных зданий и целых миров, например, крупных транспортно-пересадочных узлов, с применением современных технологий. Формирование виртуальной прогулки по несуществующей, но потенциальной постройке для ученых из разных стран
Робототехник	физика, математика, программирование	Разработка и программирование роботов, управление их действиями, при необходимости — ремонт. Применение в любой сфере деятельности, в том числе и на железнодорожном транспорте
Специалист по этическому снабжению	история, обществознание, русский язык	Контроль за этичностью действий компании. Экологичность производства, выбор между автоматизацией и сохранением рабочих мест, отказ от сотрудничества с неэтичными партнерами — к мнению такого специалиста будут прислушиваться на самом верху. Профессия востребована во всех промышленных сферах деятельности

- 95 % молодежи уверены, что на первом месте в будущей профессии стоит возможность самореализации, а также удовольствие от работы;
- 90,2 % молодежи считают, что интернет является необходимым источником образовательной и профессиональной информации;
- 89 % молодежи считают, что успех в будущем гарантирован, если человек будет учиться в вузах и других учебных заведениях на протяжении всей жизни. Такой точки зрения придерживаются молодые специалисты, активные пользователи интернета и социальных сетей;
- 66 % молодежи считают, что высокая заработная плата — основной фактор в выборе профессии;
- 59,3 % молодежи утверждают, что цифровые технологии необходимы для получения профессиональных знаний и умений;
- 47 % молодежи убеждены, что поступление в престижный вуз и другие учебные заведения — это гарант успеха в жизни. Эта молодежь относится к части населения с высоким уровнем достатка.

Цифровые технологии — новое понятие, которое вошло в производственно-технологическую, финансово-экономическую и административную сферы деятельности в результате активного использования информационных сетей. Эти технологии сегодня напрямую влияют на создание эффективного производства, освоение новых потребностей клиентов, производство и распространение востребованных товаров и услуг. Цифровизация становится прогрессивной технологией и начинает занимать лидирующее место в нашей жизни день от дня, заменяя рутинную работу и мотивируя нас к интеллектуальной деятельности [5].

В реализации удовлетворения потребностей молодежи в выборе профессии помогают конкурсы молодых ученых, проводимые вузами и предприятиями. Кроме этого, в филиалах компании лучшим студентам назначаются гранты и другие выплаты. В 2019 г. на Свердловской железной дороге гранты ОАО «РЖД» получили 15 студентов УрГУПС и 12 студентов колледжей железнодорожного транспорта. В список тем 2019–2020 гг. вошли: техническая эксплуатация подвижного состава, организация перевозок и управление на транспорте, строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство, информационные системы и технологии, автоматизация и роботизация технологических процессов, охрана труда и экология и другие [6, 7].

Получив выбранную профессию, молодые специалисты становятся уверенными в своем будущем, а цифровые технологии способствуют изменению их жизни во всех сферах деятельности. Молодым специалистам необходимо адаптироваться к новым условиям трудовой деятельности, трансформировать свое сознание, ответственно воспринимать мир и использовать полученные знания. Вовлечение молодежи в трудовой про-

цесс посредством инновационных цифровых технологий с целью получения необходимых результатов в работе — это основная задача любого HR-руководителя.

Такие задачи поставлены и в компании ОАО «РЖД», они реализуются с помощью ведения молодежной политики. На всех железных дорогах, в том числе на Свердловской, действуют советы по делам молодежи, в задачи которых входит развитие системы проактивного молодежного движения, основанного на раскрытии и применении потенциала каждого молодого сотрудника Свердловской магистрали в решении корпоративных задач холдинга.

Выпускникам вузов очной формы обучения в возрасте до 30 лет, которых в ОАО «РЖД» каждый год свыше 8 тысяч человек, присваивается статус молодого специалиста (в случае соответствия выпускника требованиям, определенным Положением о молодом специалисте ОАО «РЖД») [8]. Общая численность молодых специалистов в ОАО «РЖД» составляет более 340 тысяч человек (42,2 % от численности всех HR).

Какая же роль отводится HR-руководителям, а также наставникам молодых специалистов? Учет мнения молодежи, выявленное экспертами. Результаты исследования показали, что студенческая молодежь готова работать с цифровыми технологиями, сетевыми ресурсами, имеющимися информационными платформами на предприятиях. Молодые люди готовы начать свой бизнес онлайн (50,5 %), принимать участие и продвигать онлайн-сетевые формы добровольческих волонтерских движений (64,6 %), государственные услуги онлайн (72,4 %), заниматься самообразованием через социальные сети онлайн (75,4 %) [4].

Итак, руководители HR, а также наставники молодых специалистов должны совершенно иным, отличным от предыдущего опыта, образом передать свой опыт молодым специалистам. Освоение и продуктивное применение цифровых технологий, платформ, приложений и способов оказания HR-услуг приведут к достижению таких результатов.

Так, для работников Забайкальской железной дороги в Амурском институте железнодорожного транспорта организуются тренинги и дискуссии в рамках «Школы наставничества» [9].

Обозначим возможные результаты полномасштабной цифровизации производственных процессов на предприятии, в экономике, стране в целом. Для этого необходимо рассмотреть действующую модель применяемых технологий на предприятиях и вновь внедряемую на основе инновационных цифровых технологий (табл. 2), что позволит понять основные отличия и преимущества внедрения программ для предприятий [10].

Итак, цифровизация — это подход, позволяющий совершенно по-новому воспринимать, внедрять и эффективно использовать инновационные цифровые технологии и принимать своевременные управленческие решения в компании.

Основные отличия технологических моделей, применяемых и внедряемых на производстве

Применяемые модели	Инновационные цифровые модели
Трансакции и процессы	Цифровые модели — стратегические и интеграционные платформы для применения в политике, технологических процессах, системных операциях. Цифровая деятельность является главным достижением. Использование мобильных и облачных приложений помогает выбирать способы, которыми HR разрабатывают и предоставляют доступ к ним HR-руководителям с указанием соответствующих инструкций. Применение цифровых платформ меняет мышление HR
Системы в доступных веб-браузерах	Мобильные приложения
Бумажная документация,двигающаяся в веб-формы	Цифровой дизайн — мышление. Позволит HR-руководителям принимать необходимые решения с помощью мобильных приложений, что улучшит результаты работы HR по всем направлениям, в том числе в сфере получения своевременной информации для выработки управленческих решений в течение всего трудового процесса, кроме этого поможет максимизировать влияние новых цифровых технологий на результат работы компании.
Процессно-центрированный дизайн	Человеко-центрированный, стимулирующийся опытом дизайн
Соглашения об уровне обслуживания	В режиме текущего времени HR имеют возможность применить интегрированный подход в использовании мобильных приложений и платформ. Цифровые технологии требуют от всех категорий работников HR работать в единой команде
HR (и распределенные) сервисные центры	Операционные центры. HR имеют возможность учиться на внедряемых цифровых технологиях в компании в зависимости от отраслевой принадлежности и направленности трудовой деятельности
Периодические отчеты	Оперативные отчеты в режиме текущего времени. Важнейшим достижением цифровых технологий является решение управленческих задач в режиме текущего времени. Цифровые технологии — это способ автоматизации многих областей применения HR, так как каждый человек, имеющий смартфон, может автоматизировать, оптимизировать и внедрить большее количество информации в режиме текущего времени
Аналитические дополнения	Интегрированные аналитические платформы. Информация об управлении в компании должна быть автоматизированной цифровой платформой. Она должна обеспечивать руководителей информацией, сформированным анализом в режиме текущего времени, тем самым увеличивая время на продвижение бизнеса. Аналитика и отчеты могут быть сконфигурированы и интегрированы в слой бизнес-аналитики HR-платформы, связывая приложения для предоставления отчетов и анализа непосредственно высшему руководству

Однако нередко крупные и мелкие компании сталкиваются со следующими проблемами цифровизации HR [11].

Нет системного подхода к внедрению цифровых технологий для автоматизации HR-процессов, так считают 63 % опрошенных. Только 35 % опрошенных подтвердили, что цифровые технологии с HR реализуются на предприятиях.

Использование цифровых HR-процессов на предприятии сложно из-за происходящих изменений в законодательстве, рынке труда, системе занятости.

Закон о защите персональных данных сотрудников предприятий не дает возможности внедрения современных зарубежных цифровых HR-технологий.

Отдельные предприятия находятся в сложной ситуации из-за недостаточности денежных средств на внедрение и сопровождение цифровых технологий, а некоторые предприятия не видят в них необходимости. Можно констатировать, что только у 18 % компаний есть бюджетные средства на автоматизацию HR, а 37 % компаний испытывают дефицит денежных средств на эти цели.

Однако следует заметить, что крупные компании заинтересованы в применении инновационных цифровых технологий. Например, в компании ОАО «РЖД», в отдельных ее филиалах, руководители совместно с учеными и сотрудниками промышленных предприятий обсуждают вопрос о повышении эффективности реализации бережливого производства. Особенно заинтересованными в этом вопросе оказались грузоотправители, так как они положительно относятся ко всем изменениям технологических процессов в ОАО «РЖД», направленным на принципиально новые методы и технологии работы. Например, перевозка грузов в пункт назначения в указанное клиентом время. Здесь прослеживается важный этап в транспортной цепочке поставок — это максимально удобная для клиента поставка точно в срок на производственную линию нужного количества деталей, что позволяет автоматизировать весь процесс контроля запасов предприятия. Данная мера направлена на бесперебойную систему контроля остатков на складе, приведение их к минимальному количеству на складе и, соответственно, к минимизации запасов и расходов предприятия.

Грузовладельцы также будут иметь возможность минимизировать свои расходы на логистику за счет согласованного времени доставки груза, сокращения технологического цикла работы предприятия. ОАО «РЖД» при этом сможет рационально использовать свои ресурсы, инфраструктуру, понизит себестоимость перевозок, сократит время операций и трудоемкость выполняемых работ, что повлечет за собой повышение производительности труда [12].

Для того, чтобы быть успешными в новой парадигме, HR-командам необходимо внедрять информационные технологии, адаптировать дизайн-мышление, использовать интегрированную аналитику и тщательно анализировать решения поставщиков программного обеспечения [10].

Кроме этого, HR-руководителям требуется четкое определение системы трудовой мотивации, для того чтобы использовать ее в экономической жизни компании.

Ниже приводится алгоритм мотивации к труду работников, который может быть использован в компаниях (рис. 1) [13].

Переход от потребностей к трудовому поведению и удовлетворенности результатами труда указан в схеме стрелкой. Трудовое поведение отражается в процессе труда и результатах труда.

Удовлетворенность работника на конкретном рабочем месте ограничивается не только удовлетворенностью работника характером, содержанием, условиями труда, но и результатами труда. Следовательно, на первое место выходит проблема определения того, как формируется мотивация человека, каким образом группы потребностей (мотивационные факторы) определяют его трудовую деятельность и трудовое поведение в этом процессе [13].

Для ввода формулы мотивации трудовой деятельности И. Д. Котляров воспользовался физической аналогией «Мотивация — это сила, побуждающая человека совершать определенные действия» [14]. Сила же представляет собой векторную величину, т.е. для нее важны не только абсолютные значения, но и направления. Абсолютную величину этих потребностей (интенсивность мотивационных факторов) логично откладывать на соответствующих координатных осях декартовой системы координат $x_1, x_2 \dots x_n$. Каждый из этих факторов будет порождать частную мотивацию, которая представляет собой радиус — вектор соответствующей точки. Совокупная мотивация, таким образом, рассчитывается как равнодействующая частных мотиваций, возникших под воздействием отдельных групп мотивационных факторов, или, иными словами, как сумма соответствующих векторов [15].

Для удобства изложения приняты следующие обозначения:

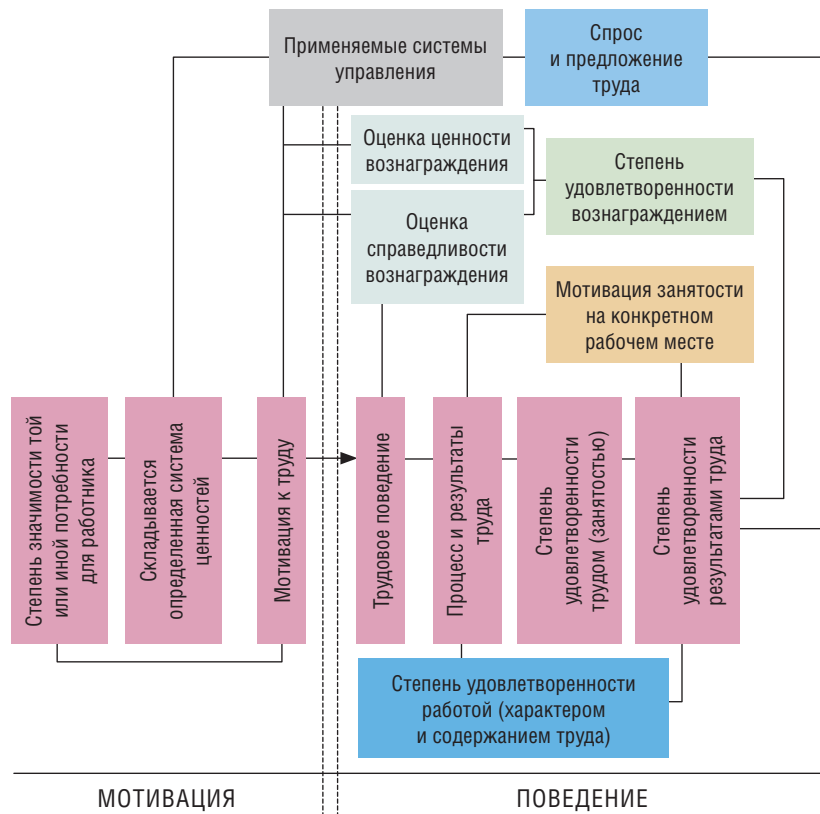


Рис. 1. Алгоритм мотивации к труду

m_i — величина i -го мотивационного фактора (скалярная величина);

M_i — величина мотивации, возникшей под действием мотивационного фактора m_i (по своей абсолютной величине равна m_i , однако является векторной величиной);

M — совокупная величина мотивации (результатирующая мотивация, также векторная величина).

Абсолютная величина мотивации (в выбранной N -мерной системе координат):

$$M = \sqrt{\sum_{i=1}^N m_i^2}$$

Векторная формула результирующей мотивации имеет следующий вид:

$$M = \sum_{i=1}^N M_i$$

Для расчета абсолютной величины мотивации с учетом поправочных множителей используется формула:

$$M = \sqrt{\sum_{i=1}^N a_i m_i^2}$$

Сам же вектор мотивации в выбранной системе координат записывается как $M (m_1, m_2, \dots, m_N)$ и рассчитывается по результатам исследования HR.

Данный подход учитывает только абсолютную величину мотивационных факторов (их интенсивность), но не их относительную важность для HR [15].

При всех инновационных изменениях человек выбирает такую форму поведения, которая отвечает его сегодняшним запросам, потребностям, интересам, ценностям, т.е. возникает процесс, требующий от HR-руководителей соответствующего стимулирования, которое включало бы в себя не только создание внешней ситуации выбора, но и необходимое соответствие ее внутренней структуре работника. Вместе с внешней стимулирующей ситуацией эта внутренняя структура формирует непосредственный мотив действия.

Например, в ОАО «РЖД» действует трехуровневая система премирования. На основе выполнения показателей 1-го, 2-го и 3-го уровней по структурному подразделению по итогам отчетного периода производится расчет фактического размера премий, которые выплачиваются работникам. Этот расчет производится на основе утвержденных условий и показателей премирования: «условий премирования», «ключевых задач предприятия», «индивидуальных показателей работника (группы работников)» [16].

В общем случае стимулирование труда, используемое для объяснения последовательности трудовых поведенческих действий работника, его мотивации к труду (потребности — мотивы — действия), направлено на решение конкретной задачи (рис. 2) [13].

С помощью изменения совокупности внешних и внутренних побуждений к работе можно ответить на вопрос, почему так, а не иначе поступает данный человек.

ОАО «РЖД» также не остается в стороне, в компании действует программа социальной политики. Например, молодым специалистам предоставляется корпоративная ипотека, безвозмездная субсидия при рождении ребенка, действуют льготы и компенсации на основании имеющихся положений. Кроме того, организованы волонтерские движения, разные проекты, такие как «Коман-

да 2030», «Новое звено», проведение форумов, в том числе международных, слетов молодежи, продвижение ценностей здорового образа жизни и многое другое.

Эффективность применяемых мер повышения заинтересованности и удовлетворенности молодежи своим трудом доказана опросом экспертов. Удовлетворенность работой в ОАО «РЖД» молодых специалистов составила: 43 % — высокая, 36 % — средняя, 18 % — низкая. Желаемый срок работы в компании: 53 % — более 10 лет или всю жизнь, 9 % — 5–10 лет, 5 % — не более 4 лет, 33 % — затрудняюсь ответить. Готовность рекомендовать компанию: 63 % — буду рекомендовать, 30 % — затрудняюсь ответить, 7 % — не буду рассматривать [3].

Таким образом, материальные и нематериальные стимулы взаимно дополняют и обогащают друг друга. Если противоречия между различными интересами усугубляются, в части принятия или отказа от инновационных цифровых технологий, то действенность нематериальных стимулов ослабляется. Это может происходить, когда трудности вызваны не объективными обстоятельствами, а специфическими особенностями руководства или противоречиями между целями работников и материальными условиями их выполнения, например, требование удвоить результаты работы не подкреплено материальными стимулами.

