

ISSN 1818-5509

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

**ТРУДЫ
РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Научно-технический журнал

**№ 3 (64)
2023**

Ростов-на-Дону

ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения

2023
№ 3 (64)

Научный журнал.
Регистрационный номер
ПИ № ФС77-79264 от 16 октября 2020 г.
Федеральной службы по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Издается с ноября 2005 г.

В журнале размещены материалы, рекомендованные к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Учредитель
Ростовский государственный университет путей сообщения

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

главный редактор журнала

В. И. Колесников, академик Российской академии наук,
доктор технических наук, профессор

А. Н. Гуда, д-р техн. наук, профессор (заместитель главного редактора)

К. С. Ахвердиев, д-р техн. наук, профессор

А. Л. Быкадоров, д-р техн. наук, профессор

В. Д. Верескун, д-р техн. наук, профессор

И. Д. Долгий, д-р техн. наук, профессор

Т. Е. Исаева, д-р пед. наук, профессор

С. Г. Шагинян, д-р экон. наук, профессор

В. В. Шаповалов, д-р техн. наук, профессор

А. О. Полунина (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ НОМЕРА:

В. Н. Носков, канд. техн. наук, директор НИЧ

Б. Х. Кульбикаян, канд. физ.-мат. наук, доцент, начальник УИ

Д. С. Мантуров, канд. техн. наук, зав. лабораторией кафедры ТеорМ

Е. С. Новиков, канд. техн. наук, руководитель группы НИЧ кафедры ТеорМ

А. В. Костюков, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела ДиА

А. И. Азоян, специалист по УМР ИЦНПС



**ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРИБОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ И
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»**



**ОБРАЩЕНИЕ РУКОВОДИТЕЛЯ
ПРОЕКТА АКАДЕМИКА РАН
КОЛЕСНИКОВА
ВЛАДИМИРА ИВАНОВИЧА**

К УЧАСТНИКАМ

Уважаемые коллеги!

Президент РФ Владимир Путин своим указом объявил Десятилетием науки и технологий 2022–2031 годы. За последние годы наука стала неотъемлемой частью нашей жизни, и мы видим, как она влияет на нашу жизнь и развитие общества. Сегодня мы хотим привлечь внимание к важности популяризации науки среди молодежи, чтобы они увидели ее значение и возможности.

2023 год Указом Президента России Владимира Путина объявлен Годом педагога и наставника. Хочу подчеркнуть важность учителей и наставников, которые помогают молодым ученым и исследователям развивать свои навыки и знания. Задачи, которые стоят перед нами, включают привлечение внимания к науке и образованию, развитие интереса молодежи к науке, создание условий для творчества и развития, а также повышение уровня образования и научных исследований.

Также хочу отметить традиции, которые существуют в науке и образовании. Эти традиции помогают нам сохранять и передавать знания и опыт от поколения к поколению.

Желаю всем успехов в научных исследованиях и развитии образования. Давайте вместе продолжать двигаться вперед и создавать будущее, которое будет лучше и более научно обоснованным. Спасибо за ваше внимание и участие!

**С уважением,
Академик РАН,
Председатель орг.комитета
Школы молодых ученых
В. И. Колесников**

СОДЕРЖАНИЕ

Борисова А. В., Борисов С. В. Обзор промышленных токсикантов железнодорожного транспорта .	5
Булгадарян А. Г. Бухгалтерский учет внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг: методический аспект	9
Веревкина О. И., Акинъшина Н. А., Иванов В. Э. Анализ методики оценки рисков функционирования железнодорожных переездов	16
Воробинская Л. И., Попова В. А. Понятие шумового загрязнения окружающей среды в инженерной экологии	33
Гридякина В. И., Доманский В. В., Логвинова И. К. Анализ применимости языка программирования Python для реализации чат-бота сбора данных о пользователях	36
Дунаев М. Ю. Сверхпроводники: инновационные материалы, технологии и перспективы	40
Игнатъев О. Л., Любарцев Д. А., Бережной И. Р. Применение теплогенераторов на тепловозе	45
Коваленко О. И., Кручинин К. А., Колодяжный И. А. Алгоритмы управления современными автоматическими трансмиссиями	52
Копыт Г. Г., Ковин А. О., Солохин В. В., Кихтенко М. Ю. Применение ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона для мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры	58
Кривошлыков К. С. Синергетический подход при решении проблемы ограниченности инфраструктуры транспортно-логистического комплекса	64
Крутова В. А., Федотов К. А. Замена подшипниковых узлов и осевых редукторов автомотрис	67
Крутова В. А., Фролова Д. С. Выбор материалов для снижения структурного шума вагона-электростанции восстановительного поезда	71
Петрушин А. Д., Притыкин Д. Е., Дагдидян Б. Д., Балашов Е. Д. Проблемы моделирования силовых импульсных преобразователей постоянного напряжения	75
Политыко К. Н., Мантуров Д. С. Формирование PVD покрытий для трибологического назначения	81
Полунина А. О., Луганченко Н. М., Мизгирева Е. Е. Повышение эффективности работы транспортных предприятий на основе процессного производства	93
Попов М. К., Заруцкая Т. А. Анализ электроснабжения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на полигоне Северо-Кавказской железной дороги	99
Сагайдак С. А., Графова Т. О. Цифровизация внутреннего контроля	105
Светличный В. В., Ильичева В. В. Мобильное приложение поддержки управления процессом комплектации пассажирского вагона	110
Фейзова В. А. Создание рецептур смазочных материалов путем применения метода подбора присадок по энергии активации	117
Хвостиков А. Г., Абдульманова К. И. Современные технические средства обеспечения транспортной безопасности на железнодорожном транспорте	123

УДК 658.382.3 : 656.2 + 06

А. В. Борисова, С. В. Борисов

ОБЗОР ПРОМЫШЛЕННЫХ ТОКСИКАНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА*

Аннотация. В работе рассмотрены основные промышленные токсиканты, выделяющиеся в воздух рабочей зоны при выполнении производственных и ремонтных работ на предприятиях железнодорожного транспорта. Дано краткое описание физико-химических свойств, токсикодинамики рассмотренных вредных веществ.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, токсикант, предельно-допустимая концентрация.

Для цитирования: Борисова, А. В. Обзор промышленных токсикантов железнодорожного транспорта / А. В. Борисова, С. В. Борисов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 5–9.

Введение

Многопрофильная производственная деятельность предприятий железнодорожного транспорта включает все виды ремонта подвижного состава и железнодорожного полотна, необходимого для обеспечения безопасности и надежности перевозок. Однако вредные вещества химической природы, образующиеся во многих технологических процессах, способны вызвать стойкие отравления работников и негативно отразиться на здоровье человека как в настоящем периоде времени, так и в последующем поколениях.

Основная часть

Для снижения риска острого отравления, возникновения и развития профессиональных заболеваний работников производственного сектора железнодорожной отрасли необходимо владеть информацией об источниках возникновения, физико-химических свойствах и механизмах воздействия на организм человека промышленных токсикантов.

Одним из наиболее распространенных и типичных токсикантов для железнодорожной отрасли являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), предельные алифатические и ароматические углеводороды. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) содержатся в продуктах сгорания топлива. Передвижными источниками выделения ПАУ в окружающую среду являются путевая техника, тепловозы, а также автомобили с бензиновыми и дизельными двигателями, используемые на предприятиях железнодорожного транспорта в качестве вспомогательного транспорта. Одной из наиболее опасных и тяжелых форм ПАУ является бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$), величина предельно-допустимой концентрации (ПДК) которого в воздухе рабочей зоны составляет $0,00001 \text{ мг/м}^3$. Бенз(а)пирен – вещество первого класса опасности, как и многие ПАУ, обладает выраженной липофильностью, легко проникают в клетки организма, оказывая токсическое действие на субклеточном и клеточном уровне. Попадая в организм человека, вредные вещества кумулируют в тканях, входят в химические реакции с молекулами жирных кислот, белков, образуя новые еще более токсичные вещества свободнорадикального характера, тем самым способствуя развитию злокачественных образований [1].

Опасным для здоровья токсикантом, относящимся к ПАУ, является нафталин. Стационарным источником загрязнения нафталином атмосферного воздуха является производство на шпалопропиточных заводах, где выделение ПАУ происходит при остывании шпал после пропитки их антисептиком. Нафталин оказывает на организм общетоксическое действие, по степени опасности относится к четвертому (малоопасному) классу, величина ПДК которого в воздухе рабочей зоны составляет 20 мг/м^3 . При этом Международное агентство по изучению онкологических заболеваний (IARC) относит нафталин к категории канцерогенных веществ. При ингаляционном поступлении нафталина в организм человека высока вероятность острого отравления, следствием которого являются головные боли, тошнота, рвота, раздражение слизистых оболочек. Хроническое воздействие

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

нафталина также приводит к нарушению работы печени и поджелудочной железы, вызывает развитие атрофического ринита и фарингит.

Меньшей опасностью и токсичностью по сравнению с ПАУ являются предельные алифатические углеводороды – алканы ($C_{12}-C_{19}$), поступающие в атмосферу также в продуктах сгорания топлива, а также при использовании различных горючесмазочных материалов при производстве ремонтных работ. Все предельные углеводороды химически относительно неактивны, отсутствие в молекулах предельных углеводородов полярных связей приводит к тому, что они плохо растворяются в воде, не вступают во взаимодействие с заряженными частицами. Среднесменная ПДК углеводородов предельных для воздуха рабочей зоны составляет 300 мг/м^3 . Предельные углеводороды и их смеси относятся к категории малоопасных веществ (4 класс опасности). Исключение составляет масло минеральное, которое относится к умеренно опасным веществам (3 класс опасности) из-за присутствия в нем более токсичных составляющих (ароматические, сернистые соединения). Следует учесть, что все летучие углеводороды являются наркотиками, при хроническом воздействии оказывают неблагоприятное действие на нервную систему, что проявляется в виде бессонницы, брадикардии, повышенной утомляемости и функциональных неврозов.

Высокой токсичностью при ингаляционном поступлении в организм обладают ароматические углеводороды. Источником образования вредных веществ ароматической углеводородной группы на предприятиях по ремонту подвижного состава являются работы по гальванопокрытию деталей, окраске. Нанесение лакокрасочных покрытий в свою очередь сопровождается выделением в воздушную среду паров растворителей и аэрозолей. Поступающие в воздух пары при выполнении окрасочных работ содержат такие токсичные вещества ароматической углеводородной группы как ацетон, бензол, бутилацетат, ксилол, толуол, уайт-спирит, формальдегид, бензин и другие в концентрации от 10 до 150 мг/м^3 [2].

Ароматические углеводороды имеют более высокую токсичность по сравнению с алканами, обладают интенсивным воздействием при контакте со слизистыми оболочками, вызывают местное раздражение и оказывают сосудорасширяющее действие. Базовым токсикантом в ароматической группе является бензол (C_6H_6), вещество 2 класса опасности, среднесменная ПДК в воздухе рабочей зоны которого составляет 5 мг/м^3 . Бензол в больших концентрациях сильно ядовит. При хронической интоксикации бензолом возникает перестройка костной ткани, остеопороз, мелкоочаговый склероз и разволокнение кортикального слоя. В условиях острого воздействия поражает преимущественно центральную нервную систему, вызывает наркотический эффект, появляющийся в таких состояниях организма как вялость, ступор, состояние наркоза, тремор, судороги, кома. В результате острого отравления высокими концентрациями бензола смерть наступает от паралича дыхательного центра и остановки дыхания. Клинические исследования токсического воздействия бензола и его гомологов подтверждают канцерогенные свойства ароматических углеводородов [3].

В большом объеме на предприятиях железнодорожного транспорта производятся сварочные и газорезные работы, цветное и медное литье, выплавка металла. При сварке деталей в воздушную среду поступает сварочный аэрозоль, имеющий твердую и газовую составляющие. Твердая составляющая включает следующие химические вещества и соединения: марганец (Mn), дижелезо триоксид (Fe_2O_3), кремния диоксид (SiO_2), хрома (III) оксид (Cr_2O_3) и хрома (VI) оксид (CrO_3). Газовая составляющая представлена такими соединениями как оксиды марганца (MnO), оксид углерода (CO), оксид азота (NO), озон (O_3), фтористый водород (HF). В зависимости от применяемого сварочного материала и вида сварки (ручная дуговая, полуавтоматическая, автоматическая) состав сварочного аэрозоля может быть дополнен другими химическими веществами. Наиболее токсичными и опасными для организма человека из выше представленных составляющих сварочного аэрозоля являются марганец (Mn) и его соединения MnO, озон (O_3), фтористый водород (HF).

Марганец является одним из важнейших микроэлементов, участвующих в регуляции нейробиохимических процессов в нервной системе. Однако при избыточном количестве марганца в элементном составе организма этот компонент становится сильным политропным ядом с выраженным кумулятивным эффектом, поражающим сердечно-сосудистую систему, печень, воздействующим на репродуктивную систему, вызывающим мутагенный и аллергический эффекты [4, 5]. Марганец (Mn) и оксид марганца (MnO) по степени токсичности относятся к веществам 2 класса опасности. Для марганца при его содержании в сварочном аэрозоле до 20 % ПДК в воздухе рабочей зоны составляет $0,6 \text{ мг/м}^3$. Оксид марганца (MnO), образуемый в аэрозоле конденсации при газовой резке и электрической сварке, отнесен к чрезвычайно опасным веществам (1 класс опасности), имеет ПДК в воздухе рабочей зоны $0,05 \text{ мг/м}^3$. Усугубляют токсическое действие марганца одновременное

присутствие в воздухе рабочей зоны оксида углерода (CO), диоксида серы (SO₂), кремния диоксида (SiO₂), меди (Cu), фтора (F). При длительном контакте с марганцем симптомы интоксикации развиваются постепенно. Скрытый период от начала интоксикации до клинических проявлений может составлять от 10 месяцев до 2 лет. Профессиональные отравления рабочих соединениями марганца, содержащихся в сварочных аэрозолях, имеют общее название «манганатотоксикозы», развиваются при поступающих в организм концентрациях порядка 0,1 до 40 мг/м³. Основной путь поступления марганца и его соединений в организм человека в условиях производства – ингаляционный. Основным путем выведения марганца – через желудочно-кишечный тракт, в меньших количествах марганец выводится с соком поджелудочной железы [5].

Специфическим промышленным токсикантом, входящим в состав сварочного аэрозоля, является озон (O₃). Озон – это аллотропная модификация кислорода, является мощным окислителем, более реакционноспособным чем двухатомный кислород. Подробно физико-химические свойства и действие на организм озона описаны в работах [6, 7]. Основной биологический эффект озона объясняется биорегуляторной ролью свободных радикалов, решающей в активации иммунологического и биохимического механизмов [6, 7]. Поскольку озон является сильным окислителем, способным реагировать практически со всеми органическими субстанциями, вызывая их окисление, при избытке озона происходит окислительный распад – озонолиз [7]. В Российской Федерации озон отнесен по степени токсичности на организм к чрезвычайно опасным веществам (1 класс опасности). Предельно-допустимая концентрация озона для воздуха рабочей зоны составляет 0,1 мг/м³. Инструментальные исследования качества воздуха рабочей зоны работников, выполняющих сварочные работы, проводимые научно-производственным центром «Охрана труда» ОНИИЦ ФГБОУ ВО РГУПС показывают в большинстве случаев отсутствие превышений ПДК по озону. Однако в условиях длительного воздействия токсиканта остается риск хронического отравления этим веществом. При хронической форме отравления озоном на теле рабочего образуются многочисленные гематомы, что обусловлено внутренним кровотечением из-за нарушения свертываемости крови. Повышается артериальное давление и развивается анемия. При наличии хронических патологий сердца, легких и почек, они обостряются [6, 7].

Фтороводород (HF) является неорганическим соединением кислотной природы, образуется в сварочном аэрозоле в результате термохимических превращений фторидов и кремнефторидов, неполного окисления органических связующих обмазок и пластификаторов электрода [8]. Фтороводород (HF) является высокотоксичным веществом, относится ко 2 классу опасности. Максимально разовая ПДК в воздухе рабочей зоны для гидрофторида (HF) в пересчете на фтор (F) составляет 0,5 мг/м³, среднесменная ПДК – 0,1 мг/м³. Хроническое отравление фтороводородом характеризуется снижением массы тела, слабостью, анемией, хрупкостью костей и туго подвижностью суставов. Соединения фтора могут вызывать дерматит, аллергический стоматит, желудочно-кишечные расстройства. При одновременном содержании в сварочном аэрозоле нескольких соединений фтора, различающихся по растворимости и агрегатному состоянию, имеет место суммирование токсических эффектов [8]. В связи с высокой токсичностью сварочного аэрозоля при выполнении сварочных работ профилактика и устранение его вредного влияния на организм сварщика представляют собой актуальную задачу.

Выводы

В данной работе представлен обзор наиболее опасных и преобладающих в производственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта токсикантов, оказывающих негативное действие на здоровье работников. Информация об источниках возникновения и токсикодинамике рассмотренных токсикантов является основой для составления текущих планов и программ лабораторно-инструментального контроля факторов производственной среды на рабочих местах. Однако, принимая во внимание развитие техники и технологий, внедрение новых материалов, перечень выше рассмотренных вредных веществ будет непрерывно расширяться.

Список литературы

1 Оруджев, Р. А. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека / Р. А. Оруджев, Р. Э. Джафарова //

References

1 Orujev, R. A. Features of the toxic effect of petroleum hydrocarbons on the human body / R. A. Orujev, R. E. Jafarova // Bulletin of

Вестник ВГМУ – 2017. – Том 16. – № 4. – С. 8–15. – ISSN 1607-9906.

2 **Павлова, Е. И.** Экология транспорта : учебник и практикум для вузов / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 416 с. – ISBN 978-5-534-16734-4.

3 **Маврина, Л. Н.** Краткие сведения о характере действия на организм ароматических углеводородов / Л. Н. Маврина, Н. А. Бейгул // Актуальные направления научных исследований : от теории к практике. – 2016. – № 2-1 (8). – С. 78–81. – ISSN 2412-0510.

4 **Королева, А. А.** Влияние марганца на нервную систему : новый взгляд / А. А. Королева // Микроэлементы в медицине. – 2023. – Т. 24. – № 2. – С. 48–52. – ISSN 1607-9957.

5 Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения / Г. В. Шестова, Т. М. Иванова, Г. А. Ливанов, К. В. Сизова // Медицина экстремальных ситуаций. – 2014. – № 4 (50). – С. 59–65. – ISSN 2306-6326.

6 **Скуратов, А. Г.** Изучение физико-химических свойств озона / А. Г. Скуратов // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы медицины», Том 4. Гомель : Гомельский государственный медицинский университет, 2010. – С. 70–74.

7 **Галеева, Н. В.** Физико-химические свойства озона и его применение в медицине (клинико-экспериментальное обоснование) / Н. В. Галеева, В. Х. Фазылов, М. А. Чижова // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 17. – С. 172–175. – ISSN 1998-7072.

8 **Гришагин, В. М.** Образование газобразной составляющей сварочного аэрозоля при сварке горношахтного оборудования и её воздействие на организм человека / В. М. Гришагин, Л. П. Еремин, Л. Г. Деменкова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № S3. – С. 400–407. – ISSN 0236-1493.

VSMU. – 2017. – V. 16. – No. 4. – P. 8–15. – ISSN 1607-9906.

2 **Pavlova E. I.** Ecology of transport : textbook and workshop for universities / E. I. Pavlova, V. K. Novikov. – 7th ed., reprint. and add. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2023. – 416 p. – ISBN 978-5-534-16734-4.

3 **Mavrina, L. N.** Brief information about the nature of the action of aromatic hydrocarbons on the body / L. N. Mavrina, N. A. Beigul // Current directions of scientific research : from theory to practice. – 2016. – № 2-1 (8). – P. 78–81. – ISSN 2412-0510.

4 **Koroleva, A. A.** The influence of manganese on the nervous system : a new look / A. A. Koroleva // Trace elements in medicine. – 2023. – V. 24. – No. 2. – P. 48–52. – ISSN 1607-9957.

5 Toxic effects of manganese as a risk factor for public health / G. V. Shestova, T. M. Ivanova, G. A. Livanov, K. V. Sizova // Medicine of extreme situations. – 2014. – № 4 (50). – P. 59–65. – ISSN 2306-6326.

6 **Skuratov, A. G.** Study of the physical and chemical properties of ozone / A. G. Skuratov // Collection of scientific articles of the Republican scientific and practical conference “Actual problems of medicine”, V. 4. Gomel : Gomel State Medical University, 2010. – P. 70–74.

7 **Galeeva, N. V.** Physico-chemical properties of ozone and its application in medicine (clinical and experimental substantiation) / N. V. Galeeva, V. H. Fazylov, M. A. Chizhova // Bulletin of the Technological University. 2016. – V. 19. – No. 17. – P. 172–175. – ISSN 1998-7072.

8 **Grishagin, V. M.** Formation of a gaseous component of welding aerosol during welding of mining equipment and its effect on the human body / V. M. Grishagin, L. P. Eremine, L. G. Demenkova // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – № S3. – P. 400–407. – ISSN 0236-1493.

A. V. Borisova, S. V. Borisov

OVERVIEW OF INDUSTRIAL TOXICANTS RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The paper considers the main industrial toxicants released into the air of the working area during production and repair work at railway transport enterprises. A brief description of the physico-chemical properties, toxicodynamics of the considered harmful substances is given.

Keywords: railway transport, toxicant, maximum permissible concentration.

For citation: Borisova, A. V. Overview of industrial toxicants of railway transport / A. V. Borisova, S. V. Borisov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 5–9.

Сведения об авторах

Борисова Анастасия Викторовна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: nastja004@bk.ru

Борисов Сергей Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
аспирант,
e-mail: sergey_080@mail.ru

Information about the authors

Borisova Anastasia Viktorovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Life safety”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: nastja004@bk.ru

Borisov Sergey Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Life safety”,
Postgraduate student,
e-mail: sergey_080@mail.ru

УДК 330 + 06

А. Г. Булгадарян

БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ*

Аннотация. Рассмотрены особенности бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности, усовершенствовано методическое обеспечение бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности и подходы к выявлению направлений аналитического учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг.

Ключевые слова: бухгалтерский учет, внешнеэкономическая деятельность, транспортных услуги, методический аспект.

Для цитирования: Булгадарян, А. Г. Бухгалтерский учет внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг: методический аспект / А. Г. Булгадарян // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 9–16.

Введение

Глобализационные процессы в экономике влияют на расширение деятельности субъектов хозяйствования и создают условия для выхода на внешние рынки товаров и услуг. Неотъемлемой частью внешнеэкономических операций является использование иностранной валюты для расчетов с иностранными контрагентами. Таким образом, возникают новые объекты в системе бухгалтерского учета, требующие применения особых правил в части использования организационно методических аспектов учетного отражения хозяйственных операций [1–9].

На основании национальных и международных стандартов бухгалтерского учета, таможенного и налогового законодательства, независимо от проблем, возникающих внутри учетной системы отдельного субъекта хозяйствования, происходит регулирование внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг предприятия в части документирования, налогообложения, таможенного оформления, ведения расчетов и других вопросов, требующих унифицированного подхода для создания возможности реализации эффективных операций внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг. Это, в свою очередь, обеспечит формирование сравнимой

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

и сопоставимой информационной среды между субъектами хозяйствования как внутри страны, так и за ее пределами, а также позволит повысить уровень конкурентоспособности товаров и услуг российских национальных производителей. Ведь расширение круга экспортеров и рост качества экспортируемой продукции и услуг, предоставляемых внешним контрагентам, в соответствии с «Прогнозом долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [5] и в свете принятия Внешнеэкономической стратегии Российской Федерации до 2030 года [6], которые имеют важное значение для российской бизнес среды. Анализируя информацию, представленную в стратегических документах России, можем сделать вывод, что одной из основных проблем, существующей на сегодняшний день в сфере ведения внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг является низкая конкурентоспособность субъектов внешнеэкономических отношений на внешних рынках товаров и услуг. Одним из основных направлений решения данной проблемы является оптимизация учетной деятельности в сфере экспортно-импортных операций, что актуализирует проблему изучения особенностей и методических аспектов бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг (ВЭД) предприятия.

При написании статьи использовались следующие методы: метод абстрагирования и логический анализ – для разработки концептуальных положений развития бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг (ВЭД) предприятия, необходимых для обеспечения развития и конкурентной устойчивости бизнеса; метод декомпозиции и структурно-логического анализа – при анализе сложившихся закономерностей учетной деятельности в сфере экспортно-импортных операций; метод анализа и синтеза – при выделении возможностей и путей совершенствования данных процессов.

Основная часть

Сегодня в научной литературе проходит научная дискуссия, которая базируется в основном на направлении к международным стандартам бухгалтерского учета и финансовой отчетности [1, 7, 8, 9]. Это означает, что большинство исследований осуществляется с целью унификации национальных и международных стандартов, что, по мнению ученых, должно улучшить уровень правового обеспечения учетного отражения операций внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг. Учитывая полученные научные результаты, считаем, что целесообразно расширить функциональное назначение бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности и учитывать запросы системы управления внешнеэкономической деятельностью в части принятия управленческих решений и этапы осуществления внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг. Поэтому основной задачей является раскрытие методических положений бухгалтерского учета операций экспорта и импорта предприятий в свете осуществления управления внешнеэкономической деятельностью и с учетом сферы принятия управленческих решений.

Для решения поставленной цели целесообразно использовать подход разделения внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг на этапы подготовки, реализации и окончания внешнеэкономических операций, что позволит усовершенствовать процесс отражения в бухгалтерском учете операций экспорта и импорта с учетом основных актуальных запросов от системы управления внешнеэкономической учетной деятельностью подсистеме на предприятии. Учитывая тот факт, что бухгалтерский учет является основным информационным источником принятия управленческих решений в сфере внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг. Кроме того, следует учитывать, что учетное отражение состоит из основных элементов метода бухгалтерского учета, которые отразить на каждом из этапов осуществления внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг.

Также одним из основных аспектов должно стать распределение операций внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг по видам: экспорт товаров, экспорт услуг, импорт товаров и импорт услуг, а также экспорт и импорт товаров без пересечения таможенной границы. На сегодняшний день последние виды внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг актуальны в свете уменьшения расходов на транспортировку товаров. Особого внимания требует вопрос осуществления внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг со странами Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), ведь в основном именно положения данных документов определяют особенности бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг, влияют на внешнеэкономическую деятельность субъектов хозяйствования, определяя особенности таможенного оформления товаров, в частности

формирования и оценки стоимости экспортируемых и импортируемых товаров, а также имеют непосредственное отношение к затратам деятельности предприятия и таким образом определяют конечный финансовый результат.

Дальнейшее развитие России в современных условиях обуславливает необходимость дальнейшего теоретического осмысления происходящих изменений в национальной системе бухгалтерского учета и появление новых исследовательских приоритетов. На первый план исследований выходят вопросы изменений и последствий, вызванных процессами международной интеграции, реформирования системы бухгалтерского учета, создания и усовершенствования законодательной базы регулирования бухгалтерского учета, значения, роли и состава агентов, формирующих политику в сфере бухгалтерского учета. Одновременно с традиционными подходами к предмету организации бухгалтерского учета развиваются направления, основанные на научных теориях, изучающих вопросы приспособления экономических систем к изменениям окружающей среды и тенденциям развития общества.

Среди наиболее значимых тенденций развития научного знания об организации бухгалтерского учета следует выделить такие основные организационные факторы как [1, 9]: – глобализация современного мира, что приводит к необходимости осмысления интеграционных процессов в сфере бухгалтерского учета; – рост количества и значения неправительственных и межправительственных профессиональных объединений как субъектов, формирующих учетную политику государства. Обе тенденции находятся во взаимосвязи и взаимообусловлены. Так, интеграционные процессы в сфере бухгалтерского учета стали возможны, с одной стороны, через глобализационные процессы в политике и экономике, с другой стороны, за счет появления и роста значения профессиональных объединений бухгалтеров и аудиторов в процессе принятия и реализации решений по политике в сфере бухгалтерского учета. Указанные факторы, определяющие тенденции развития научного знания об организации бухгалтерского учета, обусловили выход на первый план теоретических разработок, которые имеют практическую направленность и значимость и могут объяснить преимущество организационных факторов.

Неоинституционализм является одним из быстро развивающихся и наиболее перспективным направлением современной экономической мысли, направленным на учет организационных факторов на экономические системы. В рамках институциональной теории ключевым для экономического роста признается установление внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов, способствующих изменениям институтов, институциональной среды и институциональной структуры отдельных систем и общества в целом. Институциональный анализ применяется для установления и объяснения причин и последствий уже имеющихся процессов и явлений и изменений норм и правил, регулирующих эти процессы и явления. При этом внимание акцентируется на росте влияния организационных аспектов, определяемых как главное условие изменений институтов и развития экономики.

Расширение методологии организации бухгалтерского учета за счет соблюдения положений институциональной теории позволяет установить состояние национальной системы бухгалтерского учета, определить проблемные аспекты и внутренние противоречия, выявить влияние различных факторов и процессов на развитие организации бухгалтерского учета в России. Помимо прочего, институциональный анализ позволяет определить закономерности, тенденции и концептуальные направления решения проблемных аспектов развития организации бухгалтерского учета. Впрочем, следует подчеркнуть, что при применении теории институтов относительно организации бухгалтерского учета следует исходить из того, что национальная система бухгалтерского учета так или иначе реагирует на изменения окружающей среды. Поэтому если говорить о теоретическом осмыслении изменений организации бухгалтерского учета в условиях особо сложных политических процессов и системного экономического кризиса практически невозможными становятся политические и экономические прогнозы, поскольку принципиально меняется внешний мир. В сложных нестабильных политических условиях направление дальнейшего развития организации бухгалтерского учета может оказать решающее значение для повышения конкурентоспособности российских предприятий и экономики России в целом.

Кроме требований, установленных в соглашениях России с другими странами и международными организациями, целесообразно учитывать при усовершенствовании учетного обеспечения внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг также Официальные правила толкования торговых терминов Международной торговой палаты Инкотермс,

устанавливающие обязательства о дате относительно поставки, перехода рисков и расходов, связанных с товаром.

Главная цель Инкотермс – четкое определение условий контракта по отношению к обязанностям о дате по доставке товара покупателю и унификация обязанностей сторон договора. Поставка товара из одной страны в другую связана с расходами, риском и осуществлением ряда технических и административных функций. Эти вопросы торговые партнеры согласовывают во внешнеэкономическом контракте путем применения «базисных условий» Инкотермса, сводящих к минимуму недоразумения и споры по отношению к таким трем аспектам сделки: кто, от какого и к какому пункту доставки осуществляет поставку товара и несет расходы, отвечает за возможные риски; в какой момент поставки риск утраты продукта переходит от торговца к покупателю; кто осуществляет таможенное оформление (таможенную очистку) товара; – изменение валютного курса, предусматривающего установление соответствующей суммы изменения доходов и расходов, а также стоимости как импортированных, так и экспортируемых товаров [4]. Курс национальной валюты по отношению к иностранной играет роль детерминанта результативности осуществленных внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг и позволяет при условии применения соответствующих элементов управления валютными рисками изменять финансовый результат внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг; урегулирование ситуации на денежно кредитном и валютном рынках России», приводит к необходимости разработки особых методик управления валютными рисками под осуществление экспортных операций в пользу юридических лиц подлежат обязательной продаже на межбанковском валютном рынке России, в том числе непосредственно ЦБ РФ. Остальные поступления в иностранной валюте остаются в распоряжении резидентов и нерезидентов и используются ими в соответствии с правилами валютного регулирования.

Следует обратить внимание на необходимости усовершенствования методики оценки импортируемых товаров, на основании чего предлагает использовать субсчет, на котором следует накапливать расходы, включаемые в их стоимость по конкретной поставке, эта информация должна накапливаться на предложенном субсчете по этапам осуществления поставок. Это будет способствовать определению их реальной себестоимости, принятию соответствующих управленческих решений по оптимизации импортных поставок. Соглашаемся с тем, что затраты должны накапливаться на отдельном субсчете.

Что касается осуществления переоценки, то регулирование данного вопроса осуществляется в соответствии с положениями российского бухгалтерского учета. Обобщая требования, указанные в законодательстве, делаем вывод, что при условии роста курса иностранной валюты такая курсовая разница отражается на счете 91 «Прочие доходы и расходы», (субсчет – 91-2 отрицательные курсовые разницы по пассивным счетам; субсчет – 91-1 положительные курсовые разницы по активным счетам), а при условии уменьшения курса иностранной валюты, наоборот, с последующим отражением в составе финансовых результатов на счете 91 «Прочие доходы и расходы». Для расчетов с учредителями используется счет 83 «Добавочный капитал» (таблица 1). Курсовые разницы, отражаемые в бухгалтерском учете, формируются на счетах доходов и расходов, которые необходимо классифицировать в соответствии с аналитическими разрезами.

Таблица 1

Направления организации и ведения синтетического и аналитического бухгалтерского учета ВЭД [1, 2, 3]

Счета	Направления аналитических счетов
41 «Товары»	– по виду выбранной формулы Инкотермс в соответствии с моментом передачи рисков и обязательств; – по видам импортируемых товаров.
44 «Расходы на продажу»	– по видам иностранной валюты; – по географическому расположению контрагента; – по виду выбранной формулы Инкотермс в соответствии с моментом передачи рисков и обязательств; – по видам импортируемых товаров.

Окончание табл. 1

Счета	Направления аналитических счетов
62 «Расчеты с покупателями и заказчиками»	– по видам иностранной валюты;
60 «Расчеты с поставщиками и подрядчиками»	– по географическому расположению контрагента;
90 «Продажи», субсчет 90-9 «Прибыль / убыток от продаж»	– по виду выбранной формулы Инкотермс в соответствии с моментом передачи рисков и обязательств.
90 «Продажи», субсчет 90-2 «Себестоимость продаж»	– по видам экспортируемого товара;
91 «Прочие доходы и расходы»	– по виду выбранной формулы Инкотермс в соответствии с моментом передачи рисков и обязательств.
	– по видам иностранной валюты;
	– по видам монетарной статьи.

Следовательно, идентификация направлений выполнения основной задачи исследования требует осуществления анализа и оценки существующего в научной литературе в сфере разработки и усовершенствования методического обеспечения бухгалтерского учета экспортных и импортных операций. Кроме указанных направлений следует учитывать основные принципы бухгалтерского учета и элементы метода бухгалтерского учета, которые непосредственно влияют на отражение операций внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг и определяют качество и достоверность сформированной в финансовой отчетности информации для целей управления внешнеэкономической деятельностью. «Учет операций в иностранной валюте регулируются соответствующим стандартом бухгалтерского учета.

Для компаний, ведущих учет по национальным стандартам бухгалтерского учета, это федеральный стандарт бухгалтерского учета для организаций государственного сектора «Влияние изменений курсов иностранных валют» и Положение по бухгалтерскому учету «Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте» (ПБУ 3/2006), а для компаний, ведущих учет по МСФО–МСФО (IAS) 21. Несмотря на некоторое редакционное отличие, основные требования этих стандартов схожи. Поэтому в этом исследовании осуществляется оценка национального положения бухгалтерского учета. В таблице 2 раскрыта связь между элементами метода бухгалтерского учета и этапами осуществления внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг.