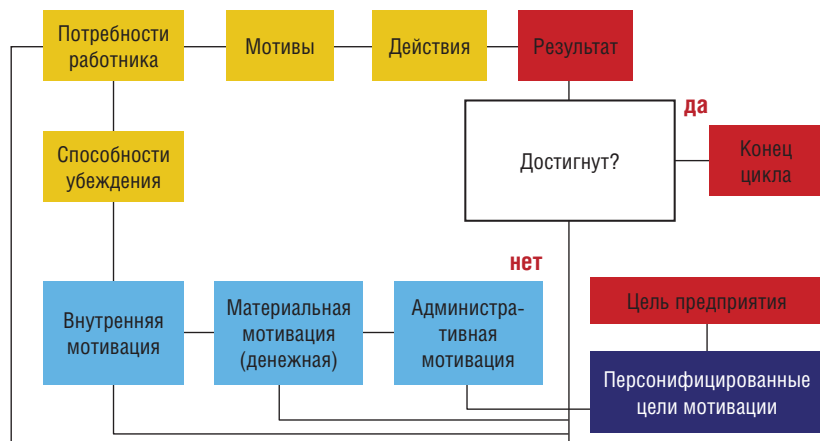


Рис. 2. Взаимосвязь элементов мотивационных процессов

Как известно, любые перспективные инновации, особенно цифровые технологии, должны быть активно поддержаны HR-руководителями, если они им взглядно и перспективно представлены. Инициативы про-

грессивных HR-руководителей и их команды позволят направить бизнес на новые «рубежи» и выиграть в конкурентной борьбе, если они незамедлительно решат вопрос о цифровизации производства. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Как выбрать профессию по любимому предмету. — URL: <https://ekt.repetitors.info>.
2. Самуйлов В. М., Цяо Цун, Бронников С. А., Каргапольцева Т. А. Организация инновационной деятельности на транспорте (на примере Россия — Китай) : монография. — Екатеринбург : УрФУ, 2019. — 136 с.
3. Молодежь РЖД. Целевая программа: распоряжение ОАО «РЖД» от 15 декабря 2015 г. № 2934 «Целевая программа «Молодежь ОАО «РЖД» (2016–2020 гг.)». — URL: https://old-young.rzd.ru/static/public/ru? STRUCTURE_ID=5628.
4. Поколение Z: готова ли молодежь к цифровизации. — URL: <https://www.oprf.ru/press/news/2018/newsitem/47463>.
5. Ончуленко В. А. Управление персоналом в условиях цифровизации. — URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018021444>.
6. Распоряжение ОАО «РЖД» от 05 июня 2018 г. № 1149р «О конкурсе на предоставление грантов ОАО «РЖД» для молодых ученых на проведение научных исследований, направленных на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте». — URL: https://old-young.rzd.ru/static/public/ru? STRUCTURE_ID=5646.
7. Гранты студентам. Свердловская ЖД. — URL: https://svzd.rzd.ru/static/public/ru? STRUCTURE_ID=4309.
8. Распоряжение ОАО «РЖД» от 18.07.2017 № 1397р «Положение о молодом специалисте ОАО «РЖД». — URL: https://old-doc.rzd.ru/doc/public/ru? STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&refererLayerId=5103&id=6707.
9. На Забайкальской железной дороге проходит цикл образовательных мероприятий для молодежи. — URL: https://old-young.rzd.ru/news/public/ru? STRUCTURE_ID=5021&layer_id=4069&refererLayerId=3840&refererPageId=704&id=1122.
10. Цифровой HR. Глава из отчета Deloitte. — URL: <https://www.talent-management.com.ua/1332-tsifrovoy-hr>.
11. Свиридов П. HR-тренды: скоро ли ждать цифровой трансформации найма. — URL: <https://mcs.mail.ru/blog/hr-trendy-skoro-li-zhdai-cifrovoy-transformacii-najma>.
12. Более 95 млн рублей составит экономический эффект от реализации проектов бережливого производства на СвЖД в 2018 году. — URL: https://svzd.rzd.ru/news/public/ru? STRUCTURE_ID=11&layer_id=4069&id=7495.
13. Управление персоналом на производстве : учеб. пособие для вузов / под ред. проф. Н. И. Шаталовой, Н. М. Бурносова. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 381 с. — (Серия «Профессиональный учебник: Менеджмент»).
14. Котляров И. Д. Математическое моделирование мотивации к труду : автореф. дис. ... канд. экон. наук. — СПб., — 2001.
15. Организация рынка труда на транспорте / В. М. Самуйлов, Н. В. Чернова, С. В. Фирстов, С. А. Бронников. — Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. ун-та путей сообщения, 2006. — С. 92.
16. Мимо брака не пройдут. Почему по новой системе премирования работник отвечает за результаты деятельности всего предприятия // Гудок. — 2 августа 2011 г. — URL: https://svzd.rzd.ru/news/public/ru? STRUCTURE_ID=4254&layer_id=4069&id=5014.

Объем статьи: 0,84 авторских листа



**Владимир Сергеевич
Тарасян**
Vladimir S. Tarasyan



**Мария Георгиевна
Тарасян**
Maria G. Tarasyan

Стандарты CDIO и их развитие при подготовке к соревнованиям WorldSkills

CDIO Standards and their development while preparing for WorldSkills competition

Аннотация

В статье описываются стандарты международного образовательного проекта CDIO Initiative и их применение в рамках образовательной программы «Мехатроника и робототехника». В частности, рассматривается применение этих стандартов и перспективы их развития при подготовке к соревнованиям WorldSkills.

Ключевые слова: стандарты CDIO, WorldSkills, мехатроника, мобильная робототехника.

Abstract

The article describes CDIO Initiative international educational project standards and their use within educational program framework “Mechatronics and robotics”. Most notably, application of these standards and contemplations of their development while preparing for WorldSkills competition are looked upon.

Keywords: CDIO standards, WorldSkills, mechatronics, mobile robotics.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-40-47

Авторы Authors

Владимир Сергеевич Тарасян, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Мехатроника» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Мария Георгиевна Тарасян, старший преподаватель кафедры «УП и С» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: tarasyan.mariya@yandex.ru

Vladimir Sergeevich Tarasyan, Cand. of phys. and math. sci., Associate Professor, “Mechatronics” Department, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: VTarasyan@gmail.com | Maria Georgievna Tarasyan, Senior Teacher, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: tarasyan.mariya@yandex.ru

Введение

В настоящее время мы находимся на начальном этапе четвертой промышленной революции (табл. 1) и на этапе зарождения шестого технологического уклада (рис. 1) [1–6]. Основными требованиями к инженеру и научному работнику сегодня являются универсальность и умение ориентироваться в больших объемах информации. К сожалению, ценность людей, обладаю-

щих энциклопедическими знаниями, сейчас снижается. На первый план выходит не владение знаниями, как таковыми, а умение работы с ними, способность быстро их усваивать и успешно применять. Очевидно, что в новых, стремительно меняющихся внешних условиях система инженерного образования также должна изменяться, чтобы соответствовать ожиданиям всех ее ключевых фигур — студентов, преподавателей и работодателей. Одним из вариантов изменений является применение стандартов CDIO.

Таблица 1

Хронология промышленных революций

Наименование революции	Период	Основные инновации	Экономический результат	Социально-культурный результат
Первая промышленная революция	Конец XVIII века – начало XIX века	Водяные и паровые двигатели, ткацкий станок, развитие металлургии, токарный, фрезерный и др. станки	Промышленное производство пришло на смену аграрной экономики, возникновение машиностроительной отрасли, появление новых рабочих мест	Появление новых социальных классов (буржуазия и пролетариат), урбанизация, появление науки об экономическом развитии общества, демографический подъем
Вторая промышленная революция	Конец XIX века – начало XX века	Телефон, телеграф, металлорежущие станки	Внедрение поточного производства, электрификация, распространение железных дорог, военное производство, падение цен на товары массового потребления, первые экономические кризисы	Появление среднего класса квалифицированных работников, возрастающая роль науки, дифференциация стран, развитие колониальной политики
Третья промышленная революция	Конец XX века – начало XXI века	Персональный компьютер, интернет, портативный компьютер	Глобализация экономических процессов, развитие электроники, применение инфокоммуникационных технологий в производстве, формирование транснациональных корпораций, автоматизация и роботизация процессов	Увеличение объема информации, получаемой человеком, снижение статуса национальных языков, английский язык становится универсальным средством информационного обмена, высокий уровень социальной и профессиональной мобильности
Четвертая промышленная революция	С 2011 года (термин введен в государственной концепции развития Германии)	Аддитивные технологии, беспилотные аппараты, виртуальная и дополненная реальность, нейросети, искусственный интеллект	Переход на возобновляемые источники энергии, интернет вещей, экономика совместного использования, сетевой коллективный доступ и потребление	Кардинально новый подход к управлению социальными системами, уменьшение значимости производственного персонала, активное использование социальных сетей и медиапространства, свобода передачи информации

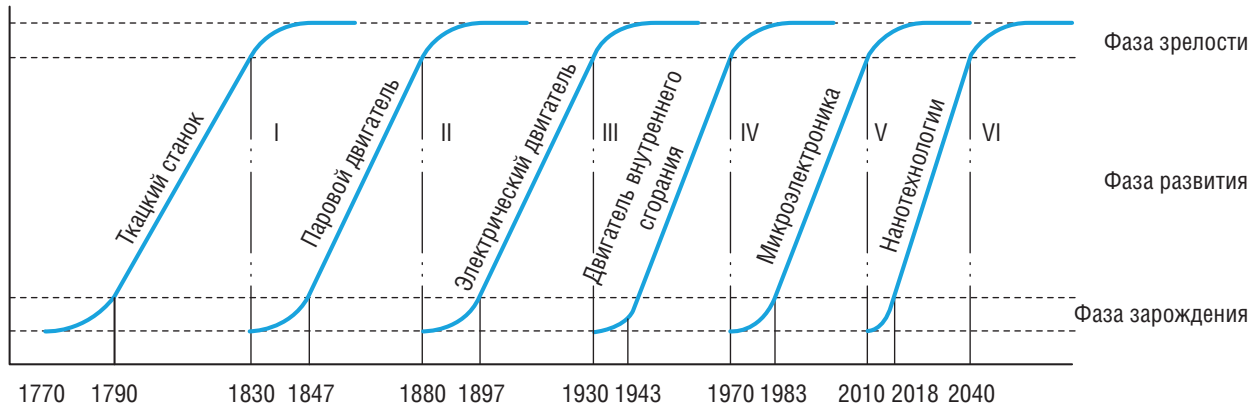


Рис. 1. Технологические уклады

1. Что такое стандарты CDIO?

1.1. Суть инициативы CDIO

В октябре 2000 г. был запущен крупный международный проект по развитию инженерного образования. За прошедшее время этот проект под названием «Инициатива CDIO» (CDIO Initiative) расширился и теперь включает в себя лучшие технические образовательные программы университетов со всего мира. Основной задачей этого проекта является предоставление студентам целостного образования, которое позволяет применять инженерные подходы к жизненному циклу реальных систем, процессов и продуктов. Девиз инициативы заключается в четырех словах: «Задумай — Спроектируй — Реализуй — Управляй» (Conceive — Design — Implement — Operate). В русскоязычной литературе встречается также вариант перевода «Планировать — Проектировать — Производить — Применять» («Модель 4П») [7].

Инициатива CDIO заключается в таком обучении студентов, чтобы они могли продемонстрировать три общих цели: глубокие знания инженерных основ профессии; практические навыки в разработке, создании и эксплуатации новых продуктов и систем; понимание стратегической важности научно-технического развития общества.

Программа CDIO в целом исходит из соображений, что создание и развитие технологических продуктов и систем различного назначения (технических, организационно-технологических и т.д.) на протяжении всего их жизненного цикла являются сутью инженерного образования. Последовательность «Задумай — Спроектируй — Реализуй — Управляй» является обобщенной моделью всего жизненного цикла практически любого изделия. На первой стадии происходит определение потребностей потенциального покупателя, учитываются применяемые на предприятии технологии, составляются концептуальные, техниче-

ские и бизнес-планы. На второй стадии принимаются конструкторские и технологические решения по выпуску изделия, запускаемого в производство. На третьей стадии согласно принятым решениям изделие производится, испытывается, регистрируется и сертифицируется. На завершающей стадии произведенный продукт эксплуатируется по назначению, осуществляется его техническая поддержка и обслуживание, а по завершении жизненного цикла изделие утилизируется или перерабатывается.

Инициатива CDIO создает такую среду инженерного образования, в которой в комплексном виде преподаются, усваиваются и применяются технические знания и практические навыки. Описанный подход к образованию принимают в том случае, когда профессорско-преподавательский состав инженерной образовательной программы единогласно решает открыть новые программы CDIO либо перевести на стандарты CDIO уже существующие программы, а также в тех случаях, когда лица, отвечающие за реализацию этих образовательных программ, полностью разделяют эту идеологию и готовы ее применять и развивать.

Инициатива CDIO создает и поддерживает ряд ресурсов, которые могут быть адаптированы и использованы отдельными программами для вышеуказанных целей. К числу таких ресурсов относятся стандарты CDIO.

В январе 2011 года «Инициативой CDIO» были приняты 12 стандартов образовательных программ CDIO. Эти стандарты были разработаны в помощь руководителям образовательных программ, их выпускникам, а также промышленным партнерам для того, чтобы лучше сориентировать их в критериях и принципах, согласно которым может осуществляться общественно-профессиональное признание и оценка программ CDIO и их выпускников. Предлагаемые стандарты CDIO определяют главные отличительные черты программ CDIO и выступают в некотором роде проводником в реализации образовательных реформ и осуществлении оценки их эффективности. Таким образом, по предложенным стан-

дартам становится понятно, какие цели и задачи должен поставить себе университет для достижения мирового общественно-профессионального признания.

В стандартах CDIO прописана общая философия и идеология программы (стандарт 1), требования к структуре учебных планов (стандарты 2, 3 и 4), разработке и выполнению практических заданий (стандарт 5), проектированию помещений для занятий (стандарт 6), использованию новых методов преподавания и обучения (стандарты 7 и 8), повышению CDIO-квалификации профессорско-преподавательского состава (стандарты 9 и 10), а также к аудиту и оценке программы и успеваемости студентов (стандарты 11 и 12). Из 12 предложенных стандартов семь являются обязательными, поскольку именно они стали визитной карточкой, отличающей программы CDIO от других образовательных программ. Оставшиеся пять стандартов в значительной мере способствуют успешной реализации программы CDIO, так как создавались на основании анализа лучшего практического опыта в инженерном образовании.

1.2. Стандарты CDIO

Ниже приведены основные формулировки 12 стандартов, применяемых в образовательных программах CDIO. Звездочками отмечены обязательные стандарты. Формулировка стандартов периодически обновляется. Приводимые формулировки соответствуют версии 2.1, принятой в 2016 г. [8, 9]. Формулировки стандартов CDIO и их краткие описания приведены согласно [7].

*Стандарт 1** — *CDIO как общий контекст развития.*

Принятие принципа, согласно которому создание и развитие продуктов и систем на протяжении всего их жизненного цикла «Задумка, Проектирование, Реализация и Управление» является общим контекстом развития инженерного образования.

*Стандарт 2** — *Результаты программы CDIO.*

Четкое, подробное описание приобретенных личностных, межличностных и профессиональных инженерных компетенций в создании продуктов и систем, соответствующих установленным целям программы и одобренных всеми участниками программы.

*Стандарт 3** — *Интегрированный учебный план.*

Учебный план, включающий в себя взаимодополняющие учебные дисциплины и позволяющий интегрировать в преподавании личностные, межличностные компетенции, а также компетенции создавать продукты и системы.

Стандарт 4 — *Введение в инжиниринг.*

Вводный курс, закладывающий основы инженерной практики в области создания продуктов и систем и обучающий основным личностным и межличностным компетенциям.

*Стандарт 5** — *Задания по проектированию и созданию изделий.*

Учебный план, включающий в себя как минимум два учебно-практических задания по проектированию и созданию изделий, одно из которых выполняется на начальном уровне, а второе — на продвинутом уровне.

Стандарт 6 — *Учебные помещения CDIO.*

Учебные аудитории и лаборатории, в которых возможна организация практического подхода к обучению навыкам проектирования и создания продуктов и систем, передача дисциплинарных знаний, а также организация социального обучения.

*Стандарт 7** — *Интегрированные учебные задания.*

Интегрированные учебные задания, при выполнении которых осваиваются дисциплинарные знания, а также личностные, межличностные компетенции и умение проектировать и создавать новые продукты и системы.

Стандарт 8 — *Активное обучение.*

Обучение, основанное на активном практическом подходе.

*Стандарт 9** — *Повышение компетентности профессорско-преподавательского состава в навыках CDIO.*

Мероприятия, направленные на повышение компетентности профессорско-преподавательского состава в области личностных, межличностных компетенций, а также в умении создавать продукты и системы.

Стандарт 10 — *Повышение преподавательских способностей членов профессорско-преподавательского состава.*

Мероприятия, направленные на повышение компетентности преподавателей в проведении интегрированных практических занятий, в применении методов активного обучения в ходе занятий и в оценке успеваемости студентов.

*Стандарт 11** — *Оценка усвоения навыков CDIO.*

Оценка успеваемости студентов в усвоении личностных, межличностных компетенций, способности создавать продукты и системы, а также дисциплинарных знаний.

Стандарт 12 — *Оценка программы CDIO.*

Система, по которой осуществляется оценка всей программы по перечисленным 12 стандартам, создана для студентов, преподавателей и других ключевых участников с целью непрерывного совершенствования образовательного процесса.

Очевидно, что стандарты CDIO охватывают все области инженерного образования и выдвигают к ним достаточно специфические требования. Однако концепция CDIO полностью применима не ко всем техническим образовательным программам, а только к тем, которые ориентированы на разработку технического или информационного продукта. Хотя некоторые элементы могут быть применимы и к другим программам.

2. Движение WorldSkills

2.1. Суть движения WorldSkills

В 1953 г. была основана международная ассоциация WorldSkills International (WSI), декларирующая своей целью повышение во всем мире статуса и стандартов профессиональной подготовки и квалификации, популяризацию рабочих профессий посредством проведения международных соревнований по всему миру. На начало 2020 г. членами ассоциации являются 82 страны. Представителем WSI в России является ассоциация «Молодые профессионалы — Ворлдскиллс Россия».

Своей главной миссией WSI называет привлечение внимания к рабочим профессиям, их популяризацию, а также создание условий для развития и внедрения высоких профессиональных стандартов. Раз в два года WSI проводит мировой чемпионат рабочих профессий WorldSkills для участников в возрасте до 22 лет, который также называют «Олимпиадой для рабочих рук». В настоящее время это крупнейшее соревнование подобного рода. Последний чемпионат прошел в 2019 г. в России, в Казани. В нем приняли участие 1354 участника из 63 стран. Национальные чемпионаты проводятся ежегодно. Также раз в два года, в год, свободный от мирового чемпионата, организуются континентальные чемпионаты.

В структуру соревнований WorldSkills входят 45 профессиональных компетенций, разделенных на шесть магистральных направлений: строительство и строительные технологии, творчество и дизайн, информационные и коммуникационные технологии, производство и инженерные технологии, специалисты в сфере услуг, транспорт и логистика. Эти компетенции обозначаются просто цифрами. Кроме них имеются различные региональные компетенции (признанные внутри страны или континента, но не имеющие официального всемирного статуса, например, в России такие компетенции обозначаются литерой R), экспериментальные и перспективные компетенции FutureSkills (FS).

2.2. Компетенция 23

«Мобильная робототехника»

Одной из современных компетенций является мобильная робототехника. Первые соревнования в этой компетенции прошли в 2014 г. Изначально это была рабочая компетенция, так как предполагалось, что участники соревнований просто будут программировать одинаковых роботов на выполнение некоторого задания, т.е. ставилась задача наладки стандартных робототех-

нических систем. В 2016 г. от этого подхода отказались и ввели конструирование роботов в соответствии с заданием из стандартного набора деталей Studica. Таким образом, компетенция стала инженерной и мультидисциплинарной. Для создания робота теперь требуются навыки не только программирования на определенном языке, но и навыки проектирования, конструирования, сборки промышленных изделий.

Задания для соревнований меняются каждый год. В основном конкурсное задание предусматривает постройку какого-либо сервисного робота. Это может быть складской робот (2017 и 2020 гг.), контролер детской площадки (2018 г.), роботизированная система сортировки мусора (2019 г.).

Уровень заданий примерно одинаков. Как правило, задание формулируется следующим образом. На складе, т.е. в отведенном месте площадки, есть груз, помеченный неким кодом (штрихкод или QR-код). Взяв груз, нужно считать код и в зависимости от него отвезти в нужное, заранее известное место площадки. Такая задача решается достаточно просто. Можно просто разработать маршруты движения робота, измерив их рулеткой, и в зависимости от кода выбрать тот или иной маршрут.

Особняком здесь стоит задание 2018 г. с контролером детской площадки. В нем на поле сложной формы высыпались из специального устройства бильярдные шары, а робот, ориентируясь на цвет шаров, должен был собрать 10 из 16 шаров и развезти их по определенным кабинкам. Легенда состояла в том, что бильярдные шары — это дети, находящиеся на игровой площадке, а кабинки — это родители, пришедшие забирать своих детей. Дети при этом не находятся на месте, а перемещаются по площадке, поэтому найти нужного ребенка (шар) на ней достаточно сложно. Задание имело достаточно высокую степень неопределенности, поэтому было весьма интересным с точки зрения разработки системы управления роботом.

3. Мехатроника

Мехатроника — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающими проектирование и производство качественно новых механизмов, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями.

Как видно из рис. 2, специалист-мехатроник должен понимать устройство и принцип действия электронных, механических систем, компьютеров, в том числе и низкоуровневых контроллеров, а также систем управления. Он не должен быть глубоким специалистом во всех этих областях, а должен уметь синтезировать знания и навыки из перечисленных сфер для создания качественно

нового продукта. Но при этом он может специализироваться в каких-либо отдельных областях. Как показывает опыт обучения студентов, мехатроника — это, скорее, определенный образ мышления инженера, отличающийся от образа мышления его обычного коллеги. Это мышление отличается большей готовностью к получению новых знаний и навыков, стремлением их синтезировать в нечто качественно новое.

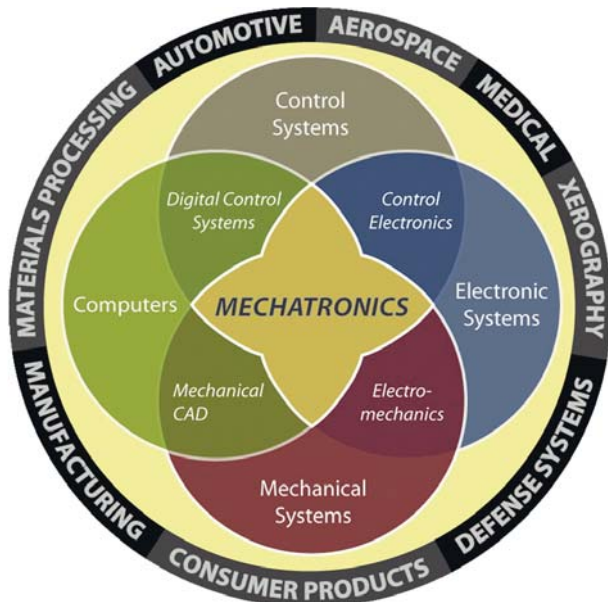


Рис. 2. Структурная диаграмма специальности «Мехатроника»

В России с 2002 г. студентов готовят по специальности «Мехатроника», а с 2009 г. — по направлению «Мехатроника и робототехника». Первый набор на эту специальность в УрГУПС был проведен в 2003 г.

4. Применение стандартов при подготовке к соревнованиям

4.1 Развитие стандартов

УрГУПС вступил в инициативу CDIO в 2018 г., представив образовательную программу «Мехатроника и робототехника», но идеология и стандарты организации неявно применялись еще с 2003 г., с первого набора студентов по этой специальности. Поскольку, как показано на рис. 2, мехатроника является синергетической специальностью, объединяющей многие направления обучения, мультидисциплинарность применяется с самого начала. Например, в курсе теоретической механики студентам приводятся так называемые электромеханические аналогии, которые показывают общность законов при-

роды в механике и электричестве. Аналогично во многих курсах обращается внимание студентов на общность законов природы, например, в гидравлике и электротехнике, в физике и химии и других сочетаниях. Курсовые проекты и работы также имеют два уровня. На первом уровне идут курсовые проекты по отдельным дисциплинам, таким как «Детали машин», «Электропривод». На втором уровне студенты выполняют проекты по таким дисциплинам, как «Управление мехатронными и автоматизированными производствами», которые включают в себя как собственно компьютерное управление, так и конструирование приводной части систем, в том числе электрический, механический, гидравлический или пневматический приводы. Также достаточно много внимания уделялось самостоятельной работе студентов при подготовке к различным соревнованиям. Таким образом, обучение студентов специальности «Мехатроника», а позднее «Мехатроника и робототехника», в неявном виде соответствовало идеологии CDIO Initiative.

4.2 Результаты работы

С 2016 г. УрГУПС принимает участие в движении WorldSkills. Сначала это была компетенция «Изготовление прототипов», выбранная достаточно случайно из предложенного перед соревнованиями списка. Дебют оказался достаточно удачным, было занято 3-е место на Межвузовском чемпионате по стандартам WorldSkills 2016 г. В следующем году мы впервые приняли участие в соревнованиях в компетенции «Мобильная робототехника» и неожиданно для самих себя выиграли региональные соревнования, после чего попали в национальный финал и заняли там 4-е место. После этого основные усилия были сконцентрированы именно в этой компетенции.

В 2018 г. WorldSkills Russia выделил соревнования среди университетов в отдельную траекторию University-Skills. В том году мы выиграли национальный финал в этом формате, победители соревнований в 2019 г. входили в состав национальной сборной России. В 2019 г. наш результат немного снизился, мы заняли только 3-е место.

При подготовке к соревнованиям студенты получают как практические навыки, не предусмотренные программой высшего образования, например, пайка и сборка проводки, проектирование и сборка механической части робота, подготовка 3d-модели для печати деталей, так и теоретические знания в области механики машин, механических передач, обработки сигналов, программирования и других.

Как показывает практика, для создания робота, выполняющего конкурсное задание, требуется примерно 1000–1200 часов рабочего времени. Естественно, выполнить задачу в учебное время невозможно, поэтому

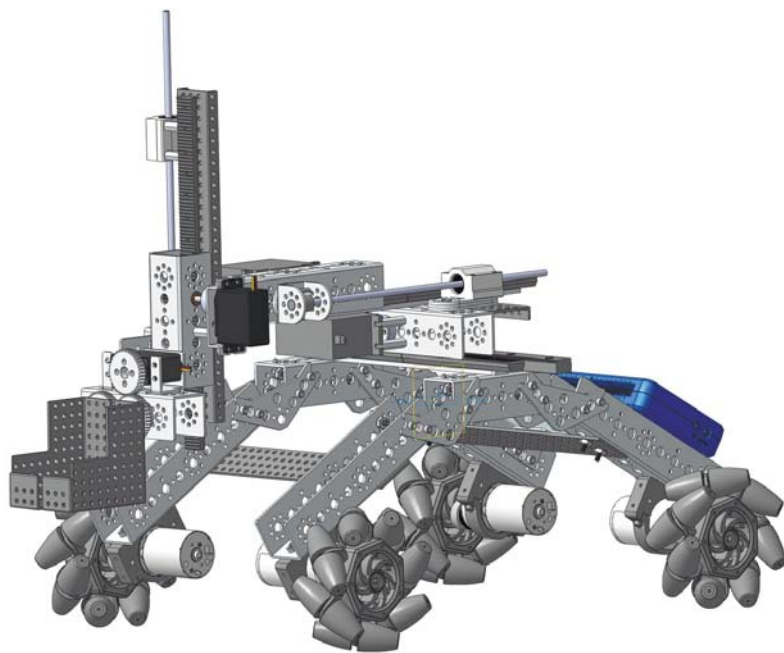


Рис. 3. Победитель UniversitySkills-2018

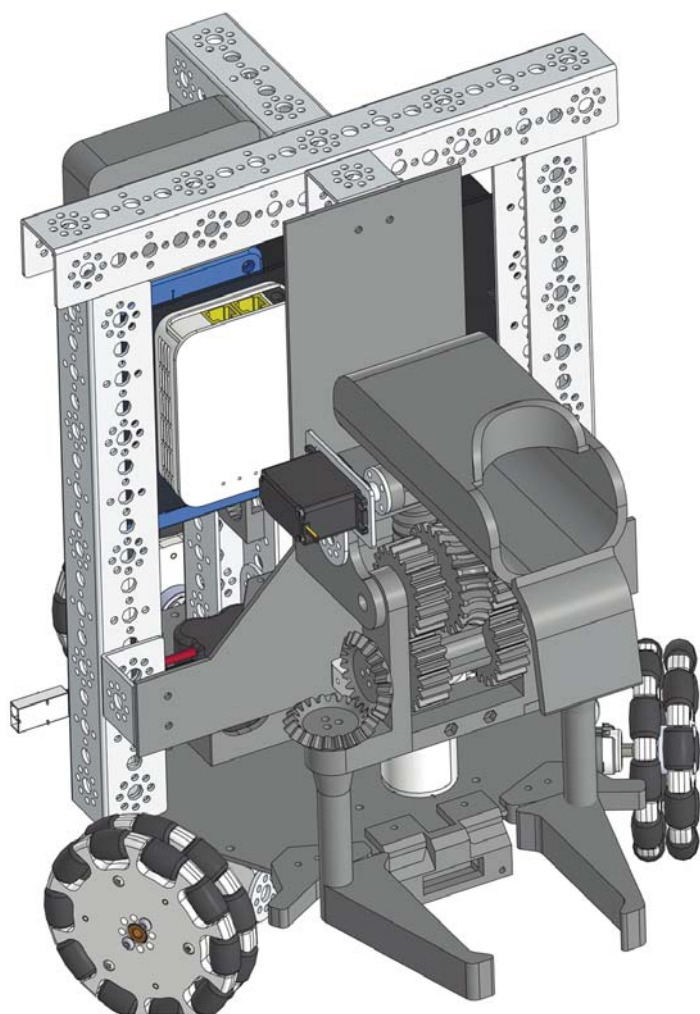


Рис. 4. Бронзовый медалист UniversitySkills-2019

большое значение придается самостоятельной работе студентов, оборудованию их рабочего места (стандарт 6), применению знаний и навыков, полученных на различных учебных курсах (стандарт 7). Работа над проектом робота является классической формой обучения (стандарт 8). Одним из заданий на чемпионате WorldSkills является презентация проекта, включающая в себя идеологию внедрения проекта в производство (стандарт 5). Кроме того, тренер команды видит все положительные и отрицательные стороны того, как были проведены учебные курсы. Это дает возможность вносить коррективы в учебный план и отдельные дисциплины (стандарт 3). Поскольку один из авторов является руководителем образовательной программы «Мехатроника и робототехника» и заведующим кафедрой «Мехатроника» УрГУПС, обратная связь в данной ситуации достаточно эффективна.

Кроме того, участие в различных внешних соревнованиях позволяет получить независимую оценку качества обучения студентов (стандарты 11 и 12), а тренеры команд получают возможность повышения своих профессиональных, личностных и межличностных компетенций (стандарты 9 и 10).

Таким образом, участие в технических соревнованиях, подобных чемпионатам WorldSkills, позволяет одновременно проводить работу по согласованному развитию почти всех стандартов CDIO.

На рис. 3–4 приведены некоторые варианты роботов, собранных студентами УрГУПС в рамках подготовки к чемпионатам WorldSkills.

Заключение

Подготовка к соревнованиям по робототехнике очень сильно помогает студентам в освоении материала практически по всем дисциплинам, входящим в программу направления подготовки «Мехатроника и робототехника».

По результатам подготовки к соревнованиям CDIO-ядром УрГУПС были сделаны следующие выводы:

1. Необходимо уделять больше внимания материальному обеспечению рабочих мест студентов, т.е. больше внимания уделять развитию стандарта 6 CDIO.

2. При подготовке к техническим соревнованиям студенты лучше осознают мультидисциплинарность обучения по направлению «Мехатроника и робототехника», лучше выстраивают связи между дисциплинами и их модулями, т.е. напрямую реализуется стандарт 7 CDIO.

3. Поскольку в соревнованиях по робототехнике участвуют команды из двух человек, студенты развивают

навыки межличностной коммуникации. Кроме того, как правило, соревнования по робототехнике имеют международный статус, на национальных соревнованиях в качестве гостей присутствуют иностранные команды, соответственно, студенты развивают навыки межкультурной коммуникации (стандарт 3).

4. В соревнованиях WorldSkills большое внимание уделяется технике безопасности, поэтому развивается самоменеджмент студентов. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Глазьев С. Ю., Львов Д. С., Фетисов Г. Г. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. — М. : Наука, 1992. — 207 с. — ISBN 5-02-012035-9.
2. Гуриева Л. К. Концепция технологических укладов // Инновации : журнал. — СПб., 2004. — № 10. — С. 70–75. — ISSN 2071–3010.
3. Каблов Е. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. — 2010. — № 4. — URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/17800>.
4. Львов Д. С. Эффективное управление техническим развитием. — М. : Экономика, 1990. — 255 с. — ISBN 5-282-00997-8.
5. Садовничий В. А., Акаев А. А., Коротаев А. В., Малков С. Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. — М. : ИСПИ РАН, 2012. — 359 с. — ISBN 978-5-7556-0456-7.
6. Techno-Economic Paradigms: Essays in Honour of Carlota Perez / Ed. by Wo. Drechsler etc. — London : Anthem Press, The Other Canon Foundation, 2011. — 442 p. — (Anthem Other Canon Economics). — ISBN 978-1-84331-785-2.
7. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты : информационно-методическое издание / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. — 17 с.
8. Worldwide CDIO Initiative Standards, CDIO Standard 2.1. — URL: <http://cdio.org/content/cdio-standard-21> (дата обращения: 16.01.2020).
9. Bennedsen J., Georgsson F., Kontio J. Updated Rubric for Self-evaluation (v.2.1) // Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku, Finland, June 12–16 2016. — 14 pp.

Объем статьи: 0,83 авторских листа



**Александр Васильевич
Смолянинов**
**Aleksander V.
Smolyaninov**



**Олег Вячеславович
Черепов**
**Oleg V.
Cherepov**



**Константин
Михайлович Колясов**
**Konstantin M.
Kolyasov**



**Екатерина Владимировна
Киселева**
**Yekaterina V.
Kiselyova**

Сравнительный анализ прочности предохранительных дуг котлов цистерн для перевозки опасных грузов

Comparative analysis of guard hoops strength of tank shells for transportation of hazardous freight

Аннотация

В статье приведены результаты патентных исследований в области силовой защиты органов сливно-наливной, контрольной арматуры и предохранительно-впускного клапана котлов цистерн для перевозки опасных грузов. Приведены расчетные схемы для прочностного анализа конструкций предохранительных дуг. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния дуг безопасности и их влияния на прочность оболочки котла. Приведены рекомендации по выбору конструктивного исполнения.

Ключевые слова: опасные грузы, цистерны, предохранительные дуги, конструкция, напряженно-деформированное состояние.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-48-56

Abstract

The article focuses on results of patent studies in strength of dispensing equipment, proving fits and input relief valve of tank shells for transportation of hazardous freight. Estimation schemes for strength analysis of guard hoops are given. The analysis of the stressed deformed state of guard hoops and their impact on tank shell strength is made. Recommendations on design choice are given.

Keywords: hazardous freight, tank cars, guard hoops, constructional design, stressed deformed state.