Таблица 2

Взаимосвязь между элементами метода бухгалтерского учета и этапами осуществления внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг

ЭКСПОРТНЫЕ ОПЕРАЦИИ	ЭКСПОРТНЫЕ ОПЕРАЦИИ
ЭТАП 1	
Себестоимость экспортируемого товара	Первоначальная стоимость импортируемого товара
Себестоимость состоит из производственной себестоимости, нераспределенных постоянных общепроизводственных расходов и сверхнормативных производственных затрат	Первоначальная стоимость товара состоит из сумм, уплачиваемых согласно договору экспортера (минус косвенные налоги) и других расходов, связанных с приобретением
ЭТАП 2 – ДАТА ПРИЗНАНИЯ	
Расходы признаются расходами определенного периода одновременно с признанием дохода, для получения которого они произведены	Запасы признаются активом, если существует вероятность того, что предприятие получит в будущем экономические выгоды, связанные с их использованием, и их стоимость может быть достоверно определена
Доходы признаются при наличии условий, предусмотренных в законодательстве	

Окончание табл. 2

ЭТАП 3 – ВАЛЮТА ПРИЗНАНИЯ	
– доходы признаются по курсу на дату поставки товаров; – доходы по предварительной оплате признаются по обменному курсу на дату получения аванса	– стоимость товаров признается по курсу на дату получения товаров; – стоимость товаров, приобретенных по предварительной оплате, признается по обменному курсу на дату уплаты аванса
ЭТАП 4 – УЧЕТ ПРАВИЛ ИНКОТЕРМС	
Категория Е – обязательства переходят к покупателю непосредственно в момент отправки и, соответственно, в месте отправки товара	признание импортируемых товаров / признание экспортного дохода в момент поставки
Категория F – точкой перехода обязательств является терминал отправления перевозки при условии, что основная часть транспортировки является неоплаченной	признание импортируемых товаров / признание экспортного дохода в момент начала транспортировки
Категория С – оплата основного транспорта производится в полном объеме, обязательства переходят в момент поступления груза в терминал прибытия	признание импортируемых товаров / признание экспортного дохода в момент поступления груза в терминал прибытия
Категория D – «полноценная доставка», когда переход обязательств осуществляется в момент принятия товара покупателем	признание импортируемых товаров / признание экспортного дохода в момент принятия товара покупателем

В частности, документирование внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг интерпретируется на всех этапах реализации внешнеэкономических операций и должно обеспечивать достоверность данных, отражаемых в бухгалтерском учете на основании преобразования информации, содержащейся в первичных документах.

Выводы

Итак, в ходе проведенного исследования усовершенствовано методическое обеспечение бухгалтерского учета внешнеэкономической деятельности. В частности, в части документирования предложены направления усовершенствования первичных документов и разработана модель документооборота экспортных и импортных операций в соответствии с этапами их осуществления на предприятии.

В ходе исследования усовершенствован подход к выделению направлений аналитического учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг, в основе которого акцентировано внимание на особенностях ВЭД (изменения валютных курсов, правила Инкотермс, вид деятельности предприятия и т. п.). Представленное методическое обеспечение внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг основывается на этапах осуществления операций внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг, что способствует укреплению коммуникационных связей между системой управления предприятием и бухгалтерским учетом и обеспечивает раскрытие достоверной и полной информации для принятия управленческих решений.

Список литературы

- 1 Вахрушева, О. Б. Бухгалтерский управленческий учет / О. Б. Вахрушкова. – М. : Дашков и К, 2019. – 252 с. – ISBN 978-5-394-02539-6.
- 2 Кесян, С. В. Особенности учета экспорта товаров, работ, услуг / С. В. Кесян, А. Ф. Кузина, М. И. Ленкова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2021. – № 4 (36). – С. 286–292. – DOI 10.24412/2309-4788-2021-11315.
- 3 Максименко, О. А. Классификация транспортно-экспедиционных затрат / О. А. Максименко // Вестник университета. –

References

- 1 Vakhrusheva, O. B. Management accounting / O. B. Vakhrushkva. – M. : Dashkov i K, 2019. – 252 p. – ISBN 978-5-394-02539-6.
- 2 Kesyan, S. V. Features of accounting for the export of goods, works, services / S. V. Kesyan, A. F. Kuzina, M. I. Lenkova // Natural-humanitarian studies. – 2021. – No. 4 (36). – P. 286–292. – DOI 10.24412/2309-4788-2021-11315.
- 3 Maksimenko, O. A. Classification of transport and forwarding costs / O. A. Maksimenko // Vestnik Universiteta. – 2021. – No. 8. – P. 122–126. – DOI 10.26425/1816-4277-2021-8-122-126.

2021. – № 8. – С. 122–126. – DOI 10.26425/1816-4277-2021-8-122-126.

4 Международные правила толкования торговых терминов «Инкотермс 2010 (публикация МТП N 715, правила вступили в действие с 01 января 2011 года) [Электронный ресурс]. – URL : <https://importo.ru/wp-content/uploads/2020/06/incoterms2010.pdf> (дата обращения 13.07.2023).

5 Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (разработан Минэкономразвития России) [Электронный ресурс]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/e59d0198a6b86d35269590004bc1bb4d18c9fa29 (дата обращения 17.07.2023).

6 Внешнеэкономическая деятельность Минэкономразвития России [Электронный ресурс]. – URL : https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost (дата обращения 13.07.2023).

7 Семенихин, В. В. Посреднические услуги [Электронный ресурс] / В. В. Семенихин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ГроссМедиа, РОСБУХ, 2020. – 873 с. – URL : <https://umockltd.ru/upload/iblock/7e9/tgtz4yoi00sw9pua71kau3fa6jy6oi8i.pdf> (дата обращения 26.05.2023).

8 Солиев, Д. Ж. Вопросы совершенствования учета внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг на предприятиях / Д. Ж. Солиев, Б. К. Кучкаров, Б. Д. Абдуллаев // Oriental Renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – V. 2. – Issue 6. – С. 565–578. – ISSN 2181-1784.

9 Хакимов, Р. З. Значение и учет валютных операций во внешнеэкономической деятельности в сфере транспортных услуг компании / Р. З. Хакиев // Вестник науки и образования. – 2020. – № 6-1 (84). – С. 38-44. – DOI 10.24411/2312-8089-2020-10603.

4 International rules for the interpretation of trade terms “Incoterms 2010” (ICC publication N 715, the rules came into force on January 1, 2011) [Electronic resource]. – URL : <https://importo.ru/wp-content/uploads/2020/06/incoterms2010.pdf> (date of access 07/13/2023).

5 Forecast of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period until 2030” (developed by the Ministry of Economic Development of Russia) [Electronic resource]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/e59d0198a6b86d35269590004bc1bb4d18c9fa29 (date of access 07/17/2023).

6 Foreign economic activity of the Ministry of Economic Development of Russia [Electronic resource]. – URL : https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost (date of access 07/13/2023).

7 Semenikhin, V. V. Intermediary services [Electronic resource] / V. V. Semenikhin. – 4th ed., revised. and additional – M. : GrossMedia, ROSBUKH, 2020. – 873 p. – URL : <https://umockltd.ru/upload/iblock/7e9/tgtz4yoi00sw9pua71kau3fa6jy6oi8i.pdf> (date of access 05/26/2023).

8 Soliev, D. Zh. Issues of improving the accounting of foreign economic activity in the field of transport services at enterprises / D. Zh. Soliev, B. K. Kuchkarov, B. D. Abdullaev // Oriental Renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – V. 2. – Issue 6. – P. 565–578. – ISSN 2181-1784.

9 Khakimov, R. Z. The importance and accounting of currency transactions in foreign economic activity in the field of transport services of a company / R. Z. Khakimov // Bulletin of Science and Education. – 2020. – No. 6-1 (84). – P. 38–44. – DOI 10.24411/2312-8089-2020-10603.

A. G. Bulgadaryan

ACCOUNTING FOR FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY IN THE FIELD OF TRANSPORT SERVICES: METHODOLOGICAL ASPECT

Annotation. The features of accounting of foreign economic activity are considered, the methodological support of accounting of foreign economic activity and approaches to identifying areas of analytical accounting of foreign economic activity in the field of transport services are improved.

Keywords: accounting, foreign economic activity, transport services, methodological aspect.

For citation: Bulgadaryan, A. G. Accounting for foreign economic activity in the field of transport services: methodological aspect / A. G. Bulgadaryan // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 9–16.

Сведения об авторах

Булгадарян Астхик Галустовна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика, учет и анализ»,
аспирантка,
e-mail: bulgadaryanasthik@icloud.com

Information about the authors

Bulgadaryan Astghik Galustovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Economics, Accounting and Analysis,”
Postgraduate student,
e-mail: bulgadaryanasthik@icloud.com

УДК 656.21 + 06

О. И. Вережкина, Н. А. Акинъшина, В. Э. Иванов

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ*

Аннотация. В настоящее время в холдинге ОАО «РЖД» особо уделяется внимание обеспечению безопасности на железнодорожных переездах, их и техническому состоянию и оснащению устройствами, что оказывает прямое влияние на обеспечение безопасного функционирования железнодорожных переездов.

Пересечения железнодорожных путей с автодорогой в одном уровне являются объектами повышенной опасности, что требует не только соблюдение требований правил дорожного движения со стороны водителей автотранспортных средств, но и высокие организацию и техническое обслуживание железнодорожных переездов, создавая, тем самым, условия для безопасного проследования и поездов, и автомобилей. Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах осуществляется путем улучшения их технического состояния, инновационных техник и технологий, обеспечивающих повышение уровня безопасности движения, проведение совместно с Государственной инспекцией безопасности движения на дорогах Управления Министерства внутренних дел профилактических рейдов на железнодорожных переездах с наибольшим интенсивным движением транспорта

Приоритетной задачей в безопасном пересечении железнодорожных путей по железнодорожным переездам является не только обеспечение надежной работы устройств оснащения железнодорожных переездов, но и управление рисками, что позволит сократить количество опасных событий на железнодорожных переездах.

Ключевые слова: железнодорожный переезд, минимизация рисков, нарушения безопасности движения, оценка риска, аксиоматная модель.

Для цитирования: Вережкина, О. И. Анализ методики оценки рисков функционирования железнодорожных переездов / О. И. Вережкина, Н. А. Акинъшина, В. Э. Иванов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 16–32.

Введение

Важность использования предлагаемого подхода в управлении рисками при пересечении железнодорожных переездов позволит не только уйти от традиционного подхода к управлению безопасностью на железнодорожных переездах, где основным положительным результатом является показатель сокращения количества опасных событий в сравнении с предыдущими периодами, но и

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

обеспечить учет и выявление возникающих рисков возникновения случаев нарушений, а также улучшить экономические показатели. Такой подход управления рисками в области обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах выполняется через оценку величины риска с учетом тяжести последствий, при которой риски, оцененные как «не принимаемый в расчет» и «допустимый» обеспечивают безопасное функционирование железнодорожных переездов, а уровни «нежелательный» и «недопустимый» требуют определения управленческих, организационных, технологических и/или технических мероприятий и решений [1–12].

Основная часть

Основные направления в профилактической работе по минимизации рисков на железнодорожных переездах. В целях минимизации рисков ДТП на железнодорожных переездах в ОАО «РЖД» проводится работа по согласованию закрытия малодеятельных переездов, а также наиболее опасных железнодорожных переездов с постройкой и пуском в эксплуатацию путепроводов, модернизация и капитальный ремонт переездов, оборудование устройствами УЗП, согласовано требованиям Инвестиционной программы безопасности движения. Иницируются и проводятся совещания по безопасности движения на железнодорожных переездах с участием представителей районных, городских, областных администраций), представителей ГИБДД, представителей дорожных хозяйств. По вопросам обеспечения безопасности движения в адреса администраций районов, областей, автопредприятий и ГИБДД направляются письма по профилактике ДТП, и возможности закрытия железнодорожных переездов, а также обращения в областные администрации по рассмотрению на заседании областной комиссии вопроса обеспечения безопасности дорожного движения на переездах; по рассмотрению возможности включения в региональную программу поэтапное строительство автодорожных путепроводов; по включению в областную комиссию по вопросам обеспечения безопасности дорожного движения представителя железной дороги.

В целях блокирования рисков возникновения нарушения безопасности движения на железнодорожных переездах направляются обращения Председателям Областных Дум с просьбой инициировать обращения в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации решения вопроса о внесении в обязательные характеристики Тахографов, используемых на автотранспортных средствах, функций контроля скорости проследования железнодорожных переездов через электронную карту, а также увеличения нормативов времени на доставку грузов и пассажиров при наличии в маршруте следования железнодорожных переездов.

Организовываются и проводятся совместные с представителями ГИБДД УМВД профилактические рейды на железнодорожных переездах с наиболее интенсивным движением автотранспорта, и на которых были допущены ДТП. Основной задачей рейдов является проведение среди водителей автотранспорта разъяснительной работы с распространением памяток о правилах проезда железнодорожных переездов, обращение особого внимания водителей на тяжесть последствий ДТП, их персональную ответственность и неотвратимость наказания за допущенные нарушения правил дорожного движения.

На основании требований пункта 5 [2] в целях предупреждения аварийности на железнодорожных переездах и стабилизации обстановки с обеспечением безопасности движения работниками Дирекций инфраструктуры организуются и проводятся комиссионное обследование всех железнодорожных переездов и подходов к ним, переездных обустройств с привлечением представителей ГИБДД, местных администраций, автотранспортных предприятий, общественных организаций автомобилистов, Федеральной службы по надзору в сфере транспорта и других заинтересованных лиц. Проводится выверка всех карточек по переезду и местных инструкций на предмет соответствия и видимости железнодорожных переездов водителям транспортных средств и машинистам поездов.

В целях предупреждения аварийности на железнодорожных переездах Международный союз железных дорог при поддержке железнодорожного сообщества всего мира совместно с комиссией Европейского Союза и европейской экономической комиссией ООН в 2017 году дата 2 июня объявлена Международным днем привлечения внимания к железнодорожным переездам. На основании чего ежегодно планируются и проводятся «Международные дни привлечения внимания к железнодорожным переездам» с участием руководства железнодорожной инфраструктуры и представителей железнодорожных организаций, муниципальных образований, дорожных служб, ГИБДД.

Железнодорожные переезды с интенсивным движением автотранспорта и автобусным движением оборудуются информационными аншлагами «Внимание, переезд!», предупреждающие водителей и пешеходов о соблюдении особой бдительности при следовании через железнодорожный переезд, а также переход железнодорожного полотна в специально отведенных местах.

При выявлении несоответствия актуальности карточек железнодорожных переездов формы ПУ-66 и технических параметров, в том числе, с учетом соответствия фактической видимости переезда машинистами поездов согласно указанным данным в карточках состояния и параметров работы устройств переездной сигнализации и заграждения, а также состояния монтажа на постах ЭЦ, ДЦ, ГАЦ, модулях ЭЦ и АБТЦ. По результатам проверок организуется работа по их актуализации. Несоответствия видимости железнодорожного переезда машинистами поездов устраняются.

Анализ нарушений безопасности движения на железнодорожных переездах. Несмотря на масштабную работу по предупреждению нарушения ДТП на железнодорожных переездах дежурные работники на железнодорожных переездах продолжают фиксировать нарушения проезда через железнодорожные переезды водителями транспортных средств.

В 2021 году количество столкновений на железнодорожных переездах по вине водителей автотранспорта, грубо нарушивших ПДД, возросло к уровню прошлого года на 16 %.

По причине столкновений автотранспорта с поездами на железнодорожных переездах допущено 3 схода железнодорожного подвижного состава.

Количество пострадавших в столкновениях на железнодорожных переездах возросло к уровню прошлого года на 49 %. В том числе, количество погибших увеличилось на 71 %. Количество столкновений с участием пассажирских и пригородных поездов возросло на 59 %.

Вместе с тем, на железнодорожных переездах в настоящее время допущено 3 столкновения железнодорожного подвижного состава с автобусами, что выше аналогичного периода прошлого года в 3 раза.

Наибольшее количество происшествий допущено на железнодорожных переездах 4 категории – 61 %, 3 категории – 24 %, 2 категории – 13 % и 1 категории – 2 %.

Основная доля столкновений автотранспортных средств допущена с грузовыми поездами – 46 %, маневровым подвижным составом – 14 %, одиночными локомотивами – 14 %, пригородными поездами – 12 %, пассажирскими поездами – 8 % и хозяйственными поездами – 4 %.

За истекший период 2021 года на территории Российской Федерации рост транспортных происшествий на железнодорожных переездах к уровню прошлого года допущен в Центральном – на 38 %, Приволжском – на 25 %, Северо-Западном – на 73 % и Южном – на 80 % федеральных округах.

Высокий показатель коэффициента столкновений, приходящийся на 100 железнодорожных переездов, наблюдается в Северо-Кавказском, Сибирском, Южном и Дальневосточном федеральных округах, что выше среднесетевого значения.

На рис. 1 представлена динамика изменения числа железнодорожных переездов на сети дорог. За 20 лет количество железнодорожных переездов уменьшено на 21 % за счет их ликвидации (закрытия), на малоинтенсивных направлениях автомобильного транспорта. Ожидалось, что данное мероприятие положительно повлияет на снижение числа столкновений на железнодорожных переездах, а значит и снижение количества пострадавших (погибших), а также нанесенный материальный ущерб.

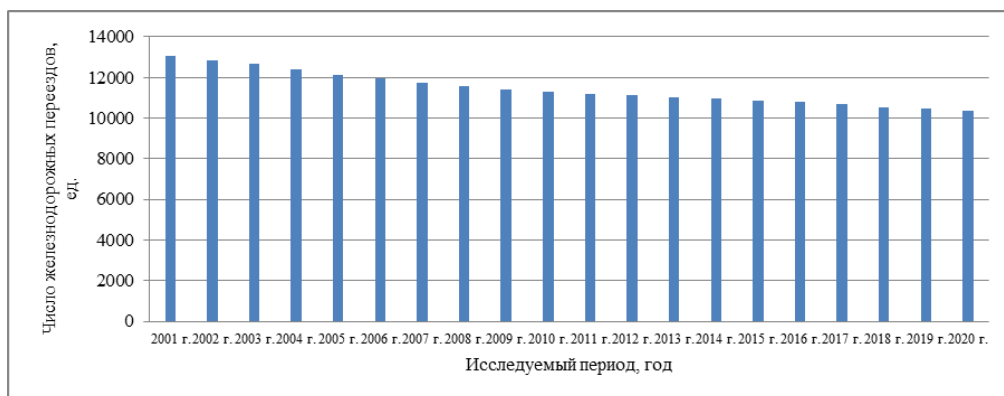


Рис. 1. Динамика изменения количества железнодорожных переездов на сети дорог

Исследуя статистику допущенных столкновений автотранспортных средств при пересечении железнодорожных переездов, выявлено, что ежегодная ликвидация не дает ожидаемых результатов по снижению аварийности на ЖДП и количество происшествий на переездах или выше среднего значения (258 случаев дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах) или близкое к нему, о чем наглядно представлено на рис. 2, 3 и 4.

Исходя из параметров значений количества эксплуатируемых переездов, и числа допущенных столкновений за один год вычислена средняя частота столкновений, приходящаяся на 1 железнодорожный переезд по каждому исследуемому периоду, результаты представлены на рис. 4. Несмотря на то, что в 2017, 2018 и 2019 годах количество железнодорожных переездов сокращено на 18 % по сравнению с 2001 годом, число ДТП превысило среднестатистические данные за двадцатилетний период и составило от 259 случаев до 245 случаев за год.



Рис. 2. Динамика изменения количества допущенных столкновений на железнодорожных переездах

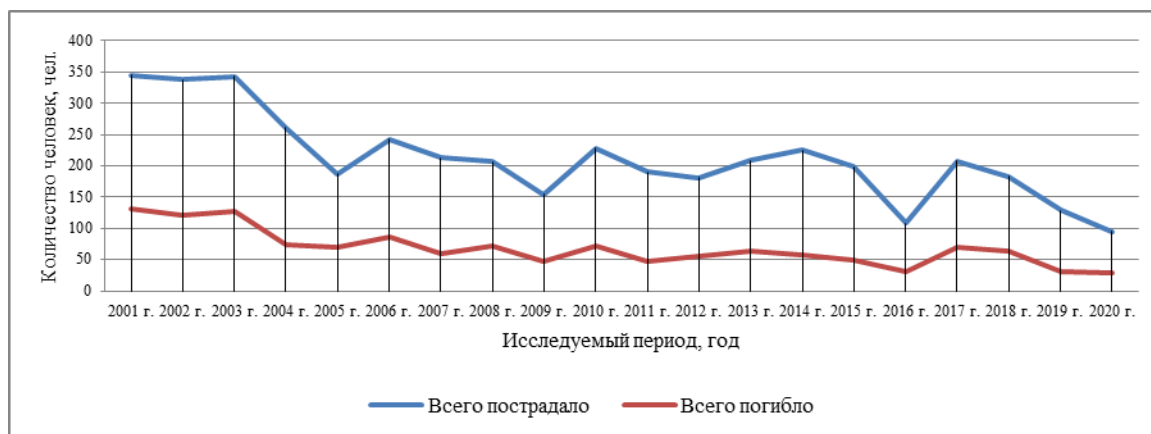


Рис. 3. Динамика изменения числа пострадавших в результате допущенных столкновений на железнодорожных переездах

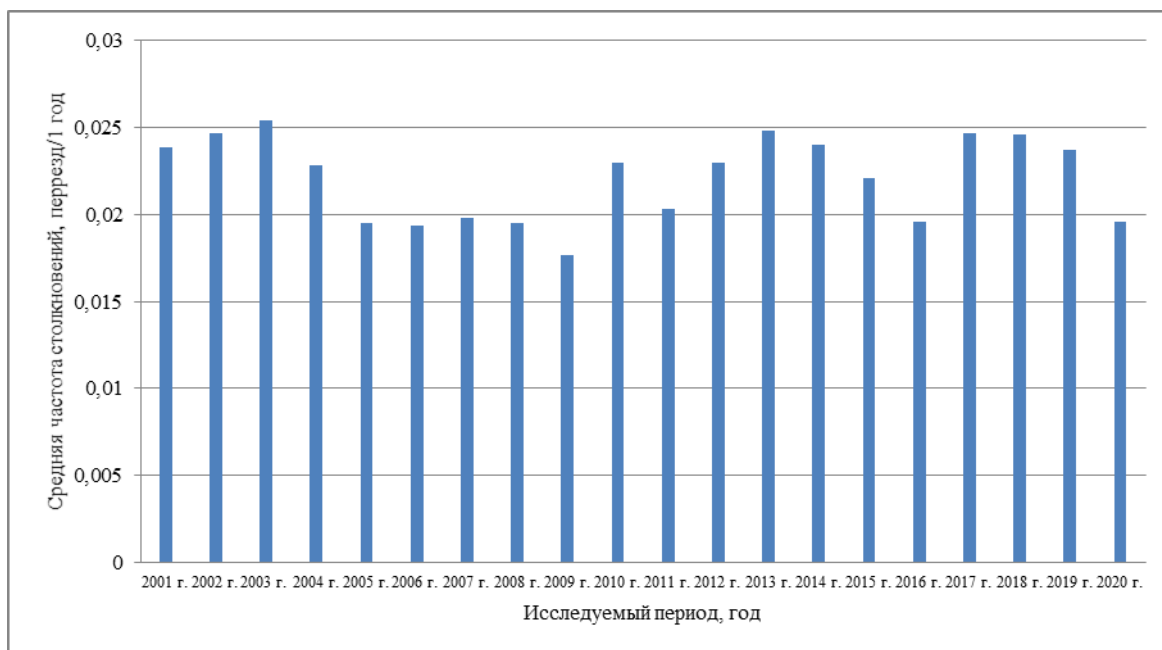


Рис. 4. Динамика средней частоты столкновений автотранспорта с железнодорожным подвижным составом на железнодорожных переездах

Среднесетевое значение по ежегодному количеству пострадавших при дорожно-транспортных происшествиях на железнодорожных переездах 212 человек, погибших – 68 человек. Ежегодно в результате столкновений автотранспорта с железнодорожным подвижным составом на железнодорожных переездах повреждается около сотни локомотивов, четверти сотни вагонов, разбивается свыше 200 автотранспортных средств (среднегодовые значения), наносится ежегодный материальный ущерб железной дороге в размере свыше 50 миллионов рублей (среднее), прерывается движение поездов на 215 часов и более.

Исследования статистических данных дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах в зависимости от месяца, дня недели и времени суток выявили наиболее опасные периоды для возникновения аварийных ситуаций на переездах, что представлено на рис. 5, 6 и 7.

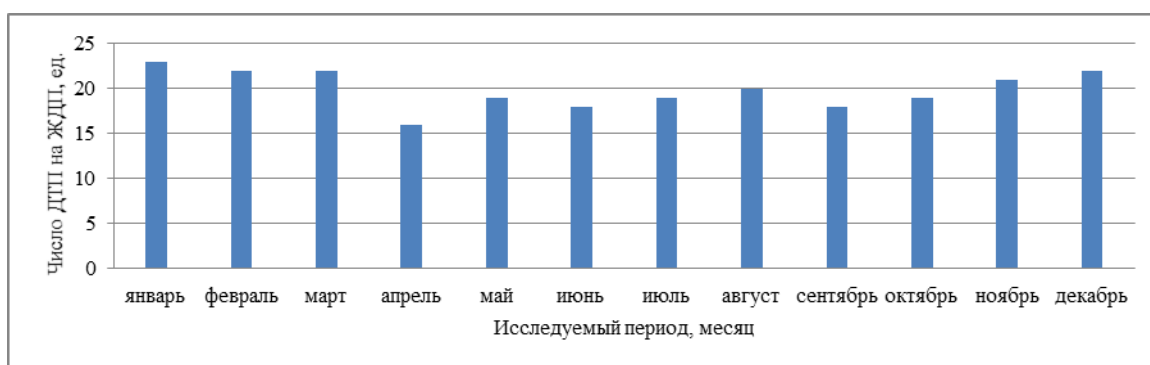


Рис. 5. Среднесетевые значения помесечной динамики изменения количества ДТП на ЖДП

Средние значения ежемесячного изменения количества ДТП на железнодорожных переездах составлять не более 3 случаев в ту или иную сторону.

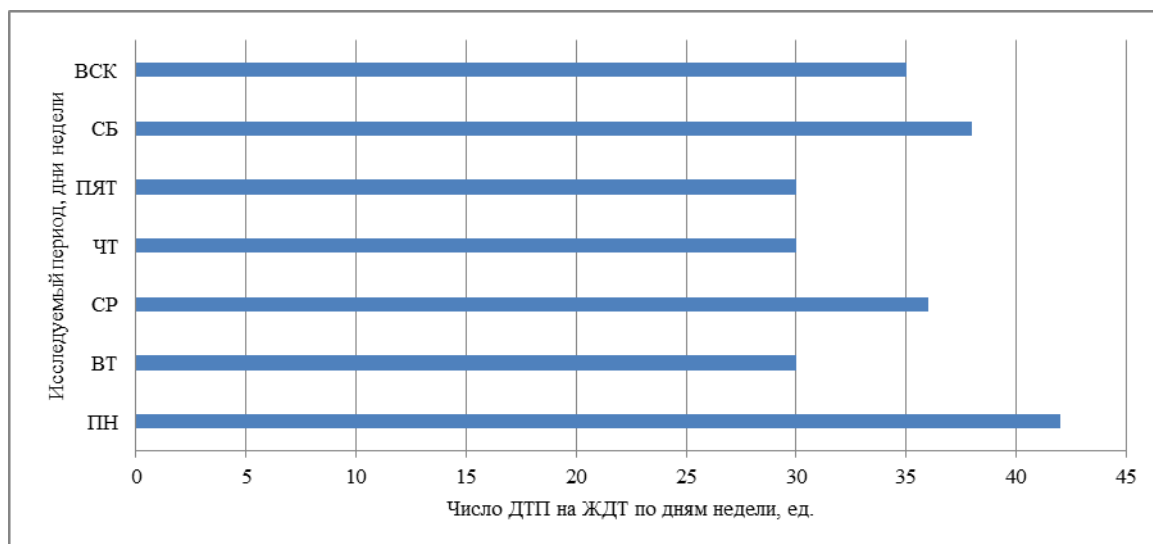


Рис. 6. Средние значения динамики изменения количества ДТП на ЖДП в течении недели

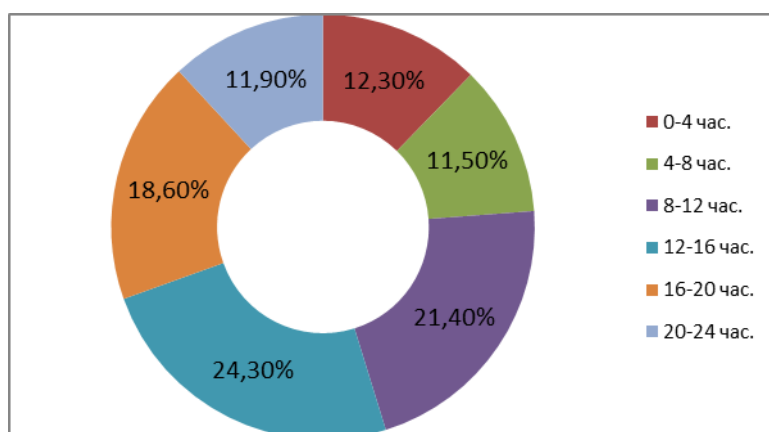


Рис. 7. Динамика изменений числа ДТП на ЖДП по времени суток

Наибольшее число столкновений на железнодорожных переездах совершается в дневное время суток в период с 8 до 16 часов, однако данная статистика случаев ДТП свидетельствует о том, что в дневное время на улицах самое большое количество автотранспорта.

Исследования в части зависимости ежегодного числа допущенных дорожно-транспортных происшествий на 100 железнодорожных переездов и роста числа автомобилей на 10 000 человек представлены на рис. 8.



Рис. 8. Динамика изменения приведенного коэффициента ДТП на ЖДП от роста автомобилей

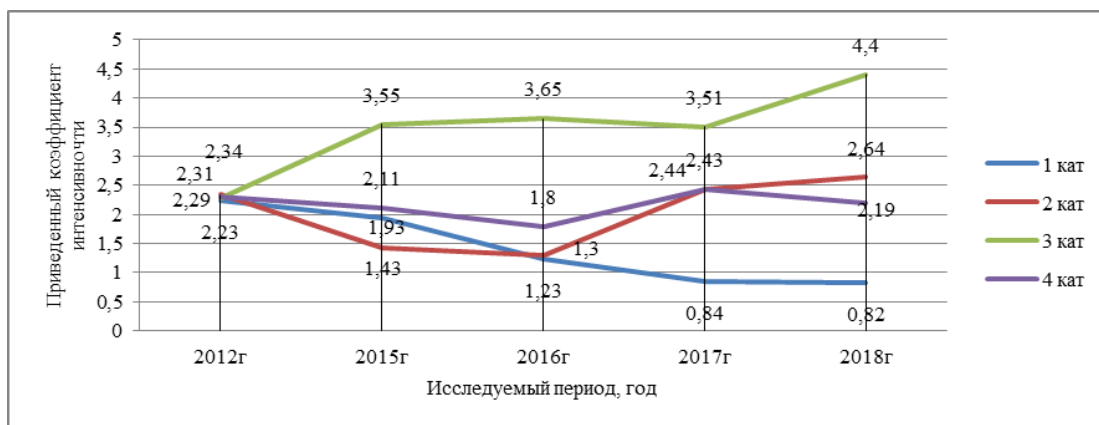


Рис. 9. Динамика изменения приведенного коэффициента интенсивности допущенных ДТП на ЖДП по категориям

Интенсивность допущенного количества столкновений на 100 ЖДП в зависимости от их категорий в течении нескольких лет изменялась неоднозначно, однако наибольшая интенсивность дорожно-транспортных происшествий происходит на переездах 3 категории с ростом интенсивности столкновений почти в 2 раза (с 2,29 до 4,4), снижение интенсивности столкновений на 63 % наблюдается на ЖДП I категории, что представлено на рис. 10, 11.

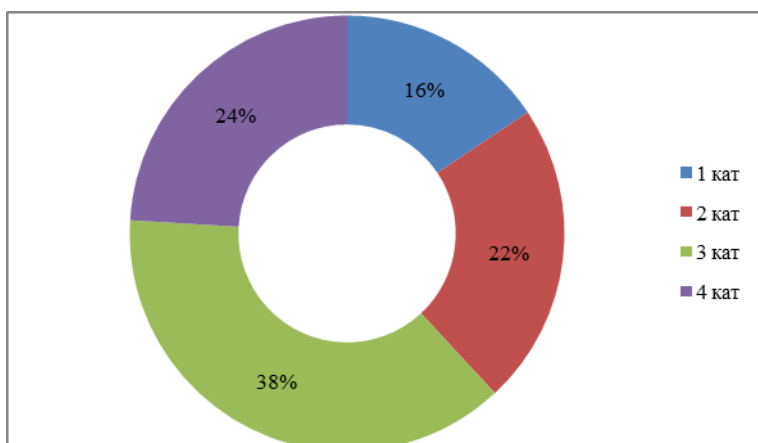


Рис. 10. Доля приведенного коэффициента интенсивности, допущенных ДТП на ЖДП по категориям

Согласно среднегодовому исследованию за 5 лет допущенных столкновений на железнодорожных переездах наибольшее их количество происходит на дорогах муниципального значения и почти столько же – на дорогах местного значения, и лишь 4 % – на Федеральных трассах, что представлено на рис. 11.

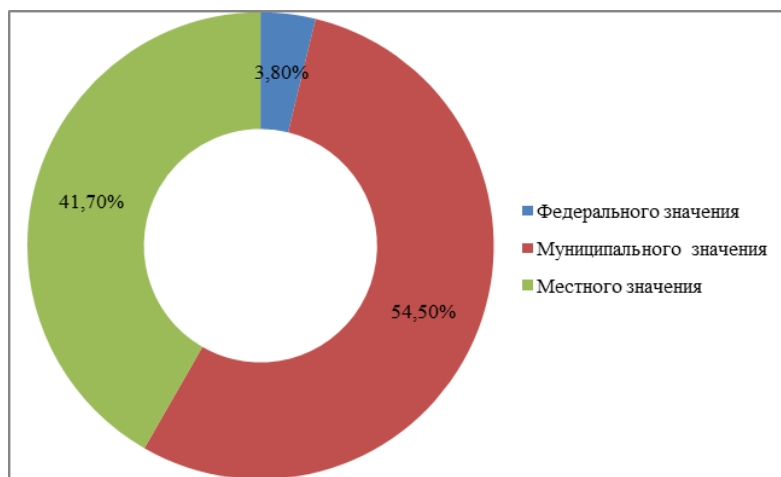


Рис. 11. Доля количества ДТП на ЖДП в зависимости от категории автотрассы

Среднегодовое (за 5 летний период) значение допущенных столкновений на ЖДП в зависимости от видимости поезда водителю представлено на рис. 12. Самыми недисциплинированными водителями являются водители, имеющие дистанцию видимости 500 метров и более, процент дорожно-транспортных происшествий на такой дистанции составляет почти 50 %.