Авторы Authors

Александр Васильевич Смолянинов, д-р техн. наук, профессор кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), действительный член РАТ, Екатеринбург; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | **Олег Вячеславович Черепов**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: chov1967@rambler.ru | **Константин Михайлович Колясов**, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: KKolyasov@usurt.ru | **Екатерина Владимировна Киселева**, инженер ООО «Уральское конструкторское бюро вагоностроения» (УКБВ), Нижний Тагил; e-mail: kiseleva.ev@yandex.ru

Aleksander Vasil`evich Smol`yaninov, D-r of tech.sci., Professor, "Railway cars" Department, Full Member of the RAT, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: asmolyaninov@inbox.ru | **Oleg Vyacheslavovich Cherepov**, Cand.of tech.sci., Associate Professor, "Railway cars" Department, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: chov1967@rambler.ru | **Konstantin Mikhailovich Kolyasov**, Cand. of tech. sci., Head of "Railway cars" Department, Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: KKolyasov@usurt.ru | **Yekaterina Vladimirovna Kiselyova**, Engineer, JSC "Ural railway car building design bureau" (URCBDB), Nizhnyy Tagil; e-mail: kiseleva.ev@yandex.ru

Транспортировка опасных грузов классов 2 (газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением); 3 (легковоспламеняющиеся жидкости) и 8 (едкие и (или) коррозионные вещества) [1] по железным дорогам осуществляется в специализированных цистернах. Несмотря на значительные усилия, затрачиваемые на обеспечение безопасной перевозки опасных грузов, имеются довольно частые случаи аварий, приводящие к утрате груза, транспортных средств и сооружений, загрязнению окружающей среды, причиняющие ущерб жизни и здоровью людей и приводящие к колоссальным материальным потерям, связанным с ликвидацией последствий аварий и крушений.

Анализ публикаций в СМИ за период 2009–2019 гг. позволил установить, что в 66 % случаях причиной аварий и крушений вагонов-цистерн, перевозящих опасные грузы, послужил сход вагонов с рельсов. При этом 39 % вагонов имели повреждения днища котла, и 34 % вагонов имели повреждения сливо-наливной арматуры вследствие падения вагона с насыпи. Данные повреждения в отдельных случаях сопровождались вытеканием перевозимого груза [2–6].

Используемые для перевозки железнодорожные цистерны состоят из котла, укрепленного на платформе, колпака для сливо-наливной арматуры, ходовых частей, автосцепного и тормозного оборудования. До недавнего времени эти цистерны не имели защитных устройств, предотвращающих повреждение сливо-наливной арматуры при перевороте цистерны, например, при аварийных ситуациях. Поэтому в аварийных ситуациях при перевороте вагона возможно повреждение колпака и сливо-наливной арматуры и, как следствие, загрязнение окружающей среды опасными грузами, которые перевозятся в цистернах.

Для уменьшения вероятности возникновения техногенных катастроф в конструкцию вагонов-цистерн с на-

чала 90-х годов XX столетия вводятся и совершенствуются технические средства обеспечения механической безопасности цистерн: высокоэффективные поглощающие аппараты классов T1 и T2 [7], щиты безопасности в торцевых частях рамы, предохранительные дуги обеспечения безопасности сливо-наливной арматуры, ограничители от саморасцепа на корпусе автосцепки и др. [8, 9, 10].

В последние годы на заводах «Рузхиммаш», «Уралвагонзавод», ТВСЗ, «Алтайвагон», «Салаватнефтемаш», ЗМК и на предприятиях Украины цистерны для перевозки опасных грузов оборудуются средствами защиты органов сливо-наливной арматуры посредством установки защитных дуг. Все конструкции дуг призваны решать одну задачу — обеспечение герметичности котла цистерны при попадании последнего в аварийную ситуацию. При внешнем общем сходстве конструкции дуг они отличаются количеством элементов, их взаимным расположением в пространстве, способами соединения с оболочкой котла, размерами и некоторыми отличительными функциональными свойствами.

Авторами проанализированы патенты и конструкции дуг, реализованные на цистернах в период с 1989 г. по настоящее время. В табл. 1 приведены результаты данного анализа в виде схем конструктивного исполнения и размеров дуг.

Патенты не содержат точных сведений о конструктивном исполнении элементов дуг. В лучшем случае есть некоторые ограничения типа «высота дуг должна быть выше высоты колпака цистерны». В то же время патенты содержат информацию о том, что дуги имеют прочность, достаточную для того, чтобы удерживать на себе массу всей цистерны с грузом (в перевернутом положении) и могут изготавливаться из труб диаметром не менее 70 мм (патент RU 2038240 С 1). Каждый патент отмечает, какой технический результат будет достигнут при использовании полезной модели.

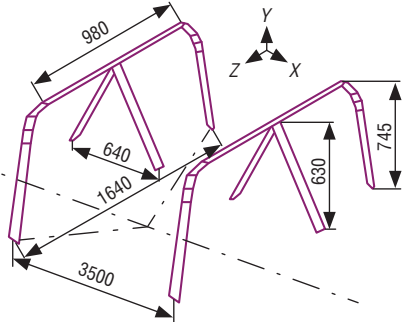
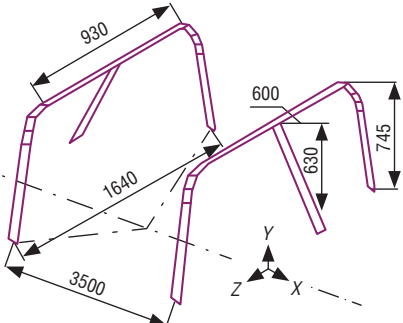

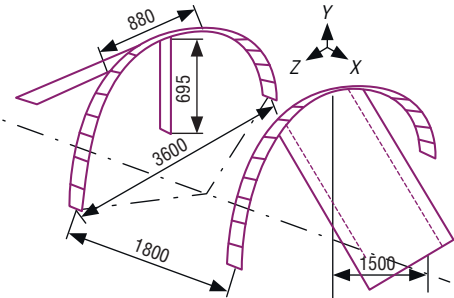
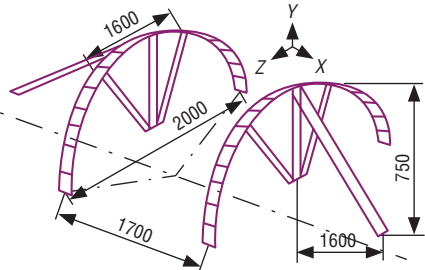
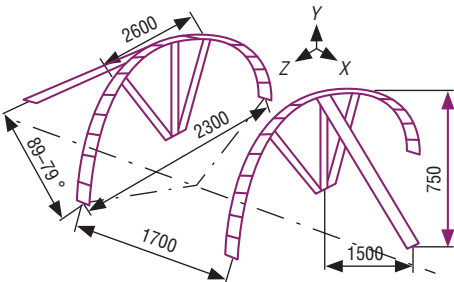

Таблица 1

Виды конструктивного исполнения предохранительных дуг

Вариант	Конструктивное исполнение	Источник
1	<p>Продольная ось котла</p>	<p>Патент РФ RU 2039674 С 1</p> <p>15-903R (1990 г.)</p>

А. В. Смольянинов, О. В. Черепов, К. М. Колясов, Е. В. Киселева | Сравнительный анализ прочности предохранительных дуг котлов цистерн для перевозки опасных грузов

Вариант	Конструктивное исполнение	Источник
2		<p>Патент РФ RU 187539 U 1</p>
3		
4		
5		<p>Патент РФ RU 2129979 C 1</p>
6		<p>Патент РФ RU 173543 U 1</p>

Вариант	Конструктивное исполнение	Источник
7		<p>Патент РФ RU 186472 U 1</p>
8		<p>Патент РФ RU 189808 U 1</p> 
9		<p>Патент РФ RU 2 129978 C 1</p>
10		<p>Патенты РФ RU 2 039673 C 1 RU 2 038 240 C 1</p>
11		<p>Патент РФ RU 2 149 110 C 1</p> 

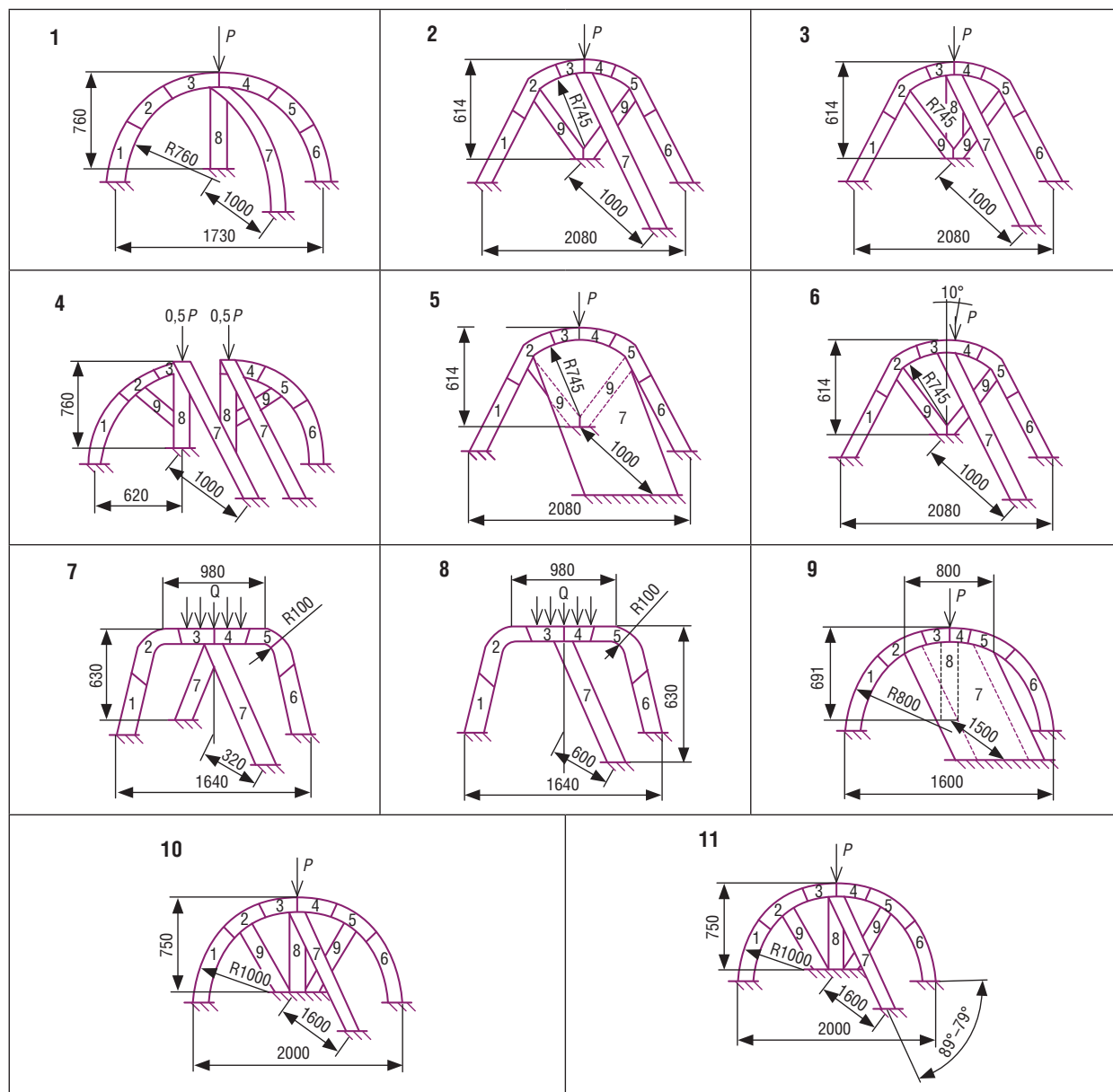
Авторы не ставят под сомнение заявляемый технический результат и преследуют цель анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) различных конструкций защитных дуг. Наименование элементов предохранительных дуг безопасности принято по патенту RU 2 038 240 С 1 (дата подачи заявки 17.08.1993).

Анализ конструктивного исполнения предохранительных дуг, как реализованных на цистернах, так и описанных в патентах, свидетельствует о том, что на котле сверху по обе стороны колпака со стороны днищ перпендикулярно к оси котла установлены две предохранительные дуги, высота которых превышает высо-

ту колпака и концы которых закреплены на котле. Каждая дуга снабжена продольным и поперечными раскосами. Такая конструкция геометрически симметрична относительно перпендикулярной оси котла плоскости (табл. 1). Жесткости симметрично расположенных конструкций равны друг другу, и действие внешних нагрузок также симметрично. С целью значительного уменьшения объема вычислительных процедур расчеты производились для каждой половинки конструкции ввиду их симметрии. Действие отброшенной части котла цистерны заменялось связями, характеризующими это действие (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные схемы предохранительных дуг



Методика оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) защитных дуг и оболочки котла цистерны предусматривает решение задачи в два этапа.

На первом этапе предполагается оценка напряженно-деформированного состояния дуг безопасности (понимается в целом вся конструкция: предохранительная дуга, продольные и поперечные раскосы) как самостоятельной конструкции с целью определения равнопрочности элементов конструкции. Принималось, что дуги опираются на абсолютно жесткую неподатливую поверхность.

На втором этапе необходимо оценить влияние дуг безопасности на НДС оболочки котла-цистерны при возникновении аварийной ситуации (переворот вагона-цистерны).

Для проведения численных экспериментов использовался программный комплекс ANSYS Workbench 19, реализующий метод конечных элементов (МКЭ). Аппроксимация конструкций дуг безопасности и их опор осуществлялась элементами SOLID 187 (рис. 1).

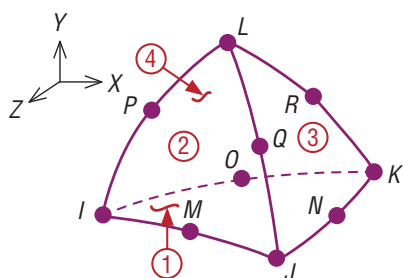


Рис. 1. Геометрия конечного элемента

Элемент является трехмерным квадратичным элементом задач механики деформирования твердых тел с десятью узлами. Элемент SOLID 187 имеет квадратичное представление перемещений и в состоянии использовать нерегулярную форму сетки, в том числе созданную на основе моделей, импортированных из различных комплексов CAD. Элемент определяется десятью узлами, имеющими три степени свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей UX, UY и UZ узловой си-

стемы координат. Нагрузки, прикладываемые к поверхности элемента: давление на грань 1 (J-I-K), грань 2 (I-J-L), грань 3 (J-K-L), грань 4 (K-I-L) (рис. 1). Максимальное количество элементов и узлов составило 245088 и 463878 соответственно.

В качестве расчетного аварийного режима принималось динамическое воздействие на котел через элементы конструкции вагона-цистерны, каковыми являются защитные дуги, при этом возможно обеспечить сохранение герметичности сосуда при потере основных прочностных свойств [11].

Расчетная нагрузка аварийного режима складывалась из следующих составляющих: полезная нагрузка — вес перевозимого груза $P = 46,4$ тс (437,5 кН); вес котла цистерны $P_K = 23$ тс (225,6 кН); вес платформы цистерны $P_P = 16,7$ тс (163,8 кН). Действие нагрузок соответствовало вертикальному положению цистерны, стоящей на защит-

ных дугах (переворот грузовой цистерны на 180°). На данные нагрузки рассчитывались конструкции вариантов 5–11 (табл. 2). Для вариантов 1–4 нагрузка складывалась из веса жидкости заполненного полностью котла и его массы (цистерна модели 15-903R) [12, 13]. Для вариантов 5–11 принято, что защитные трубы изготовлены из низколегированной стали 09Г2С, имеющей предел текучести 345 МПа, модуль упругости $E = 2,1 \times 10^5$ МПа и коэффициент поперечной деформации $\mu = 0,3$. Дуги безопасности с первого по шестой вариант выполнены из трубы диаметром 114 мм толщиной 10 мм. Расчет напряженно-деформированного состояния всех конструкций дуг безопасности осуществлялся в упругой области (определялись упругие деформации).

Результаты численных экспериментов первого этапа по оценке напряженного состояния дуг безопасности приведены в табл. 3.

Таблица 3

Максимальные значения эквивалентных напряжений в элементах дуг безопасности, МПа

Вариант	№ элемента дуги					
	1 (6)	2 (5)	3 (4)	7	8	9
1	34,36	26,81	53,18	8,55	125,17	–
2	139,44	250,09	512,84	93,82	–	141,12
3	21,65	38,79	79,55	14,93	114,22	21,69
4	4,64	4,59	16,22	2,96	67,96	12,77
5	58,89	123,78	308,0	98,69	–	75,71
6	51,42	81,80	348,02	75,04	–	64,24
7	41,82	78,57	215,20	79,14	–	–
8	169,84	232,56	356,10	248,16	–	–
9	38,18	38,66	411,63	167,08	140,60	–
10	27,12	34,96	486,0	206,52	124,10	89,53
11	27,47	40,59	415,0	104,36	245,83	92,51

Анализ данных численных экспериментов, приведенных в табл. 3, позволил установить, что в элементах 3 (4) предохранительной дуги вариантов 2, 6, 8, 9, 10, 11 возникают напряжения, превышающие предел текучести материала дуг, т.е. формально наступает пластическая деформация. Варианты 2 и 6 имеют практически одинаковое конструктивное исполнение за исключением 10-процентного наклона дуг в сторону днищ котла цистерны (вариант 6).

Напряжения величиной 513 МПа варианта 2 могут быть пояснены недостаточной прочностью материала (310 МПа) дуг безопасности и критическим приложением сосредоточенной нагрузки. Для варианта 6 уровень напряжений в точке составил 348,7 МПа при деформации 0,963 мм. С другой стороны, конструкции обладают податливостью, что приводит к практически равной прочности их элементов (рис. 2).

Анализ напряженно-деформированного состояния варианта 8 свидетельствует о недостаточной его прочности. Деформации величиной 3,755 мм вызвали напряжения 356 МПа. На рис. 3 хорошо прослеживается равнопрочное состояние элементов конструкции с уровнем напряжений от 6 кПа до 356 МПа.

В последующих конструкциях дуг были введены дополнительные элементы, позволившие снизить уровень напряжений (вариант 7, рис. 4) до 215,2 МПа при деформации 0,444 мм.

Конструкции дуг вариантов 10 и 11 отличаются повышенной жесткостью за счет наличия вертикальной стойки. Для данных вариантов расчетная нагрузка приложена в виде сосредоточенной силы величиной Mass Magnitude 46400 kg. Такое возможно только теоретически (рис. 5, а). В качестве примера на рис. 5 (б, в) приведены результаты расчетов в виде полей напряжений и деформаций.

Уровень напряжений в поперечных раскосах (9) составляет 5–10 МПа, в стойке (8) и продольном раскосе (7) — до 100 МПа.