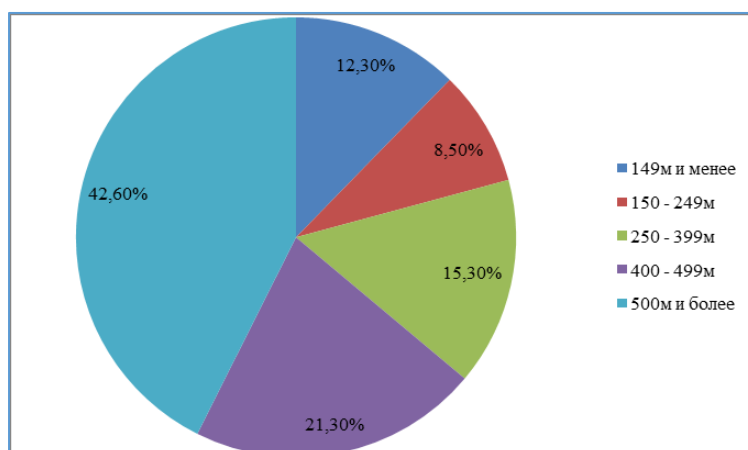


Рис. 12. Доля среднегодовых значений допущенных столкновений на ЖДП в зависимости от видимости поезда водителю

Краткое описание методики. Сокращение числа действующих железнодорожных переездов, их оснащение новейшим оборудованием, не дает желаемых результатов в обеспечении безопасности движения на ЖДП. Безопасность на ЖДП оказывает прямое влияние на безопасное функционирование железнодорожного транспорта и является одним из элементов, используемых для расчета функциональной безопасности движения в холдинге «РЖД» [6].

Риск определяется сочетанием двух составляющих: частоты возникновения события, ведущих к опасности и его последствий, к которым относятся травмы или гибель человека, материальный ущерб, загрязнение или разрушение экологической системы. А при оценке экономического риска учитываются затраты на оснащение переездов. Порядок анализа и оценки рисков сформирован в укрупненной модели, представленной на рис. 13.

Оценка риска выполняется отдельно для каждого ЖДП с учетом технических (используемых средств автоматики и телемеханики, установки дополнительного заградительного оборудования, звуковой и световой сигнализации, наличии шлагбаумов, настилов и т. д.) и технологических (с дежурным работником, регулируемом или нерегулируемом переездом) преимуществ. Для расчета риска в таблице 1 на основании статистических данных определена частота риска в соответствии с категории переезда [2].

Таблица 1

Частота ДТП в зависимости от категории и оснащения переезда

Наименование параметров	Частота ДТП, 1/год
1. Всего переездов, в том числе:	0,0196
1.1 категории I	0,0048
1.2 категории II	0,0242
1.3 категории III	0,0300
1.4 категории IV	0,0182
1.5 не обслуживаемых дежурным работником, всего	0,0239
1.6 не оборудованных устройствами переездной сигнализации	0,0052
1.7 оборудованных устройствами переездной сигнализации (регулируемых)	0,0310
1.8 обслуживаемых дежурным работником, в том числе:	0,0040
1.9 оборудованных АПС, АШ, УЗП	0,0038
1.10 оборудованных АПС, АШ, без УЗП	0,0050

Таблица 2

Рейтинг элементов железнодорожного переезда в зависимости от влияющих факторов

Наименование элемента, обеспечивающего безопасные условия функционирования железнодорожных переездов	Рейтинг, балл
1. Светофор	10
2. Искусственное освещение	9
3. Состояние дорожного покрытия и подъезд к переезду	9
4. Шлагбаум	8
5. Барьер	8
6. Звуковая сигнализация	8
7. Знаки (дорожные, предупредительные)	8
8. Настил (в том числе – на пешеходных дорожках)	7
9. Ограждение	7
10. Разметка	6
11. Видимость переезда и приближающего поезда со стороны автодороги	6
12. Видимость переезда со стороны железной дороги	4
13. Аппаратура управления АЛС	3

Таблица 3

Рейтинг влияния факторов риска на элементы железнодорожного переезда

Наименование элемента, обеспечивающего безопасные условия функционирования железнодорожных переездов	Рейтинг, балл
1. Дождь	12
2. Метель	12
3. Физическое старение	11
4. Вандализм	11
5. Туман	10
6. Невнимательность водителя	10
7. Невнимательность пешехода	8
8. Обрыв проводов	6
9. Износ элементов	6
10. Невнимательность машиниста	4
11. Гололед	3

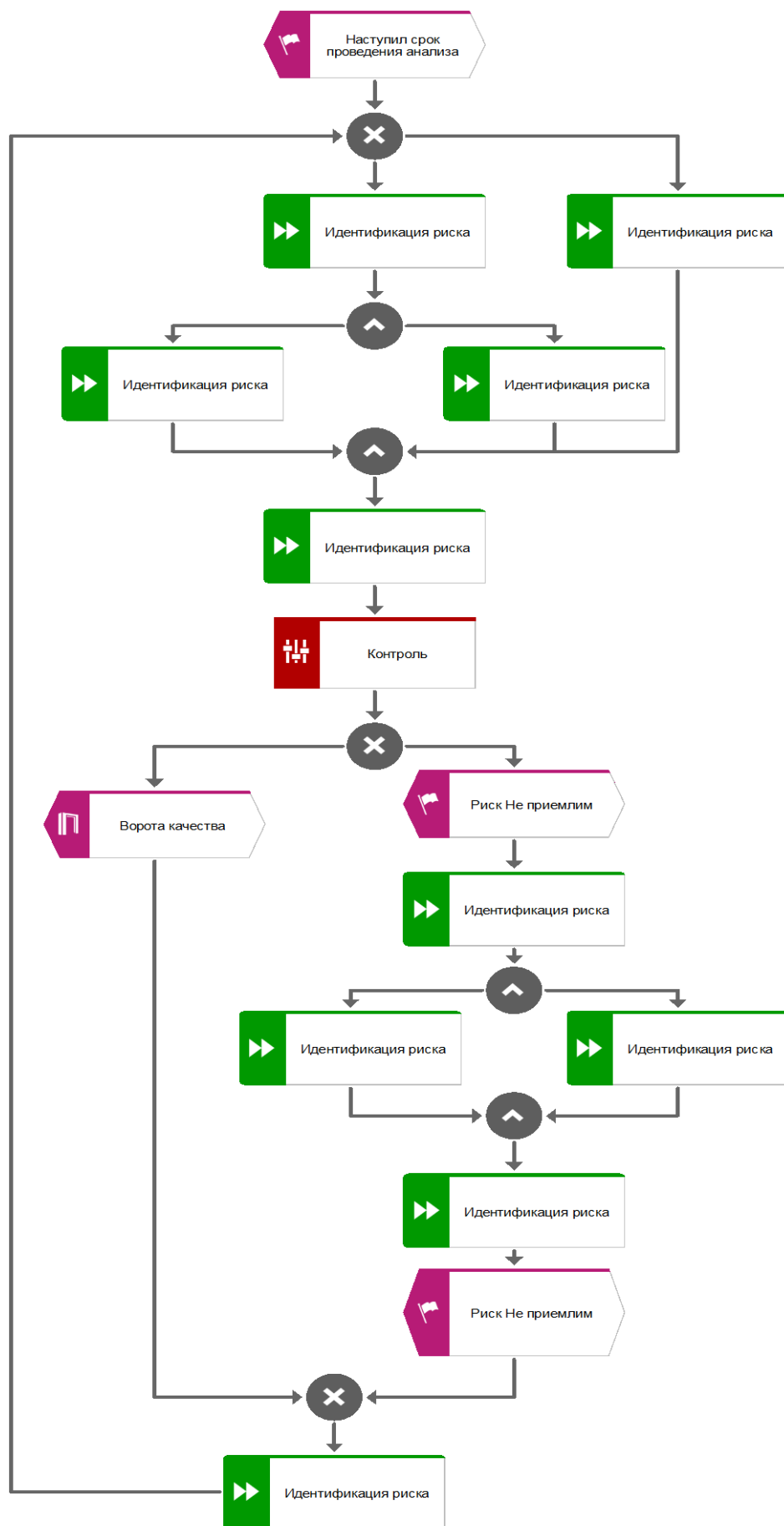


Рис. 13. Процедура оценки риска

Выполнен расчет рейтинга наиболее существенных факторов, влияющих на работу железнодорожного переезда (таблица 2), и наиболее уязвимых элементов ЖДП, подверженных наибольшему количеству факторов (таблица 3) [2].

В Методике [2] расчет риска опасного события выполнен произведением частоты возникновения опасного события и величины ущерба от него как на пересечениях железнодорожных путей с автотранспортом, так и с пешеходами. Построение модели риска предложено выполнять методом импульсных потоков вероятностей появления пользователей (водителей и пешеходов) в опасной зоне железнодорожного переезда, с определением средней частоты импульсов потока совпадения с использованием теории случайных импульсных потоков. Однако, моделирование пользователей ЖДП в виде случайного потока импульсов не учитывает того, что в большинстве случаев пользователь железнодорожного переезда адекватно реагирует на предупреждающие знаки, сигналы светофоров и др. и в случае опасности останавливается. Поэтому, в Методике [2] использовано допущение о том, что с некоторой вероятностью пользователь железнодорожного переезда правильно отреагирует на ситуацию и прекратит движение, и столкновение не произойдет, которую определяют с помощью анализа дерева событий, при этом узловые вероятности дерева устанавливают на основании экспертных оценок исходных данных, так как для каждого сценария развития опасности и особенностей конкретного отсутствуют исследования о таком поведении людей на ЖДП и их реакции, поэтому для использования предложенные данные из примеров деревьев событий.

Выполнен математический расчет геометрических параметров опасной железнодорожной зоны на переездах в соответствии с условиями эксплуатации железнодорожных переездов [7]. В Методике [2] предложено использовать единый подход к определению защитных расстояний для пешеходов: путем определения линейной зависимости защитного расстояния от скорости движения поезда, при этом, учтена поправка по средней длине автотранспортного средства (автобуса, грузового или легкового автомобиля, находящегося в опасной зоне. Отдельно приведен математический порядок расчета частоты возникновения опасного события при пересечении многопутного участка железнодорожного пути. Также сформированы рекомендуемые типовые уровни частоты для ранжирования частоты опасных событий на железнодорожном переезде приведены в таблице 4 (в скобках указаны соответствующие типовые уровни согласно ГОСТ 33433 [4]).

Таблица 4

Типовые уровни частоты опасных событий на железнодорожном переезде

Уровень частоты (типовые согласно требованиям ГОСТ 33433)	Интервал значений частоты вероятностей опасных событий
Очень высокий (частое)	чаще 9 раз в год
Высокий (вероятное)	от более 3 раз в год до 9 раз в год включительно
Средний (случайное)	от более 1 раза в год до 3 раз в год включительно
Низкий (редкое)	от более 1 раза в 3 года до 1 раза в год включительно
Очень низкий (крайне редкое)	от более 1 раза в 9 лет до 1 раза в 3 года включительно
Пренебрежимо низкий (маловероятное)	реже, чем 1 раз в 9 лет включительно

Для ранжирования последствий от опасных событий на железнодорожных переездах используются типовые уровни тяжести последствий, представленные в таблице 5 [4], так как объективные статистические данные отсутствуют. В качестве допустимого уровня риска рекомендуется применять уровень, являющийся произведением допустимого значения частоты, соответствующего границе между уровнями «средний» и «высокий» и допустимого значения тяжести последствий, соответствующего границе между уровнями «критический» и «катастрофический».

Таблица 5

Типовые уровни тяжести последствий для ранжирования последствий от опасных событий на железнодорожных переездах [4]

Уровень тяжести последствий	Описание тяжести последствий для ранжирования последствий от опасных событий на железнодорожных переездах
Катастрофический	1 и более погибших, или подвижной состав поврежден до степени исключения из инвентарного парка, или значительный ущерб инфраструктуре
Критический	1 погибший или 1 и более пострадавших с причинением тяжкого вреда здоровью, или повреждение подвижного состава, требующее проведение капитального ремонта для восстановления его работоспособности, или существенный ущерб инфраструктуре, или полная утрата груза
Несущественный	1 пострадавший с причинением вреда здоровью средней тяжести, или повреждение объекта подвижного состава, требующее проведение среднего или деповского ремонта для восстановления его работоспособности, или несущественный ущерб инфраструктуре, или частичная утрата груза
Незначительный	легкий вред здоровью, или повреждение ПС, требующее проведение текущего ремонта для восстановления его работоспособности, или незначительный ущерб инфраструктуре, или задержка движения поездов на 1 ч. и более

Оценивание риска заключается в сравнении расчетной величины риска с заданным критерием риска, по которому риск делят на четыре уровня: не принимаемый в расчет, допустимый, нежелательный и недопустимый. Критерий риска установлен СТО РЖД 1.02.035 [11]. Оценивание риска выполняется с помощью матрицы рисков [4] (таблица 6). За основу взяты значения, рассчитанные в соответствии с построенным в Методике [2] деревом последствий, для условия аварийного отсутствия освещения на нерегулируемом железнодорожном переезде, что повышает вероятность столкновения поезда и автотранспортного средства в 5,37 раз. Вероятность частоты возникновения опасных событий на ЖДП рассчитана в соответствии с требованиями Методики [2] при условии его расположения на перегоне с 2 железнодорожными путями, имеющего светофорную сигнализацию, автоматические шлагбаумы, УЗП, пешеходные дорожки по обеим сторонам, шириной проезжей части 6 м. Параметры импульсных потоков для обоих путей приняты одинаковые.

Таблица 6

Матрица рисков случаев возникновения НБД на железнодорожных переездах

Уровень частоты		Уровень риска			
1. Чаше 9 раз в год	очень высокий	нежелательный	недопустимый	недопустимый	недопустимый
2. От 3 до 9 раз в год	высокий	допустимый	нежелательный	недопустимый	недопустимый
3. От 1 до 3 раз в год	средний	допустимый	нежелательный	нежелательный	недопустимый
4. От 1 раза в 3 года до 1 раза в год	низкий	не принимаемый в расчет	недопустимый	нежелательный	нежелательный
5. От 1 раза в 9 лет до 1 раза в 3 года	очень низкий	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет	допустимый	допустимый
6. Реже, чем 1 раз в 9 лет	Пренебрежимо низкий	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет
Уровень тяжести последствия		незначительный	несущественный	критический	катастрофический

Длина опасной зоны (1):

$$L_{1,a} = L_{2,a} = a + 2S_{1,2,a}, \quad (1)$$

где a – внешняя ширина железнодорожного пути, мм, $a = 1\,670$ мм;
 $S_{1,2,a}$ – защитное расстояние для автотранспортных средств (пешеходов),
 $S_{1,2,a} = 1\,150$ мм, [2]. Для пешеходов защитные расстояния определены в [8, 9, 10].

$$L_{1,2,a} = 1670 + 2 \cdot 1150 = 3\,970 \text{ мм.}$$

Среднее время нахождения автотранспортного средства в опасной зоне ЖДП (2):

$$\tau_{\Pi} = \frac{(d_a + L_{1,a}) \cdot 10^{-6}}{v_a}, \quad (2)$$

где d_a – средняя длина автотранспортного средства, мм, $d_a = 9\,000$ мм;
 v_a – средняя скорость движения автотранспорта на ЖДП, км/ч, $v_a = 10,0 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

$$\tau_{\Pi} = \frac{(9000 + 3970) \cdot 10^{-6}}{10} = 0,0013 \text{ ч.}$$

Среднее время пересечения поездом ЖДП (3):

$$\tau_{1a} = \frac{w_a \cdot 10^{-6} + L_1}{v_1}, \text{ ч,} \quad (3)$$

где w_a – ширина проезжей части ЖДП, мм, $w_a = 6\,000$ мм;
 v_1 – средняя скорость поезда по ЖДП, км/ч; $v_1 = 42,3 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$;
 L_1 – средняя длина поезда, км, $L_1 = 1,065$ км.

$$\tau_{1a} = \frac{6000 \cdot 10^{-6} + 1,065}{42,3} = 0,025 \text{ ч.}$$

Вероятность средней частоты столкновения поезда с автотранспортным средством (4):

$$f_{\Pi,N} = \frac{N \cdot (1 - P_a) \cdot (\tau_{\Pi} + \tau)}{T_{\Pi} \cdot T}, \quad (4)$$

где P_a – вероятность оценки водителем приближения поезда, $P_a = 0,999999548$ [2];
 T_{Π} – интервал следования водителей автотранспортных средств через ЖДП, $T_{\Pi} = 0,17 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$;
 T_1 – интервал следования поезда через ЖДП, ч; $T_1 = 0,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

$$f_{\Pi,N} = \frac{2 \cdot (1 - 0,999999548) \cdot (0,0013 + 0,025)}{0,017 \cdot 0,5} = 0,026 \text{ раз в год.}$$

Длина опасной зоны для пешехода:

$$L_{1,2 \text{ пеш}} = 3570 + 12,26 \cdot 42,3 = 4\,089 \text{ мм.}$$

Среднее время нахождения пешехода в опасной зоне ЖДП:

где $v_{\text{пеш}}$ – средняя скорость движения автотранспорта на ЖДП, км/ч, $v_{\text{пеш}} = 5,0 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

$$\tau_{\text{пеш}} = \frac{(500 + 4089) \cdot 10^{-6}}{5} = 0,0009 \text{ ч.}$$

Вероятность средней частоты наезда поезда на пешехода;

где $T_{\text{пеш}}$ – средний период следования пешехода через ЖДП, ч; $T_{1 \text{ пеш}} = 0,083 \text{ ч.}$

$$f_{1,2\text{пеш}} = \frac{2 \cdot (1 - 0,999975886) \cdot (0,0009 + 0,025)}{0,083 \cdot 0,5} = 0,26 \text{ раз в год.}$$

В соответствии с критериями, представленными в таблице 4, рассчитанные вероятности частот обоих опасных событий на ЖДП соответствует уровню частоты «очень низкий», что определяет уровень риска в категории «допустимый» (в соответствии с матрицей рисков в таблице 6), даже в случае вероятных последствия с уровнями «критический» или «катастрофический».

Высокий показатель коэффициента столкновений, приходящийся на 100 ЖДП, имеют Северо-Кавказский, Сибирский, Южный и Дальневосточный Федеральные округа, а также переезды, находящиеся не на территории РФ, что выше среднесетевого значения (1,64).

По результатам ранжирования ЖДП по уровню риска при столкновении подвижного состава с транспортным средством и с пешеходами по данным 2020 года в соответствии с требованиями Методики [2] составило количество ЖДП, имеющих;

- недопустимый уровень риска при столкновении подвижного состава с транспортными средствами составило 807 шт. (8 %) и с пешеходами – 136 шт. (1 %);
- нежелательный уровень риска – 987 (10 %) и 54 (1 %).

Распределение ЖДП (общее их количество по состоянию на 2020 год составило 10337) по уровню рисков столкновений подвижного состава с транспортными средствами и пешеходами представлено в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Результаты ранжирования ЖДП по уровню риска при столкновении подвижного состава с транспортным средством

Количество ЖДП/ Федеральный округ	Уровень риска				Всего, ЖДП
	недопустимый	нежелательный	допустимый	не принимаемый в расчет	
Северо-Западный	137	330	419	2 031	3 067
Центральный	183	182	228	966/8	2 161
Южный и Северо-Кавказский (без учета Крыма)	49	18	98	704	869
Приволжский	116	135	99	792	1 142
Западно-Сибирский	70	109	146	913	1 275
Уральский	67	97	100	689	953
Дальне-Восточный	64	116	132	527	870
Всего	807	587	1 222	7321	10 337

Таблица 8

Результаты ранжирования ЖДП по уровню риска при столкновении подвижного состава с пешеходами

Количество ЖДП/ Дирекция инфраструктуры	Уровень риска				Всего, ЖДП
	недопустимый	нежелательный	допустимый	не принимаемый в расчет	
Северо-Западный	37	35	309	2 686	3 067
Центральный	27	4	131	1 999	2 161
Южный и Северо-Кавказский (без учета Крыма)	14	3	8	844	869
Приволжский	9	1	28	1 104	1 142
Западно-Сибирский	29	7	104	1 125	1 275
Уральский	2	1	64	886	953
Дальневосточный	8	3	19	840	870
Всего	136	54	663	9 784	10 337

Выводы

1. В целом Методика [2] является шагом вперед в определении вероятности частот опасных событий на ЖДП с ранжированием их по уровню риска.

2. Элемент «Происшествие, связанное с несанкционированным движением по железнодорожным путям транспортного средства или столкновение ЖДПС с транспортным средством вне установленного ЖДП (без последствий крушения, аварии)» является важной частью в расчете показателя функциональной безопасности движения, который влияет на его окончательную оценку и уровень рейтинга железных дорог в обеспечении безопасности движения.

Список литературы

1 Концепция Комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1), утвержденная ОАО «РЖД» 31 июля 2010 г. [Электронный ресурс]. – 2010. – 138 с. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 07.07.2023).

2 Методика оценки рисков функционирования железнодорожных поездов, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 3 февраля 2021 г. № 200/р [Электронный ресурс]. – 2021. – 48 с. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 08.07.2023).

3 **ГОСТ Р 22.10.02-2016.** Национальный стандарт РФ. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска в чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайных ситуаций, утвержденный Приказом Росстандарта от 29 июня 2016 г. № 724-ст [Электронный ресурс]. – 2016. – 10 с. – URL : <http://www.consultant.ru> (дата обращения 09.07.2023).

4 **ГОСТ 33433-2015.** Межгосударственный стандарт. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте, утвержденный приказом Росстандарта от 4 декабря 2015 г. № 2108-ст [Электронный ресурс]. – 2015. – 58 с. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200127759> (дата обращения 09.07.2023).

5 Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – 2018. – 19 с. – URL : <https://base.garant.ru/71937200> (дата обращения 09.07.2023).

6 Методика оценки функциональной безопасности на инфраструктуре ОАО «РЖД», утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2019 № 2343/р (в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 05.07.2023 № 1683/р), 2023. – 12 с.

References

1 Concept of Integrated Management of Reliability, Risks, Life Cycle Cost in Railway Transport (version 1.1), approved by JSC Russian Railways on July 31, 2010 [Electronic resource]. – 2010. – 138 p. – URL : <http://www.consultant.ru> (date of access 07/07/2023).

2 Methodology for assessing the risks of functioning of railway crossings, approved by the order of JSC Russian Railways dated February 3, 2021 No. 200/r [Electronic resource]. – 2021. – 48 p. – URL : <http://www.consultant.ru> (date accessed 07/08/2023).

3 **GOST R 22.10.02-2016.** National standard of the Russian Federation. Safety in emergency situations. Risk management in emergency situations. Acceptable risk of emergency situations, approved by Order of Rosstandart dated June 29, 2016 No. 724-st [Electronic resource]. – 2016. – 10 p. – URL : <http://www.consultant.ru> (access date 07/09/2023).

4 **GOST 33433-2015.** Interstate standard. Security is functional. Risk management in railway transport, approved by order of Rosstandart dated December 4, 2015 No. 2108-st [Electronic resource]. – 2015. – 58 p. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200127759> (date of access 07/09/2023).

5 Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 No. 204 “On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024” (with amendments and additions) [Electronic resource]. – 2018. – 19 p. – URL : <https://base.garant.ru/71937200> (date of access 07/09/2023).

6 Methodology for assessing functional safety on the infrastructure of JSC Russian Railways, approved by Order of JSC Russian Railways dated October 23, 2019 No. 2343/r (as amended by Order of JSC Russian Railways dated 07/05/2023 No. 1683/r), 2023. – 12 p.

7 Условия эксплуатации железнодорожных переездов, утвержденные приказом Минтранса России от 31 июля 2015 г. N 237 [Электронный ресурс], 2015. – 46 с. – URL : <https://base.garant.ru/71178536> (дата обращения 09.07.2023).

8 **СТО РЖД 15.015-2016.** Проходы служебные на объектах ОАО «РЖД». Технические требования, правила устройства и содержания», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2016 г. № 2533р [Электронный ресурс], 2016. – 44 с. – URL : https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-OAO-RZHD-ot-10.12.2018-N-2639_r (дата обращения 09.07.2023).

9 Правила по охране труда при техническом обслуживании и ремонте устройств сигнализации, централизации и блокировки в ОАО «РЖД», утвержденные Распоряжением ОАО «РЖД» от 19.02.2021 № 346/р в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 15.03.2022 № 598/р, 2022. – 116 с.

10 Правила по охране труда при обслуживании скоростных и высокоскоростных линий железных дорог ОАО «РЖД», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 25 июня 2010 г. N 1362р [Электронный ресурс], 2010. – 13 с. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/902269290> (дата обращения 09.07.2023).

11 Стандарт ОАО «РЖД» № СТО РЖД 1.02.035.2010 «Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Порядок определения допустимого уровня риска», утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 13 декабря 2010 г. № 2570р [Электронный ресурс], 2010. – 14 с. – URL : <https://base.garant.ru/70594734> (дата обращения 09.07.2023).

12 **Иванов, В. Э.** Построение архитектуры рисков в хозяйстве автоматики, телемеханики и связи / В. Э. Иванов, Н. А. Тришин // Научные исследования молодых ученых. Опора России : Сборник статей Всероссийской научной конференции, Петрозаводск. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2022. – С. 16–21. – DOI 10.58351/221201.2022.37.83.002.

7 Operating conditions for railway crossings, approved by order of the Ministry of Transport of Russia dated July 31, 2015 N 237 [Electronic resource], 2015. – 46 p. – URL : <https://base.garant.ru/71178536> (access date 07/09/2023).

8 **STO Russian Railways 15.015-2016.** Service passages at the facilities of JSC Russian Railways. Technical requirements, rules of design and content”, approved by the order of JSC Russian Railways dated December 14, 2016 No. 2533r [Electronic resource], 2016. – 44 p. – URL : https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-OAO-RZHD-ot-12/10/2018-N-2639_r (access date 07/09/2023).

9 Rules for labor protection during the maintenance and repair of signaling, centralization and interlocking devices at JSC Russian Railways, approved by Order of JSC Russian Railways dated 02/19/2021 No. 346/r as amended by Order of JSC Russian Railways dated 15/03/2022 No. 598/r, 2022. – 116 p.

10 Rules for labor protection when servicing high-speed and high-speed railway lines of JSC Russian Railways, approved by the order of JSC Russian Railways dated June 25, 2010 N 1362r [Electronic resource], 2010. – 13 p. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/902269290> (date of access 07/09/2023).

11 Standard of JSC Russian Railways No. STO Russian Railways 1.02.035.2010 “Resource management at life cycle stages, risks and reliability analysis (URRAN). The procedure for determining the acceptable level of risk”, approved by the order of JSC Russian Railways dated December 13, 2010 No. 2570r [Electronic resource], 2010. – 14 p. – URL : <https://base.garant.ru/70594734> (access date 07/09/2023).

12 **Ivanov, V. E.** Construction of risk architecture in the field of automation, telemechanics and communications / V. E. Ivanov, N. A. Trishin // Scientific research of young scientists. Support of Russia : Collection of articles of the All-Russian Scientific Conference, Petrozavodsk. – St. Petersburg : Limited Liability Company “International Institute for Advanced Studies named after Lomonosov”, 2022. – P. 16–21. – DOI 10.58351/221201.2022.37.83.002.

O. I. Verevkina, N. A. Akinshina, V. E. Ivanov

ANALYSIS OF THE RISK ASSESSMENT METHODOLOGY FOR THE FUNCTIONING OF RAILWAY CROSSINGS

Abstract. Currently, the Russian Railways holding company pays special attention to ensuring safety at railway crossings, their technical condition and equipment, which has a direct impact on ensuring the safe functioning of railway crossings.

Crossings of railway tracks with a highway at the same level are objects of increased danger, which requires not only compliance with the requirements of traffic rules by drivers of vehicles, but also high organization and maintenance of railway crossings, thereby creating conditions for safe passage following and trains and cars. Ensuring safety at railway crossings is carried out by improving their technical condition, innovative techniques and technologies that ensure an increase in the level of traffic safety, conducting, together with the State Inspectorate for Traffic Safety on the Roads of the Department of the Ministry of Internal Affairs, preventive raids at railway crossings with the greatest intensity traffic

The priority task in safe railroad crossings at railroad crossings is not only to ensure the reliable operation of railroad crossing equipment, but also to manage risks, which will reduce the number of hazardous events at railroad crossings.

Keywords: railway crossing, risk minimization, traffic safety violations, risk assessment, axiomatic model.

For citation: Verevkina, O. I. Analysis of the risk assessment methodology for the functioning of railway crossings / O. I. Verevkina, N. A. Akinshina, V. E. Ivanov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 16–32.

Сведения об авторах

Веревкина Ольга Ивановна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: ov18111966@mail.ru

Акиншина Наталья Александровна

Аппарат главного ревизора по безопасности движения поездов Юго-Восточной железной дороги – филиала ОАО «РЖД»,
инженер I категории отдела технического анализа,
e-mail: akinat71@gmail.com

Иванов Владимир Эдуардович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,
аспирант,
e-mail: ivanovan1975@mail.ru

Information about the authors

Verevkina Olga Ivanovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Management operational work”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: ov18111966@mail.ru

Akinshina Natalya Alexandrovna

Office of the Chief Auditor for Train Safety of the South-Eastern Railway – a branch of JSC Russian Railways,
Engineer of the 1st category of the technical analysis department,
e-mail: akinat71@gmail.com

Ivanov Vladimir Eduardovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Automation and telemechanics in railway transport”,
Postgraduate student,
e-mail: ivanovan1975@mail.ru

УДК 504.7 + 06

Л. И. Воробинская, В. А. Попова

ПОНЯТИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ*

Аннотация. Рассмотрены понятия шума и его основные виды, дана их характеристика, предложены способы борьбы с шумом.

Ключевые слова: шум, виды шума, потеря слуха, классификация шума, методы борьбы с шумом.

Для цитирования: Воробинская, Л. И. Понятие шумового загрязнения окружающей среды в инженерной экологии / Л. И. Воробинская, В. А. Попова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 33–36.

Введение

Хорошо известно, что шумовое загрязнение является серьезной проблемой. В XXI веке, с развитием урбанизации и ростом промышленного производства, проблемы шумового загрязнения окружающей среды приобрели глобальный характер. Шум постепенно становится экологической и социальной проблемой, серьезной угрозой для качества жизни людей. По данным Всемирной организации здравоохранения, шум является второй по величине экологической причиной возникновения проблем со здоровьем. От избыточного шума в организме человека развиваются заболевания нервной и кровеносной систем, наблюдается резкий рост уровня адреналина, норадреналина и кортизола, ухудшаются общие физиологические показатели; наблюдается снижение иммунного барьера и увеличение частоты заболеваемости. Исследования показывают, что на шумных предприятиях уровень заболеваемости выше среднего на 20 % [1].

Основная часть

Шумом принято называть нежелательное для восприятия органами слуха человека беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности [2]. Интенсивность звука измеряется в децибелах (дБ), один дБ – это самый слабый звук, который может услышать человеческое ухо.

В окружающей человека среде можно выделить следующие виды шума:

- 1) промышленный и ремесленный (рабочий) шум;
- 2) транспортный;
- 3) строительный;
- 4) шум соседей.

Промышленный шум: это совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм: гул, создаваемый устройствами с электрическим, механическим и пневматическим приводами; движение газа и жидкости в трубопроводах, вентиляторах; шум, связанный с изменением консистенции материала (резка, дробление, разрушение).

Транспортный шум: создается моторами, колесами, тормозами и аэродинамическими особенностями транспортных средств, состоит из шума дорожного движения, железнодорожного транспорта и самолетов. Количество автомобилей на дорогах, таких как легковые автомобили, мотоциклы, автобусы, грузовики и автомобили с дизельными двигателями, в недавнем прошлом значительно возросло, что еще больше усугубляет проблему транспортного шума. Уровень шума, создаваемый работой автомобильного транспорта (автобусы, легковые и грузовые автомобили), составляет 75–85 дБ. Железнодорожный транспорт способен повышать уровень шума до 90–100 дБ. Наиболее сильный шум – авиационный – создается работой двигателя и аэродинамическими характеристиками самолета – до 100–105 дБ. Автомобильный транспорт является причиной шумового загрязнения на 80 % территорий городов [3].

Строительный шум: его источниками являются использование ручных инструментов – молотков и пил; использование электроинструментов, инструментов, включая дрели, пилы и шлифовальные машины; использование заводского оборудования, пневматические молоты,

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

бетономешалки, большие электропилы, строгальные станки, компрессоры и генераторы; забивка свай; монтаж и демонтаж строительных лесов; строительство, ремонт, изменение, основание, перемещение или снос здания; обеспечение кондиционирования, водоотведения, отопления, освещения, канализации, вентиляции или водоснабжения здания; земляные, засыпные или подпорные работы в сочетании со строительными работами; установка или демонтаж строительных лесов.

Соседский шум: этот тип шума включает в себя помехи от бытовых устройств и сообщества. Распространенными источниками являются музыкальные инструменты, телевизор, радиоприемники, транзисторы, телефоны, громкоговорители и т. д.

Таким образом, шум является распространенной опасностью. В различной степени шум присутствует почти на всех рабочих местах. Это наиболее распространенная опасность для здоровья в таких отраслях, как металлообработка и строительство, лесное хозяйство, производство, сельское хозяйство, судостроение, текстиль, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, продукты питания, деревообработка.

Шум на рабочем месте называется производственным шумом. Чрезмерный шум считается профессиональным риском со многими неблагоприятными последствиями. Рабочие места с вредными условиями труда по шуму составляют более 60 % от всех рабочих мест с вредными условиями труда [4].

Действием производственного шума обусловлены около 16 % случаев потери слуха в мире и 27 % в России, при этом только в Российской Федерации показатели заболеваемости профессиональной тугоухостью занимают лидирующее место в структуре профессиональных заболеваний всего работающего населения России. [5] Только за последние десять лет количество пациентов с диагнозом профессиональной тугоухости увеличилось в 2,5 раза и около 4 миллионов работников в настоящее время подвергаются риску негативного воздействия шума на рабочих местах.

Производственный шум может быть непрерывным, переменным, прерывистым или импульсным в зависимости от того, как он меняется с течением времени. Непрерывный шум – это шум, который остается постоянным и стабильным в течение определенного периода времени. Шум котлов в электростанции относительно постоянен и поэтому может быть классифицирован как непрерывный.

Большая часть производственного шума является переменным или прерывистым. Шум является прерывистым, если есть сочетание относительно спокойных и шумных периодов. Импульсный или ударный шум – это очень короткий всплеск громкого шума, который длится менее одной секунды. Примерами такого шума являются стрельба из пистолета или шум, производимый штамповочными прессами.

Классификация шума важна для разработки методов борьбы с ним. Чтобы предотвратить неблагоприятные последствия воздействия шума, уровни шума должны быть снижены до приемлемых уровней. Лучшим методом снижения производственного шума является использование инженерных модификаций самого источника шума или рабочей среды. Так, усовершенствованы могут быть:

1) оборудование – существующее оборудование также может быть модифицировано путем установки глушителей на воздухозаборники, выхлопные трубы и звуковые панели на двигатели. При покупке нового необходимо обратить внимание на шумовые характеристики.

2) методы работы – правильное оборудование должно и использоваться правильно; например, во время эксплуатации двери и окна кабин транспортных средств должны быть закрыты.

3) использование звуковых барьеров (экранов) – предотвращают распространение шума с помощью временных экранов/звуковых барьеров. Обычные строительные материалы (например, фанера) или звукопоглощающий материал может быть использован для изготовления временных барьеров или ограждений.

4) зоны запрета на шум – необходимо ограничивать доступ персонала в шумные зоны;

5) ротация рабочих – необходимо ограничивать время, в течение которого работники подвергаются воздействию шума. Например, при планировании работы включите «тихие дни».

Там, где технологии не могут адекватно контролировать проблему, необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов слуха (например, наушники или беруши). Это эффективный способ борьбы с шумом, но не альтернатива устранению и уменьшению шума у источника. Средства индивидуальной защиты являются наименее эффективными способами контроля в иерархии средств контроля, т. к. не останавливают опасный шум в источнике или на его пути; требуется контроль добросовестности и правильности их использования работниками.

Выводы

Таким образом, для минимизации шума в окружающей среде можно использовать два разных подхода.

1. Активное снижение шума направлено на предотвращение и снижение шума в источнике. Включает в себя:

- технические меры, такие как внедрение более тихих двигателей и механизмов или использование малозумного дорожного покрытия;
- регламентацию на законодательном уровне периодов тишины, чтобы избежать беспорядков в ночное время;
- введение ограничений скорости или, в случае авиационного шума, оптимизацию траекторий полета. Например, шум снижается, если приближающиеся самолеты приближаются к взлетно-посадочной полосе с больших высот, в то время как изменение траекторий полета позволяет избежать пролета над жилыми районами.

2. Пассивное шумоподавление. Например, установка звукопроницаемых окон или изоляция крыши и рулонных штор помогает бороться с транспортным шумом.

С целью улучшения существующего состояния окружающей среды необходимы следующие меры по борьбе с шумом:

- 1) активизация работы по разработке эффективных решений звуковой защиты;
- 2) исключение превращения жилого пространства в коммерческое без особой необходимости;
- 3) необходимость постоянного контроля транспортного шума в городах как основного источника шумового загрязнения;
- 4) принятие мер по защите биоразнообразия от действия шумового загрязнения;
- 5) обучение и просвещение по вопросам экологии и экологической безопасности позволят улучшить экологическую ситуацию и повысить осведомленность общества.

Список литературы

- 1 **Ережепова, Н. Б.** Влияние шума на организм человека / Н. Б. Ережепова // Мировая наука. – 2022. – № 7 (64). – С. 19–21. – ISSN 2541-9285.
- 2 **Спиридонова, Ю. А.** Шум и его влияние на человека / Ю. А. Спиридонова, Б. А. Макаров // Национальные приоритеты России. – 2013. – № 2 (9). – С. 68–69. – ISSN 2221-7711.
- 3 **Чудинова, О. Н.** Воздействие шума от автомобильного транспорта на городскую среду / О. Н. Чудинова, Н. Н. Тумуреева, С. Е. Санжиева // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9 (132). – С. 93–99. – ISSN 1819-4036.
- 4 **Воробинская, Л. И.** Шум от металлорежущих станков на предприятиях машиностроения и борьба с ним / Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4 (57). – С. 15–19. – ISSN 1818-5509.
- 5 **Силкина, А. В.** Современный взгляд на проблему потери слуха, вызванную шумом (литературный обзор) / А. В. Силкина, Я. А. Накатис // Российская оториноларингология. – 2016. – № 4 (83). – С. 97–102. – DOI 10.18692/1810-4800-2016-4-97-102.

References

- 1 **Erezhepova, N. B.** Effect of noise on the human body / N. B. Erezhepova // Mirovaya nauka. – 2022. – No. 7 (64). – P. 19–21. – ISSN 2541-9285.
- 2 **Spiridonova, Yu. A.** Noise and its impact on a person / Yu. A. Spiridonova, B. A. Makarov // National priorities of Russia. – 2013. – No. 2 (9). – P. 68–69. – ISSN 2221-7711.
- 3 **Chudinova, O. N.** The impact of noise from road transport on the urban environment / O. N. Chudinova, N. N. Tumureeva, S. E. Sanzhieva // Vestnik KrasGAU. – 2017. – No. 9 (132). – P. 93–99. – ISSN 1819-4036.
- 4 **Vorobinskaya, L. I.** Noise from metal-cutting machine tools at mechanical engineering enterprises and the fight against it / L. I. Vorobinskaya, V. A. Finochenko // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4 (57). – P. 15–19. – ISSN 1818-5509.
- 5 **Silkina, A. V.** Modern view on the problem of hearing loss caused by noise (literature review) / A. V. Silkina, Ya. A. Nakatis // Russian otorhinolaryngology. – 2016. – No. 4 (83). – P. 97–102. – DOI 10.18692/1810-4800-2016-4-97-102.

L. I. Vorobinskaya, V. A. Popova

THE CONCEPT OF NOISE POLLUTION IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Abstract. The concepts of noise and its main types are considered, their characteristics are given, and ways to combat noise are proposed.

Keywords: noise, types of noise, hearing loss, noise classification, noise control methods.

For citation: Vorobinskaya, L. I. The concept of noise pollution in environmental engineering / L. I. Vorobinskaya, V. A. Popova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 33–36.

Сведения об авторах

Воробинская Лидия Ивановна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
старший преподаватель,
e-mail: lida.vorobinskaya@mail.ru

Попова Виктория Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студентка,
e-mail: rere.zega@yandex.ru

Information about the authors

Vorobinskaya Lidiya Ivanovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Life Safety”,
Senior Lecturer,
e-mail: lida.vorobinskaya@mail.ru

Popova Victoria Alexandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Traction Rolling Stock”,
Student,
e-mail: rere.zega@yandex.ru

УДК 004 + 06

В. И. Гридякина, В. В. Доманский, И. К. Логвинова

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЧАТ-БОТА СБОРА ДАННЫХ О ПОЛЬЗОВАТЕЛЯХ*

Аннотация. Проведен анализ языка программирования Python, который будет необходим при реализации чат-бота сбора данных о пользователях. Актуальность выбранной темы состоит в том, что язык программирования Python позволяет разрабатывать чат-боты в мессенджере Telegram доступным способом. В связи с этим, вопросы анализа языка программирования Python в настоящее время приобретает практическую ценность.

Ключевые слова: чат-бот, автоматизация, мессенджер, программный интерфейс.

Для цитирования: Гридякина, В. И. Анализ применимости языка программирования Python для реализации чат-бота сбора данных о пользователях / В. И. Гридякина, В. В. Доманский, И. К. Логвинова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 36–40.

Введение

Чат-боты незаменимые помощники пользователей в мессенджерах при различных запросах необходимой информации. Помимо этого чат-бот также выступает в роли собеседника, который может оказать консультацию или решить возникающий вопрос. Перед разработкой подобного виртуального помощника важным этапом выступает анализ и выбор языка программирования.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Основная часть

На сегодняшний день информационные технологии достигли уровня, при котором жизнь человека уже тяжело и практически невозможно представить без их участия [1]. Информационные технологии задействованы в каждой из сфер деятельности человека. Прежде всего, область IT развивается благодаря различным языкам программирования [2].

Под языком программирования следует понимать систему, состоящую из формальных знаков, которая в свою очередь предназначена для написания компьютерных программ. При этом язык программирования определяет такие понятия, как алфавит, грамматика, синтаксис и семантика. Под семантикой, в свою очередь, следует понимать направление, изучающее структуру языка программирования при использовании построения математических моделей.

Стоит отметить, что языки программирования по сложности делятся на два вида: языки низкого и высокого уровня.

Языки низкого уровня – языки программирования, которые позволяют создавать программы в машинных кодах.

Языки высокого уровня – простой способ написания компьютерных программ, который обеспечивает возможность выполнения сложных задач и упрощает адаптацию ПО.

В настоящее время существует большое количество различных языков программирования, причем у каждого имеются свои преимущества и недостатки. Для программной реализации чат-бота в Telegram для сбора данных о пользователях был выбран Python. Данный язык программирования является одним из популярных, применяется в разных областях IT-сферы, начиная с веб-разработки и заканчивая приложениями [3]. Рассмотрим данный язык программирования подробнее.

Python – высокоуровневый язык программирования, который отличается от общеизвестных языков читабельностью структурных элементов. Данный язык является полностью объектно-ориентированным, что предусматривает представление программы в виде совокупности объектов. Необычной особенностью синтаксиса данного языка являются пробельные отступы, которые предназначены для выделения кода. Как и любой язык программирования Python имеет свои недостатки и преимущества.

К преимуществам рассматриваемого языка следует отнести:

- универсальность при совместимости с существующими операционными системами;
- достаточную простоту при изучении;
- сходство с английским языком;
- быстроту при написании кода за счет читабельности синтаксиса;
- открытость исходного кода;
- динамическая типизация;
- множество библиотек и фреймворков;
- наличие объектов в смысле объектно-ориентированного программирования;
- возможность при написании программы ее деления на модули;
- использование при разработке технологий искусственного интеллекта;
- отсутствие необходимости в компиляции.

Из недостатков рассматриваемого языка следует выделить:

- высокое потребление памяти;
- низкое быстродействие;
- малое количество возможностей для оптимизации кода;
- отсутствие финансовой поддержки для средств разработки;
- привязанность языка к системным библиотекам;
- трата большого количества времени на тестирование;
- сложность написания каких-либо качественных мобильных приложений.

Учитывая все это, именно Python позволит создать чат-бота за небольшой промежуток времени, а также намного упростит разработку.

Таким образом, нами проведен анализ выбранного языка программирования. Стоит отметить, что при написании программы для реализации чат-бота в Telegram зачастую используют язык программирования Python.

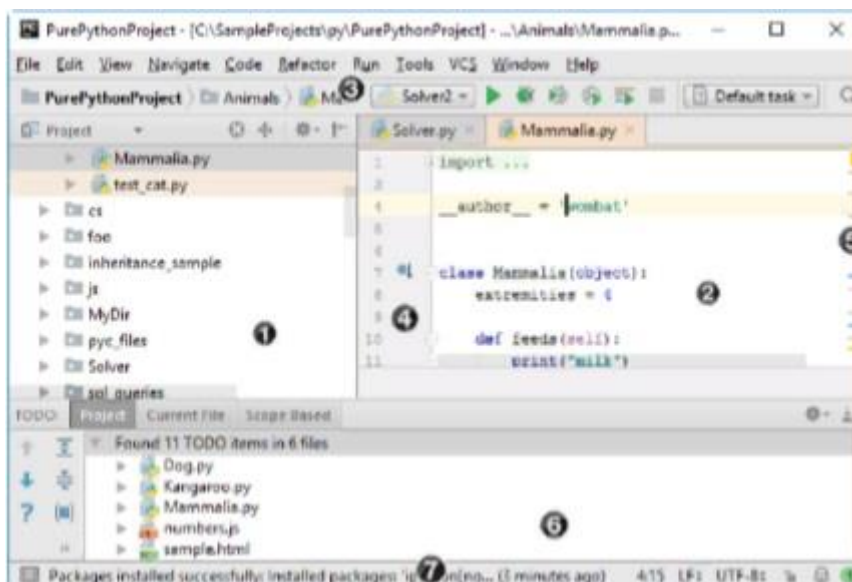
Важной частью разработки чат-бота в мессенджере Telegram для сбора данных о пользователях является рациональный выбор среды для программирования [4]. Важно уточнить, что средством разработки является компьютерная программа, предназначенная для создания или изменения текстовых файлов с кодом. Выбор среды, позволяющей разрабатывать, тестировать и выполнять код

на языке программирования Python, был остановлен на PyCharm. Рассмотрим подробнее возможности данного программного средства.

PyCharm является кроссплатформенной и интегрированной средой разработки, т. е. она совместима с такими операционными системами, как Windows, Linux и др. Помимо этого, инструменты, предоставляемые программисту данной средой, позволяют облегчить задачу написания кода, так как присутствует возможность настройки интерфейса, синхронизации версий языка программирования, а также использования различных фреймворков и плагинов. Стоит отметить, что PyCharm имеет встроенный анализатор кода, благодаря чему разработчик может свободно перемещаться по программе, использовать поиск нужных метаданных и исправлять возникающие ошибки при написании кода. Реализована система автоматического форматирования и гибкости шаблонов программирования. При использовании данной среды в разработке достигается структурность и логичность кода программ, но, как и любой программный продукт PyCharm имеет свои недостатки. Так, например, учитывая, что данная среда имеет большое количество ресурсов, существует проблема сильной нагрузки на систему и, следовательно, программа может замедляться при выполнении. Также при отладке кода могут возникать незначительные программные ошибки – баги. И как один из минусов PyCharm следует выделить отсутствие версии на русском языке.

Ранее были рассмотрены преимущества и недостатки данной среды разработки.

Перейдем к описанию интерфейса PyCharm. Стоит отметить, что PyCharm предназначен для создания программы в контексте проекта, поэтому при его запуске или импорте открывается главное окно, которое разделяется на несколько областей (см. рисунок).



Интерфейс PyCharm

Обратимся к рисунку, представленному выше, и опишем каждую из областей:

- Область 1 – Панель инструментов проекта отвечает за отображение файлов созданного проекта;
- Область 2 – Редактор PyCharm предназначен для написания кода программы;
- Область 3 – Панель навигации позволяет осуществлять запуск приложения, а также переключать версии программного средства при необходимости;
- Область 4 – Breakpoint обеспечивают перемещение по коду и отслеживание его иерархии;
- Область 5 – Столбец справа от редактора PyCharm отображает результаты проверки кода в виде ошибок или предупреждений;
- Область 6 – Панель инструментов PyCharm представлена в виде окон, которые осуществляют управление такими стандартными задачами, как поиск и навигация по коду, контроль версий и др.;
- Область 7 – Строка состояния предназначена для отображения различных информационных сообщений, а также предупреждений или ошибок.

Среда разработки PyCharm при написании кода программы удобна тем, что можно регулировать интерфейс, внешний вид IDE.

Выводы

Таким образом, был рассмотрен анализ языка программирования Python, среды разработки PyCharm, а также описан интерфейс данной среды. Помимо этого, проведенный анализ показал преимущества языка программирования Python и среды разработки PyCharm. Множество библиотек и фреймворков, а также использование при разработке технологий искусственного интеллекта позволяют более эффективно реализовать разработку чат-бота в Telegram для сбора данных о пользователях.

Список литературы

- 1 Аналитический обзор современных интеллектуальных информационных технологий в технике и на производстве / С. М. Ковалев, В. Снашел, А. Н. Гуда, А. Е. Колоденкова, А. В. Суханов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1 (73). – С. 60–75. – ISSN 0201-727X.
- 2 Аналитический обзор трудов конференции ИТИ'19 / А. Н. Гуда, С. М. Ковалев, В. Снашел, А. В. Суханов, А. Е. Колоденкова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 3. – С. 86–105. – DOI 10.46973/0201-727X_2020_3_86.
- 3 **Цыганкова, К. В.** Аналитический обзор программных средств разработки мобильных приложений / К. В. Цыганкова, В. В. Доманский, Е. О. Лагунова // Сборник трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции «Современное развитие науки и техники» («Наука-2020»). Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов н/Д. – 2020. – С. 323–327. – ISBN 978-5-907295-28-5.
- 4 **Гридякина, В. И.** Интеллектуальный анализ данных как механизм эффективного применения в разработке чат-бота / В. И. Гридякина В. В. Доманский // Цифровые инфокоммуникационные технологии : Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, посвященная 40-летию факультета «Информационные технологии управления» и 50-летию кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 48–51. – ISBN 978-5-907295-76-6.

References

- 1 Analytical review of modern intelligent information technologies in engineering and in production / S. M. Kovalev, V. Snashel, A. N. Guda, A. E. Kolodenkova, A. V. Sukhanov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2019. – No. 1 (73). – P. 60–75. – ISSN 0201-727X.
- 2 Analytical review of the proceedings of the ИТИ'19 conference / A. N. Guda, S. M. Kovalev, V. Snashel, A. V. Sukhanov, A. E. Kolodenkova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2020. – No. 3. – P. 86–105. – DOI 10.46973/0201-727X_2020_3_86.
- 3 **Tsygankova, K. V.** Analytical review of software for developing mobile applications / K. V. Tsygankova, V. V. Domansky, E. O. Lagunova // Collection of proceedings of the All-Russian National Scientific and Practical Conference “Modern Development of Science and Technology” (“Science-2020”). Rostov State Transport University. Rostov n/D. – 2020. – P. 323–327. – ISBN 978-5-907295-28-5.
- 4 **Gridyakina, V. I.** Intelligent data analysis as a mechanism for effective use in the development of a chatbot / V. I. Gridyakina V. V. Domansky // Digital infocommunication technologies : Collection of scientific papers of the II International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 40th anniversary of the faculty “Information management technologies” and the 50th anniversary of the department “Automation and telemechanics in railway transport”. Rostov-on-Don : Rostov State University of Transport, 2022. – P. 48–51. – ISBN 978-5-907295-76-6.

V. I. Gridyakina, V. V. Domansky, I. K. Logvinova

ANALYSIS OF THE APPLICABILITY OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE FOR THE IMPLEMENTATION OF A CHATBOT FOR COLLECTING USER DATA

Annotation. The analysis of the Python programming language, which will be necessary when implementing a chatbot for collecting user data, is carried out. The relevance of the chosen topic is that the Python programming language allows you to develop chatbots in the Telegram messenger in an accessible way. In this regard, the analysis of the Python programming language is currently gaining practical value.

Keywords: chatbot, automation, messenger, software interface.

For citation: Gridyakina, V. I. Analysis of the applicability of the Python programming language for the implementation of a chatbot for collecting user data / V. I. Gridyakina, V. V. Domansky, I. K. Logvinova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 36–40.

Сведения об авторах

Гридякина Виктория Ивановна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Информатика»,
магистрант,
e-mail: vgridyakina@yandex.ru

Доманский Василий Валерьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Информатика»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: domansk2015@mail.ru

Логвинова Ирина Константиновна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теория организации и управление персоналом»,
кандидат географических наук, доцент,
e-mail: logvinovaik@mail.ru

Information about the authors

Gridyakina Victoria Ivanovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Computer Science”,
Graduate,
e-mail: vgridyakina@yandex.ru

Domansky Vasily Valerievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Computer Science”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: domansk2015@mail.ru

Logvinova Irina Konstantinovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Theory of organization and personnel management”,
Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor,
E-mail: logvinovaik@mail.ru

УДК 538.945 + 06

М. Ю. Дунаев

СВЕРХПРОВОДНИКИ: ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ*

Аннотация. Рассмотрены общие принципы работы сверхпроводников, история развития, современные реалии и потенциальные варианты применения сверхпроводников при нормальных условиях.

Ключевые слова: сверхпроводимость, сверхпроводники, магнитное поле, сверхнизкая температура.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Для цитирования: Дунаев, М. Ю. Сверхпроводники: инновационные материалы, технологии и перспективы / М. Ю. Дунаев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 40–45.

Введение

В начале 20-го века установилось мнение, что электрическое сопротивление веществ возникает вследствие столкновений электронов с атомами в кристаллической решетке. Задача инженеров состояла в том, чтобы уменьшить эти столкновения и добиться электрической проводимости без потери энергии.

Однако все изменилось в 1911 году, когда голландский физик Камерлинг-Оннес Хейке совершил свои знаменитые эксперименты со ртутью. Он охладил ртуть до сверхнизкой температуры, всего несколько градусов выше абсолютного нуля. При такой температуре, электрическое сопротивление вещества практически полностью исчезло.

Этот феномен назвали сверхпроводимостью. Сверхпроводниками оказались те материалы, которые способны проводить электрический ток без каких-либо потерь энергии. Открытие Камерлинг-Оннеса стало настоящим прорывом и открыло новую эру в науке и технике. Инженеры были восхищены этим открытием и начали исследования, чтобы разобраться в физических свойствах сверхпроводников и попытаться понять, что происходит на микроскопическом уровне [1–3].

Основная часть

После многих лет исследования явления сверхпроводности был сделан ряд важных открытий. Например, в 1933 году физик Вальтер Меисснер и его студент Роберт Оссенфельд открыли эффект, который позже стал известен, как «эффект Меисснера» (рис. 1). Оказалось, что сверхпроводники выталкивают магнитные поля из своего объема, создавая эффект полного отражения магнитного потока. Этот эффект стал не только одной из отличительных особенностей сверхпроводников, но и полезным инструментом в применении этих материалов.

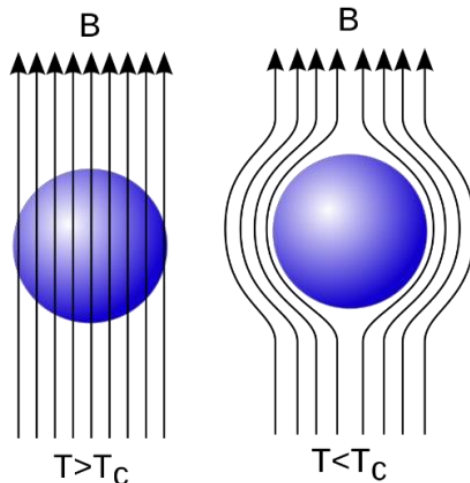


Рис. 1. Эффект Мейснера

В 1957 году физики Джон Бардин, Лео Купер и Роберт Шриффер предложили объяснение сверхпроводимости на основе бозонной конденсации. Они создали теорию, известную как теория БКШ, которая предполагает, что электроны в сверхпроводниках могут так называемые Куперовские пары. При низких температурах, когда вещество становится сверхпроводником, эти пары синхронизированно движутся по кристаллической решетке, создавая так называемую бозонную конденсацию. Это происходит благодаря взаимодействию электронов с фононами – колебаниями кристаллической решетки. Бозонная конденсация и образование Куперовских пар позволяют электронам двигаться без столкновений и потерь энергии, создавая эффект сверхпроводимости. Данное открытие обеспечило теоретическую основу для понимания сверхпроводимости.

Однако полная практическая реализация сверхпроводников оказалась сложной задачей. Большинство сверхпроводников требовали крайне низких температур для своей работы, что создавало

ограничения в промышленном и техническом применении. Долгие годы исследователи работали над разработкой новых материалов, которые могли бы стать сверхпроводниками при более высоких температурах. Их усилия привели к открытию так называемых высокотемпературных сверхпроводников. Это было огромным прорывом, поскольку они обеспечивали сверхпроводимость при более высоких температурах, чем обычные сверхпроводники, и открыли новые возможности для их применения в различных областях, от энергетики до медицины и науки.

Инженеры активно работают над исследованием и разработкой сверхпроводников, усовершенствованием материалов и способов охлаждения, чтобы повысить их эффективность и расширить области применения. Сверхпроводники нашли применение в широком спектре областей, включая силовые системы, медицинскую диагностику, магнитные резонансы, передачу сигналов и многие другие.

Одним из примеров использования сверхпроводящих материалов в жизни человека является использование ЯМР-томографии (ЯМРТ) (рис. 2). ЯМРТ – это метод медицинской диагностики, который использует ядерное магнитное резонансное (ЯМР) явление для создания детальных изображений внутренних органов и тканей человека. В свою очередь, сверхпроводники играют ключевую роль в создании магнитных систем ЯМР-томографов.



Рис. 2. ЯМРТ

В ЯМР-томографах использование сверхпроводников позволяет создавать сильные и стабильные магнитные поля, что является ключевым фактором для получения высококачественных изображений. Сверхпроводящая обмотка создает сильное магнитное поле, которое помогает ориентировать ядра атомов в тканях и органах пациента. Затем, благодаря изменению этого поля, система считывает информацию и создает изображение.

Преимущества использования сверхпроводников в ЯМР-томографах.

Высокоинтенсивное магнитное поле: сверхпроводники позволяют создавать магнитные поля с высокой интенсивностью, что улучшает качество изображений и позволяет проводить более точную диагностику.

Стабильность поля: сверхпроводящая обмотка обеспечивает стабильность магнитного поля на протяжении всей процедуры, что важно для точности изображений.

Безопасность: Использование сверхпроводников в ЯМРТ делает исследование безопасным для пациентов. Сверхпроводники не производят тепло и не оказывают неблагоприятного воздействия на организм.

Однако использование сверхпроводников также имеет и свои ограничения.

1. Высокая стоимость: производство и обслуживание сверхпроводящих систем требует значительных затрат, что делает ЯМРТ-сканы дорогим и недоступным в некоторых регионах оборудованием.

2. Ограниченная чувствительность: магнитное поле, создаваемое сверхпроводниками, ограничивает сенсорное разрешение ЯМРТ. В результате этого могут возникать проблемы с детектированием небольших изменений или аномалий.

Использование сверхпроводников в ЯМР-томографах значительно улучшает возможности и точность диагностики, позволяя медицинским специалистам получать детальные изображения внутренних органов и тканей. Это делает ЯМРТ одним из наиболее эффективных методов обследования в медицине.

Другим способом применения сверхпроводников стало использование их в транспортной сфере, а именно для перемещения транспорта на магнитной подушке. Они играют важную роль в поездах на магнитной подушке (рис. 3), которые используются для создания высокоскоростных транспортных систем. В таких системах магнитное поле используется для поддержания поезда на некотором расстоянии от земли, уменьшая трение и позволяя поезду двигаться с высокой скоростью.



Рис. 3. Поезд на магнитной подушке

Применение сверхпроводников в поездах на магнитной подушке предоставляет несколько преимуществ.

1. Снижение трения: поезд на магнитной подушке держится на некотором расстоянии от рельсов благодаря магнитным силам, что снижает трение между поездом и путями. Это позволяет достичь очень высоких скоростей и энергоэффективности.

2. Высокая скорость: использование сверхпроводников в магнитной системе позволяет создавать сильные и стабильные магнитные поля, что, в свою очередь, позволяет поезду развивать высокую скорость. Это позволяет сократить время перевозки между двумя пунктами.

3. Энергоэффективность: сверхпроводники обладают низким электрическим сопротивлением и могут переносить электрический ток без потерь энергии. Это позволяет сэкономить энергию и снизить издержки на эксплуатацию транспортной системы.

Процесс работы поезда на магнитной подушке с использованием сверхпроводников включает в себя следующие шаги.

1. Создание магнитного поля: сверхпроводящая обмотка установлена на поезде и подключена к источнику постоянного тока. При прохождении постоянного тока через сверхпроводник создается магнитное поле, которое воздействует на магнитные пути.

2. Индукция магнитного поля: Магнитные пути, по которым движется поезд, оборудованы постоянными магнитами или электромагнитами, которые воздействуют на магнитное поле, создаваемое сверхпроводником на поезде. В результате этих взаимодействий возникает поддерживающая сила, которая удерживает поезд в воздухе и позволяет ему двигаться по пути.

3. Управление движением: чтобы контролировать движение поездов на магнитной подушке, используется система управления. Эта система позволяет регулировать магнитное поле, создаваемое поездом, чтобы поддерживать безопасное расстояние между ним и рельсами, а также управлять скоростью движения поезда и его остановками.

В целом, использование сверхпроводников в поездах на магнитной подушке позволяет достичь высоких скоростей, энергоэффективности и снизить трение. Это современное решение для высокоскоростных транспортных систем, которое может значительно улучшить мобильность и экологические показатели в будущем, так как на сегодняшний день разработка и создания подобной системы является очень дорогостоящей.

Заключение

Рассмотрев перспективы развития сверхпроводников, можно сказать, что будущее для этого класса материалов очень обнадеживающее. Сверхпроводники обладают уникальными свойствами и предоставляют возможности для исследования и разработки инновационных технологий.

Первым направлением, которое следует отметить, является развитие новых сверхпроводящих материалов с более высокой критической температурой, чтобы можно было достичь сверхпроводящих состояний при более высоких температурах, уменьшив требования к охлаждению. Это позволит существенно снизить затраты на инфраструктуру и расширит возможности их применения в разных сферах.

Вторым важным направлением развития является улучшение технологии изготовления сверхпроводниковых элементов и конструкций. Тщательное исследование процессов синтеза и особенностей сверхпроводникового материала поможет создать оптимизированные системы, более эффективные и экономичные в использовании.

Усилия в направлении миниатюризации и интеграции сверхпроводниковых компонентов также сыграют важную роль в дальнейшем развитии технологии. Это позволит создавать компактные и высокоэффективные устройства, обладающие применимостью в различных областях – от энергетики и транспорта до медицины и научных исследований.

Именно из-за большого потенциала сверхпроводящих материалов, необходимо продолжать исследования и развитие в данной области, чтобы преодолеть некоторые вызовы, такие как стоимость производства и эксплуатации, экологические последствия и влияние на инфраструктуру.

Список литературы

- 1 **Квасников, И. А.** Введение в теорию электропроводности и сверхпроводимости : для студентов старших курсов и аспирантов, специализирующихся в области теоретической физики, а также научных сотрудников / И. А. Квасников. – М. : ЛИБРОКОМ, 2009. – 212 с. – ISBN 978-5-397-00314-8.
- 2 **Федюкин, В. К.** Основы альтернативной теории «сверхпроводимости» / В. К. Федюкин. – СПб. : СПбГИЭУ, 2009. – 124 с. – ISBN 978-5-88996-923-5.
- 3 **Эдельман, В. С.** Вблизи абсолютного нуля / В. С. Эдельман. – М. : Физматлит, 2001. – 192 с. – ISBN 5-94052-029-4.

References

- 1 **Kvasnikov, I. A.** Introduction to the theory of electrical conductivity and superconductivity : for undergraduate and graduate students specializing in theoretical physics, as well as researchers / I. A. Kvasnikov. – M. : LIBROKOM, 2009. – 212 p. – ISBN 978-5-397-00314-8.
- 2 **Fedyukin, V. K.** Fundamentals of the alternative theory of “superconductivity” / V. K. Fedyukin. – St. Petersburg : SPbGIEU, 2009. – 124 p. – ISBN 978-5-88996-923-5.
- 3 **Edelman, V. S.** Near absolute zero / V. S. Edelman. – M. : Fizmatlit, 2001. – 192 p. – ISBN 5-94052-029-4.

*M. Y. Dunaev***SUPERCONDUCTORS: INNOVATIVE MATERIALS,
TECHNOLOGIES AND PROSPECTS**

Abstract. The general principles of operation of superconductors, the history of development, modern realities and potential applications of superconductors under normal conditions are considered.

Keywords: superconductivity, superconductors, magnetic field, ultralow temperature.

For citation: Dunaev, M. Yu. Superconductors: innovative materials, technologies and prospects / M. Yu. Dunaev // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No 3. – P. 40–45.

Сведения об авторах**Дунаев Михаил Юрьевич**

Ростовский государственный университет путей
сообщения (РГУПС),
кафедра «Электрические машины и аппараты»,
аспирант,
e-mail: mish.dun@yandex.ru

Information about the authors**Dunaev Mikhail Yurievich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Electrical Machines and Apparatus”,
Postgraduate student,
e-mail: mish.dun@yandex.ru

УДК 629.424 : 628.43.6 + 06

*О. Л. Игнатьев, Д. А. Любарцев, И. Р. Бережной***ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОВ НА ТЕПЛОВОЗЕ***

Аннотация. На протяжении всего развития двигателя внутреннего сгорания он имел достаточно низкий коэффициент полезного действия, поэтому, для улучшения показателей энергетической эффективности требуются новые подходы по использованию энергии. Одним из способов решения этой задачи может стать применение термогенераторов. Такой способ позволит не только повысить экономичность работы тепловоза, но и за счет отъема тепла уменьшатся тепловые выбросы в атмосферу.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, термогенератор, тепловоз, бросовая энергия.

Для цитирования: Игнатьев, О. Л. Применение термогенераторов на тепловозе / О. Л. Игнатьев, Д. А. Любарцев, И. Р. Бережной // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 45–51.

Введение

На сегодняшний день, совершенствование двигателя внутреннего сгорания достигло своего пика, и для повышения его КПД традиционных способов улучшения недостаточно [1–6].

Существующие энергетические резервы тепловоза представлены на рис. 1.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

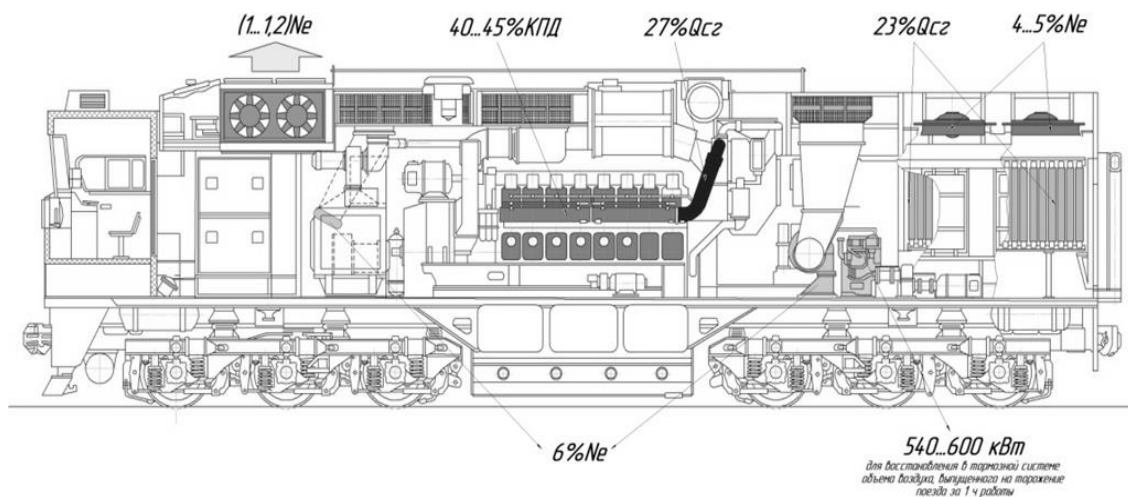


Рис. 1. Анализ энергетических резервов тепловоза

Рассматривать современные научные разработки для повышения энергетической эффективности работы тепловоза необходимо на базе схемы, отражающей расходы энергоресурсов на тепловозе и с учетом использования этой энергии на различные нужды, что позволяет выявить пути совершенствования ее положительного использования, в том числе, «бросового» тепла, путем применения термоэлектрических модулей (рис. 2).