Действующая через абсолютно жесткий шар диаметром 65 мм сосредоточенная нагрузка образовала пятно контакта величиной 48 мм с уровнем напряжений 486 МПа и деформацией 0,72–0,94 мм.

Второй этап работы посвящен оценке влияния различных конструкций дуг безопасности на напряженно-деформированное состояние оболочки котла цистерны от нагрузки аварийного режима. При этом принято, что в котле действует рабочее давление, равное 20 МПа. В связи с этим были проведены численные эксперименты с моделью цистерны, на которую были установлены поочередно вышеописанные конструкции дуг. За основу был взят котел цистерны модели 15-144 с диаметром 3000 мм и толщиной оболочки 24 мм. В верхней точке дуги накладывались жесткие закрепления, чем моделировалось взаимодействие дуг с грунтом.

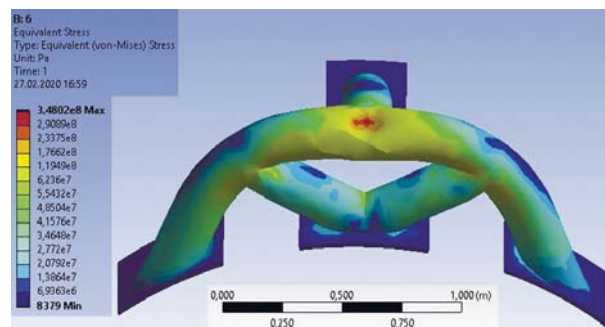


Рис. 2. Напряженное состояние варианта 6

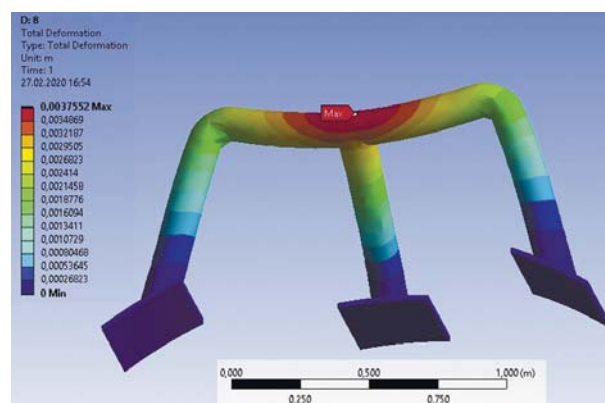


Рис. 3. Деформационное состояние конструкции варианта 8

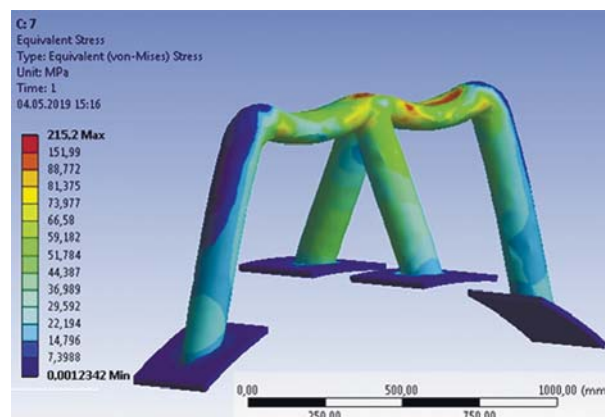


Рис. 4. Деформационное состояние конструкции варианта 7

На рис. 6 приведены деформационные состояния оболочки котла вагона-цистерны по зонам опирания дуг безопасности: снаружи (а) и изнутри (б).

Результаты численных экспериментов по оценке влияния дуг безопасности вариантов 5–11 на напряженное состояние котла цистерны при ее перевороте приведены в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 позволил установить, что из рассмотренных вариантов конструктивного исполнения дуг безопасности варианты 5–7 оказывают наименьшее

влияние на котел цистерны. Напряжения в первой зоне опирания для варианта 8 превышают предел текучести материала, что в случае аварийной ситуации может привести к пластической деформации котла вагона-цистерны. Анализ напряженного состояния варианта 7 показывает равнопрочную загрузку всех зон опирания, что достигается дополнительным (в отличие от варианта 8) продольным раскосом. Варианты 9–11 вызывают значительные по величине напряжения в первой зоне опирания, что объясняется большой жесткостью этих конструкций.

В табл. 5 приведены максимальные значения эквивалентных напряжений в элементах дуг, соединенных с котлом.

Анализ данных табл. 5 показывает влияние податливости оболочки котла цистерны на напряженное состояние дуг безопасности.

Согласовав результаты численных экспериментов первого этапа оценки НДС дуг безопасности с результатами, полученными на втором этапе, можно сделать вывод, что наиболее предпочтительными вариантами конструктивного исполнения дуг безопасности являются варианты 2, 4, 7, так как они имеют преимущественную жесткость конструкции по отношению к другим вариантам,

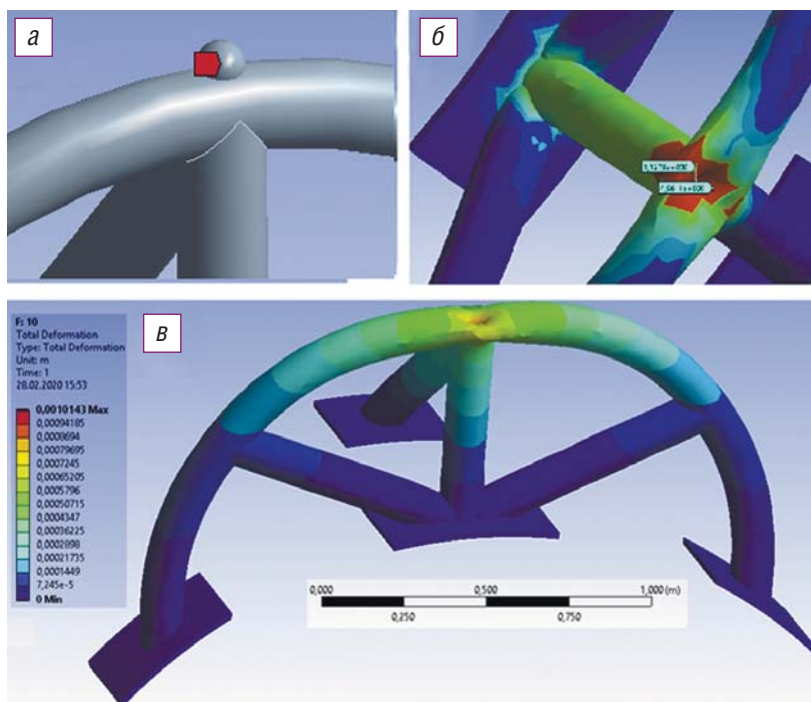


Рис. 5. Этапы анализа НДС конструкции: а — схема приложения расчетной нагрузки; б — уровень напряжений в зоне приложения расчетной нагрузки; в — деформационное состояние конструкции

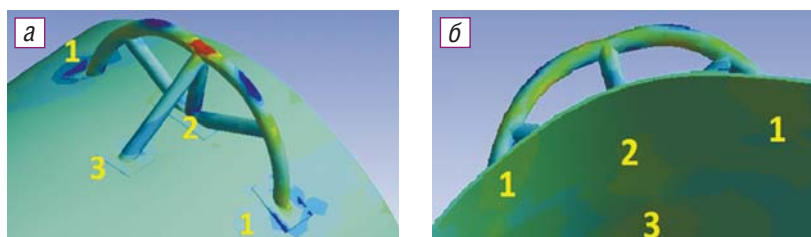


Рис. 6. Деформационное состояние оболочки котла вагона-цистерны по зонам опирания дуг безопасности: а — вид снаружи; б — вид изнутри

Таблица 4

Значения максимальных эквивалентных напряжений по зонам опирания дуг безопасности, МПа

Вариант конструктивного исполнения дуг безопасности	№ зоны (снаружи котла)			№ зоны (изнутри котла)		
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Вариант 5	116,26	149,10	125,94	163,94	175,82	174,17
Вариант 6	146,03	137,05	182,28	169,50	147,14	225,97
Вариант 7	285,45	–	178,55	198,83	–	181,13
Вариант 8	350,25	–	191,48	216,61	–	202,88
Вариант 9	319,60	109,81	201,17	277,69	181,06	187,11
Вариант 10	319,93	182,31	181,77	192,38	197,38	207,83
Вариант 11	245,45	144,03	207,49	196,58	210,62	201,14

А. В. Смольянинов, О. В. Черепов, К. М. Колясов, Е. В. Киселева | Сравнительный анализ прочности предохранительных дуг котлов цистерн для перевозки опасных грузов

и при этом не происходит пластической деформации в зонах опирания дуги безопасности на котел вагона-цистерны. Варианты 2 и 7 универсальны и могут устанавливаться на многих моделях вагонов-цистерн. Вариант 4 приемлем для моделей вагонов-цистерн с продольными площадками. Вариант 8 конструктивно-го исполнения дуг безопасности оказался наихудшим из рассмотренных вариантов, так как показал неприемлемые результаты численных экспериментов на обоих этапах оценки в случае аварийной ситуации.

В качестве вывода следует отметить, что прочностные расчеты конструкций позволяют проектировать оптимальные варианты дуг безопасности цистерн для перевозки опасных грузов. **ИТ**

Таблица 5

Максимальные значения эквивалентных напряжений в элементах дуг, МПа

Варианты конструктивного исполнения	№ элемента			
	1 (6)	7	8	9
Вариант 5	114,94	111,73	–	147,46
Вариант 6	156,35	115,91	–	123,83
Вариант 7	283,72	182,05	–	–
Вариант 8	350,16	191,04	–	–
Вариант 9	321,40	203,32	190,63	–
Вариант 10	319,39	180,00	119,56	161,95
Вариант 11	256,72	204,46	122,47	141,69

Список литературы / Reference

- ГОСТ 19433–88 Грузы опасные. Классификация и маркировка. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. — 43 с.
- Аварии грузовых поездов, перевозивших цистерны с горючими материалами. Досье. — URL: <https://news.rambler.ru/incidents/23470110-avarii-gruzovyh-poezdov-perevozivshih-tsisterny-s-goryuchimi-materialami-dose/> (дата обращения 23.03.19).
- Крупные ЧП на российских железных дорогах в 2001–2011 гг. Справка. — URL: <https://ria.ru/20110811/415914526.html> (дата обращения 13.03.19).
- Султанов Р. М. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом / Р. М. Султанов, Л. А. Ибатуллина. — УГНТУ, 2017. — 10 с.
- Крупные ЧП на российских железных дорогах в 2010–2013 гг. — URL: <https://ria.ru/20130707/948163544.html> (дата обращения 13.03.19).
- Новая авария на ж/д с цистернами с газом. — URL: <https://novostienergetiki.ru/novaya-avariya-na-zhd-s-cisternami-s-gazom/> (дата обращения 23.03.19).
- ГОСТ 32913–2014. Аппараты поглощающие сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. — М.: Стандартинформ, 2015. — 10 с.
- Смольянинов А. В. Транспортировка опасных грузов / А. В. Смольянинов, В. Н. Филиппов // Железнодорожный транспорт. — 1990. — № 7. — С. 31–33. — ISSN 0044–4448.
- Дмитриев В. В. Совершенствование цистерн для сжиженного газа / В. В. Дмитриев, В. Н. Филиппов, Р. Ф. Каневец, А. В. Смольянинов // Железнодорожный транспорт. — 1991. — № 8. — С. 46–48. — ISSN 0044–4448.
- Филиппов В. Н. Технические средства обеспечения механической безопасности цистерн для опасных грузов при некоторых вариантах аварийных соударений / В. Н. Филиппов, А. В. Смольянинов, Г. И. Петров, С. В. Беспалько // Инновационный транспорт. — 2017. — № 4 (26). — С. 29–33. — ISSN 2311–164X.
- Петров Г. И. Основные положения нормативной базы на вагоны колеи 1520 мм (несамоходных) железных дорог России: методические указания / Г. И. Петров, И. В. Козлов, В. Н. Котуранов, В. Н. Филиппов, А. В. Смольянинов. — Екатеринбург: УрГУПС, 2008. — 56 с.
- Смольянинов А. В. Напряженно-деформированное состояние дуг безопасности котлов цистерн / А. В. Смольянинов, В. Н. Филиппов, О. В. Черепов // Повышение надежности, совершенствование ремонта и технического обслуживания вагонов. — Екатеринбург, 1996. — С. 49–55.
- Черепов О. В. Конструкции дуг безопасности и их влияние на прочность котла цистерны // Повышение надежности, совершенствование ремонта и технического обслуживания вагонов. — Екатеринбург, 1996. — С. 115–121.

Объем статьи: 0,99 авторских листа



**Алексей
Анатольевич
Ковалев**
Aleksey A.
Kovalev



**Никита
Васильевич
Крапивин**
Nikita V.
Krapivin



**Андрей
Андреевич
Кардаполов**
Andrey A.
Kardapolov

Испытание компенсирующего устройства со встроенным тормозом при проведении мероприятий по плавке гололеда на проводах контактной подвески

Testing of the compensating device with built-in brakes when performing actions on ice-melting on catenary suspension wires

Аннотация

В рамках стратегии развития железнодорожного транспорта России одним из приоритетов является повышение скоростей движения. Для достижения результата следует проводить исследования новых устройств, рекомендуемых к внедрению. В статье рассматривается новое устройство компенсации натяжения в контактной подвеске со встроенным тормозом DFCB, а также проанализированы результаты его работы при проведении мероприятий, предупреждающих образование гололеда.

Ключевые слова: контактная сеть, компенсация натяжения в проводе, гололед.

Abstract

Within the framework of strategy for the development of Russia's railway transport, one of the priorities is the increase in travelling-speed. For the achievement of results, the research of new devices recommended for putting into operation should be done. The new device for compensating tension in contact suspension with built-in brakes DFCB is given consideration in the article as well as its results of operation when performing actions against ice accumulation are analysed.

Keywords: catenary, compensation of tension in wire, ice-slick.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-57-60

Авторы Authors

Алексей Анатольевич Ковалев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Никита Васильевич Крапивин**, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Андрей Андреевич Кардаполов**, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

Aleksey Anatolyevich Kovalev, Candidate of technical sciences, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg | **Nikita Vasilievich Krapivin**, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg | **Andrey Andreevich Kardapolov**, Associate Professor of "Transport Power Supply" Department of Ural state university of railway transport (USURT), Ekaterinburg

Свердловская и Челябинская области выходят на новый этап формирования стратегий развития. Уже в ближайшее время в соответствии с установками федерального правительства субъектам необходимо будет определить свое место в макрорегионе. Эксперты ожидают сближения двух территорий и формирования конурбации Екатеринбурга и Челябинска, в том числе за счет реализации проекта высокоскоростной магистрали между двумя городами-миллионниками.

В числе положительных эффектов от слияния центров аналитики называют многомиллиардный рост поступлений в бюджет, оживление рынка труда, увеличение инвестиционной привлекательности территорий, экономию бюджетных трат в свете синхронизации планов развития. По оценкам специалистов, конурбация Екатеринбурга и Челябинска может стать третьим или даже вторым региональным союзом в стране, сформировав определенный противовес Москве и Санкт-Петербургу [1].

В рамках выполнения научно-исследовательской работы в НИЛ «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» УрГУПС проводится третий этап исследований компенсирующего устройства со встроенным тормозом типа DFСВ.

Данное устройство может быть применено на участках железной дороги, в том числе Екатеринбург — Че-

лябинск. В связи с тем, что Екатеринбург находится в III климатическом районе, согласно действующим нормативным требованиям требуется проведение мероприятий по предупреждению гололедообразования [2].

Технические характеристики компенсационного устройства желобчатого колеса типа DFСВ соответствуют существующим грузовым блочным и блочно-полиспасным устройствам компенсации контактной сети на дорогах РФ и имеют ряд преимуществ:

- более эффективное блокировочное устройство (тормоз), расстояние торможения не более 70 мм;
- уменьшается время восстановления контактной сети при ее повреждении или монтаже;
- блокировочное устройство (тормоз) расположено внутри корпуса желобчатого колеса;
- повышается морозо- и влагостойкость, устойчивость к коррозии;
- увеличивается надежность в работе;
- наличие функции фиксирования и поворачивания устройства;
- простота в обслуживании;
- относится к необслуживаемому или мало обслуживаемому оборудованию.

Технические характеристики устройства DFСВ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики компенсирующего устройства с желобчатым колесом

Технические характеристики	Компенсирующее устройство DFСВ
Технология изготовления	Обе стороны колеса гладкие, без тормозных зубцов. Упрощается технология производства и повышается качество устройства
Функция торможения	Используется эксцентрический тормоз с храповым механизмом, эффективность торможения 100 %. Тормозной путь провода менее 70 мм, тормозной путь гирлянды менее 200 мм. Поскольку механизм не нуждается в сборке и наладке на участке, эффективность торможения в тестовых и рабочих условиях не различается
Функция блокировки	Обладает функцией двухсторонней блокировки, что значительно облегчает подвеску груза
Пределы натяжения	≥15~60кН (и более)
Монтажное исполнение	Полностью подходит для монтажа как с грузами вынесенной, так и внутренней подвески, отклонение груза отсутствует
Боковое стачивание	Благодаря монолитной конструкции боковое стачивание отсутствует
Стабильность конструкции	Монолитная конструкция, компактная несущая конструкция, стабильность конструкции высокая
Монтаж и регулировка	Упрощает процедуру монтажа и наладки, тем самым снижает более чем на 50 % трудоемкость и повышает качество монтажа
Функция смены направления	Имеется функция автоматической смены направления вращения, которая в значительной степени минимизирует боковое стачивание троса
Проблема птичьих гнезд	Отсутствует
Воздействие разрыва троса	Сила удара после разрыва небольшая, воздействие на опору пренебрежимо
Соотношение цена-качество	Высокое

На рис. 1 представлена схема компенсирующего устройства с желобчатым колесом, на которой отмечены составные части устройства: соединительный штифт 1, несущая конструкция 2, шильдик 3, колесо 4, трос 5, клиновидный зажим с двумя проемами 6, тормоз 7, главная ось 8, блокирующий штифт 9, трос 10, балансирующий блок 11 (может быть заменен балансирующей платформой).