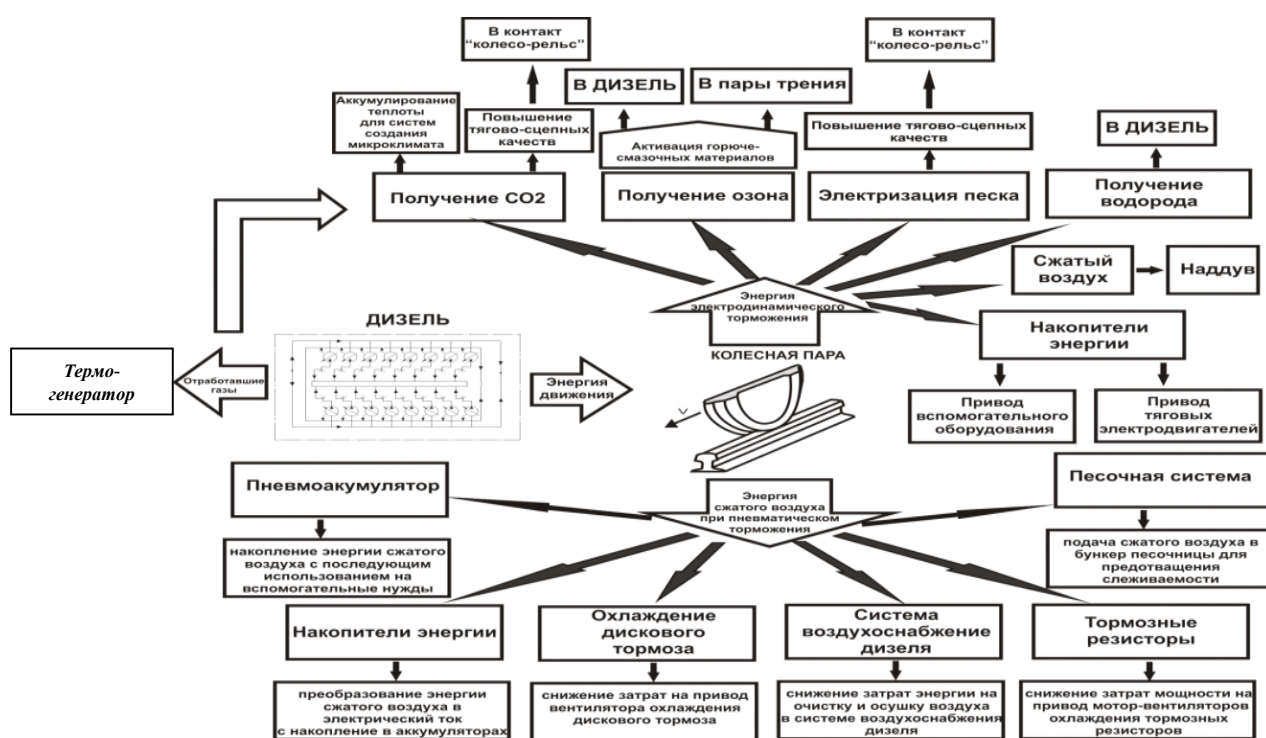


Рис. 2. Рациональное расходование энергоресурсов

Основная часть

Тенденция совершенствования рабочего процесса дизелей в настоящее время носит оптимизационный характер, как следует из обзора, представленного в [2], а энергия сгорания топлива лишь на 25 % используется полезно (рис. 3) [3] и 40 % тепла уходит с отработанными газами, которые мы можем отнести к «бросовому» теплу. Положительно использовать его позволяет термогенератор.



Рис. 3. Диаграмма теплового баланса современных ДВС [3]

Термогенератор – приспособление, при помощи которого возможно получить электроэнергию из тепла. Такое устройство представляет собой две металлические пластины с полупроводниками. Такой термоэлемент работает по принципу эффекта Зеебека (рис. 4) [2, 3].

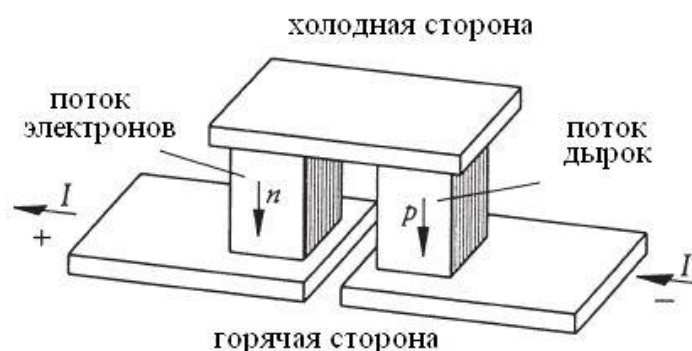


Рис. 4. Схема полупроводникового термоэлемента

Принцип работы любого термоэлектрического элемента основан на появлении градиента температур при протекании электрического тока в замкнутой цепи. При совмещении таких полупроводников происходит поглощение энергии электроном в этой области, но для выработки электроэнергии необходимо поддерживать разницу температур, то есть охлаждать поверхность (рис. 5).

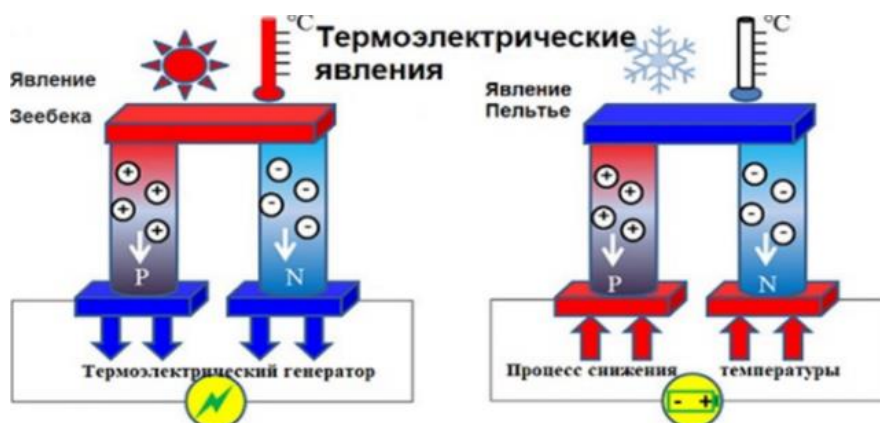


Рис. 5. Термоэлектрические явления в термогенераторе [2, 3]

Данные полупроводники выполнены из солей таких металлов как: теллур, висмут, селен или сурьма.

При создании собственной установки для питания какого-либо прибора, мы можем не ограничивать себя в количестве модулей термоэлемента, так как их можно подключать последовательно, а чем больше модулей в нашей установке – тем более мощная установка. Помимо увеличения количества модулей, мы можем добиться более высокой мощности за счет более усовершенствованных термоэлементов, что сделает нашу установку более компактной, следовательно, для ее установки можно будет обойтись без значительных конструктивных изменений.

На рис. 6 представлен график зависимости мощности термоэлемента от разности температуры на нашей установке. На нем видно, что, чем больше градиент температур, тем больше вырабатываемая мощность.

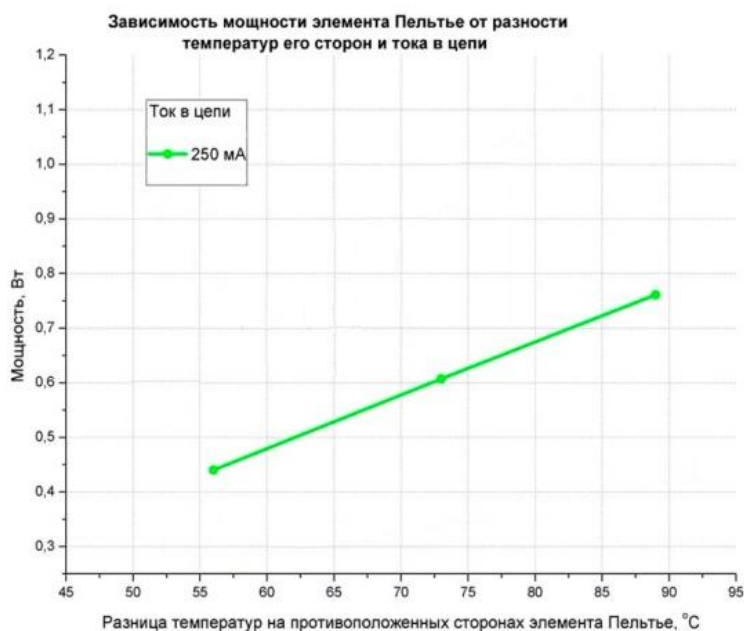


Рис. 6. Зависимость мощности от изменения температуры на элементе Пельтье

Еще в середине двадцатого века ученые СССР нашли применение таких установок и начали выпуск термогенераторов ТГК-3, предназначение которых было питать батарейные радиоприемники в условиях, где не было электричества. Внешний вид термогенератора ТГК-3 показан на рис. 7. В настоящее время выпускаются различные устройства, позволяющие использовать термогенераторы для, например, зарядки телефонов, фонариков и т. п. в условиях, где отсутствует электричество. Примеры таких устройств представлены на рис. 8.



Рис. 7. Термогенератор ТГК-3



Рис. 8. Современные устройства, с использованием термогенераторов

При рассмотрении ДВС, можно обратить внимание на систему отработанных газов, температура которых достигает примерно 500°C , а температура системы охлаждения ниже 100°C , что создает условия, при которых работа термоэлемента будет возможна.

Также возможен такой вариант: обвить теплопроводящей гибкой лентой трубу глушителя сразу после выхлопного коллектора, при помощи которой будет происходить передача тепла на датчик. Второй датчик можно разместить на поверхности крыши, воздушного радиатора или внутри холодильной камеры, как на рис. 9.

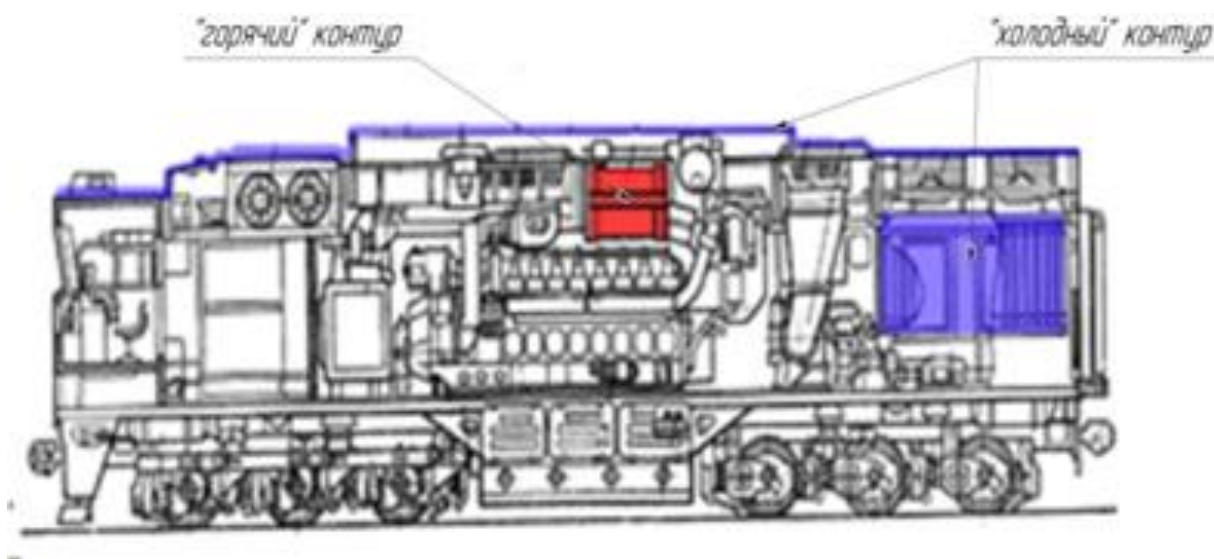


Рис. 9. Варианты расположения элементов термогенератора

Пример расположения пластин термогенератора (горячая сторона) на поверхности глушителя представлен на рис. 10.

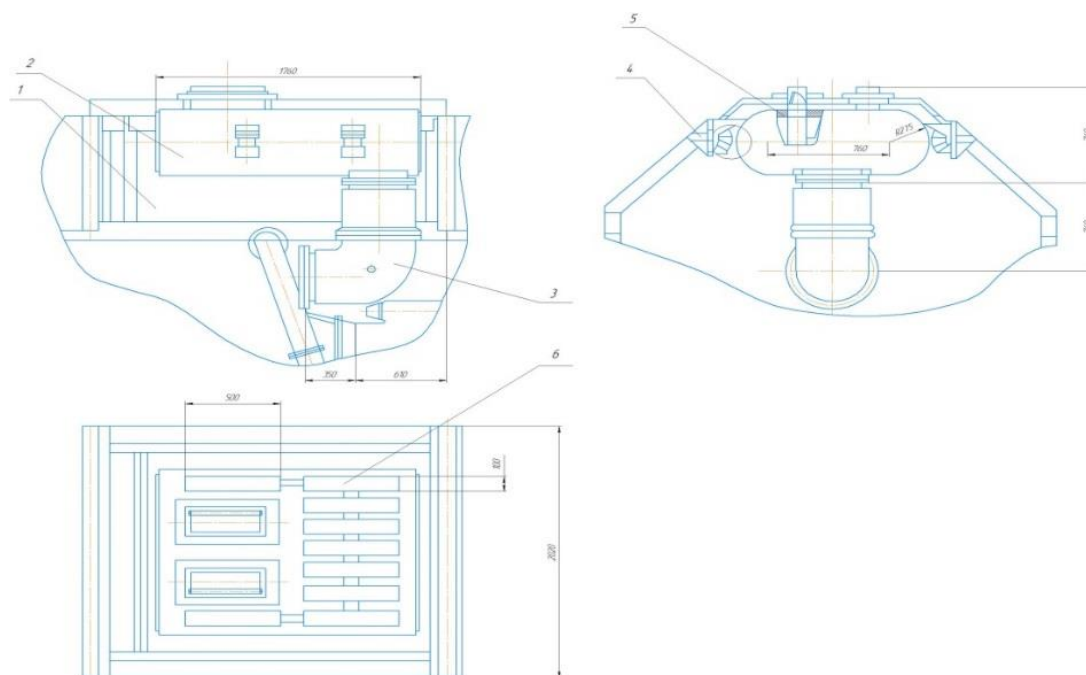


Рис. 10. Установка пластин термогенератора на глушителе тепловоза:

1 – глушитель, 2 – проставка, 3 – колено, 4 – заделка, 5 – амортизатор, 6 – пластина термогенератора

Выводы

Предложенная система ранее не использовалась на тепловозе, она позволит повысить экономичность работы тепловоза за счет положительного использования «бросового» тепла, проста и надежна в эксплуатации, изготавливается из не дорогого сырья, а также имеет небольшие габариты, что в совокупности выглядит перспективно.

По предварительным расчетам, можно рассчитывать на выработку мощности до 5 кВт энергии, которую можно будет использоваться для питания различных электроприборов на тепловозе (рис. 11).



Рис. 11. Освещение дизельного помещения и приборной панели

Список литературы

1 **Игнатьев, О. Л.** Альтернативные методы утилизации энергии на тепловозе при его работе / О. Л. Игнатьев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 3 (28). – С. 31–34. – ISSN 1818-5509.

References

1 **Ignatiev, O. L.** Alternative methods of energy utilization on a diesel locomotive during its operation / O. L. Ignatiev // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2014. – No. 3 (28). – P. 31–34. – ISSN 1818-5509.

2 **Ноженко, Е. С.** Повышение энергетической эффективности тепловоза активацией рабочих сред : дис.канд. техн. наук : 05.22.07 / Ноженко Елена Сергеевна. – Луганск, 2010. – 207 с.

3 Сайт «Green Car Congress» [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.greencarcongress.com> (дата обращения 09.06.2023).

4 **Ландсберг, Г. С.** Элементарный учебник физики: Механика. Теплота. Молекулярная физика : в 3 т. / Под редакцией Г. С. Ландсберга. – К. : Советская школа, 1968. – 259 с.

5 **Иорданашвили, Е. К.** Термоэлектрические источники питания / Е. К. Иорданашвили. – М. : Сов. радио, 1968. – 500 с.

6 **Анатычук, Л. И.** Термоэлементы и термоэлектрические устройства : Справочник / Л. И. Анатычук. – К. : Наук. думка, 1979. – 768 с.

2 **Nozhenko, E. S.** Improving the energy efficiency of a diesel locomotive by activating working environments : Dis.Cand. Eng. Sciences : 05.22.07 / Nozhenko Elena Sergeevna. – Lugansk, 2010. – 207 p.

3 Website «Green Car Congress» [Electronic resource]. – URL : <http://www.greencarcongress.com> (date of access 06/09/2023).

4 **Landberg, G. S.** Elementary Physics Textbook : Mechanics. Heat. Molecular physics : in 3 volumes / Edited by G. S. Landsberg. – K. : Soviet school, 1968. – 259 p.

5 **Iordanashvili, E. K.** Thermoelectric power sources / E. K. Iordanashvili. – M. : Sov. radio, 1968. – 500 p.

6 **Anatychuk, L. I.** Thermoelements and thermoelectric devices : A Handbook / L. I. Anatychuk. – K. : Nauk. Dumka, 1979. – 768 p.

O. L. Ignatiev, D. A. Lyubartsev, I. R. Berezhnoy

THE USE OF HEAT GENERATORS ON A DIESEL LOCOMOTIVE

Abstract. Throughout the entire development of the internal combustion engine, it had a rather low efficiency coefficient, therefore, new approaches to energy use are required to improve energy efficiency indicators. One of the ways to solve this problem can be the use of thermogenerators. This method will not only increase the efficiency of the locomotive, but also reduce thermal emissions into the atmosphere due to heat removal.

Keywords: energy efficiency, thermogenerator, diesel locomotive, waste energy.

For citation: Ignatiev, O. L. The use of heat generators on a diesel locomotive / O. L. Ignatiev, D. A. Lyubartsev, I. R. Berezhnoy // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 45–51.

Сведения об авторах

Игнатъев Олег Леонидович

Ростовский государственный университет путей и сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: oignat2014@yandex.ru

Бережной Илья Романович

Ростовский государственный университет путей и сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: wkojl9lp_tawer@mail.ru

Любарцев Даниил Александрович

Ростовский государственный университет путей и сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: beshenianton@mail.ru

Information about the authors

Ignatiev Oleg Leonidovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Car and Cars Facilities”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: oignat2014@yandex.ru

Berezhnoy Ilya Romanovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Traction rolling stock”,
Student,
e-mail: wkojl9lp_tawer@mail.ru

Lyubartsev Daniil Alexandrovich

Rostov State University of Railways and Communications (RSUPS),
Department of Traction Rolling Stock,
Student,
e-mail: beshenianton@mail.ru

УДК 62-235 + 06

*О. И. Коваленко, К. А. Кручинин, И. А. Колодяжный***АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ АВТОМАТИЧЕСКИМИ
ТРАНСМИССИЯМИ***

Аннотация. Рассмотрены различные виды реализации алгоритма управления для автоматических трансмиссий. Представлено детальное описание принципа работы 8-ступенчатой автоматической коробки передач с электрогидравлическим управлением OD5.

Ключевые слова: автоматическая трансмиссия, управление, алгоритм, датчик, гибридная трансмиссия.

Для цитирования: Коваленко, О. И. Алгоритм управления современными автоматическими трансмиссиями / О. И. Коваленко, К. А. Кручинин, И. А. Колодяжный // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 52–58.

Введение

Первые автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) начали появляться в конце XIX – начале XX века. Они имели простейшие по своей конструкции коробки передач, например на автомобиль Карла Бенца (Benz Patent-Motorwagen) с 1885 года устанавливалась одноступенчатая, а с 1887 – двухступенчатая система трансмиссии, имеющая также фиксированные и неуправляемые шкивы, ремень [1]. Задней передачи в такой коробке передач не было. В процессе развития первых механических коробок перемены передач в появляющемся разнообразии автомобилей инженеры и конструкторы задумались над упрощением процесса управления транспортными средствами путем автоматизации их силовых трансмиссий.

Созданию конструкции автоматической трансмиссии предшествовало огромное количество конструкторских разработок и экспериментов. Однако, только в 1948 году на автомобиле Buick появилась первая в мире серийная двухступенчатая автоматическая трансмиссия Dynaflo [2–3], в которой стал использоваться гидротрансформатор вместо применяемой ранее гидромукты, ухудшающей разгонную динамику.

Основная часть

Сегодня, существует большое количество различных видов силовых трансмиссий, наиболее распространенными из них являются: механическая коробка перемены передач (МКПП), электрогидравлическая трансмиссия, роботизированная коробка переключения передач (РКПП) и вариаторы (CVT). Также, помимо перечисленных видов популярных схем коробок передач получили распространение сегодня и гибридные трансмиссии [1–3].

Современные механические коробки передач имеют в своей конструкции набор параллельно расположенных валов и шестерен в едином корпусе. Изменение передаточного отношения в МКПП осуществляется путем введения шестерен в зацепление при помощи кулисы переключения передач. Механические трансмиссии подразделяются на двухвальные и трехвальные, в зависимости от типа привода транспортного средства. Количество передач в механических трансмиссиях варьируется в диапазоне от двух до семи в зависимости от типа транспортного средства. Механические трансмиссии сегодня применяются реже, чем ранее.

Электрогидравлическая автоматическая коробка переключения передач (АКПП) осуществляет автоматический выбор (без участия водителя) оптимального передаточного отношения, которое подбирается с учетом актуальных дорожных условий. Автоматическая электрогидравлическая коробка передач имеет большое количество узлов и механизмов: гидротрансформатор, несколько валов, переключающие элементы (фрикционные диски тормозов и переключающие муфты), планетарные ряды шестерен, раздаточная коробка передач, соединенные в одном корпусе, управляет этой

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

механической частью – электромеханический блок *Mechatronic* с интегрированным в него гидроаккумулятором.

Роботизированная коробка перемены передач (РКПП) – это трансмиссия, конструктивно схожая с механической, т. е. имеет в своем составе валы и шестерни, но с принципиальным отличием в управлении. Данный агрегат работает под контролем блока управления (*Mechatronic*), состоящего из двух частей: гидравлической и электронной. Этот блок основан на микропроцессорной архитектуре.

Вариатор или *Continuously Variable Transmission (CVT)* также является одним из типов автоматических трансмиссий. Вариатор – это агрегат, имеющий бесступенчатое и плавное изменение передаточного отношения при постоянных оборотах ДВС. Основным компонентом вариатора является ремень или цепь, соединяющие между собой два конусных шкива. Вариатор обеспечивает плавность и эффективность передачи крутящего момента от двигателя к колесам [4–7].

Гибридная трансмиссия (трансмиссия с гибридным приводом) – это комбинированная система, состоящая из механической части, то есть вала или валов, шестерней различных типов, соединенных в планетарный ряд, а также электродвигателя и муфты сцепления, которая вместо обычного пакета сухих дисков получила более сложную конструкцию, способную мгновенно отключать выходной вал мотора от трансмиссии. В корпус гибридной коробки установлен электромотор, который при движении накатом теперь помогает поддерживать тягу на колесах, а также выдающий дополнительный крутящий момент при разгонах.

Применяемая гибридная АКПП в автомобилях *Lexus LC500h, LS500h* — это трансмиссия, обеспечивающая плавное переключение передач без посторонних толчков при переключениях, что достигнуто благодаря использованию электрического двигателя [4].

Основными компонентами используемой на автомобилях *Lexus* силовой гибридной трансмиссии являются два электродвигателя – приводной электромотор и электромотор-генератор, имеющие одинаковую конструкцию. Статоры электромоторов закреплены в корпусе трансмиссии, они имеют большое количество витков катушек, а роторы обладают встроенными постоянными магнитами, размещенными вокруг приводного вала.

Все описанные выше виды и типы силовых трансмиссий имеют различное конструктивное исполнение. Одной из ключевых особенностей каждой автоматической коробки передач является алгоритм ее управления, имеющий свою логику работы.

Например, 8-ступенчатая автоматическая коробка передач с электрогидравлическим управлением *0D5*, используемая на автомобиле *Volkswagen Touareg* производства компании *ZF*, имеет блок *Mechatronic*, который анализирует сигналы датчиков и информацию, поступающую по шине *CAN*-привода (протокола для связи электронного блока управления с дополнительными устройствами и контроллерами исполнительных механизмов и различных систем безопасности). Эта информация преобразуется в команды для исполнительных механизмов. Блок *Mechatronic* осуществляет управление и контроль над следующим списком функций:

- переключающих элементов;
- программ переключения;
- размыканий в неподвижном состоянии;
- движения накатом;
- импульсного гидроаккумулятора для режима старт-стоп;
- блокировки трансмиссии на стоянке.

Датчик температуры масла коробки передач (КП) *G93* и блок управления АКП *J217* вместе контролируют температуру масла. Чтобы избежать повреждений из-за перегрева, при достижении определенных уровней температуры принимаются соответствующие меры:

- 1) свыше 125°C точки переключения смещаются в диапазон более высокой частоты вращения, и муфта блокировки ГТ замыкается раньше.
- 2) свыше 140°C крутящий момент двигателя уменьшается.
- 3) свыше 145°C электропитание электромагнитных клапанов отключается.

Датчик частоты вращения входного вала КП *G182* (рис. 1) определяет частоту вращения вала *PT2*. Валик *PT2* соединен с валом турбинного колеса и поэтому имеет входную частоту вращения (как у двигателя). В случае отказа используется резервный сигнал от блока управления двигателем.

Датчик частоты вращения выходного вала КП *G195* (рис. 1) определяет частоту вращения вала *PT4*. Валик *PT4* соединен с выходным валом и поэтому имеет выходную частоту вращения. В случае отказа используется резервный сигнал от блока управления *ABS*.

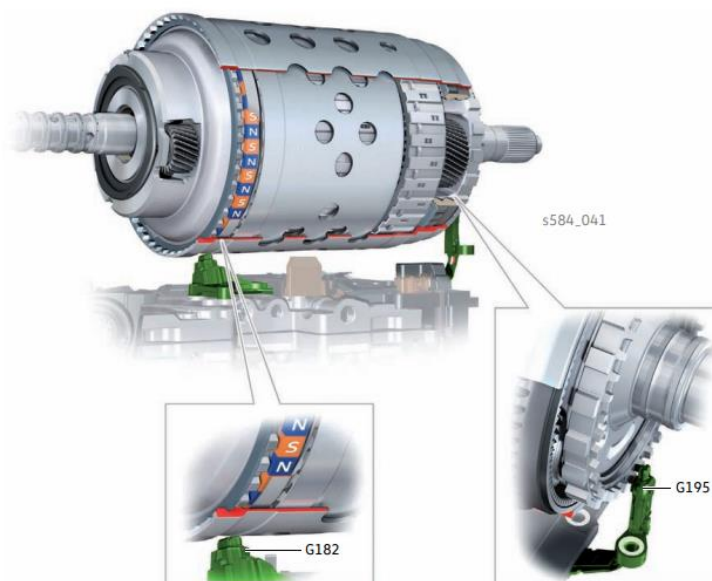
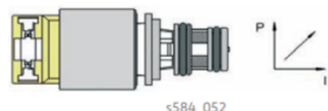


Рис. 1. Схема размещения датчиков, управляющих компонентами АКПП

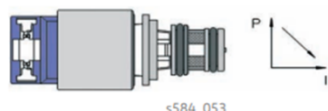
Исполнительные механизмы силовой трансмиссии, которыми являются клапаны регулирования давления, обеспечивают управляющее давление в гидравлическом контуре в зависимости от проходящего через них управляющего тока. Они активируются блоком управления коробкой передач (КП) и, в свою очередь, воздействуют на гидравлические золотники. В трансмиссии установлены три типа клапанов регулирования давления (рис. 2): клапаны регулирования давления с нарастающей характеристикой, клапаны регулирования давления с падающей характеристикой, а также электромагнитный клапан, управляющий давлением для блокировки трансмиссии на парковке и переключающих элементов.

Клапаны регулирования давления с нарастающей характеристикой



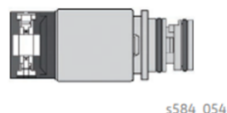
- N215 Клапан регулирования давления 1 — тормоз А
- N216 Клапан регулирования давления 2 — тормоз В
- N218 Клапан регулирования давления 4 — муфта D
- N233 Клапан регулирования давления 5 — муфта E
- N371 Клапан регулирования давления 6 — муфта блокировки ГТ

Клапаны регулирования давления с падающей характеристикой



- N217 Клапан регулирования давления 3 — муфта C
- N443 Клапан регулирования давления 7 — давление в системе

Электромагнитный клапан 1 N88



Клапан N88 представляет собой переключаемый электромагнитный клапан. Это так называемый 3-ходовой 2-позиционный клапан, т. е. у него три штуцера и два положения переключения (открыт/закрыт или включён/выключен). Клапан N88 управляет давлением для блокировки трансмиссии на стоянке (lock) и переключающих элементов.

Рис. 2. Клапаны регулирования давления в 8-ступенчатой АКПП 0D5

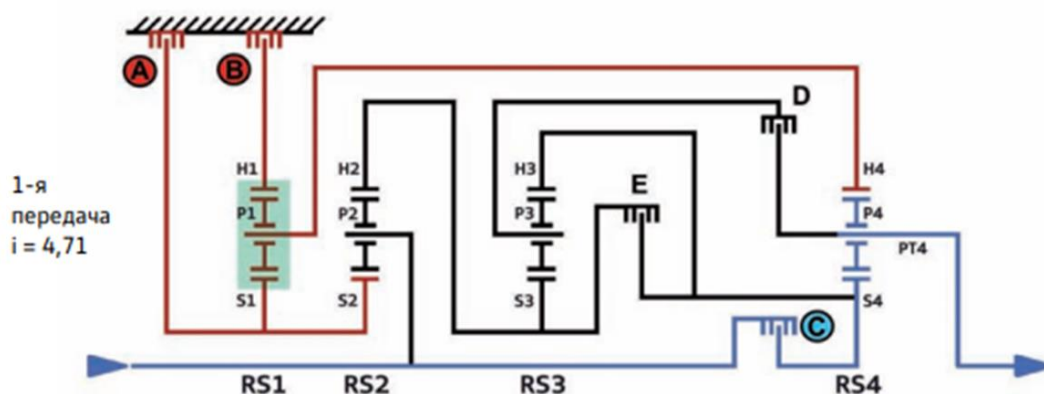


Рис. 3. Поток мощности на 1-й передаче – активированные переключающие элементы: А, В, С

Крутящий момент двигателя передается через вал турбинного колеса на замкнутую муфту С (рис. 3). Оттуда через солнечную шестерню S4 – на сателлиты P4. Сателлиты P4 обкатываются по неподвижной коронной шестерне H4, а водило PT4 передает момент на раздаточную коробку.

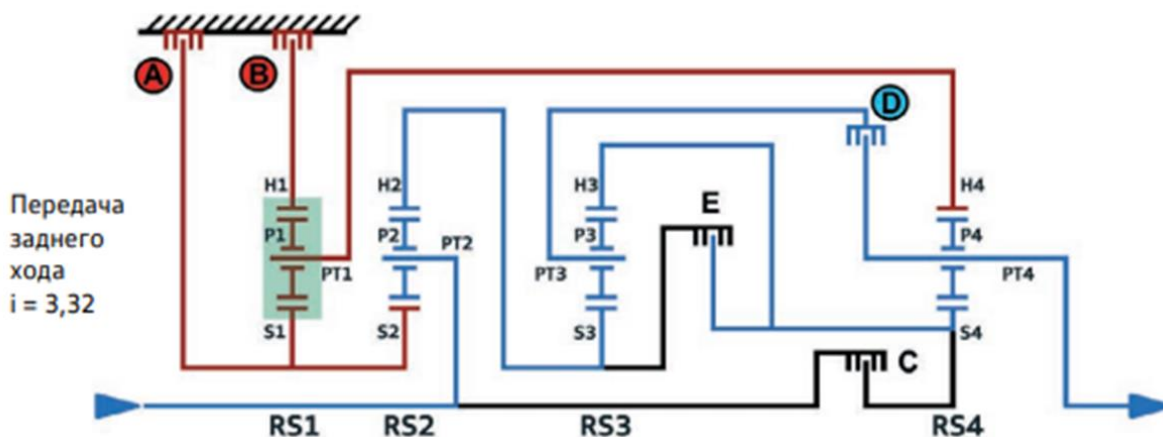


Рис. 4 – Поток мощности на передаче заднего хода – активированные переключающие элементы: А, В, D

Крутящий момент двигателя передается через вал турбинного колеса на водило PT2 (рис. 4). Сателлиты P2 обкатываются по солнечной шестерне S2, а коронная шестерня H2 передает момент на солнечную шестерню S3. Планетарный ряд RS3 меняет направление вращения для движения автомобиля задним ходом. Момент передается от солнечной шестерни S3 через сателлиты P3 на коронную шестерню H3. От коронной шестерни H3 момент передается дальше на солнечную шестерню S4. Сателлиты P4 обкатываются по коронной шестерне H4, а водило PT4 передает момент на раздаточную коробку. Муфта D соединяет между собой водила PT3 и PT4. Поэтому оба водила вращаются против направления вращения двигателя.

Когда автомобиль стоит на месте с работающим двигателем, в гидротрансформаторе возникает очень сильное проскальзывание. Двигатель испытывает избыточную нагрузку. Для минимизации этих последствий применяется размыкание в неподвижном состоянии, которое способствует уменьшению проскальзывания и тем самым сокращает выбросы углеводородов двигателем.

Благодаря размыканию тормоза В планетарный редуктор может вращаться. Крутящий момент двигателя передается уже не на выходной вал КП, а на тормоз В. Проскальзывание в гидротрансформаторе уменьшается. Более высокая тепловая нагрузка требует специального охлаждения и более мощного тормоза (рис. 5).

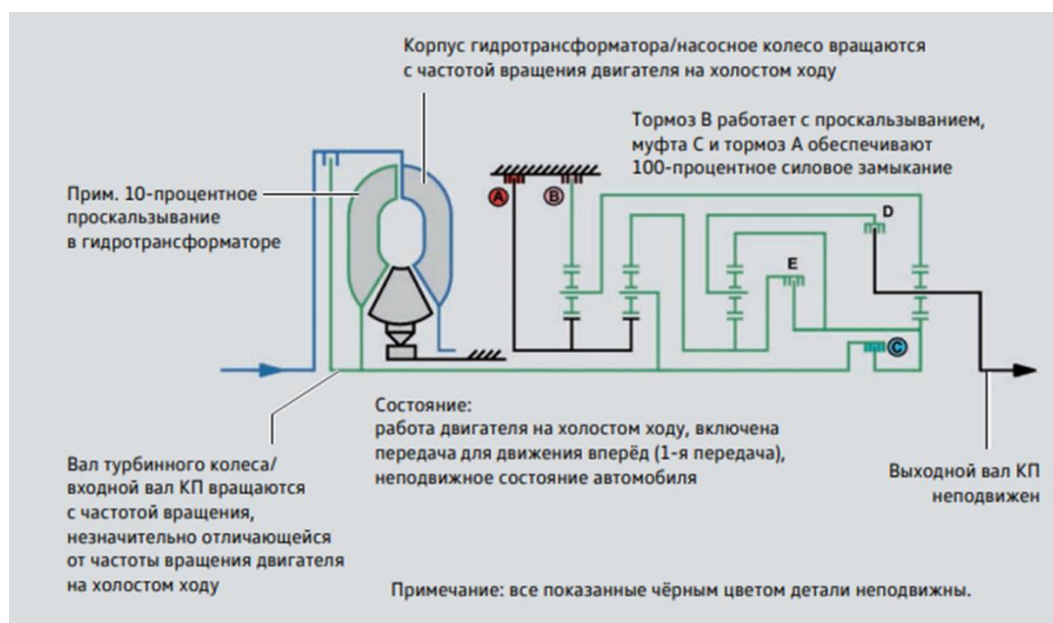


Рис. 5. Размыкание в неподвижном состоянии активировано

У этой автоматической коробки передач есть режим движения накатом. При скорости от 170 до 40 км/ч автомобиль катится с частотой вращения холостого хода, без торможения двигателем. Необходимое отключение трансмиссии на передачах 5-я–8-я обеспечивается муфтой D. При движении накатом 7-я передача не включается, так как при этом в коробке передач возникают критические значения частоты вращения [8].