Наибольший интерес при исследовании устройства DFCB вызывает вопрос о том, как будет проходить его работа при воздействии гололеда. Гололед значительно повышает нагрузку на провода и опоры, особенно в тех случаях, когда он сопровождается сильным ветром. Кроме того, гололед на контактном проводе может создавать значительные затруднения в процессе токоотбора, вызывая образование электрической дуги в точке соприкосновения «полос токоприемника — контактный провод», которая зачастую приводит к перегоранию контактного провода. Если гололед образуется на компенсирующем устройстве, то это может привести к неправильной его работе, а мероприятия, проводимые на линиях по предупреждению гололедообразования, могут способствовать заклиниванию стопорного механизма компенсирующего устройства.

Специалистами была проведена количественная оценка участков, подверженных гололедообразованию. Анализ показывает, что 42 % электрифицированных железных дорог располагаются в опасных с точки зрения образования гололеда районах. Исходя из этого можно сделать вывод, что около 19 тыс. км — протяженность контактной сети, подверженной наиболее сильному воздействию гололеда [3].

В связи с этим, чтобы исключить срабатывание стопорного механизма в компенсаторе со встроенным тормозом при плавке гололеда, был проведен опытный эксперимент.

Для проведения испытаний был выбран участок контактной сети —

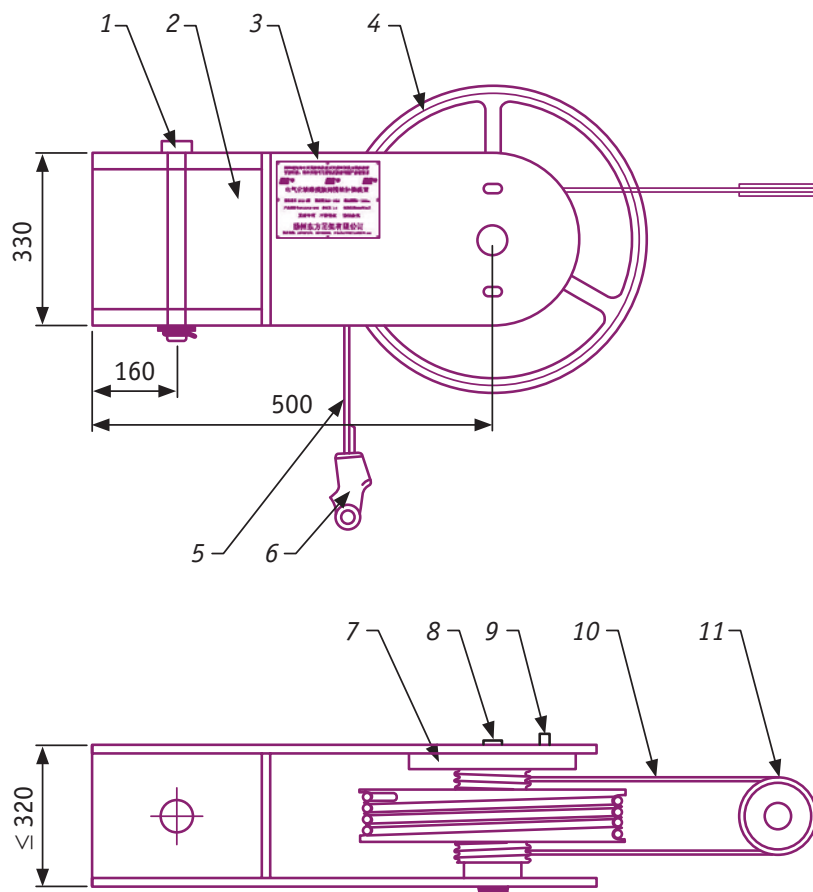


Рис. 1. Схема компенсирующего устройства с желобчатым колесом



Рис. 2. Устройство DFCB для испытаний

перегон «228 км — А» Егоршинской дистанции электроснабжения, анкерный участок № 6.

Приведем характеристику участка:

Анкерная опора для установки желобчатого колеса № 94 (тип опоры СКЦО-8-40/13,6); количество грузов — 20 шт.

Натяжение контактного провода — 1000 кг.

Длина анкерного участка № 6 — 1326 м.

Количество опор в анкерном участке — 20 шт.

Тип контактной подвески — полукompенсированная М-120+2МФ-100+2А-185.

Смонтированное устройство изображено на рис. 2.

Перед проведением испытаний еженедельно проводился осмотр анкерного участка [4]. При осмотре особое внимание обращалось на отсутствие обрывов компенсаторного троса, контроль расстояния от нижней части грузов компенсатора до земли в зависимости от температуры наружного воздуха, производилась прокачка грузов.

В журнал контроля состояния компенсирующего устройства заносились данные о температуре наружного воздуха и показания циферблата компенсатора с одной стороны и положения грузов с другой стороны 6-го анкерного участка перегона «228 км — А».

Перед началом плавки гололеда на опорах сделана отметка о положении грузов (рис. 3). После окончания режима плавки сделана повторная отметка.

Общее время плавки гололеда составило 15 минут. Испытания прекращены при опускании грузов на остаточное расстояние до земли 0,5 м.

По результатам проверки работы компенсирующего устройства со встроенным тормозом типа DFСВ при осуществлении режима плавки гололеда можно сделать вывод, что компенсирующее устройство работает в штатном режиме и осуществляет свои функции. Срабатываний встроенного тормозного устройства, заеданий троса и рывков не зафиксировано.

Компенсирующее устройство со встроенным тормозом типа DFСВ можно применять на зонах, оборудованных плавкой гололеда. **ИТ**



Рис. 3. Положение грузов на опоре № 56 в начале испытаний

Список литературы / Reference

1. Ковалев А. А. Исследование работы устройств компенсации натяжения в контактной подвеске / А. А. Ковалев, Н. В. Крапивин // Транспорт Урала. — 2018. — № 4 (59). — С. 86–90. — ISSN 1815–9400.
2. Ковалев А. А. Оценка сроков и стоимости жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта России // Транспортное дело России. — 2014. — № 2. — С. 26–128. — ISSN 2072–8689.
3. Калиниченко А. Я. Предотвращение гололедообразования при токосъеме / А. Я. Калиниченко, А. А. Ковалев, А. А. Кардаполов // Мир транспорта. — 2014. — Т. 12, № 3 (52). — С. 176–183. — ISSN 1992–3252.
4. Галкин А. Г. Реализация проектов электроэнергетики с применением контракта жизненного цикла / А. Г. Галкин, А. А. Ковалев, А. В. Микава // Промышленная энергетика. — 2013. — № 4. — С. 5–8. — ISSN 0033–1155.

Объем статьи: 0,38 авторских листа



Валерий Михайлович Самуйлов
Valeriy M. Samuylov



Дмитрий Германович Неволин
Dmitry G. Nevolin



Софья Александровна Писчикова
Sofia A. Pischikova

Эффективное использование газотурбинных локомотивов на Среднем Урале

Effective use of gas-turbine locomotives in the Middle Urals

Аннотация

В статье рассматривается история газотурбовозостроения, приведены основные характеристики газотурбовозов, проводится анализ использования газотурбинных локомотивов на Свердловской железной дороге. Рассматриваются преимущества, недостатки и результаты эксплуатации газотурбовоза ГТ1h-002.

Ключевые слова: газотурбовоз, сжиженный природный газ, газотурбинный двигатель, условия эксплуатации, технические характеристики.

Abstract

The history of gas-turbine locomotive building is reviewed in the article, the principal characteristics of gas-turbine locomotives are introduced, the analysis of using gas-turbine locomotives on the Sverdlovsk railway is conducted. The advantages, disadvantages and results of operation of ГТ1h-002 gas-turbine locomotive are given consideration.

Keywords: gas-turbine locomotive, liquefied natural gas, gas-turbine engine, operating conditions, technical specification.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-61-66

Авторы Authors

Валерий Михайлович Самуйлов, д-р техн. наук, действительный член Российской академии транспорта, профессор кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург | **Дмитрий Германович Неволин**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), действительный член Российской академии транспорта, Екатеринбург; e-mail: innotrans@mail.ru | **Софья Александровна Писчикова**, студентка 2-го курса электромеханического факультета Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: SPischikova@gmail.com

Valeriy Mikhailovich Samuylov, DSc in Engineering, Full Member of the Russian Academy of Transport, Professor, World Economy and Logistics Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg | **Dmitry Germanovich Nevolin**, Dr. of Tech. Sciences, Professor, Head of the Department «Designing and Exploitation of Automobiles» of the Ural State University of Railway Transport (USURT), full member of the Russian Academy of Transport, Ekaterinburg | **Sofia Alexandrovna Pischikova**, 2nd year student of the electromechanical faculty of the Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

В 1955 г. на Коломенском тепловозостроительном заводе началась разработка первого советского газотурбовоза. Конструкторское бюро состояло из молодых энтузиастов, руководителем которых был конструктор Лев Лебедевский. В 1959 г. на Коломенском заводе был построен первый газотурбинный локомотив ГТ-01 мощностью 3500 л.с., тогда эта компания выпустила два газотурбовоза серии ГП1 для пассажиров. Однако неспособность (в то время) конкурировать с электровозами свела на нет заинтересованность руководства в новом проекте.

Работа по созданию нового вида локомотива продолжалась девять лет, а в 1969 г. была полностью остановлена. Причиной стала банальная экономическая неэффективность проекта.

Первый газовый турбовоз появился в 1959 г. на Коломенском заводе, а год спустя был построен новый экспериментальный локомотив ГТ101 (рис. 1), и Луганский завод стал его производителем.

Газотурбинный локомотив — это автономный локомотив, в котором основным двигателем, определяющим показатели мощности, тяги и энергии, является газотурбинный двигатель (ГТД). Основным преимуществом газотурбинного локомотива по сравнению с другими типами локомотивов является способность развивать огромную мощность при относительно небольших габаритах и массе.

Газотурбовоз ГТ1-001 (рис. 2) — первый в мире турбовоз, функционирующий на сжиженном природном газе (СПГ). В России большие запасы газа и стоит он недорого.

Основные преимущества использования сжиженного природного газа по сравнению со сжатым газом — значительно меньший объем, занимаемый топливом на борту, меньшая степень опасности и более высокая теплопроводность, чем у пропан-бутановых смесей. Кроме того, благодаря своим небольшим размерам ГТ1 является одним из самых мощных существующих локомотивов, который может заменить пять тепловозов, а используемая внутри система управления электронным тормозом предлагает возможности для создания интеллектуальных тяжелых поездов. По данным Свердловской железной дороги, использование тягового подвижного состава на СПГ при развитии мощных грузопотоков позволит значительно сократить эксплуатационные расходы за счет использования более дешевого топлива (СПГ стоит на 40–50 % меньше по сравнению со стоимостью дизельного топлива) и газотурбовозов большой мощности.

Газотурбовоз ГТ1 оборудован современными устройствами управления и безопасности движения. В кабине установлен контроллер, который управляет мощностью и скоростью. Дисплеи показывают информацию о двигателе, включая данные о техническом состоянии каждого блока. Газотурбинный локомотив оборудован системой видеонаблюдения, которая контролирует состо-



Рис. 1. Газотурбовоз ГТ101



Рис. 2. Газотурбовоз ГТ1-001

яние оборудования в кузовах секций, рабочее место машиниста и обстановку по ходу поезда. В настоящее время «картинка», сделанная системой наблюдения, передается только на рабочее место, но в будущем изображение будет передаваться в диспетчерский центр, где специалисты смогут контролировать не только рабочие параметры локомотива, но и физическое и эмоциональное состояние машиниста. В аварийной ситуации диспетчеры могут дистанционно активировать систему экстренного торможения, которая автоматически выключит тяговые двигатели.

Для работы на новом газотурбовозе российским железным дорогам придется дополнительно обучать персонал. Все контрольные операции выполняются с помощью компьютера, поэтому машинистам необходимо повышение квалификации.

Первый грузовой состав (3000 т) ГТ1-001 провез в 2008 г. В январе 2009 г. ГТ1-001 установил рекорд, официально занесенный в Книгу рекордов Гиннеса: он провез поезд общим весом 15000 т (159 вагонов) на экспериментальном кольце ВНИИЖТ в Щербинке.

Автономная тяга всегда требовала мощного локомотива. Проблема заключалась в том, что дизельный двигатель с мощностью более 3500 кВт был бы слишком тяжелым, поэтому тепловоз превышал бы допустимые нагрузки на ось и просто не входил в необходимые габариты. Решением стало использование газовой турби-

ны. Мощность газотурбинного локомотива составляет 8300 кВт. Это в три раза больше, чем у стандартных тепловозов, используемых сегодня. Российские железные дороги будут использовать его в Сибирском регионе, где много неэлектрифицированных линий и даже легкие поезда требуют экономичных и мощных локомотивов.

Проведенные испытания показали, что даже при полной нагрузке газотурбовоз может развивать скорость до 100 км/ч, а емкость сжиженного природного газа в 17 т обеспечивает локомотиву 750 км пробега между заправочными станциями. Он предназначен для работы на трассах, особенно на БАМе, где много длинных крутых подъемов. Сейчас для проведения обычного грузового поезда в 6000 т необходимы три локомотива, что довольно неудобно.

Хотя ГТ1-001 стоит 200 миллионов рублей, что в два раза дороже тепловозов, его жизненный цикл на 20 % выгоднее, поэтому инвестиции возместятся приблизительно через 9 лет. Прежде всего, дизельное топливо почти вдвое дороже природного газа, даже с учетом его сжижения и транспортировки на большие расстояния. Уже с этой точки зрения газотурбовоз на 30–40 % дешевле тепловозов. Газотурбовоз работает в щадящих режимах и имеет меньше трущихся деталей, что увеличивает срок его службы и делает дешевле ремонт и техническое обслуживание газотурбинного локомотива. Кроме того, благодаря увеличенной тяговой мощности газотурбовоза, на стыковочных станциях электрической / тепловозной тяги можно избежать работы по расформированию состава при переходе на другой тип тяги. Важно, что расчетный срок службы газотурбовоза составляет 40 лет, это в 2 раза больше, чем у тепловоза. Таким образом, стоимость жизненного цикла газотурбинного локомотива ниже по сравнению с тепловозом из-за более низких затрат на топливо, техническое обслуживание и ремонт. Газотурбовозы являются более экологически чистым типом тягового подвижного состава по сравнению с тепловозами [1].

Двигатель НК-361 (рис. 4) для газотурбовоза ГТ1-001 номинальной мощностью 8300 кВт изготовлен Самарским научно-техническим комплексом имени Николая Кузнецова (СНТК имени Н.Д. Кузнецова). Его КПД составляет около 30 %. Газотурбинный двигатель имеет ряд преимуществ по сравнению с современным грузовым электровозом: наименьшую массу на единицу мощности, экономичность в эксплуатации, простоту в сервисном и ремонтном обслуживании.

Газотурбинный двигатель представляет собой тепловой двигатель, в котором газ нагревается и сжимается, затем энергия сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу газовой турбины. Процесс работы газотурбинного двигателя может осуществляться с непрерывным сгоранием топлива при постоянном давлении или с прерывистым сгоранием топлива при постоянном количестве.

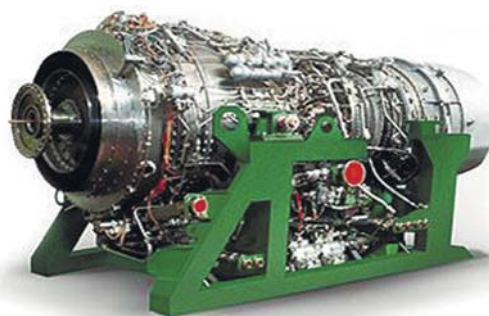


Рис. 4. Газотурбинный двигатель НК-361

По своему предназначению газотурбинный двигатель (ГТД) является транспортной машиной, поэтому при выборе типа силовой установки для первых типов локомотивов этому был уделено большое внимание. Начало использования газотурбинных двигателей на железнодорожном транспорте практически совпало с их внедрением в авиационной промышленности. Если высокая удельная мощность этого типа двигателей давала им преимущество перед поршневыми двигателями в авиации, то при строительстве локомотивов в то время они не могли конкурировать с очень экономичными дизельными двигателями.

В последние годы тепловая эффективность газотурбинных двигателей значительно возросла и приблизилась к поршневым двигателям, поэтому интерес к использованию газотурбинной тяги на железнодорожном транспорте вновь растет.

На Свердловской железной дороге, на базе локомотивного депо Егоршино с 2013 года началась подконтрольная эксплуатация газотурбовоза ГТ1h-001. Эксплуатация подтвердила заявленные технико-экономические параметры локомотива (табл. 1) и его эффективность.

Магистральный грузовой газотурбовоз ГТ1h с газотурбинным двигателем мощностью 8500 кВт представлен в виде двухсекционного локомотива, работающего на СПГ, с передачей электрической мощности переменного-постоянного тока (рис. 5).

Локомотив состоит из двух секций, каждая имеет кабину управления. В тяговой секции размещается оборудование энергосилового блока (газотурбинный двигатель, тяговый генератор и их вспомогательные системы), вспомогательное оборудование, оборудование системы подготовки газа и воздуха. В другой секции (бустерной) размещается криогенная емкость с запасом сжиженного газа массой 17 т, тягово-энергетическое оборудование и оборудование системы подготовки газа.

Кабина управления газотурбовоза оснащена системой обеспечения микроклимата, которая распределяет подготовленный воздух (подогретый или охлажденный) в местах расположения лобовых и боковых стекол, к ногам машиниста и помощника машиниста, а также дополнительными нагревателями, установленными на боковых стенках кабины машиниста.

Технические характеристики газотурбовозов ГТ1h-001 и ГТ1h-002 [2]

Параметры	ГТ1h-001	ГТ1h-002
Род службы	грузовой	грузовой
Мощность максимальная, кВт	8300,0	8500,0
Мощность на валах тяговых двигателей, кВт	6720,0	6650,0
Наибольшая рабочая скорость газотурбовоза, м/с (км/ч)	27,8 (100)	27,8 (100)
Конструкционная скорость газотурбовоза по ходовой части, м/с (км/ч)	30,6 (110)	30,6 (110)
Служебная масса газотурбовоза с 2/3 запаса топлива и песка, т	300	368
Статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН(т)	245,3 (25)	225,4 (23)
Сила тяги газотурбовоза при трогании с места, кН (тс)	883 (90)	882 (90)
Тип тяговой электрической передачи мощности газотурбовоза	переменно-постоянного тока с поосным регулированием силы тяги	переменно-постоянного тока
Длина газотурбовоза по осям автосцепок, мм	45000	43000
Топливо для газотурбинного агрегата	природный газ по ТУ51-03-03-85 ГОСТ 5542-87 ГОСТ29328-92	природный газ по ТУ51-03-03-85 ГОСТ 5542-87 ГОСТ29328-92



Рис. 5. Газотурбовоз ГТ1h-001

В качестве топлива для газотурбовозов на СвЖД применяется природный сжиженный газ, поставляемый ООО «ГЭС Пермь». Чтобы эксплуатировать газотурбовоз, необходимо создать инфраструктуру для заправки и замены топливных емко-

стей. В данный момент на полигоне российских железных дорог имеется только один пункт оборудования (ГРС в районе Екатеринбурга), который приспособлен для заправки локомотивов сжиженным природным газом.

Газотурбовоз ГТ1h-002 (табл. 1, рис. 6) (усовершенствованная версия ГТ1h-001) в ноябре 2015 г. прибыл на полигон Свердловской железной дороги в эксплуатационное локомотивное депо Егоршино и официально включен в локомотивный парк СвЖД. ГТ1h-002 на постоянной основе водит поезда (в том числе повышенного веса и длины) на маршрутах, представленных в табл. 2.

В мае 2016 г. газотурбовоз ГТ1h-002 выполнил экспериментальную поездку с поездом весом 8445 т, 400 осей по маршруту Сургут — Войновка. В ходе поездки подтверждена возможность вождения газотурбовозами типа ГТ1h-002 поездов массой до 9000 т по участку протяженностью 700 км без дозаправки сжиженным природным газом.

На основе анализа работы газотурбовоза ГТ1h-002 на Свердлов-

ской железной дороге в период с 2015 по 2019 г. были определены результаты опытной эксплуатации (табл. 3) и рассчитан бюджет времени в 2018 и 2019 г. (табл. 4).

По словам машиниста-инструктора по газомоторным локомотивам (ГМЛ) эксплуатационного локомотивного депо ст. Егоршино А. В. Скутина, плюсы эксплуатации газотурбовоза заключаются в его высокой мощности, грузоподъемности и дешевизне использу-



Рис. 6. Газотурбовоз ГТ1h-002

емого газа. Экологичность использования газотурбовоза в разы больше, чем у тепловоза, и соответствует стандарту Евро-5. Газотурбовоз при низких температурах не требует постоянного прогрева, его можно перевести в холодное состояние, и даже при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, при предварительном прогреве масла, локомотив хорошо запускается.

Минусы заключаются в том, что вся эксплуатация основана на тяговом аккумуляторе. Он всегда должен быть полностью заряжен. Даже перед запуском, когда включаются все подогреватели, питание идет от батареи. При слабой батарее нужен дополнительный мощный источник питания 380 вольт, а тяговые аккумуляторы дорогие. Еще один недостаток в том, что турбина работает в полную мощность, даже если состав идет груженный в одну сторону, а обратно — порожний, турбина использует газ одинаково. Конечно, есть экономия по сравнению с груженным, но она невелика.

Газотурбинные локомотивы сегодня являются более эффективными по сравнению с тепловозами. Можно выделить основные сферы применения газотурбовозов:

- работа в местах с тяжелым профилем пути;
- профобслуживание северных железнодорожных магистралей, работа на новых развивающихся железных дорогах БАМ–Север [4];
- использование на новых магистралях, что обеспечивает более дешевое и быстрое строительство и ускорение окупаемости дороги;
- сотрудничество в сети путей сообщения с современными мощными электровозами без расформирования составов;
- использование в прибрежных районах с высокой вероятностью обледенения и обмерзания токопровода.

Таблица 2

Характеристика маршрутов газотурбовоза ГТ1h-002 на полигоне СвЖД

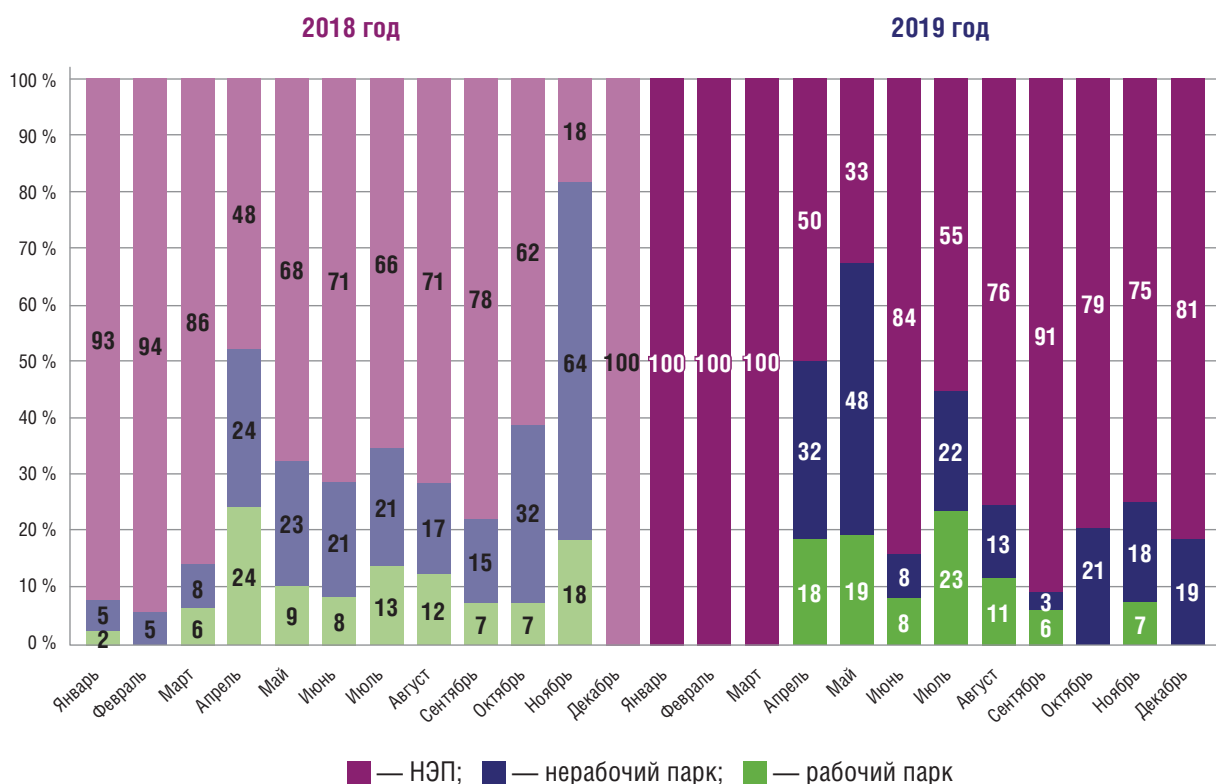
Направление	Расстояние, км
Егоршино — Стриганово — Егоршино	37
Егоршино — Устье-Аха — Егоршино	427
Егоршино — Серов — Егоршино	306

Таблица 3

Основные результаты опытной эксплуатации ГТ1h-002 на СвЖД в 2015–2019 гг. (данные на 31.12.2019 г.) [3]

ГТ1h-002		2015 г. с 12.11.2015	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г. на 31.12	ВСЕГО 2015–2019
Кол-во поездок ВСЕГО, в т. ч.	поездка	32	61	98	68	70	329
Работа	млн т-км бр.	28,4	84,07	171,31	57,4	46,75	387,93
Пробег в голове поезда	км	5127	13538	24872	12700	13964	70201
Расход СПГ ВСЕГО, в т. ч.:							
– на тягу поездов	т	116,3	344,77	637,3	280,4	264,3	1643,1
– простой, технологию, маневр.		31,3	84,2	119,8	110,5	142,2	488
Средний вес поезда	т	4700	6210	6888	4519	3348	5133
МАХ вес поезда	т	7963	8937	9093	9220	6979	9220
Ср. уд. расход СПГ ВСЕГО	кг у.т./изм.	81,6	80,1	69,4	106,9	136,5	94,9
Ср. уд. расход СПГ на тягу	кг у.т./изм.	64,3	64,4	58,4	76,7	88,7	70,5

Бюджет времени эксплуатации ГТ1h-002 в 2018 и 2019 гг. (данные на 31.12.2019 г.) [3]



Рабочий парк — часть эксплуатируемого парка, которая выполняет работы (поездную, маневровую и др.) с локомотивными бригадами на железнодорожных путях инфраструктуры, а также ожидает работы на железнодорожных путях станций с локомотивными бригадами.

Нерабочий парк — часть эксплуатируемого парка, ожидающая и/или совершающая технологические операции с локомотивными бригадами или без них, не являющаяся частью работы (поездной, маневровой и прочей), а также находящаяся в оперативном резерве.

Неэксплуатируемый парк (НЭП) — часть наличного парка, которая не участвует в процессе перевозки, за исключением аренды. НЭП состоит из локомотивов, ожидающих отправки и отправленных на техническое обслуживание, ремонт.

Выводы

Применение газотурбинной тяги позволит решить проблему согласования тяговых характеристик автономного и электрического тягового состава по осевой мощности, секционной мощности, скоростным характеристикам

и унификации экипажа, значительно улучшит экологическую ситуацию на линии и в районе станции. Газотурбовоз прост в обслуживании. Потребность в ремонте газотурбинного локомотива низкая из-за меньшего загрязнения движущихся частей по сравнению с дизелем. Это увеличивает коэффициент технической подготовки локомотива. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Поддать газу: газотурбовоз. — URL: <https://www.popmech.ru/technologies/10861-poddad-gazu-gazoturbovoz>.
2. Газотурбовоз ГТ1. — URL: <https://tehnorussia.ru/zheleznodorozhnaya-tehnika/39-gazoturbovozy/5-gazoturbovoz-gt1>.
3. Отчет «Основные итоги эксплуатации газомоторных локомотивов на полигоне Свердловской железной дороги за 12 мес. 2019 г.». — Екатеринбург, ОАО «РЖД».
4. Неволлина А. Д, Самуйлов В. М. Развитие и модернизация железнодорожной инфраструктуры Транссиба и БАМа // Инновационный транспорт. — 2015. — № 2 (16). — С. 27–13. — ISSN 2311–164X.

Объем статьи: 0,64 авторских листа



Василий Николаевич
Кузнецов
Vasiliy N. Kuznetsov

Анализ структуры автомобильного парка и тенденции ее изменения

Analysis of motor vehicle fleet structure and tendencies of its change

Аннотация

Автомобильный транспорт является одним из ведущих элементов социально-экономического развития страны и регионов. В статье представлены результаты оценки структуры автомобильного парка страны за 2015–2019 гг. В качестве основных показателей выбраны структура автопарка по категориям транспортных средств, по возрастному составу и видам собственности. На основе полученных результатов сформированы выводы. Представленная работа может стать базой для определения региональных особенностей на основе сравнения с общероссийскими тенденциями.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, структура автопарка, автомобилизация, динамика изменения числа транспортных средств, тенденции развития автопарка.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-67-69

Авторы Authors

Василий Николаевич Кузнецов, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Сельскохозяйственная техника и технологии» Алтайского государственного аграрного университета; e-mail: kusnezow2508@gmail.com

Vasiliy Nikolayevich Kuznetsov, Cand. of tech. sci., Senior Teacher, "Agricultural Machinery and Technology" Department, Altay state agrarian university; e-mail: kusnezow2508@gmail.com

Abstract

Motor vehicle transport is one of the leading elements of social and economic development of the country and regions. The article shows results of assessment of the country's motor fleet within the period of 2015-2019. The motor fleet structure by categories of transport vehicles, age profile and ownership were chosen as the main indicators. On the basis of the obtained data conclusions were drawn. This paper may be a baseline for determination of regional peculiarities through comparison with all-Russia tendencies.

Keywords: motor transport, motor fleet structure, automobilization, dynamics of the transport vehicles number change, tendencies of motor fleet development.

Рост экономики страны, повышение уровня жизни населения, а также эффективное использование трудовых и инвестиционных ресурсов неразрывно связаны с развитием автомобильного транспорта [1, 2]. В настоящее время этот вид транспорта обеспечивает мобильность, срочность и универсальность грузовых перевозок, а также способствует повышению транспортной подвижности населения, сохранению и укреплению деловых и культурных связей [3]; в ряде транспортных услуг автомобильный транспорт является единственной альтернативой [1]. Кроме того, уровень автомобилизации неразрывно связан с индексом человеческого развития [4].

Взаимосвязь уровня развития автотранспорта и экономических показателей определяет необходимость оценки структуры автомобильного парка страны и динамику его изменения [5, 6]. Схожие задачи поставлены в отдельных работах российских и зарубежных исследователей: в [7] проанализированы численность, возрастная и марочный состав транспортных средств (ТС) в г. Воронеже, на основе чего сделан предварительный прогноз характеристик автопарка города; в [8] представлены результаты анализа характеристик парка легковых автомобилей Республики Коми с позиции его влияния на безопасность движения; в [9] на примере Республики Казахстан приведены анализ динамики изменения количества ТС, инвестиций в автомобильное производство и оценка перспектив автомобильного транспорта. Несмотря на большое внимание ученых к проблемам автомобилизации, актуальных исследований по вопросам оценки общероссийской структуры и тенденций изменения автопарка недостаточно.

В России в последние годы уровень автомобилизации растет. Поскольку структура парка автомобильного транспорта страны определяется не только индивидуальными легковыми автомобилями, то динамика оценена на основе данных о всех зарегистрированных транспортных средствах (ТС) (рис. 1).

Несмотря на постоянное повышение уровня автомобилизации, структура автомобильного парка страны по видам транспортных средств остается постоянной, а коэффициент вариации не превышает 5 %. Распределение ТС по основным видам (доля которых превышает 3 %) в 2019 году представлено в табл. 1.

Наибольшую часть занимают легковые автомобили. Незначительный, но ежегодный прирост доли в общей структуре отмечается в категории прицепов; уменьшение — в категориях грузовых автомобилей (N2, N3), автобусов (M2, M3), ТС категорий L3–L5, L7.

Важным показателем структуры автопарка является его возрастной состав. В течение всего временного периода исследования более трети занимают ТС возрастом свыше 15 лет включительно, однако начиная с 2017 г. доля ТС этого вида падает. Рост отмечается в группе ТС возрастом до одного года включительно, а по итогам 2019 г. они занимают более 9 % от общего числа

ТС (в 2015 г. — около 4 %). В то же время небольшой рост фиксируется в группе ТС возрастом от 10 до 15 лет.

Анализ изменения количества ТС в возрастных группах по категориям ТС показал, что среди легковых автомобилей, грузовых (N1, N2, N3), автобусов (M2, M3), прицепов отмечается ежегодный рост количества автотранспорта, с момента выпуска которых прошло до 1 года включительно.

В целом можно сделать вывод о постепенном омоложении автомобильного парка страны.

В результате проведенного анализа установлено, что большая часть автотранспорта принадлежит физическим лицам (в том числе ИП и фермерам). Несмотря на ежегодное увеличение числа ТС физических лиц, их доля практически не меняется (рис. 2).

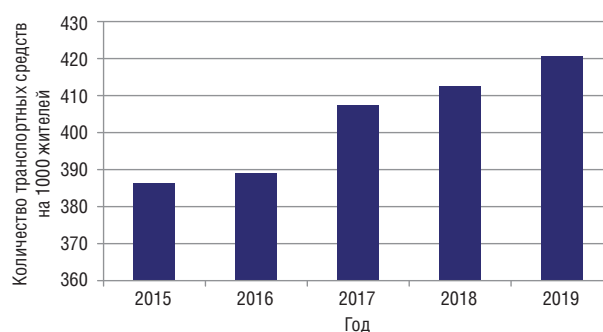


Рис. 1. Динамика автомобилизации (общее количество ТС) в России

Таблица 1

Распределение ТС по видам, 2019 г.

Вид ТС	Доля, %
Легковые автомобили (категория M1)	78,44
Грузовые автомобили (категория N1)	5,32
Прицепы	4,61
Транспортные средства категорий L3-L5, L7	3,76
Иные	<3,00

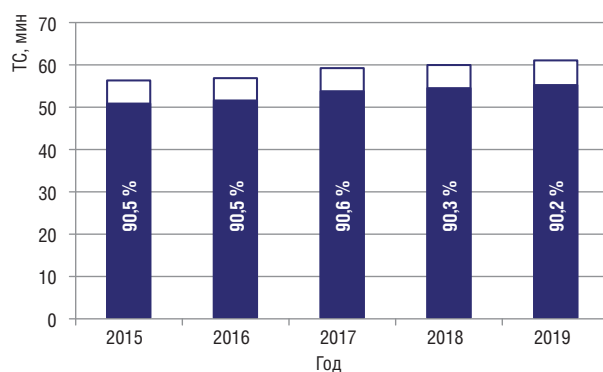


Рис. 2. Структура автопарка страны по виду собственности:

□ — в собственности юридических лиц;
 ■ — в собственности физических лиц

Среди владельцев — физических лиц ИП и фермеры занимают менее 1 %, кроме того, их доля ежегодно уменьшается. Федеральная, региональная и муниципальная собственность занимает 25–29 % от юридических лиц — собственников ТС, их доля также уменьшается ежегодно.