В данной публикации был рассмотрен алгоритм управления современной автоматической силовой трансмиссией. Автоматическая коробка передач, в которой используется рассмотренный алгоритм управления, проработана на высоком технологическом уровне: в конструкции применены интеллектуальные датчики и электромагнитные клапаны, а также современная управляющая электроника, позволяющая реализовать эффективный и четкий алгоритм управления АКПП. Среди преимуществ данного агрегата – возможность его диагностирования через специальный разъем, но высокая технологичность трансмиссии является серьезным минусом, в случае каких-либо неисправностей и поломок необходимо будет менять вышедшие из строя датчики, механизмы в сборе, что достаточно затратно.

Выводы

Разработка новых силовых трансмиссий является одним из приоритетных направлений развития отраслей машиностроения, а именно автомобилестроения и железнодорожного транспорта в текущее время в связи с санкциями со стороны Западных стран.

С момента создания первых коробок передач их устройство претерпело многочисленные изменения. Рассматривая современные силовые трансмиссии, отметим, что важнейшим фактором является обеспечение эффективного взаимодействия между электронным блоком управления с подконтрольным ему механическим узлом, что стало возможно только с развитием электроники и вычислительных устройств.

В настоящее время конструкция автоматических силовых трансмиссий активно развивается с применением гибридных технологий, внедрением искусственного интеллекта и автоматизацией системы управления. Роль человека сокращается, позволяя минимизировать риск и выбрать оптимальный режим управления.

Список литературы

1 Benz Patent-Motorwagen. Материалы из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – 2023. – URL :

References

1 Benz Patent-Motorwagen. Materials from Wikipedia – the free encyclopedia [Electronic resource]. – 2023. – URL :

https://ru.wikipedia.org/wiki/Benz_Patent-Motorwagen (дата обращения 27.07.2023).

2 История создания АКПП. Материалы сайта ARPPHELP : официальный сайт [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <https://akpphelp.ru/blog/vsyo-ob-akpp/interesnoe-akpp/istorija-razrabotki-akpp> (дата обращения 27.07.2023).

3 Первая автоматическая коробка. История развития коробки передач. Историческая справка с технического сайта по устройству узлов и агрегатов автомобиля [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <https://tdiesel.ru/pervaya-avtomaticheskaya-korobka-istoriya-razvitiya-korobki-peredach.html> (дата обращения 30.07.2023).

4 Автоматические силовые трансмиссии. Силовые агрегаты. Материалы официального сайта японской машиностроительной компании Aisin : официальный сайт [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <https://www.aisin.com/en/product/mobility/powertrain> (дата обращения: 31.07.2023).

5 **Петров, А. П.** Современные конструкции автоматических коробок передач : учебное пособие / А. П. Петров ; Курганский государственный университет. – Курган : Изд-во Курганского государственного университета, 2015. – 80 с. – ISBN 978-5-4217-0333-4.

6 **Харитонов, С. А.** Автоматические коробки передач : научная литература / С. А. Харитонов. – Москва : ООО «Издательство Астрель», 2003. – 335 с. – ISBN 5-17-017672-4.

7 Hyundai и KIA разработали первую в мире систему переключения передач на основе технологий информации и связи – ICT Connected Shift System. Материалы российского официального сайта корейской автомобильной компании Kia : официальный сайт [Электронный ресурс]. – 2020. – URL : <https://www.kia.ru/press/news/81> (дата обращения 31.07.2023).

8 Service Training. Программа самообучения 584 [Электронный ресурс]. – 2023. – URL : <https://vagdrive.com/resources/8-stupenchataja-avtomaticheskaja-korobka-peredach-al552-8-0d5-ssp-vw-584.37> (дата обращения 31.07.2023).

https://ru.wikipedia.org/wiki/Benz_Patent-Motorwagen (date of access 07/27/2023).

2 History of automatic transmission creation. Materials from the ARPPHELP website: official website [Electronic resource]. – 2023. – URL : <https://akpphelp.ru/blog/vsyo-ob-akpp/interesnoe-akpp/istorija-razrabotki-akpp> (access date 07/27/2023).

3 First automatic transmission. History of the development of the gearbox. Historical information from a technical site on the design of components and assemblies of a car [Electronic resource]. – 2023. – URL : <https://tdiesel.ru/pervaya-avtomaticheskaya-korobka-istoriya-razvitiya-korobki-peredach.html> (date of access 07/30/2023).

4 Automatic power transmissions. Power units. Materials from the official website of the Japanese engineering company Aisin : official website [Electronic resource]. – 2023. – URL : <https://www.aisin.com/en/product/mobility/powertrain> (date of access 07/31/2023).

5 **Petrov, A. P.** Modern designs of automatic transmissions: study guide / A. P. Petrov ; Kurgan State University. – Kurgan : Publishing House of Kurgan State University, 2015. – 80 p. – ISBN 978-5-4217-0333-4.

6 **Kharitonov, S. A.** Automatic transmissions: scientific literature / S. A. Kharitonov. – Moscow : LLC Astrel Publishing House, 2003. – 335 p. – ISBN 5-17-017672-4.

7 Hyundai and KIA have developed the world's first gear shift system based on information and communication technologies – the ICT Connected Shift System. Materials from the Russian official website of the Korean automobile company Kia : official website [Electronic resource]. – 2020. – URL : <https://www.kia.ru/press/news/81> (date of access 07/31/2023).

8 Service Training. Self-study program 584 [Electronic resource]. – 2023. – URL : <https://vagdrive.com/resources/8-stupenchataja-avtomaticheskaja-korobka-peredach-al552-8-0d5-ssp-vw-584.37> (date of access 07/31/2023).

O. I. Kovalenko, K. A. Kruchinin, I. A. Kolodyazhny

CONTROL ALGORITHMS OF MODERN AUTOMATIC TRANSMISSIONS

Abstract. Various types of implementation of the control algorithm for automatic transmissions are considered. A detailed description of the operating principle of an 8-speed automatic transmission with electrohydraulic control 0D5 is presented.

Keywords: automatic transmission, control, algorithm, sensor, hybrid transmission.

For citation: Kovalenko, O. I. Control algorithm of modern automatic transmissions / O. I. Kovalenko, K. A. Kruchinin, I. A. Kolodyazhny // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 52–58.

Сведения об авторах

Коваленко Олег Игоревич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,
аспирант,
e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

Кручинин Кирилл Антонович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,
аспирант,
e-mail: Krutchinin.Kirill@yandex.ru

Колодяжный Илья Алексеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Транспортные машины и триботехника»,
аспирант,
e-mail: 1nexus2mod@gmail.com

Information about the authors

Kovalenko Oleg Igorevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Transport vehicles and tribotechnics”,
Postgraduate student,
e-mail: olegkovalenko2000@mail.ru

Kruchinin Kirill Antonovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Transport vehicles and tribotechnics”,
Postgraduate student,
e-mail: Krutchinin.Kirill@yandex.ru

Kolodyazhny Ilya Alekseevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Transport vehicles and tribotechnics”,
Postgraduate student,
e-mail: 1nexus2mod@gmail.com

УДК 656.216 + 06

Г. Г. Копыт, А. О. Ковин, В. В. Солохин, М. Ю. Кихтенко

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЧМ-РАДАРОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ*

Аннотация. Была проведена оценка возможности создания автоматизированной системы радиолокационного слежения и контроля (АСРСК) за железнодорожной инфраструктурой с применением ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона для дистанционного зондирования и радиолокационной диагностики объектов железнодорожной инфраструктуры, а также в определении наиболее эффективных способов использования полученной информации для повышения безопасности движения поездов, оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта, а также для увеличения эффективности эксплуатации железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: ЛЧМ-радар, мониторинг, миллиметровый диапазон, железнодорожная инфраструктура.

Для цитирования: Применение ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона для мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры / Г. Г. Копыт, А. О. Ковин, В. В. Солохин, М. Ю. Кихтенко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 58–63.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Введение

Объектом статьи является область применения ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона для мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры и объектов, которые подвержены повреждениям и требуют постоянного технического обслуживания и контроля [1–4].

Основная часть

Создание ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона для мониторинга состояния объектов железнодорожной инфраструктуры обусловлено несколькими факторами:

1) необходимость обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте (ЛЧМ-радары миллиметрового диапазона позволяют обнаруживать препятствия, включая стоящие на пути поезда объекты, такие как автомобили, животные, люди, деревья и другие, что помогает избежать аварий и инцидентов на железнодорожном транспорте);

2) эффективность контроля состояния объектов инфраструктуры (ЛЧМ-радары миллиметрового диапазона могут использоваться для контроля состояния железнодорожных путей, мостов, тоннелей, светофоров и других объектов инфраструктуры, что позволяет оперативно выявлять неисправности и предотвращать возможные аварии).

Проект направлен на решение проблемы безопасности движения поездов и контроля состояния объектов инфраструктуры. На железнодорожном транспорте возникают риски аварий и инцидентов, связанные с неисправностью инфраструктуры, а также с наличием препятствий на пути движения поездов, таких как люди, животные, автомобили и т. д. Цель создания ЛЧМ-радаров миллиметрового диапазона заключается в обеспечении максимальной безопасности на железнодорожном транспорте путем оперативного обнаружения и предотвращения возможных аварий и инцидентов, связанных с неисправностью инфраструктуры или наличием препятствий на пути движения поездов.

Автоматизированная система слежения и контроля железнодорожной инфраструктуры (АССКЖИ) – это комплекс технических и программных средств, предназначенный для непрерывного мониторинга состояния железнодорожной инфраструктуры с целью обнаружения и предотвращения дефектов и аварийных ситуаций, а также для оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта. Ключевым элементом АССКЖИ является ЛЧМ-радар, который позволяет дистанционно зондировать объекты инфраструктуры и обнаруживать скрытые дефекты. Данные, полученные с помощью АССКЖИ, обрабатываются специальными программами, которые осуществляют автоматический анализ и идентификацию дефектов. Полученные результаты представляются в виде отчетов и графических карт, которые могут быть использованы для принятия решений по оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта, а также для планирования капитальных ремонтов и модернизации железнодорожной инфраструктуры. Кроме уже имеющихся технических решений, таких как: система видеонаблюдения, систем контроля с помощью технологий ЛИДАР и СОНАР, способных осуществлять удаленный визуальный контроль за полученными к контролю объектами, имеют перспективы системы контроля на базе ЛЧМ локаторов, имеющие несравненный ряд преимуществ. ЛЧМ-локаторы используют электромагнитные волны для измерения расстояния. Они работают на основе ЛЧМ-сигналов, которые имеют низкую мощность и могут проникать через некоторые материалы.

ЛЧМ локаторы могут обнаруживать объекты в различных условиях, включая плохую видимость, но могут быть менее точными, чем ЛИДАР и СОНАР. Ввиду использования волн миллиметрового диапазона с длиной волны от 10 мм до 1 мм, что соответствует частоте от 30 ГГц до 300 ГГц открывается возможность реализации наблюдений с помощью «искусственного зрения» в плохих погодных условиях: дождь, метель, пыльные бури, град и др., чего невозможно достичь при применении альтернативных способов слежения.

ЛЧМ-локатор на данный момент представлен автономным одночиповым датчиком (радаром) IWR 1642 (рис. 1) 76–81 mmWAVE производства компании Texas Instrumets. Но реализация подобных систем предполагает использование и иных датчиков слежения такого класса. Данный датчик представляет собой встроенный однокристалльный датчик mmWave на основе радиолокационной технологии FMCW, способен работать в диапазоне 76–81 ГГц с непрерывной частотой до 4 ГГц.



Рис. 1. IWR 1642

Чип IWR 1642 объединяет в себе 3 подсистемы: радио-аналоговую, подсистему сигнального процессора и ведущую подсистему. Радиоаналоговая подсистема необходима для приема и передачи зондирующего сигнала, а также перевода сигнала в цифровой вид. Причем вид цифрового представления сигнала может быть изменен разработчиком. Например, изменяется разрядность данных, количество выборок АЦП и т. д. За это отвечают цепи коррекции данных АЦП.

Для обработки сигнала с выходом АЦП связана подсистема сигнального процессора. Подсистема сигнального процессора выполняет обработку различного уровня, от БПФ до обнаружения целей на фоне шумов (например, обнаружение с постоянной вероятностью ложный тревог).

Применение ЛЧМ-локаторов и интеграция их в БПЛА, а в перспективе и на подвижной состав, способна упростить такие задачи, как:

- мониторинг выполнения ремонта железнодорожного пути;
- оценка состояния объектов электроэнергетической инфраструктуры, инфраструктуры службы СЦБ, контроль охранных зон линий электропередачи (ЛЭП);
- мониторинг опасных экзогенных геологических и гидрологических процессов (оползни, подмывы берегов рек), геологических проявлений в районе распространения многолетнемерзлых пород;
- топографо-геодезическое картографирование железнодорожной инфраструктуры;
- мониторинг безопасности движения поездов на перегонах, станциях, железнодорожных переездах;
- дефектоскопия верхнего строения пути.

Кроме того, системы на базе ЛЧМ-локатора допустимо применять не только, как мобильное средство диагностики и контроля (путем установки на БПЛА и подвижной состав), но и самостоятельное стационарное устройство, способное выполнять вышеперечисленные задачи.

Датчик IWR 1642 в своем исполнении применяет технологию MIMO Radar. Технология MIMO (Multiple Input Multiple Output – множественный вход и множественный выход) в радарах используется для улучшения качества изображения и точности определения характеристик объектов (рис. 2). Она основана на использовании нескольких антенн как для передачи, так и для приема сигналов.

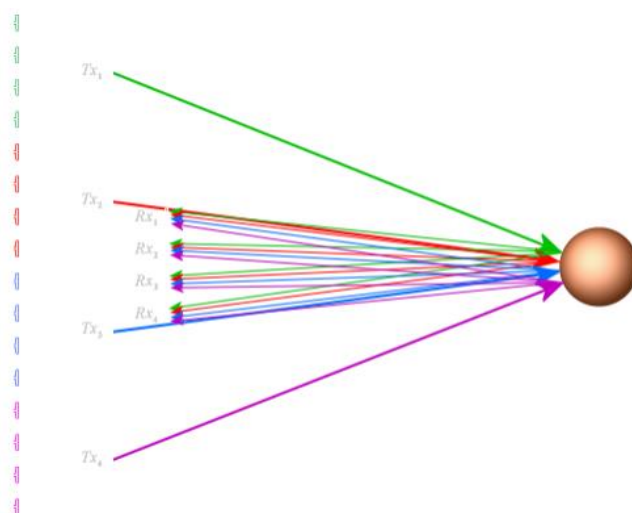


Рис. 2. Принцип действия радиолокационной системы ММО

В системе ММО зондирующие сигналы отдельных передатчиков различны. В результате эхо-сигналы могут быть ассоциированы с соответствующими источниками. Это дает возможность построения виртуальной апертуры значительно больших размеров.

Традиционный радар имеет одну антенну для передачи и приема сигналов. В то время как в ММО радаре имеется несколько антенн как для передачи, так и для приема сигналов. Это позволяет получить больше информации о свойствах объекта, таких как его расстояние, скорость и направление. В данном случае радар имеет 2 передающие и 4 приемные антенны. В ММО радаре каждая антенна работает как независимый передатчик и приемник. Это позволяет отправлять несколько сигналов одновременно, каждый из которых имеет уникальную фазу и амплитуду. После этого сигналы, отраженные от объекта, собираются с помощью всех приемных антенн и обрабатываются в специальном блоке обработки сигналов.

Модуль IWR1642 может обнаруживать и измерять два типа углов: угол места и угол цели. Угол места, также известный как азимутальный угол, – угол между горизонтальной плоскостью и линией направления от радара до объекта. Он показывает, насколько высоко или низко находится объект относительно радара. Угол места определяется с помощью антенны радара, которая обеспечивает угловую разрешающую способность, определяет направление, в котором находится объект относительно положения радара. Он измеряется горизонтальным углом между направлением, в котором установлена антенна, и направлением, в котором находится объект.

Угол цели, также известный как угол элевации, определяет вертикальное положение объекта относительно положения радара. Показывает, в каком направлении находится объект относительно радара. Угол цели также определяется с помощью антенны радара, используя фазовые разности входных сигналов. Он измеряется углом между направлением, в котором установлена антенна, и линией, проведенной от антенны до объекта.

Оба эти угла могут быть определены на основе данных, полученных от IWR 1642. Эта информация может использоваться для определения координат объекта в пространстве относительно радара или для других целей контроля и мониторинга объектов.

Для визуализации данных с антенного модуля (рис. 3) можно использовать программу Data Visualizer, которая поставляется вместе с SDK от Texas Instruments.

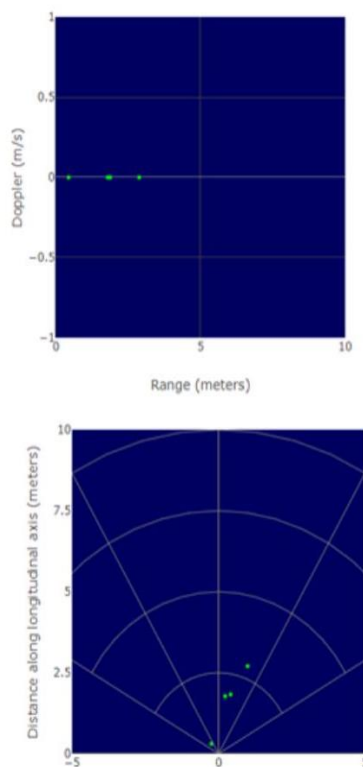


Рис. 3. Визуализация данных в программных средах

Эта программа позволяет в реальном времени отображать данные на графиках и диаграммах направленности. В целом, визуализация данных антенного модуля IWR1642 требует навыков программирования и знания специализированных библиотек и инструментов. Однако, благодаря мощности и гибкости этого радара, возможности визуализации данных с его помощью могут быть очень широкими и многообразными.

Выводы

ЛЧМ-локатор IWR 1642 представляет собой передовое устройство для радарного зондирования среды, обладающее рядом важных преимуществ. Его компактность, низкое энергопотребление, высокая разрешающая способность и способность работать в широком диапазоне условий делают его привлекательным для различных областей применения на железнодорожном транспорте.

Список литературы

- 1 Альперт, Я. Л. Распространение радиоволн / Я. Л. Альперт, В. Л. Гинзбург, Е. Л. Фейнберг. – М. : Гостехиздат, 1953. – 883 с.
- 2 Бин, Б. Р. Радиометеорология / Б. Р. Бин, Е. Дж. Даттон ; Пер. с англ. Т. И. Арсеньян ; Под ред. А. А. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 362 с.
- 3 Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. Перевод с англ. С. А. Кулешова ; под ред. А. С. Ненашева. – М. : Техносфера, 2006. – 856 с.
- 4 Коростелев, А. А. Теоретические основы радиолокации / А. А. Коростелев, Н. Ф. Ключев, Ю. А. Мельник [и др.] ; Под ред. В. Е. Дулевича. – М. : Сов. Радио, 1978. – 608 с.

References

- 1 Alpert, Ya. L. Propagation of radio waves / Ya. L. Alpert, V. L. Ginzburg, E. L. Feinberg. – M. : Gostekhizdat, 1953. – 883 p.
- 2 Bin, B. R. Radiometeorology / B. R. Bin, E. J. Dutton ; Translated from English by T. I. Arsenyan ; Edited by A. A. Semenov. – L. : Hydrometeoizdat, 1971. – 362 p.
- 3 Oppenheim, A. Digital signal processing / A. Oppenheim, R. Shafer. Translated from the English by S. A. Kuleshov ; edited by A. S. Nenashev. – Moscow : Technosphere, 2006. – 856 p.
- 4 Korostelev, A. A. Theoretical foundations of radar / A. A. Korostelev, N. F. Klyuev, Yu. A. Melnik [et al.] ; edited by V. E. Dulevich. – M. : Sov. Radio, 1978. – 608 p.

G. G. Kopyt, A. O. Kovin, V. V. Solokhin, M. Y. Kikhtenko

APPLICATION OF MILLIMETER-BAND CHMI RADARS FOR MONITORING THE STATE OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

Annotation. An assessment was made of the possibility of creating an automated radar tracking and control system (ASRSC) for railway infrastructure using millimeter-wave LFM radars for remote sensing and radar diagnostics of railway infrastructure facilities, as well as in determining the most effective ways to use the information obtained to improve train safety, optimize maintenance and repair processes, as well as for increasing the efficiency of railway infrastructure operation.

Keywords: chirp radar, monitoring, millimeter wave, railway infrastructure.

For citation: Application of millimeter-band CHMI radars for monitoring the state of railway infrastructure / G. G. Kopyt, A. O. Kovin, V. V. Solokhin, M. Yu. Kikhtenko // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 58–63.

Сведения об авторах

Копыт Герман Геннадьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,
студент,
e-mail: germankopyt@gmail.com

Ковин Александр Олегович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,
студент,
e-mail: sasha.sasha.kovin@gmail.com

Солохин Владислав Вячеславович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,
студент,
e-mail: vlad_543@bk.ru

Кикхтенко Михаил Юрьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Связь на железнодорожном транспорте»,
студент,
e-mail: kixtenko02@gmail.com

Information about the authors

Kopyt Herman Gennadievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Communications in railway transport”,
Student,
e-mail: germankopyt@gmail.com

Kovin Alexander Olegovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Communications in railway transport”,
Student,
e-mail: sasha.sasha.kovin@gmail.com

Solokhin Vladislav Vyacheslavovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Communications in railway transport”,
Student,
e-mail: vlad_543@bk.ru

Kikhtenko Mikhail Yurievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Communications in railway transport”,
Student,
e-mail: kixtenko02@gmail.com

УДК 338.47 + 06

К. С. Кривошлыков

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕННОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА*

Аннотация. Рассмотрены общие принципы синергетического подхода на транспорте, а также пути решения борьбы с инфраструктурными ограничениями транспортно-логистических комплексов.

Ключевые слова: транспортный узел, синергетика, логистика, комплекс, транспорт.

Для цитирования: Кривошлыков, К. С. Синергетический подход при решении проблемы ограниченности инфраструктуры транспортно-логистического комплекса / К. С. Кривошлыков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 64–67.

Введение

На сегодняшний день и начиная с конца XX века транспортный комплекс Российской Федерации, а также других стран сталкивается с проблемами инфраструктурных ограничений в транспортно-логистических комплексах. Данная проблема связана в первую очередь с нехваткой научных разработок, ветшанием магистралей, портов и др., а также увеличением грузооборота между странами и внутригосударственного уровня, во-вторых географическое расположение и погодные условия не всегда положительно сказываются на тех или иных логистических перевозках, в особенности при взаимодействии нескольких видов транспорта [1, 2].

Основная часть

Ограничения в транспорте и логистике могут быть подразделены на две категории: естественные и приобретенные.

Естественные ограничения обусловлены природными границами и условиями, такими как климат и география. Например, горные перевалы и реки могут создавать преграды для передвижения транспорта. Также некоторые товары могут быть чувствительны к окружающей среде, что ограничивает их транспортировку.

Приобретенные ограничения обусловлены техническими, экономическими и социальными факторами. Например, ограничения в наличии транспортных средств, оборудования и квалифицированного персонала могут ограничивать возможности логистических операций. Ограничения также могут возникать из-за сложностей в передаче информации и обмене данными между участниками логистической цепи.

Однако большинство приобретенных ограничений могут быть преодолены методами эффективного управления и организации.

Необходимо сказать, что ограничения могут изменяться как в количественном, так и в качественном аспекте, переходя от преодолимых ограничений к неуправляемым рискам.

Отметим, что качественный аспект инфраструктуры очень часто не учитывается учеными при планировании работы логистического комплекса и в целом при разработке борьбы с инфраструктурными ограничениями.

Так, логистическая инфраструктура может быть достаточно хорошо развита, в должном количестве, однако, находится в обветшавшем виде, устаревшей, что приведет еще к более значимым проблемам и неизбежности заторов и коллапсов на транспорте.

Говоря о количественных ограничениях стоит сказать, что с данными ограничениями предприятия сталкиваются в большинстве случаев, что приводит к таким же проблемам, о которых говорилось выше.

Все эти факторы должны быть учтены при планировании и управлении логистической инфраструктурой.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Ограничения, вызванные логистической инфраструктурой, могут зависеть от следующих естественных и приобретенных факторов:

- географическое расположение инфраструктуры компаний (железнодорожные пути, автомобильные магистрали, расположение портовых причалов и т. д.);
- политическое положение компаний и не нахождение поиска решения по расширению инфраструктуры (риски, связанные с менеджментом, ситуацией на рынке и транзакционными издержками);
- санкционные мероприятия со стороны недружественных стран (закрытые воздушные пространства, расторжение контрактов, при международных перевозках и т. д.);
- экономическое положение компаний и государства – невозможность выделения денежных средств на расширение инфраструктурных мощностей.

Как уже говорилось ранее, логистические ограничения являются комбинацией естественных и приобретенных факторов.

Разберем подробно две основные группы ограничений логистической инфраструктуры.

Естественные. Естественные ограничения связаны с особенностями природной среды, такими как географические условия, климат, особенности грунтов и живой природы. Например, горные перевалы, реки и льды могут создавать естественные барьеры для движения транспорта. Кроме того, некоторые товары, могут быть чрезвычайно чувствительны к условиям окружающей среды и сильно влиять на возможность их транспортировки, что также может отражаться на себестоимости товара конечного потребителя.

Приобретенные. Ограничения связаны с техническими, экономическими и социальными факторами инфраструктуры. Например, ограничения наличия транспортных средств, соответствующего оборудования и квалифицированного персонала могут ограничивать возможности логистических операций. Сложности с передачей информации и обменом данными между поставщиками, складами, транспортными средствами и клиентами также являются одним из приобретенных ограничений.

Рассмотрим основные понятия синергетического подхода в логистике.

Синергетический подход в логистике представляет собой методологию, которая объединяет и координирует различные элементы и процессы в логистической системе с целью достижения совокупного улучшения эффективности и оптимального решения проблемы.

Синергия в данном контексте означает взаимодействие и взаимодополняемость различных компонентов логистической системы таким образом, что совокупный результат превышает сумму вкладов отдельных компонентов. Этот подход основан на принципах системного мышления и целостности, которые признают, что успех и эффективность логистической системы зависят от взаимоотношений и взаимодействия между всеми ее частями.

Синергетический подход в логистике имеет особую релевантность для решения проблем с инфраструктурными ограничениями. Инфраструктурные ограничения могут возникать из-за недостатка ресурсов, ограничений в доступности или ограничений в производственных мощностях. Такие ограничения могут значительно ограничить потенциал логистической системы, что может привести к задержкам в поставках, ухудшению обслуживания клиентов и потере конкурентоспособности.

Синергетический подход в логистике позволяет эффективно управлять инфраструктурными ограничениями, объединяя различные стратегии и решения для достижения совместных выгод всех участников системы. Например, это может включать совместное использование ресурсов между организациями, применение гибких и адаптивных методов планирования и координации, применение новых технологий и инновационных подходов.

Синергетический подход также способствует повышению гибкости логистической системы, что позволяет динамически адаптироваться к изменениям в условиях и требованиях. Это особенно важно при работе с инфраструктурными ограничениями, так как они могут быть переменными и изменяться со временем.

В целом, синергетический подход в логистике играет существенную роль в решении проблем с инфраструктурными ограничениями, позволяя достичь оптимального использования ресурсов, эффективной координации и управления логистическими процессами, а также повышение гибкости и адаптивности системы. Это помогает улучшить обслуживание клиентов, улучшить конкурентоспособность организации и достичь более устойчивых и эффективных результатов.

Обратимся к истокам синергетики для понимания в принципе понятия «ограничение» и как выбранный подход может помочь для разбора данной проблемы в логистике.

Синергетика, как научная дисциплина, изначально развивалась в физике и химии, но позже нашла свое применение в различных областях науки и жизни. Синергетика основывается на концепции взаимодействия и взаимозависимости компонентов системы, исследуя их совместное поведение и эмерджентные свойства, которые не могут быть объяснены посредством рассмотрения отдельных компонентов в изоляции. Одним из основных принципов синергетики является понятие «ограничения», которые влияют на поведение системы в целом. Рассмотрим, как синергетический подход из философии влияет на ограничения систем.

Определение и классификация ограничений.

1. Ограничения можно определить как условия и факторы, которые ограничивают функционирование и развитие системы. Они могут быть внешними (например, законодательство, экологические факторы) и внутренними (например, ограничения, связанные с ресурсами и параметрами системы). Ограничения также можно классифицировать как жесткие (которые не могут быть преодолены или изменены) и гибкие (которые подвержены изменению и адаптации).

2. Влияние синергетического подхода на понимание ограничений: синергетический подход обращает внимание на взаимодействие и взаимозависимость компонентов системы. Он позволяет рассматривать систему в целом, а не только ее отдельные компоненты. Это влияет на понимание ограничений, так как они становятся неотъемлемой частью системы и ее поведения. Ограничения рассматриваются не как внешние ограничения, которые можно просто преодолеть или обойти, а как интегральные части системы, которые формируют ее структуру и функционирование.

3. Эмерджентные свойства и ограничения: синергетический подход позволяет исследовать эмерджентные свойства системы, которые возникают в результате взаимодействия компонентов. Такие свойства могут быть как положительными, так и отрицательными. Например, положительным эмерджентным свойством может быть коллективное поведение, которое возникает в результате синергии между элементами системы. Однако, ограничения также могут привести к возникновению отрицательных эмерджентных свойств, таких как катастрофы или деструктивное поведение системы.

4. Границы системы и ограничения: синергетический подход также влияет на понимание границ системы и их взаимодействие с ограничениями. Границы могут быть размытыми и изменчивыми.

Был рассмотрен синергетический подход при решении органических транспортно-логистических систем. Было показано, что синергетика является полезной методологией для изучения и оптимизации таких систем, поскольку они представляют собой сложные и взаимозависимые сети, включающие в себя множество элементов и процессов.

В ходе исследования были проведены анализ текущего состояния и проблемных зон органических транспортно-логистических систем, а также выявлены факторы, влияющие на их эффективность и устойчивость. С помощью синергетического подхода были разработаны новые методы и модели для решения этих проблем, учитывая различные виды взаимодействий и флуктуации в системе.

Результаты исследования показали, что применение синергетического подхода приводит к улучшению производительности и оптимизации органических транспортно-логистических систем. Он позволяет снизить издержки и повысить эффективность, а также обеспечить устойчивость системы к внешним воздействиям.

Кроме того, синергетический подход помогает лучше понять взаимные взаимодействия и динамику в органических транспортно-логистических системах, что позволяет прогнозировать возможные изменения и принимать эффективные решения для увеличения их эффективности.

Таким образом, синергетический подход является важным инструментом для анализа и оптимизации органических транспортно-логистических систем, и его использование может привести к значительному улучшению их работы в будущем.

Список литературы

1 Ермошин, Н. А. Адаптивный подход к определению мероприятий развития транспортно-логистической инфраструктуры систем материально-технического обеспечения /

References

1 Ermoshin, N. A. An adaptive approach to determining the measures for the development of the transport and logistics infrastructure of logistics systems / N. A. Ermoshin // National

Н. А. Ермошин // Национальные приоритеты России. Серия 1 : Наука и военная безопасность. – 2015. – № 2 (2). – С. 82–87. – ISSN 2412-5326.

2 **Мустакаева, Е. А.** Ключевые проблемы функционирования и развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта / Е. А. Мустакаева // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2013. – № 1. – С. 137–145. – ISSN 2309-5180.

priorities of Russia. Series 1 : Science and military security. – 2015. – No. 2 (2). – P. 82–87. – ISSN 2412-5326.

2 **Mustakaeva, E. A.** Key problems of functioning and development of the infrastructure of inland water transport / E. A. Mustakaeva // Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo Flota Imeni Admirala S. O. Makarova. – 2013. – No. 1. – P. 137–145. – ISSN 2309-5180.

K. S. Krivoshlykov

SYNERGETIC APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF LIMITED TRANSPORT AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE

Abstract. The general principles of the synergetic approach to transport, as well as ways to deal with the infrastructural constraints of transport and logistics complexes, are considered.

Keywords: transport hub, synergy, logistics, complex, transport.

For citation: Krivoshlykov, K. S. Synergetic approach in solving the problem of limited infrastructure of the transport and logistics complex / K. S. Krivoshlykov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 64–67.

Сведения об авторах

Кривошлыков Константин Сергеевич
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика и менеджмент»,
аспирант,
e-mail: konstantin200998@mail.ru

Information about the authors

Krivoshlykov Konstantin Sergeevich Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Economics, Accounting and Analysis”,
Postgraduate student,
e-mail: konstantin200998@mail.ru

УДК 656.21 + 06

В. А. Крутова, К. А. Федотов

ЗАМЕНА ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ В ОСЕВЫХ РЕДУКТОРАХ АВТОМОТРИС*

Аннотация. Рассмотрена кинематическая схема гидромеханической передачи УГП-230 автоматрисы дизельной монтажной АДМ-1.3. Выявлены нагрузки, воздействующие на подшипниковые узлы осевого редуктора, оказывающие негативное влияние на работоспособность не только подшипники, но и весь агрегат. Предложена замена конических роликовых подшипников на подшипники с большим ресурсом работы.

Ключевые слова: взаимозаменяемость, осевой редуктор, подшипник качения.

Для цитирования: Крутова, В. А. Замена подшипниковых узлов в осевых редукторах автомотрис / В. А. Крутова, К. А. Федотов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 67–71.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Введение

В современное время на машиностроительных заводах изготовление деталей производят обособлено друг от друга в одних цехах, а соединение их в узлы и изделия – в других. На момент сборки, наряду с использованием специальных деталей, применяют резиновые и пластмассовые детали, подшипники качения, стандартные крепежные детали, электротехнические и другие комплектующие готовых изделий, выпущенных на специализированных предприятиях в разное время. При этом, процесс сборки узлов и изделий выполняется без пригонки деталей и по итогу собранные механизмы соответствуют техническим требованиям. Такое производство продукции стало возможным благодаря взаимозаменяемости деталей и узлов. В данной статье рассмотрена взаимозаменяемость подшипниковых узлов в коническом редукторе.

Основная часть

Осевой редуктор передает крутящий момент от двигателя на колесную пару через гидropередачу путем вращения карданных валов, приводящих в движение зубчатые шестерни осевого редуктора (рис. 1).

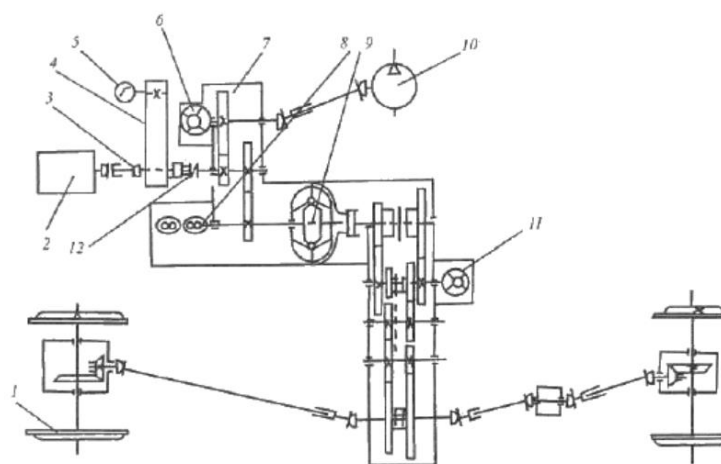


Рис. 1. Кинематическая схема гидромеханической передачи:

1 – колесные пары; 2 – дизельный двигатель; 3 – карданный вал; 4 – привод генератора; 5 – генератор ЕСС5-91-492; 6 – гидropередача УГП-230; 7, 11 – насосы импульсные; 8 – блок-насос; 9 – гидротрансформатор ГТК-II; 10 – компрессор ВВО, 8/8-720, 12 – муфта

Опорами для осей вращения и валов служат подшипники качения. Они представляют собой стандартные сборные части повышенной точности, изготавливаемые на подшипниковых заводах на специализированном оборудовании повышенной точности. Подшипники качения по сопрягаемым поверхностям имеют полную внешнюю взаимозаменяемость, которая определяется наружным диаметром D наружного кольца и внутренним диаметром d внутреннего кольца, и неполной внутренней взаимозаменяемостью между кольцами и телами качения. Отличительной особенностью подшипниковых узлов является их взаимозаменяемость, допускающая равноценную замену в случае использования любого набора изделий и их частей другим однотипным экземпляром. Прежде всего должны взаимозаменяться те узлы и детали, от которых зависит надежность, долговечность и другие показатели качества изделий, а также узлы и детали, которые входят в состав запасных частей.

При формировании колесных пар на ее ось напрессовывается ведомая шестерня осевого редуктора, которая в случае проведения ненадлежащих приемо-сдаточных испытаний работниками бригад, эксплуатирующих автомотрису, может быть изношена, в связи с не приданием должного значения при осмотре осевого редуктора подшипниковых узлов во время ежесменного технического обслуживания. Также при эксплуатации вспомогательных локомотивов, транспортировка автомотрисы с неисправными подшипниками осевого редуктора на ближайшее место отстоя, может занять длительное время, остановка на перегоне повлечет за собой отступления от графиков движений поездов. Различных причин неисправностей подшипниковых узлов может быть множество, это и разрушение сепаратора, разрывы внутренних колец узла, трещины, заусенцы, ослабление посадочного места.

С целью недопущения данной неисправности необходимо производить практический выбор подшипников, прежде всего, исходя из условий компоновки каждой опоры, т.е. из возможности установки на соответствующий диаметр d (например, цапфу или шейку вала), а также места размещения (посадки) наружного кольца D и осевого размера B . Диаметр внутреннего кольца d чаще всего является определяющим. Поэтому диаметр вала d в месте посадки подшипника должен быть согласован с подшипниками, выпускаемыми заводами. Следует подчеркнуть, что иногда практически выгоднее установить, например, два подшипника легкой серии, чем один тяжелой или средней, т. е. подбор по каталогам зависит, главным образом, от компоновки узла и доступных размеров.

Из-за небольших допусков зазоров и небольшой допускаемой разницы в размерах комплекта тел качения, кольца тела качения и подшипников подбираются селективным методом [1, 2]. Быструю сборку и замену изношенных подшипников качения позволяет осуществлять полная внешняя взаимозаменяемость. При этом сохраняется их хорошее качество, а при несоблюдении полной взаимозаменяемости, ухудшается качество подшипников.

Рассмотрим возможность замены конического роликового подшипника 3007110А на двухрядный сферический шариковый подшипник 1210. Подшипник 1210 – двухрядный сферический шариковый, нулевого класса точности. Вал – полый с диаметром отверстия $d_1 = 40$ мм.

Поле допуска отверстия корпуса с учетом класса точности подшипника – H7. Посадка наружного кольца в корпус – 90H7/10. Построим схему полей допусков (рис. 2).

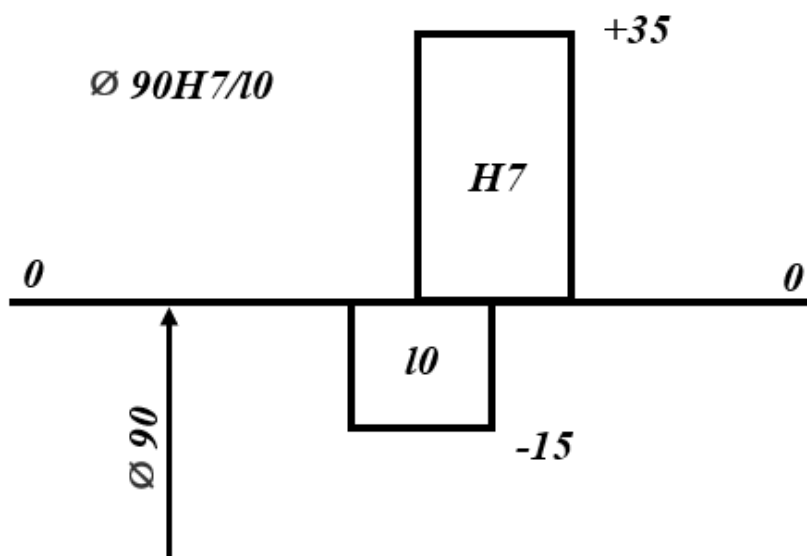


Рис. 2. Схема полей допусков отверстия корпуса и наружного кольца подшипника

Основное отклонение валов определяется по интенсивности нагружения P_R . Для этого необходимы коэффициенты, входящие в уравнение. Учитывая перегрузку, определяем, что $k_1=1,8$, $k_2 = 1,7$, так как $d_1/d = 40/50 = 0,8$, а отношение наружного и внутреннего диаметров подшипника $D/d = 90/50 = 1,8$, $k_3 = 1,0$, поскольку подшипник двухрядный, поэтому интенсивность нагружения составит 3060 Н/мм.

Найдем основное отклонение вала – p ; поле допуска вала, с учетом класса точности подшипника – p_6 . Посадка внутреннего кольца на вал – 50L0/ p_6 . Построим схему полей допусков (рис. 3).

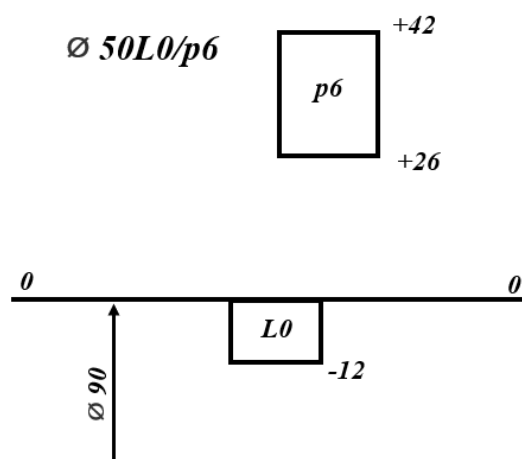


Рис. 3. Схема полей допусков внутреннего кольца подшипника и вала

Замену подшипниковых узлов осевого редуктора следует осуществлять в следующей последовательности: перед непосредственной заменой подшипника необходимо измерить размеры для расточки под новое посадочное место подшипника 1210. Для этого корпус редуктора устанавливается на координатно-расточной станок и растачивается отверстие требуемого диаметра, предназначенное под прокладку, затем растачивается отверстие под наплавку металла [3]. Для исключения деформации, следует наплавку металла производить на место ремонта равномерно. Далее корпус редуктора возвращается на станок и растачивается под заданный размер нового подшипникового узла, затем зачищаются швы и деталь красится. Таким образом корпус редуктора подготовлен к замене старого подшипника, вышедшего из строя, на новый.

Выводы

Взаимозаменяемость имеет большое экономическое значение и является одним из главных условий организации серийного и массового производства, способствует кооперации в производстве и направлена на совершенствование качества продукции. Взаимозаменяемость обеспечивается на всех этапах жизненного цикла изделия. Взаимозаменяемость, организованная на стандартизации, типизации и унификации, значительно повышает прибыльность производства, так как упрощает сборку изделия, сокращая ее к обычному соединению деталей без пригонки и регулирования. В конечном итоге культура производства и конкурентоспособность его продукции в целом зависят от использования определенных способов взаимозаменяемости.

Список литературы

- 1 Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Б. И. Лактионов. – 2-е изд. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 791 с. – ISBN 978-5-4487-0335-5.
- 2 Жуков, В. К. Метрология. Теория измерений : учебное пособие для вузов / В. К. Жуков. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 414 с. – ISBN 978-5-534-03865-1.
- 3 Бондаренко, В. А. Моделирование шумообразования корпуса редукторов повышенной мощности при виброизоляции подшипниковых узлов / В. А. Бондаренко, А. Н. Чукарин // Вестник Ростовского государственного университета путей

References

- 1 Radkevich, Ya. M. Metrology, standardization and certification : textbook / Ya. M. Radkevich, A. G. Skhirtladze, B. I. Laktionov. – 2nd ed. – Saratov : University Education, 2019. – 791 p. – ISBN 978-5-4487-0335-5.
- 2 Zhukov, V. K. Metrology. Measurement theory : a textbook for universities / V. K. Zhukov. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2020. – 414 p. – ISBN 978-5-534-03865-1.
- 3 Bondarenko, V. A. Modeling of noise generation in the case of gearboxes of increased power during vibration isolation of bearing units / V. A. Bondarenko, A. N. Chukarin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta

сообщения. – 2013. – № 1 (49). – С. 7–11. – ISSN 0201-727X.

Putey Soobshcheniya. – 2013. – No. 1 (49). – P. 7–11. – ISSN 0201-727X.

V. A. Krutova, K. A. Fedotov

REPLACEMENT OF BEARING ASSEMBLIES IN AXIAL GEARBOXES AVTOTRIS

Abstract. The kinematic scheme of the hydro-mechanical transmission UGP-230 of the diesel assembly ADM-1 is considered. The loads affecting the bearing units of the axial gearbox, which have a negative impact on the performance of not only the bearings, but also the entire unit, have been identified. The replacement of tapered roller bearings with bearings with a long service life is proposed.

Keywords: interchangeability, axial gearbox, rolling bearing.

For citation: Krutova, V. A. Replacement of bearing assemblies in axial gearboxes avtotris / V. A. Krutova, K. A. Fedotov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 67–71.

Сведения об авторах

Крутова Вероника Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Основы проектирования машин»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: opm@rgups.ru

Федотов Кирилл Андреевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Основы проектирования машин»,
аспирант,
e-mail: opm@rgups.ru

Information about the authors

Krutova Veronika Aleksandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Machine Design Fundamentals”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: opm@rgups.ru

Fedotov Kirill Andreevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Machine Design Fundamentals”,
Postgraduate student,
e-mail: opm@rgups.ru

УДК 656.21 + 06

V. A. Krutova, D. S. Frolova

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТРУКТУРНОГО ШУМА ВАГОНА-ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОЕЗДА*

Аннотация. Рассмотрены технические характеристики ДГУ. Выполнена модель распространения шума внутри вагона-электростанции. На основе проведенных исследований выполнен анализ существующих отечественных материалов, которые возможно использовать для снижения воздействия структурного шума на полу вагона-электростанции восстановительного поезда.

Ключевые слова: структурный шум, вагон-электростанция, звукоизоляция.

Для цитирования: Крутова, В. А. Выбор материалов для снижения структурного шума вагона-электростанции восстановительного поезда / В. А. Крутова, Д. С. Фролова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 71–75.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Введение

Транспортная единица, называемая восстановительным поездом, представляет собой особое формирование, главной обязанностью которого является ликвидация последствий аварийных ситуаций, произошедших на железнодорожных путях. Восстановительные поезда формируются из специально оборудованных грузовых и пассажирских вагонов, грузоподъемных кранов на железнодорожном ходу. Тяговая техника, механизмы, оборудование, инвентарь, материалы размещаются в вагонах и на платформах. Комплектование поезда подвижным составом, техническими средствами осуществляется с таким расчетом, чтобы он мог следовать к месту вызова с максимально допустимой скоростью.

Основная часть

В состав восстановительного поезда входит вагон-электростанция, предназначенный: для освещения и электрообогрева вагонов восстановительного поезда, обеспечения напряжением технологического оборудования, освещения места аварийно-восстановительных работ. В ряде восстановительных поездов вагоны-электростанции мощностью от 50 до 200 кВт используются для подачи напряжения в электрические цепи кранов на железнодорожном ходу (в случаях отказа в работе основной дизель-генераторной установки крана). В таблице приведены сравнительные технические характеристики дизель-генераторных установок, используемых в вагонах-электростанциях.

Характеристики дизель-генераторных установок

—	Вагон-электростанция восстановительного поезда	Вагон-электростанция 5-вагонной рефрижераторной секции
Тип ДГУ	У 18-2ГС-КВ	ДГМА-75
Количество дизель-генераторов, шт.	2–3	2
Мощность ДГУ, кВт	200	75 кВт
Общая мощность, кВт	400–600	150

На рис. 1 приведена модель распространения структурного и воздушного шума, создаваемого внутри вагона-электростанции от дизель-генераторных установок.

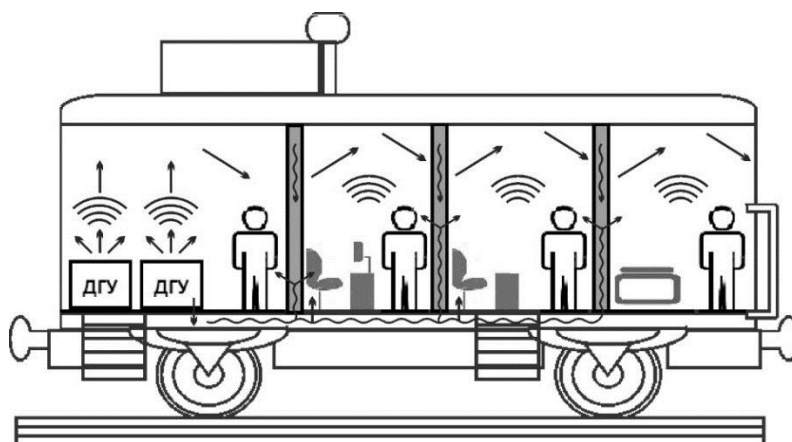


Рис. 1. Дизельный вагон-электростанция:

1 – дизельное отделение, 2 – кабина управления с ПК, 3 – кухня-салон, 4 – отделение для отдыха;
5 – структурный шум; 6 – воздушный шум

Эффективность в снижении воздушной и структурной составляющей шума конструкций может быть достигнута практически за счет увеличения звукоизоляции и диссипативных свойств элементов вагона-электростанции путем применения сочетания различных материалов [1, 2]. Основа пола вагона электростанции представляет собой раму со сплошной хребтовой балкой, на которой сверху находится стальная пластина. Поэтому рекомендуется установка материалов в следующей последовательности: стальная основа, вибростек, рамолит, акустический линолеум и прозрачный защитный слой (рис. 2).



Рис. 2. Компоновка звукоизолирующих материалов на полу вагона-электростанции:

1 – стальной лист, 2 – вибростек, 3 – рамолит, 4 – акустический линолеум,
5 – прозрачный защитный слой

Звукоизоляцию стальной пластины можно улучшить, используя композиции звукоизолирующих материалов. Звукоизоляция иглопробивного волокна, ИК-проксинта и 3 мм резины дает плавный рост значений звукоизоляции в частотном диапазоне от 500 Гц до 2000 Гц (рис. 3). Максимум звукоизоляции обеспечивается на частоте 2000 Гц и составляет 30 дБ сверхзвукоизоляции [3].

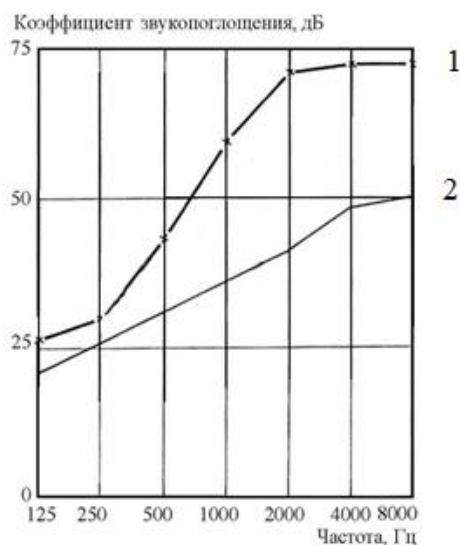


Рис. 3. Параметры звукоизоляции слоистых панелей:

1 – сталь + иглопробивное волокно (10 мм) + ИК-проксинт + резина (3 мм), 2 – сталь

К этой композиции для более комфортного временного проживания добавляется звукоизолирующий линолеум. В этом случае уровни вибрации в нормируемом частотном диапазоне могут быть снижены на 10 дБ, что позволит выполнить предельных спектров.

Наиболее популярная модель линолеума – многослойная (рис. 4). В качестве основы используют стекловолокно. Подложка из натурального материала – нетканого войлока, пробки или вспененного ПВХ. Для остальных слоев применяют обычный поливинилхлорид, красители, которые придают законченный вид. Также немаловажным аспектом считается защитная и декоративная часть. Первая позволяет снизить уровень посторонних звуков на 8–10 дБ, а вторая обеспечивает хороший внешний вид и защиту от влаги, механических воздействий.

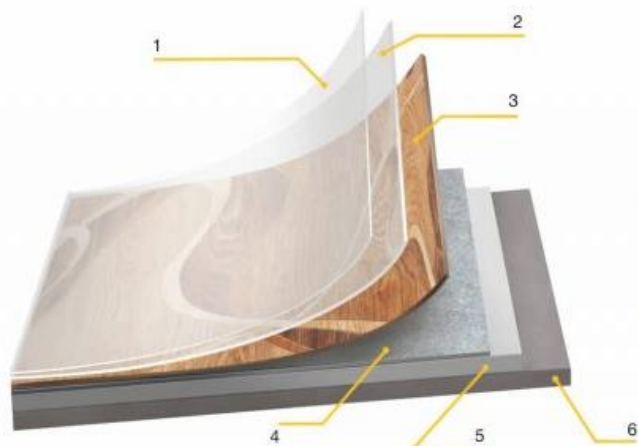


Рис. 4. Структура шумоизоляции пола:

1 – дополнительный слой из полиуретана, 2 – прозрачный защитный слой, 3 – линолеум, 4 – иглопробивное волокно проксинт, 5 – резина, 6 – пол

Выводы

При расчете структурного шума вагона-электростанции следует учитывать не только пол, потолок и основные корпусные стенки, но и оконные проемы, а также внутренние перегородки.

Несмотря на различие типов компоновок внутри вагонов-электростанций расчетная схема будет иметь различия только в количестве уравнений при составлении системы уравнений энергетического баланса. Поэтому следующие исследования следует направить на определение потоков вибрационной мощности, на основании которых возможно определить скорость колебаний стенок вагона-электростанции, а затем уровни шума, что позволит подобрать инженерные решения для снижения как структурного, так и воздушного шума.

Список литературы

- 1 **Яицков, И. А.** Теоретические исследования спектрального состава уровней звукового давления в кабинах машинистов мотовозов и тепловозов при воздействии источников воздушной составляющей шума / И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 5 (спецвыпуск). – С. 79–85. – ISSN 1818-5509.
- 2 **Бондаренко, В. А.** Моделирование вибрационного воздействия при движении транспортных машин в условиях промышленных предприятий / В. А. Бондаренко, Д. С. Фролова, Е. М. Щерба // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9. – № 5. – С. 74. – eISSN 2223-5167.
- 3 **Бухаров, С. Н.** Звукопоглощающие свойства композиционных слоистых материалов с защитными покрытиями / С. Н. Бухаров, Н. А. Кушунина, Н. Б. Ростанина / Материалы, технологии, инструменты. – 2017. – Т. 12. – № 3. – С. 57–59.

References

- 1 **Yaitskov, I. A.** Theoretical studies of the spectral composition of sound pressure levels in the cabins of motor and diesel locomotives drivers when exposed to sources of the air component of noise / I. A. Yaitskov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2015. – No. 5 (special issue). – P. 79–85. – ISSN 1818-5509.
- 2 **Bondarenko, V. A.** Modeling of vibration effects during the movement of transport vehicles in industrial enterprises / V. A. Bondarenko, D. S. Frolova, E. M. Shcherba // Online journal of Science Studies. – 2017. – V. 9. – No. 5. – P. 74. – eISSN 2223-5167.
- 3 **Bukharov, S. N.** Sound-absorbing properties of composite layered materials with protective coatings / S. N. Bukharov, N. A. Kushunina, N. B. Rostanina / Materials, technologies, tools. – 2017. – V. 12. – No. 3. – P. 57–59.

V. A. Krutova, D. S. Frolova

SELECTION OF MATERIALS TO REDUCE THE STRUCTURAL NOISE OF THE POWER PLANT CAR OF THE RECOVERY TRAIN

Abstract. The technical characteristics of the DSU are considered. A model of noise propagation inside a power plant car is performed. Based on the conducted research, the analysis of existing domestic materials that can be used to reduce the impact of structural noise on the floor of the power plant car of the recovery train was carried out.

Keywords: interchangeability, axial gearbox, rolling bearing.

For citation: Krutova, V. A. Selection of materials to reduce the structural noise of the power plant car of the recovery train / V. A. Krutova, D. S. Frolova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 71–75.

Сведения об авторах

Крутова Вероника Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Основы проектирования машин»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: opm@rgups.ru

Фролова Дарья Сергеевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Основы проектирования машин»,
ассистент,
e-mail: opm@rgups.ru

Information about the authors

Krutova Veronika Aleksandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Machine Design Fundamentals”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: opm@rgups.ru

Frolova Darya Sergeevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Machine Design Fundamentals”,
Assistant,
e-mail: opm@rgups.ru

УДК 621.3 + 06

А. Д. Петрушин, Д. Е. Притыкин, Б. Д. Дагладиян, Е. Д. Балашов

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ*

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования электровозов постоянного тока с реостатно-контактной системой регулирования, а так же недостатков такой системы. Определена постановка задачи. Описаны структурная и принципиальная схемы тягового привода с использованием обратных диодов. Реализована spice-модель силового полупроводникового диода в системе LTspice. Проведено сравнение полученных результатов вольт-амперной характеристики представленной модели с реальными показателями datasheet выбранного диода.

Ключевые слова: постоянный ток, электровоз, электроэнергия, импульсно-транзисторный преобразователь, математическая модель, пусковые резисторы, диод.

Для цитирования: Проблемы моделирования силовых импульсных преобразователей постоянного напряжения / А. Д. Петрушин, Д. Е. Притыкин, Б. Д. Дагладиян, Е. Д. Балашов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 75–81.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Введение

Железнодорожный транспорт осуществляет значительную долю грузо и пассажироперевозок в стране. Для эффективного достижения поставленных целей оборота на сети железных дорог используется подвижной состав различного вида. Одними из самых перспективных являются электровозы асинхронного типа, призванные заменить уже привычные и устаревшие коллекторные двигатели [4, 6]. На сегодняшний день их процентное соотношение к общему числу электровозов составляет немногим более 8 %. Однако, не смотря на надежную и неприхотливую конструкцию, процесс разработки и внедрения отечественных асинхронных двигателей в подвижной состав в нынешней ситуации импортозамещения, является довольно затратным предприятием, чей массовый поток требует налаживания.

Одновременно с этой ситуацией на просторах России без должного внимания остаются свыше 2000 электровозов постоянного тока с коллекторным тяговым приводом, ожидающие постепенного вывода из эксплуатации. В их конструктивном составе используется реостатно-контакторная система регулирования, сокращенно РКСУ [3]. Имеющая ряд недостатков, среди которых значительное расходование электроэнергии, анализ потерь которой описан в одной из предыдущих работ, данная система является неэффективной.

Таким образом, исходя из проведенных исследований, было принято решение заменить РКСУ на управление двигателями при помощи транзисторно-импульсного преобразователя на базе IGBT-транзисторов в рамках капитально-восстановительных работ. Данный подход позволит достичь не только значительных сокращений в вопросе потерь электроэнергии, а следственно и экономии материальных средств, но и существенно продлит службу существующего парка подвижного состава, благодаря более дешевому и простому в обслуживании импульсному регулированию по сравнению с асинхронным тяговым приводом.

Постановка задачи

При проведении исследования повышения энергоэффективности тягового состава путем внедрения импульсного регулирования тяги, необходимо соблюдение следующих требований к тяговому приводу:

- 1) обеспечение плавного бесступенчатого регулирования напряжения на ТЭД;
- 2) обеспечение рекуперативного торможения;
- 3) бесконтактное реверсирование ТЭД;
- 4) поосное регулирование тяги.

Описание структурной и принципиальной схемы тягового привода

На рис. 1 представлена упрощенная схема подключения тягового привода к контактной сети постоянного тока. Блоки «А1» и «А2», включенные в состав электрической схемы тягового привода, представляют собой повышающий/понижающий транзисторно-импульсный преобразователь и реверсивный мостовой преобразователь соответственно.

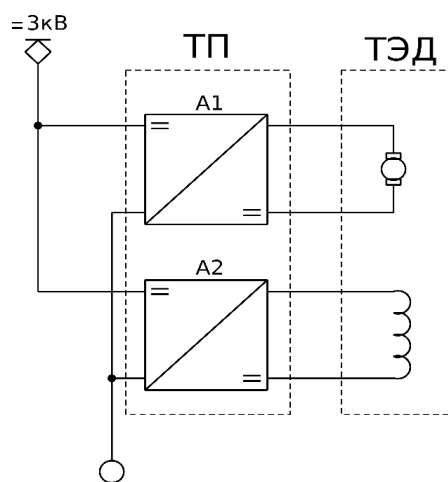


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема подключения тягового привода к контактной сети постоянного тока

Импульсный преобразователь (рис. 2) служит для питания якоря. Схема состоит из силовых ключей – IGBT-транзисторов VT1 и VT2, катушки индуктивности, а также блокировочных диодов VD1 и VD2 подключенных параллельно нагрузке [1].

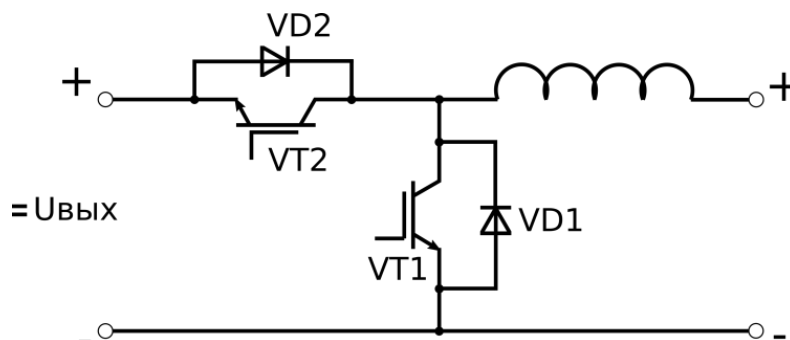


Рис. 2. Повышающая/понижающая электрическая схема транзисторно-импульсного преобразователя

Работа ключей протекает в импульсном режиме за счет процесса широтно-импульсной модуляции. В свою очередь выходное напряжение работы схемы, определяется по формуле (1):

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх}}}{1 - D}, \quad (1)$$

где D – коэффициент заполнения, варьирующийся в пределах от 0,67 до 0,75 и необходим для регулирования пороговых значений напряжения.

Посменное замыкание ключей в порядке VT1–VT2 определяет режим рекуперации, возвращая в контактную сеть часть затраченной электроэнергии для повторного использования. Если в качестве нагрузки преобразователя выступает тяговый электродвигатель (ТЭД), роль индуктивного дросселя могут выполнять цепи его обмоток.

Электрическая схема реверсивного мостового преобразователя постоянного тока (рис. 3) осуществляет реверсивный запуск и работу двигателя в обратном направлении в зависимости от замыкания, с помощью ШИМ, ключей по диагонали.

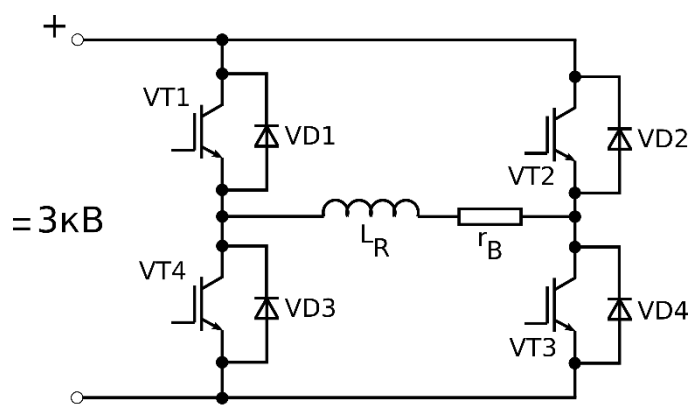


Рис. 3. Принципиальная схема реверсивного мостового преобразователя

Spice-модель силового полупроводникового диода

Сегодня существует множество симуляторов работы электрических схем, например такие как: Quite Universal Circuit Simulator (QUCS), Multisim, TINA-TI и т. д. Среди них, так же стоит выделить симулятор моделирования работы аналоговых и цифровых электрических цепей LTSpice. Он представляет собой мощный программный пакет, включающий в себя SPICE-симулятор. Не смотря то, что LTSpice рассчитан лишь на слаботочную электронику, а так же в его составе отсутствуют адекватные spice-модели силовых приборов, он имеет внушительный потенциал по сравнению с другими аналогами и предшественниками.

Для расчета цепей, содержащих диоды, часто применяют эквивалентные схемы замещения (рис. 4), полученные при линейной аппроксимации вольт-амперных характеристик (ВАХ) диодов [1].

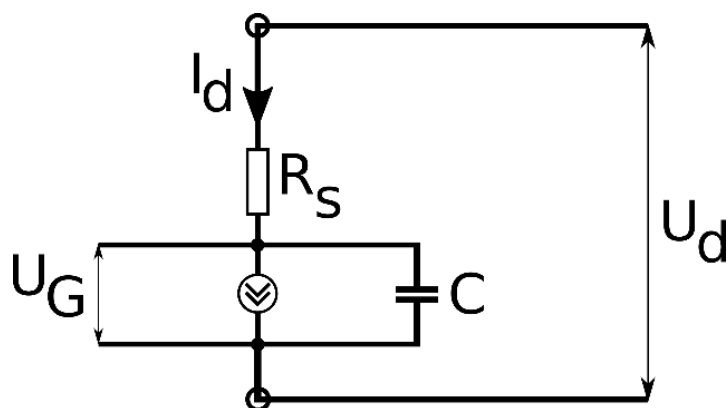


Рис. 4. Эквивалентная схема замещения диода при прямом включении

Уравнение диода Шокли (2) или закон диода, названный в честь изобретателя транзисторов Уильяма Шокли моделирует экспоненциальную зависимость для полупроводниковых диодов в постоянном токе прямого или обратного смещения:

$$I_d = I_s \left(e^{\frac{U_G}{NU_T}} - 1 \right), \quad (2)$$

где I_s – ток насыщения;
 N – коэффициент эмиссии;
 $U_T = \frac{kT}{q}$ – температурный коэффициент перехода.

На основании второго закона Кирхгофа по схеме замещения (рис. 4) составляем уравнение (3) по трем неизвестным параметрам N , I_s , R_s , используя формулу Шокли:

$$I_d R_s + NU_T \ln \left(\frac{I_d}{I_s} + 1 \right) = U_d, \quad (3)$$

где R_s – прямое паразитное сопротивление.

Решая численно полученное уравнение (3) для трех точек ВАХ, выбранного для подбора параметров, отечественного диода D173-5000 (рис. 5), изготавливаемого саранским заводом, получаем искомые значения параметров (рис. 6) с хорошей степенью совпадения ВАХ из datasheet решаемого диода.

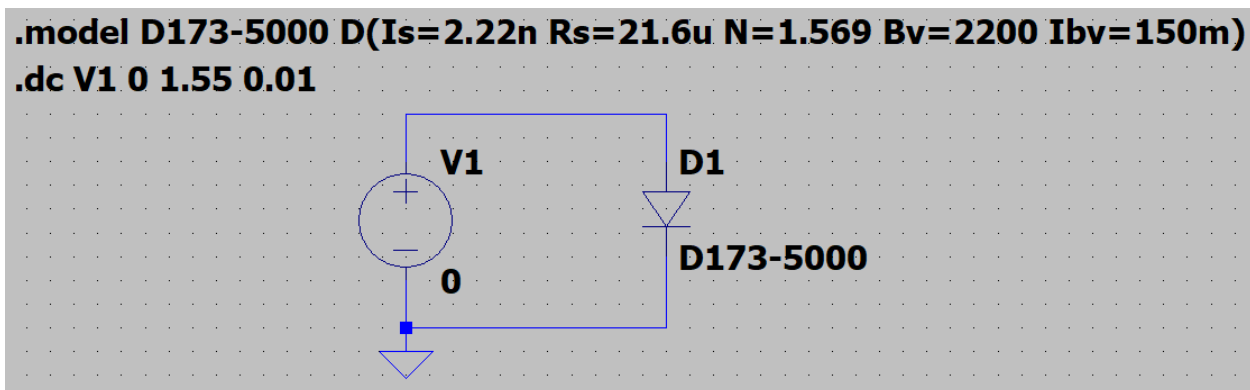


Рис. 5. Spice-модель диода D173-5000

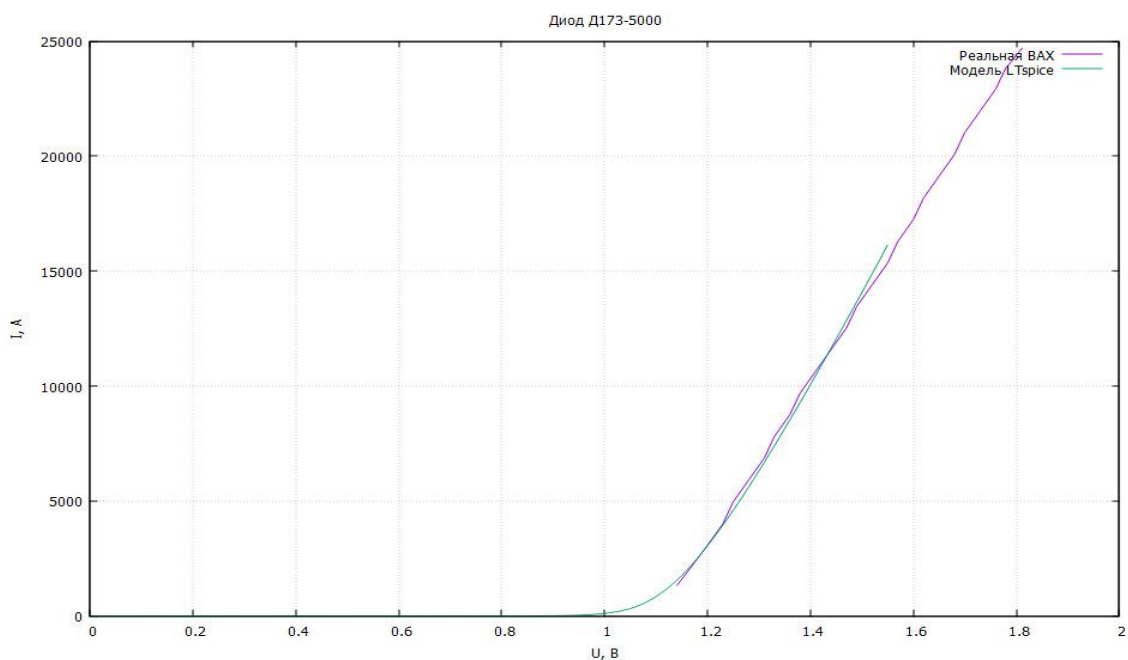


Рис. 6. Сравнение ВАХ диода с его рассчитанной spice-модель

Выводы

Представленная работа демонстрирует пример подбора параметров характеристик диода. Используя вышеописанные методы предоставляется возможным исследование и анализ вольт-амперных характеристик диодов отечественных и зарубежных производителей с целью выбора оптимального варианта реализации силового импульсного преобразователя.