Исследование показало, что численность автопарка страны увеличивается, создавая перспективы социально-экономического роста. Ведущая позиция легкового транспорта в общей структуре автопарка позволяет сделать вывод о высокой роли частного использования автотранспорта среди населения. На фоне снижения числа автобусов это косвенно свидетельствует о низкой эффективности общественного транспорта и развитии маршрутов внутригородского и междугороднего сообщения. Положительной тенденцией

является постепенное обновление автопарка страны: несмотря на преобладание ТС старше 15 лет в общей структуре, практически во всех категориях ТС отмечается увеличение количества транспортных единиц возрастной группы до 1 года. Рост доли новых автомобилей в структуре автопарка приведет к снижению себестоимости поездок, повышению функционирования автотранспорта и снижению экологической нагрузки. Преобладание количества ТС в собственности физических лиц над юридическими также свидетельствует о высокой значимости автотранспорта в осуществлении частных личных целей населения и малых коммерческих целей. В условиях сложившейся социально-экономической ситуации предполагается дальнейший рост количества личного транспорта, особенно легковых автомобилей. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Инякина Е. Е. Автомобильный транспорт Тамбовской области в современных условиях хозяйствования / Е. Е. Инякина, В. Э. Миглинский // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2011. — Т. 16, № 2. — С. 596–598. — ISSN 1810–0198.
2. Кузнецов В. Н. Оценка региональных особенностей развития автомобильного транспорта (на примере Алтайского края) / В. Н. Кузнецов // Инновационный транспорт. — 2019. — № 4 (34). — С. 64–66. — ISSN 2311–164X.
3. Ланских В. В. Исследование влияния уровня автомобилизации на транспортную подвижность населения / В. В. Ланских, Г. Г. Денисов // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. — 2014. — № 1. — С. 245–248.
4. Ермаков А. А. Выявление зависимости между индексом человеческого развития и уровнем автомобилизации / А. А. Ермаков, В. М. Терских, У. Н. Самокрутова, Е. В. Попов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2019. — Т. 1. — С. 50–53.
5. Носков В. А. Автомобилизация населения как индикатор и катализатор устойчивого развития региона / В. А. Носков, И. В. Носков // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2015. — № 4 (126). — С. 18–24. — ISSN 1993–0453.
6. Постников В. П. Выявление взаимосвязи развития транспорта и экономики: временной и региональный аспект исследования / В. П. Постников, О. В. Буторина // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. — 2014. — № 2. — С. 17–25. — ISSN 2071–5692.
7. Попов Д. А. Анализ динамики изменения удельной численности, возрастного и марочного состава автомобилей в городе / Д. А. Попов, В. В. Козлов, Н. С. Тимирев, Е. М. Пилипенко // Воронежский научно-технический Вестник. — 2019. — Т. 1. — № 1 (27). — С. 40–46.
8. Головкин В. А. Динамика парка легковых автомобилей Республики Коми / В. А. Головкин // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2–2. — С. 43.
9. Ибраев Ж. У. Проблемы автомобилизации в Казахстане / Ж. У. Ибраев // Наука и новые технологии. — 2015. — № 1. — С. 77–80.

Объем статьи: 0,24 авторских листа



Юрий Юрьевич
Юскаев
Yuriy Y. Yuskaev



Лариса Трофимовна
Раевская
Larisa T. Raevskaya

Моделирование переносного устройства пассивной безопасности пассажиров автомобиля

Simulation of a motor vehicle portable device of passengers' passive safety

Аннотация

В статье обсуждается вариант переносной подушки безопасности для пассажиров задних кресел автомобиля. В результате моделирования создан образец системы пассивной безопасности, который наполняется воздухом до начала движения и обеспечивает трехстороннюю защиту как при фронтальных ударах, так и при боковых.

Ключевые слова: подушка безопасности, фронтальные и боковые системы пассивной безопасности.

Abstract

The article presents discussion of a portable passenger airbag of automobile back seats.

The simulation resulted in the passive safety structure pattern, which is filled with air before movement and ensures three-side protection both in frontal and side bumpings.

Keywords: airbag, passive safety frontal and side systems.

DOI:10.20291/2311-164X-2020-2-70-73

Авторы Authors

Юрий Юрьевич Юскаев, студент Уральского государственного лесотехнического университета, Екатеринбург | Лариса Трофимовна Раевская, канд. физ.-мат. наук, доцент Уральского государственного лесотехнического университета, Екатеринбург

Yuriy Yurievich Yuskaev, Student, Ural state forest engineering university, Ekaterinburg | Larisa Trofimovna Raevskaya, Cand. of phys. and math. science, Associate Professor, Ural state forest engineering university, Ekaterinburg

Введение

Доклад Всемирной организации здравоохранения и Всемирного банка (2004), посвященный проблеме предотвращения дорожно-транспортного травматизма, обращает внимание на необходимость усиления безопасности на дорогах и предоставление конкретных рекомендаций по улучшению ситуации в этой области [1]. Приведем несколько фактов из данного доклада.

Травмы от ДТП отличаются своей тяжестью, пострадавшие в ДТП наиболее часто попадают в реанимацию и хирургические отделения больниц.

Из четырех основных видов транспорта автомобильный является самым опасным [1, с. 84].

Экономический ущерб от ДТП чрезвычайно огромен, составляет от 1–2 % ВВП стран и во всем мире составил свыше 518 млрд долларов США [1, с. 6].

Смертность от ДТП составляет 25 % от всех случаев смерти в результате травматизма.

Россия лидирует по числу дорожно-транспортных происшествий в расчете на один автомобиль, несмотря на повышение культуры вождения, попытки оптимизации дорожного движения, строительство и реконструкцию автомобильных дорог.

Огромное значение в предотвращении травматизма имеет ряд таких мер, как развитие транспортных развязок, организация движения пешеходов, повышение безопасности автомобиля. В последнем важна не только внешняя, но и внутренняя безопасность транспортного средства. Страдают не только пешеходы, но и пассажиры. Защиту пассажиров обеспечивают, кроме всего прочего, устройства пассивной безопасности — подушки безопасности, срабатывающие в момент столкновения. В настоящей работе приводится краткий обзор критериев систем защиты и рассматривается устройство пассивной защиты пассажиров.

Устройства пассивной безопасности

Основными факторами, определяющими общий уровень пассивной безопасности, являются [2]:

- деформационные характеристики кузова автомобиля;
- объем пространства для выживания во время и после столкновения, в том числе длина пассажирского отсека;
- минимизация негативных конструктивных факторов в травмоопасных зонах;
- эффективность удерживающих систем;
- эффективность системы противопожарной защиты и др.

Подушки безопасности наряду с ремнями безопасности являются удерживающими системами пассивной безопасности автомобиля и предназначены для сниже-

ния силы удара и перегрузки, действующей на водителя и пассажиров автомобиля [3]. Водитель и пассажир при внезапном торможении продолжают движение по инерции, оказывая давление на подушку безопасности. При этом увеличивается время удара, уменьшая тем самым ударную нагрузку. Исходя из условия остановки автомобиля, можно определить ударную нагрузку в первом приближении как отношение изменения количества движения к времени взаимодействия:

$$F = m\Delta V/t,$$

где m — масса автомобиля, ΔV — изменение скорости за время столкновения, F — ударная нагрузка.

Время удара увеличивается за счет демпфирующих свойств газонаполненной оболочки. В итоге получим снижение силы удара [4]. Изменение времени взаимодействия показано на рис. 1 [5]. В момент столкновения, обозначенный как момент времени T на рис. 1, скорость пассажиров без удерживающих средств начинает резко уменьшаться, что приводит к большому ускорению и тем самым к большой ударной силе и перегрузкам. В то время как удерживающие системы обеспечивают более плавное изменение скоростей.

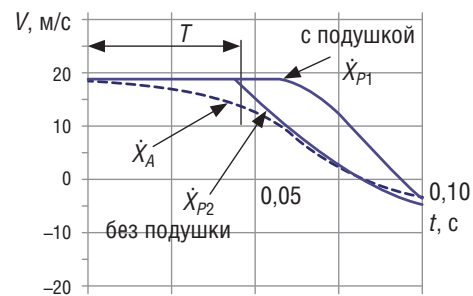


Рис. 1. График изменения скоростей движения при столкновении

Обычно кроме времени взаимодействия рассматривают еще несколько главных критериев, важных для характеристики подушек безопасности.

Площадь удара. Важный критерий — распределение силы удара по площади. При увеличении площади подушки безопасности увеличивается пятно контакта ударного взаимодействия, соответственно, сила ударного воздействия распределяется по большей площади, уменьшая интенсивность распределенной нагрузки.

Расстояние до внутренних частей автомобиля. Увеличение расстояния до ближайшей поверхности, с которой возможно соударение водителя и пассажира, ограничено габаритами автомобиля. Возможен при столкновении процесс вторжения — деформации кузова с нарушением жизненного пространства, что является одной из главных причин травм. Подушки безопасности не могут нанести колото-резаные травмы в отличие от элементов кузова автомобиля.

Перегрузка. В этом явлении вновь решающим фактором является время воздействия. Благодаря пассивным удерживающим средствам безопасности величины ускорения и, соответственно, перегрузка снижаются.

В данной работе рассматривается возможность использования мобильных трехсторонних подушек безопасности для пассажиров заднего сиденья.

Фронтальные, боковые подушки безопасности

В основном в настоящее время используются фронтальные подушки безопасности водителя и пассажира, которые устанавливаются в приборной панели автомобиля и в рулевой колонке.

Боковые подушки безопасности устанавливаются на автомобиле значительно реже, хотя имеют достаточно высокую степень защиты. Ряд авторов отмечают, что, несмотря на значительно меньший внутренний объем по сравнению с фронтальными, боковые подушки безопасности эффективны и способны снижать смертность на 37–45 % [6].

Используется два типа боковых подушек безопасности для автомобилей: подушка безопасности, которая обычно устанавливается в двери или сиденье автомобиля и служит для уменьшения повреждений грудной клетки и таза (рис. 2, а), и подушка безопасности, которая разворачивается как шторка у боковых окон автомобиля и служит для предотвращения травм головы (рис. 2, б).



Рис. 2. Боковые подушки безопасности

В то время как подушка безопасности для защиты грудной клетки и таза часто доступна только передним пассажирам, шторка служит для защиты пассажиров заднего сиденья. При дорожно-транспортном происшествии надуваются только те боковые шторки, которые расположены со стороны удара. Необходимо помнить о том, что система надувных подушек и шторок является дополнительным средством обеспечения пассивной безопасности, дополняет ремни безопасности, но

не заменяет их. К сожалению, от 20 до 40 % всех аварий при боковом ударе приводят к смертельному исходу или серьезным травмам, если нет боковых подушек безопасности.

Существуют и побочные эффекты боковых подушек безопасности: могут травмироваться верхние конечности (вывих плеча или травма запястья). Подобные травмы менее серьезны, чем можно было бы ожидать, если бы не было подушки безопасности. Эти случаи часто обнаруживаются, когда пассажир транспортного средства сидит не в оптимальном для раскрытия подушки положении. Некоторые авторы отмечают появление травм, связанных с самим раскрытием подушек и влиянием упругости системы «пассажир — кресло». При абсолютно упругом ударе из-за явления «отскока» возможно травмирование о спинку кресла пассажира. В работе [7] показано, что снижение коэффициента упругости уменьшит скорость отскока при ударе и существенно повысит безопасность человека.

Поскольку боковые подушки безопасности представлены не в каждом автомобиле и стоят дорого, мы предлагаем к рассмотрению переносную компактную трехстороннюю подушку безопасности для пассажиров задних сидений, в частности детей.

Модель переносной подушки безопасности

Главной целью при моделировании конструкции подушки безопасности было предложить дешевое, простое, универсальное устройство с возможностью трехсторонней защиты. Учитывая важность защиты пассажиров задних сидений от соударения с внутренними частями автомобиля, необходимость увеличения пятна контакта и снижения перегрузок, мы предлагаем модель переносной складной подушки безопасности (рис. 3).

Использование данной подушки безопасности предполагает следующий алгоритм действий: пассажир усаживается на заднее боковое сиденье автомобиля, пристегивается ремнем безопасности, после чего устанавливает боковые части подушки безопасности на свое кресло. Среднюю часть можно легко закрепить на спинке переднего сиденья. Наполнение воздухом данной подушки можно осуществлять по-разному. Наиболее удобным представляется использование автомобильного компрессора, работающего от бортовой сети автомобиля. Можно накачать воздухом подушку, используя ручной или ножной насос. Также желательна установка датчиков давления с функцией звуковой сигнализации о потере давления ниже определенного предела. Необходимо отметить, что данное решение никак не зависит от производителей автомобилей и не требует согласования с ними, так как является аксессуаром.

а



б



Рис. 3. Переносная подушка безопасности:

а — в развернутом виде;
б — внутри автомобиля

Подушка размещается перед пассажиром заднего сиденья, защищая таким образом фронтальную и боковые части тела. Подушка имеет П-образную форму, которая обеспечивает трехстороннюю защиту пассажира. Средняя часть данного образца имеет габариты в плоскости примерно 60×50 см, боковины трапеци-

видной формы имеют максимальные размеры примерно 60×60 см, толщина 13 см. Без воздуха габариты нашего образца порядка 60×30×20 см. Форму боковин целесообразно изменить, сделав ее более открытой в средней части. Это уменьшит вес, обеспечит обзор из боковых окон, упростит установку. Можно отметить следующие преимущества данного устройства:

1. Не требуется дополнительно встроенного оборудования типа шторок или боковых подушек безопасности.

2. По нашим оценкам, вес такой подушки не превышает 700–800 г, может быть меньше, что определяется материалом.

3. Эффективна при экстренном торможении. Обычные подушки приводятся в рабочее состояние только при ударе, поскольку датчик удара (значит, и блок управления) при экстренном торможении не активируется.

4. Переносная подушка перед началом движения может быть приведена в такой вид, как на рис. 3, газогенератором или любым насосом.

5. Компактна без воздуха.

6. Большой объем и трехсторонняя защита пассажира способствуют повышению безопасности, снижению травм головы при боковом ударе.

7. «Пятно контакта» велико, что также снижает риски тяжелых травм.

8. Подушка предотвращает травмы, связанные с самим процессом ее раскрытия, так как накачивание не имеет взрывного характера.

9. Смягчает удар о спинку переднего сиденья. При правильно подобранном коэффициенте упругости уменьшается скорость «отскока» и смягчается удар о спинку собственного кресла

10. Удобна при перевозке детей.

Таким образом, новая конструкция подушки безопасности является эффективным устройством защиты в ДТП. Мы полагаем, что есть большой потенциал для дальнейшего совершенствования боковых частей подушки.

На видеоинструкции, расположенной по ссылке <https://youtu.be/RwOeP6hMiGk> и <https://youtu.be/BsXYBUeQsGM>, подробно показано, как пользоваться данной подушкой безопасности. Также авторами Л. Т. Раевской и Ю. Ю. Юскаевым подана заявка на патент на полезную модель: RU 2019137495 от 20.11.2019.

Что касается дальнейшего развития устройств пассивной безопасности автомобиля, то мы считаем необходимым сочетание внешних и внутренних подушек безопасности. «Если не проводить новых или усовершенствованных мероприятий, дорожно-транспортный травматизм к 2020 г. станет третьей из ведущих причин смертности» [1, с. 68]. **ИТ**

Список литературы / Reference

1. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / пер. с англ. — М. : Издательство «Весь Мир», 2004. — 280 с. — URL <https://www.vesmirbooks.ru/books/catalog/medicine/141/%091>.
2. Щурин К. В. Повышение уровня пассивной безопасности автомобиля / К. В. Щурин, В. А. Зубаков, Ю. В. Кеменова // Вестник ОГУ. — 2011. — № 10 (129). — С. 82–87. — ISSN 1814–6457.
3. Рябчинский А. И. Пассивная безопасность автотранспортных средств : монография / А. И. Рябчинский. — М. : МАДИ, 2016. — 156 с.
4. Юскаев Ю. Ю. Внешняя система безопасности автомобиля / Ю. Ю. Юскаев, Л. Т. Раевская // Научный альманах. — 2017. — № 5–3 (31), — С. 147–150. — ISSN 2411–7609. — URL: <http://ucom.ru/doc/na.2017.05.03.pdf>.
5. Фалалеев А. П. Моделирование сдерживающих систем пассивной безопасности автомобилей / А. П. Фалалеев А. П. // Вестник СевНТУ. — 2012. — № 128. — С. 262–265. — ISSN 2307–6488.
6. Jänsch, M., O'Connell, N. Side airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube // Annual TRB Meeting — Highway Safety Performance International Research Subcommittee ANB 25 (5), Washington, January 8, 2018. — URL: <http://www.roadsafety-dss.eu>.
7. Рабинович Б. А. Безопасность автомобиля, анализ концепции / Б. А. Рабинович // Журнал автомобильных инженеров. — 2009. — № 1 (54). — С. 18–23. — ISSN 2073–9133.

Объем статьи: 0,36 авторских листа

Подписка на 2020 год.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» — 85022.

Периодичность — 4 номера в год.

ф. СП-1



АБОНЕМЕНТ

на ~~газету~~
журнал

85022

(индекс издания)

Инновационный транспорт

(наименование издания)

Количество комплектов:

на 2020 год по месяцам:

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на ~~газету~~
журнал

85022

(индекс издания)

Инновационный транспорт

(наименование издания)

Стоимость	подписки	руб. ___ коп.	Количество комплектов:	
	переадресовки	руб. ___ коп.		

на 2020 год по месяцам:

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

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

Технические требования и рекомендации к оформлению статей

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

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

2. Материалы подготавливаются в редакторе MS Word.

3. Объем статьи не более 15 страниц.

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

5. Требования к разметке и форматированию текста.

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

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

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

23-25 СЕНТЯБРЯ

УФА 2020

📍 ВДНХ ЭКСПО

ПОДДЕРЖКА:



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
КОМИТЕТ РБ ПО ТРАНСПОРТУ
И ДОРОЖНОМУ ХОЗЯЙСТВУ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ТРАНСПОРТНАЯ
ДИРЕКЦИЯ РБ



БVK БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

ТРАНСПОРТ

TRANSPORT OF THE URALS

У specialized Forum and Exhibition



У юбилейный
специализированный
форум и выставка

УРАЛА

- 🌐 www.uraltransexpo.ru
- ☎ (347) 246-42-00, 246-42-29
- ✉ avto@bvkeexpo.ru
- 📷 @transforumufa
- 📌 Транспортный форум

www.uraltransexpo.ru

#транспортныйфорум #транспортурала