Следующими этапами исследований являются:

- проектирование spice-модели IGBT-транзистора;
- выполнение оценки потерь электроэнергии в тяговом приводе.

Список литературы

- 1 Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов / А. И. Лебедев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с. – ISBN 978-5-9221-0995-6.
- 2 Володин, В. Я. LTspice – компьютерное моделирование электронных схем / В. Я. Володин. – СПб : БВХ-Петербург, 2010. – 392 с. – ISBN 978-5-9775-0543-7.
- 3 Гребенюк, П. Т. Тяговые расчеты. Справочник / П. Т. Гребенюк, А. Н. Долганова, А. И. Скворцова. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
- 4 Бурков, А. Т. Системы управления тяговым приводом современных локомотивов / А. Т. Бурков, О. С. Валинский // Электротехника. – 2019. – № 10. – С. 33–36. – ISSN 0013-5860.
- 5 Энергоэффективное управление движением поездов с электрической тягой / Ю. П. Волощенко, А. Р. Гайдук, А. А. Зарифьян, П. Г. Колпахчян, М. Ю. Медведев, Н. К. Полуянович, В. Х. Пшихопов. – Санкт-

References

- 1 Lebedev, A. I. Physics of semiconductor devices / A. I. Lebedev. – M. : FIZMATLIT, 2008. – 488 p. – ISBN 978-5-9221-0995-6.
- 2 Volodin, V. Ya. LTspice – computer simulation of electronic circuits / V. Ya. Volodin. – St. Petersburg : BVH-Petersburg, 2010. – 392 p. – ISBN 978-5-9775-0543-7.
- 3 Grebenyuk, P. T. Traction calculations. Reference book / P. T. Grebenyuk, A. N. Dolganova, A. I. Skvortsova. – M. : Transport, 1987. – 272 p.
- 4 Burkov, A. T. Control systems for the traction drive of modern locomotives / A. T. Burkov, O. S. Valinsky // Electrical engineering. – 2019. – No. 10. – P. 33–36. – ISSN 0013-5860.
- 5 Energy-efficient control of the movement of trains with electric traction / Yu. P. Voloshchenko, A. R. Gaiduk, A. A. Zarifyan, P. G. Kolpakhchyan, M. Yu. Medvedev, N. K. Poluyanovich, V. Kh. Pshikhopov. – St. Petersburg : Lan

Петербург : Издательство «Лань», 2021. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-2634-8.

6 Оптимальное частотное управление асинхронными тяговыми электродвигателями электропоезда / А. Д. Петрушин, Т. С. Титова, В. В. Никитин, А. С. Мазнев // Электротехника. – 2021. – № 10. – С. 10–14. – ISSN 0013-5860.

7 **Веригин, О. С.** Моделирование тягового электропривода электровоза 3ЭС5К для исследования электромеханических процессов с учетом влияния контактной сети / О. С. Веригин, А. А. Зарифьян // Сборник научных трудов «Транспорт : наука, образование, производство» («Транспорт-2021»), Том 2. Технические науки. Ростов-на-Дону : ФГБОУ ВО РГУПС, 2021. – С. 169–173. – ISBN 978-5-907295-41-4.

Publishing House, 2021. – 320 p. – ISBN 978-5-8114-2634-8.

6 Optimal frequency control of asynchronous traction electric motors of an electric train / A. D. Petrushin, T. S. Titova, V. V. Nikitin, A. S. Maznev // Elektrotehnika. – 2021. – No. 10. – P. 10–14. – ISSN 0013-5860.

7 **Verigin, O. S.** Modeling of the traction electric drive of an electric locomotive 3ES5K for the study of electromechanical processes taking into account the influence of the contact network / O. S. Verigin, A. A. Zarifyan // Collection of scientific papers “Transport : science, education, production” (“Transport-2021”), V. 2. Technical sciences. Rostov-on-Don : FGBOU VO RGUPS, 2021. – P. 169–173. – ISBN 978-5-907295-41-4.

A. D. Petrushin, D. E. Pritykin, B. D. Dagldian, E. D. Balashov

PROBLEMS OF MODELING POWER PULSED DC VOLTAGE CONVERTERS

Abstract: The issues of using direct current electric locomotives with a rheist-concrete control system, as well as the disadvantages of such a system, are considered. The setting of the problem is determined. The structural and principled schemes of the traction drive using the reverse diodes are described. Implemented the spice-model of a power semiconductor diode in the LTspice system. A comparison of the obtained volt-ampere characteristics of the presented model with real datasheet indicators of the selected diode was carried out.

Keywords: direct current, electric locomotive, electric power, pulse-transistor DC-DC converter, mathematical model, starting resistors, diode.

For citation: Petrushin, A. D. Problems of modeling power pulsed dc voltage converters / A. D. Petrushin, D. E. Pritykin, B. D. Dagldian, E. D. Balashov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 75–81.

Сведения об авторах

Петрушин Александр Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: alex331685@yandex.ru

Притыкин Дмитрий Евгеньевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: maisvendoo@gmail.com

Даглдиян Богос Дзарукович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,
аспирант,
e-mail: bogos.dagldian@yandex.ru

Information about the authors

Petrushin Alexander Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Car and Cars Facilities”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: alex331685@yandex.ru

Pritykin Dmitry Evgenievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Traction rolling stock”,
Postgraduate student,
e-mail: maisvendoo@gmail.com

Dagldian Bogos Dzarukovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Automation and telemechanics on railway transport”,
Postgraduate student,
e-mail: bogos.dagldian@yandex.ru

Балашов Евгений Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей
связи (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
аспирант,
e-mail: balashov.97@mail.ru

Balashov Evgeny Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair "Car and Cars Facilities",
Postgraduate student,
e-mail: balashov.97@mail.ru

УДК 621.8 + 06

*К. Н. Политыко, Д. С. Мантуров***ФОРМИРОВАНИЕ PVD ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ***

Аннотация. Покрытия TiCrZrNbHf были нанесены с использованием метода вакуумно-дугового напыления при наличии азота в камере и в его отсутствии. Структура и элементный состав покрытия были проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа и энергодисперсионного спектрометра, механические свойства покрытия измеряли с помощью метода наноиндентирования. Степень износа исследовали с помощью трибометра методом испытания «шарик–диск». На основании проведенных исследований осуществлена оценка влияния присутствия азота в камере при нанесении покрытия.

Ключевые слова: метод физического осаждения (PVD), вакуумно-дуговое осаждение, высокоэнтропийные сплавы, азот, механические свойства, трение, износостойкость.

Для цитирования: Политыко, К. Н. Формирование PVD покрытий для трибологического назначения / К. Н. Политыко, Д. С. Мантуров // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 81–93.

Введение

Важным вопросом в машиностроении является повышения ресурса и надежности узлов машин и агрегатов. Для решения данного вопроса производят нанесение упрочняющих и износостойких покрытий на поверхность деталей и узлов, которые подвергаются большим нагрузкам и чувствуют в трибоконтакте. Существует множество методов нанесения покрытий [1–6], от метода зависит структура, свойства и фазовый состав данного покрытия. Макроскопические свойства таких покрытий можно прогнозировать, например, методами машинного обучения [7, 8], конечно-элементного моделирования [9], методами молекулярной динамики [10]. Методы нанесения поверхностей классифицируют по следующим критериям: в зависимости от фазового состояния среды; по состоянию наносимого материала; по разнообразию происходящих процессов при нанесении. Основным методом нанесения покрытий является физический метод осаждения (PVD).

Анализ состояния вопроса

Методы физического осаждения (PVD) – данный метод реализуется испарением наносимого вещества в вакууме до 10^{-4} Па, так как в нем легче осуществляется переход материала из твердой фазы в паровую, где с помощью реакционного газа (Ar; N₂; O₂; C₂H₂; H₂ и др.) происходит перенос вещества к образцу, на котором производится формирование структуры. PVD метод включает в себя большой перечень технологических видов: вакуумно-дуговое осаждение; магнетронный метод распыления, ионная имплантация, термическое испарение; молекулярно-пучковая эпитаксия и др.

Выделим основные преимущества метода PVD [11, 12].

1. Данный метод позволяет получать покрытия различных сплавов, металлов, полимеров, двойных, тройных нитридов;
2. Варьировать скорость нанесения покрытия;
3. При высоких скоростях нанесения покрытий повторять поверхность подложки;

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

4. Нанесение покрытий при различном давлении в камере и температуры подложки;
5. Хорошая адгезионная связь покрытия и подложки;
6. В зависимости от процесса нанесения возможно варьировать толщину получаемого покрытия, получая толщину покрытия до 200 мкм;
7. Получение алмазоподобных покрытий с низким коэффициентом трения и высокой твердостью (DLC покрытия);
8. В зависимости от активных газов в рабочей камере возможна реализация различных способов испарения.

Также метод физического осаждения покрытия имеет недостатки.

1. Образование капельной фазы, которая снижает качество получаемого покрытия;
2. В процессе нанесения покрытия на кромках и поверхностях подложки образуются микродуги, которые приводят к электроэрозии;
3. Высокая стоимость оборудования.
4. Отработка режима нанесения покрытий для каждого нового состава покрытий.

Для реализации PVD метода требуется с помощью ионной отчистки производить отчистку камеры от загрязнений, оставшимися после проведения нанесения покрытия, тщательной подготовки образец перед нанесением, требуется шлифовка граней, отчистка в химических средах с ультразвуковой обработкой.

В вакуумно-дуговых установках основным узлом является электродуговой испаритель. Его основная задача надежный запуск, стабильная работа дугового разряда, локализация катодных пятен, минимизация капельной фазы в потоках плазмы. Для реализации нанесения покрытия вакуумно-дуговым методом требуется создание вакуумно-дугового разряда. Вакуумно-дуговой разряд – это самостоятельный разряд, который развивается в парах материала катода и позволяет созданию катодных пятен на поверхности самого катода. Вакуумно-дуговые разряды используются в установках с накаливаемым и холодным катодами для нанесения покрытий методом физического осаждения [13–22]. Термоэлектронная эмиссия является источником электродов, для ее получения катод разогревается с помощью системы поджига. При испускании катодом электронов появляются напряжения вблизи катода, которые возникают между электронами, остальное пространство заполнено светящейся плазмой, данные процессы способствуют горению разряда [13].

Катодные пятна (далее КП) – это ярко светящиеся точки, которые образуются при низком вакууме, быстро и хаотически перемещающиеся по поверхности катода со скоростью от нескольких десятых до единиц метров в секунду, их разделяют на три типа.

Первый тип КП образуется на начальной стадии разряда состоит из нескольких десятков одновременно существующих ячеек, расположение самих ячеек друг от друга в КП достигает 20–50 мкм, передвигаясь со скоростью 100–150 м/с [23–25].

КП 2-го типа характеризуются скоростями перемещения около 50–75 м/с, но стоит отметить, что эрозия данного типа КП в два раза больше, чем КП 1-го типа ($\sim 10^{-4}$ г/Кл), размер пятна составляет 10–40 мкм [26–28]. КП 3-го являются самыми вредоносными в вакуумно-дуговых установках, они создают большое количества капельной фазы, образуются чаще всего на катодах из легкоплавких металлов [29].

Катодное пятно характеризуется малым размером 10^{-6} – 10^{-3} м, в котором быстро достигается температура кипения, что приводит к испарению материала катода, благодаря чему обеспечивается эффективность генерационных процессов в вакуумно-дуговом разряде [13–14, 21]. Для стабильного существования КП требуется определенная величина тока, которая будет зависеть от:

- материала катода;
- величины магнитного поля катушек;
- давления инертного газа в камере;
- конструкции испарителя [20].

При увеличении тока, проходящего через катод скорость перемещения КП возрастает, но при увеличении тока дуги возрастание скорости замедляется, достигая насыщения. В таблице 1 приведены значения токов разряда, при которых начинается деление КП.

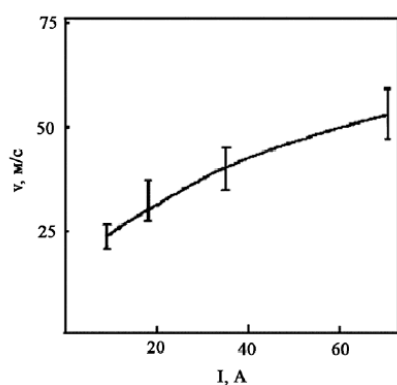
Таблица 1

Токи разряда, при котором происходит деление КП [28]

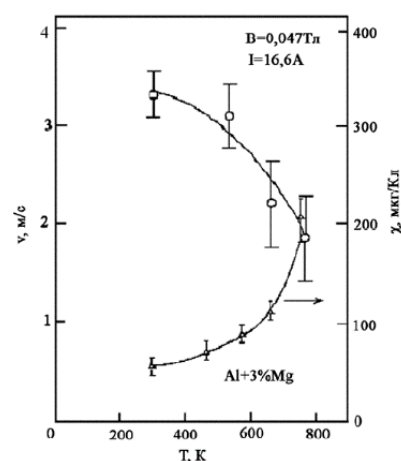
Материал катода	Ток КП, А
Свинец	5–9
Цинк	9–20
Алюминий	15–18
Хром	30–50
Титан	60–100
Молибден	75–100

При увеличении индукции магнитного поля траектория движения КП становить более выпрямленной, скорость увеличится, а при увеличении температуры катода скорость КП снижается. Снижение происходит интенсивнее в области повышенных температур, также с быстрым повышением температуры возрастает коэффициент эрозии.

На рис. 1 представлены зависимость скорости КП от тока дуги на катоде и зависимость коэффициента эрозии и скорости КП от температуры на катоде из алюминиевого сплава [18, 19].



А)



Б)

Рис. 1. Зависимость скорости КП от тока дуги на катоде (А) и зависимость коэффициента эрозии и скорости КП от температуры на катоде из алюминиевого сплава (Б) [19, 20]

С развитием технологии нанесения покрытий и изучением процессов, происходящих на катоде, можно сказать, что процессы на аноде являются второстепенными, важной характеристикой процессов на аноде выделяют анодное падение потенциала (АПП). АПП – разность потенциалов между анодом и положительным столбом плазмы, может быть по отношению к плазме положительным и отрицательным. При положительном АПП проход электродов к аноду затруднен (при малых размерах анода), при отрицательном АПП, происходит большое соприкосновение с электронами и ионами плазмы, в условиях вакуумной дуги, которая существует при низких токах в парах металла, электроны выступают в качестве поддержания цепи, а положительные ионы увеличивают общий ток, при этом ионный ток имеет противоположенное направлению ионов [13, 15].

Процессы на подложке имеют важное значение для синтеза покрытий, так как данные процессы будут влиять на свойства наносимых покрытий. С помощью энергии ионов и плотность их потока определяют характер взаимодействия плазмы и подложки.

Энергия ионов, бомбардирующих подложку, состоит из их начальной энергии и энергии, приобретенной в дебаевском слое, примыкающем к подложке, при приложении к ней отрицательного потенциала (1):

$$E_i = E_0 + eZU_{\text{п}} \quad (1)$$

где E_i – энергия иона;
 E_0 – начальная энергия;
 Z – кратность заряда иона;
 $U_{\text{п}}$ – потенциал подложки.

При нанесении покрытий вакуумно-дуговым осаждением разделяют несколько стадий роста структуры: на первом этапе происходит абсорбция атомов, которые направлены в потоке плазмы на поверхность подложки до тех пор, пока он не сформирует химическую связь с атомами подложки или другого абсорбированным атомом. После образовавшаяся химическая связь входит в стадию роста за счет вновь прибывающих атомов. По мере роста химической связи происходит формирование поверхности. Стоит отметить, что также могут возникать процессы диффузии между подложкой и покрытием. Схема стадий образования структуры пленок представлена на рис. 2.

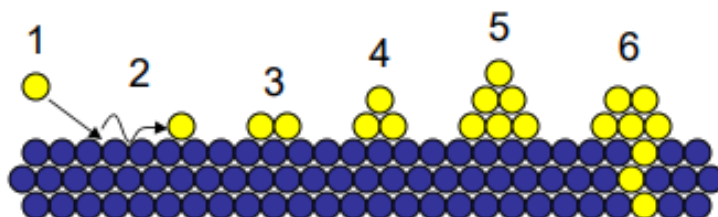


Рис. 2. Схематическое изображение процессов эпитаксии

1 – абсорбция атома; 2 – передвижение атома; 3 – образование химической связи;
 4, 5 – стадия роста структуры; 6 – диффузия подложки и покрытия

В зависимости от материала и метода нанесения на стадии абсорбции атом может не образовать химическую связь на подложке и испариться с ее поверхности. В случае нанесения покрытия на поверхность высокоэнергетическими частицами доля испаряемых атомов может достигать значений 90–100 %. Возникающее поверхностное натяжение определяет механизм роста покрытия [22]: Франка–Ван дер Мерве (послойный), Волмера–Вебера (островковый) и Странски–Крастанова (смешанный), представленных на рис. 3.

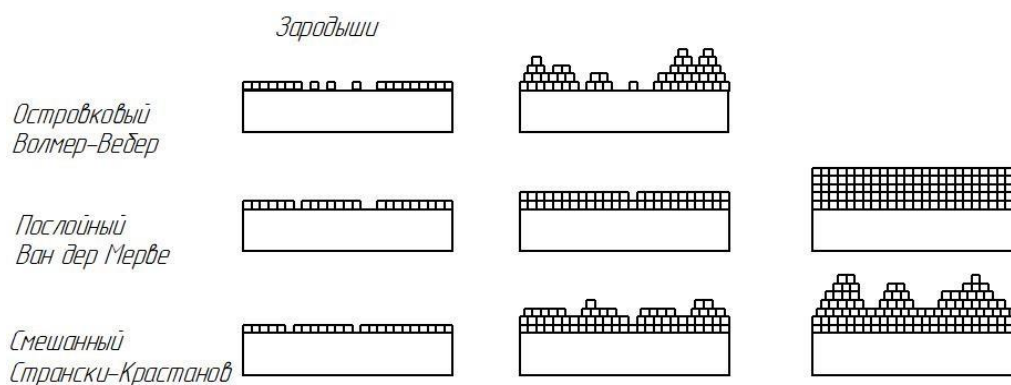


Рис. 3. Схематическое изображение трех механизмов роста покрытий [22]

Послойный механизм осуществляется в том случае, когда сила связи между атомами равна или меньше, чем сила между атомами подложки и покрытий, при этом несоответствие решеток должен быть минимален. Островковый механизм происходит, когда связь атомов покрытия сильнее между собой, и образуется на гранях с малым индексом Миллера. Смешанный режим возникает при рассогласовании параметров кристаллической решетки покрытия и подложки.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) представляют собой новый класс материалов, которые впервые были представлены учеными Кантором и Йе [29, 30]. Кантоном было разработано покрытие на основе сплава FeCoNiMnCr [30]. Данные сплавы представляют собой состоят из четырех и более

элементов содержание которых около 5–35 ат % [31] смешивание элементов приводит к образованию простых фаз с различными вариациями структуры: гранецентрированной кубической решеткой (ГЦК), базоцентрированной кубической решеткой (ОЦК), гексагональной полутноупакованной решеткой (ГПУ) [32].

Главная особенность ВЭС заключается в высокой энтропии смешивания элементов, способствующей образованию стабильных структур, сильное кручение решетки, медленная диффузия, что приводит к высокой термостойкости, износостойкости и улучшает коррозионную стойкость покрытия [33]. ВЭС получили свое применение в PVD технологиях нанесения покрытий: вакуумно-дуговое осаждение [34], магнетронное напыление, лазерное напыление, термическое распыление [35, 36]. Первые покрытия были нанесены с помощью MPC из карбидов и нитридов [37–39].

Авторы [40] с помощью магнетронного распыления получили плотное покрытие TiTaHfNbZr на подложку Ti-6Al-4V максимальной толщиной 800 нм. При исследовании было установлено, что при увеличении нагрузки с 1 Н до 3 Н покрытие TiTaHfNbZr практически не имеет износа, в отличие от износа подложки Ti-6Al-4V.

Авторами [41] было получено покрытие CuTiZrCrNi в среде Ar на подложке из стали AISI-201 с помощью магнетрона на установке ННВ 6. При анализе полученных результатов авторы установили, что покрытия получились однородными и практичными, износостойкость покрытия составляет $3 \cdot 10^{-4}$ г/мин, коэффициент высокоэнтропийного покрытия составил по меди 0,041, по алюминию – 0,066.

Материалы и метод

Для нанесения высокоэнтропийного покрытия использовалась вакуумная установка BRV600Ф, которая реализует вакуумно-дуговой метод. Нанесение производилось на подложку из стали маркой AISI 316L (50x30x5 мм, шероховатость обрабатываемой поверхности $R_a = 0,1$) тремя катодами из материалов: Ti /Nb (В: 48,3/44,4 %; А: 49,8/23,4 %) – № 1; Cr 100 % – № 2; Zr/Nb/Hf (В: 72,7/14,1/4,3; А: 49,7/4,9/2,9) – № 3.

Покрытие наносилось на подложку с подслоем Cr в среде инертного газа Ar с добавлением N_2 при следующих параметрах: давления в камере $1,8 \cdot 10^{-1}$ Па, токе 140 А на дуговом испарителе № 1, токе 110 А на дуговом испарителе № 2, токе 130 А на дуговом испарителе № 3, общее время нанесения составило 20 часов.

Для оценки толщины, структуры и состава покрытия был использован электронный микроскоп Zeiss EVA MA 18, оснащенный энергосиперсионным анализатором X-Max 50.

Механические характеристики, такие как, твердость и модуль упругости покрытия измеряли методом наноиндентирования с использованием комплекса Nanotest 600 и анализа кривых нагрузки с помощью метода Оливера и Фарра [42]. Индентирование осуществлялось в режиме непрерывного измерения с использованием алмазного индентора Берковича и глубиной проникновения в пределах 10 % от толщины покрытия, для оценки свойств без воздействия на подложку. Нагрузка на индентор составляла 10 мН.

Определение трибологических свойств покрытий осуществлялось при схеме испытания «шар-диск» на трибометре TRB. Образцу с покрытием задавалось вращательное движение с линейной скоростью 1 мм/с при радиусе дорожки 2,2 мм. Контртелом выступал шар из оксида алюминия (Al_2O_3) диаметром 6 мм, нагрузка составляла 5 Н. Время испытания составляло 30 мин. Профиль лунки износа определяли при помощи оптического профилометра Zygo NewView 600.

Интенсивность изнашивания определялась по формуле (2):

$$I = \frac{V}{N \cdot L}, \text{ мм}^3/\text{Н}/\text{м} \quad (2)$$

где V – объем изношенного материала;
 N – нормальная нагрузка, Н;
 L – пройденный путь индентором, м.

Обсуждение результатов

На рис. 4 показаны микрофотографии образцов и результаты определения элементного состава, методом энергодисперсионного анализа (EDAX), покрытия TiCrZrNbHf нанесенное без подачи азота (рис.

4а) и в присутствии азота (рис. 4б). Как видно, покрытие обладает структурой высокой плотности, а толщина составляет от 1,2 мкм до 2,5 мкм, что хорошо согласуется с исследованиями многих ученых [41].

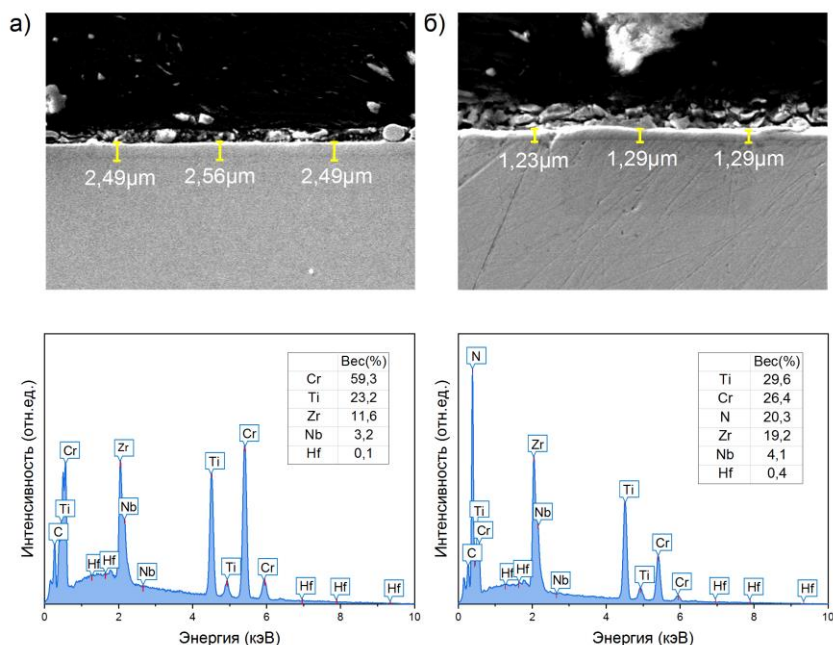


Рис. 4. Образцы с покрытием TiCrZrNbHf и его энергетические спектры элементов по результатам EDAX-анализа

а) без подачи азота; б) в присутствии азота

На рис. 5 показаны кривые зависимости нагрузки от глубины проникновения по результатам измерений наноиндентирования. Наноиндентер Nanotest 600 работает в режиме контроля нагрузки, и перед началом испытаний на твердость были проведены измерения с различными нагрузками, чтобы установить нагрузку, связанную с максимальной глубиной проникновения. Таким образом, чтобы глубина была примерно на порядок меньше толщины пленки, что гарантирует отсутствие какого-либо влияния подложки на измеряемую твердость и модуль упругости.

Средняя твердость покрытий без подачи азота составила 5,16 ГПа, что значительно ниже, чем у аналога, обработанного в присутствии азота (21,63 ГПа).

Также для данных образцов расчетным методом были определены соотношения H/E и H^3/E^2 . Данные показатели оценивают состояние покрытий под нагрузкой, а именно они определяют сопротивление упругой и пластической деформации соответственно (см. таблицу 2).

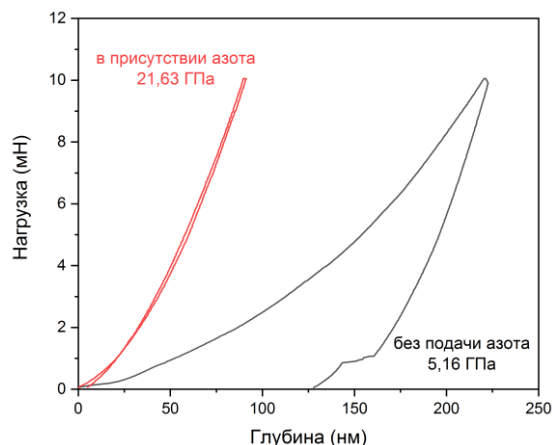


Рис. 5. Кривые зависимости нагрузки от глубины проникновения, полученные методом наноиндентирования

Таблица 2

Физико-механические характеристики образцов с высокоэнтропийными покрытиями

Образец	Твердость H , ГПа	Модуль упругости E , ГПа	H / E	H^3 / E^2
без подачи азота	5,16	117,17	0,044	0,0100
в присутствии азота	21,63	272,46	0,079	0,1363

Как видно из результатов, механические свойства покрытия нанесенного с напуском азота в камеру значительно улучшают свойства материала.

Износостойкость при скольжении оценивалась с помощью коэффициента трения, который измеряется с помощью теста на трение и износ. На рис. 6 представлена кривая коэффициента трения образцов. Была измерена поперечная площадь следа износа, также представленного на рис. 6, расчетное значение скорости износа покрытия представлено в таблице 3.

На начальном этапе тестирования, существуют очевидные колебания, которые можно объяснить неровностями поверхностного слоя. Учитывая шероховатость поверхности и большую площадь контакта из-за неровной поверхности, могут образоваться дополнительные неровности. По мере прохождения испытания на износ неровности устраняются. Для образца обработанного в присутствии азота, покрытие с высоким индексом сопротивления пластической деформации и микротвердостью противодействует усилию, поэтому коэффициент трения меньше и более стабилен. Тем временем, образец, полученные в вакуумной камере без напуска азота, демонстрирует нестабильность на протяжении всего эксперимента и как следствие дорожка трения представляет собой выдавленный материал в периферийной зоне контакта, а центральная часть обладает разветвленным рельефом, что характеризует стадию деградации покрытия.

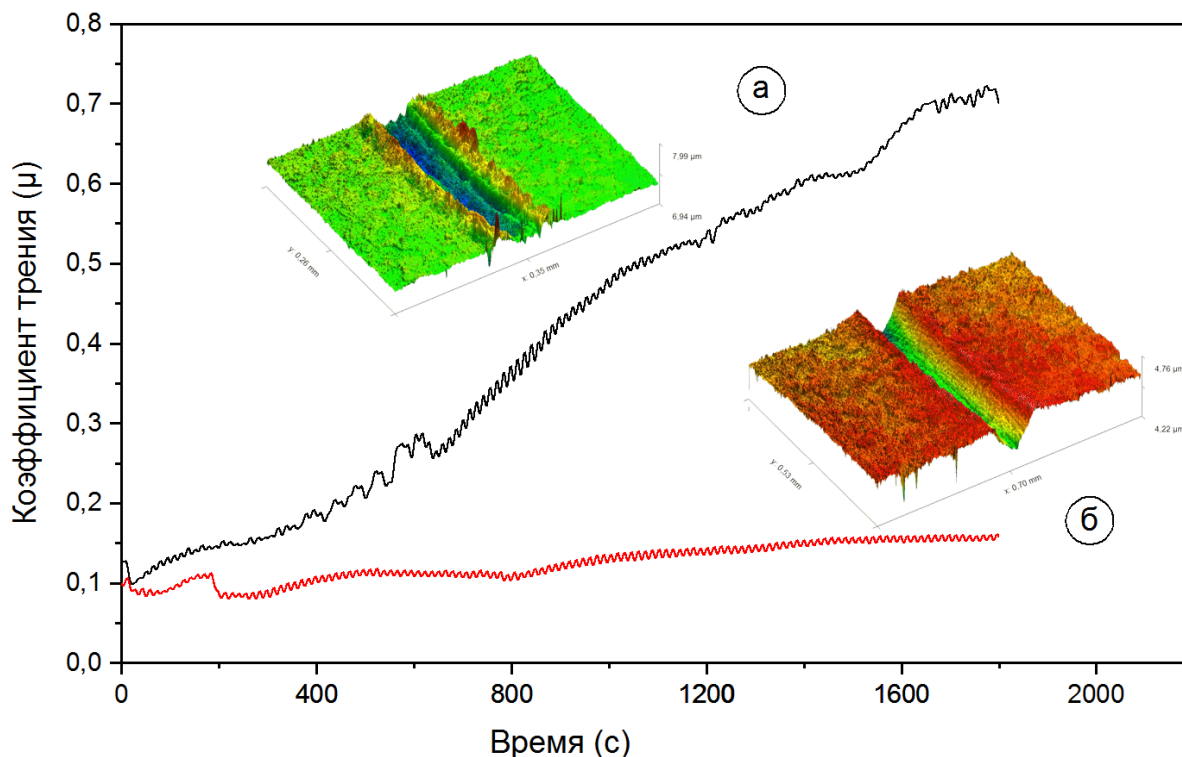


Рис. 6. Графики зависимости коэффициента трения и профиль поверхности образцов после трибологических испытаний
а) без подачи азота; б) в присутствии азота

Таблица 3

Интенсивность изнашивания образца

Образец	S , мкм ²	$S_{\text{ср}}$, мкм ²	L , м	$I \cdot 10^{-6}$ (мм ³ /Н/м)
без подачи азота	10,46	16,55	1,8	25,41
	16,6			
	22,6			
в присутствии азота	14,7	13,09	1,8	20,10
	11,28			
	13,3			

Выводы

В работе выполнен обзор существующих методов обработки материалов и создание высокоэнтропийных сплавов на поверхности поликристаллического тела с применением PVD технологии методом вакуумно-дуговое осаждение. В качестве основной задачи исследования ставилось оценка влияния наличия азота в камере при вакуумном осаждении ВЭС, на подложку нержавеющей стали, на механические и трибологические свойства. Исследования включали электронно-оптическую микроскопию, механические испытания, анализ степени износа покрытия при трибологических испытаниях. Полученные результаты показывают, что наличие азота при создании ВЭС существенно влияет на как механические, так и трибологические характеристики. Эксперимент показал, что механические свойства в значительной степени выше у образцов с азотом (21,63 ГПа). Зависимость износа от азота в данной системе не значительна, коэффициент трения напротив показывает низкие значения и стабильное поведение на протяжении всего времени испытания. Результат выполненного анализа открывает перспективу дополнительных исследований в области обработки деталей трибосопряжений.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30007) в Ростовском государственном университете путей сообщения.

Acknowledgement

The work of supported by the Russian Science Foundation (project No. 21-79-30007) and performed in Rostov State Transport University.

Список литературы

- 1 Гаркунов, Д. Н. Триботехника. Износ и безызносность / Д.Н. Гаркунов. – М. : МСХА, 2001. – 616 с. – ISBN 5-94327-004-3.
- 2 Mattox, M. D. Cover for Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing / M. D. Mattox // Elsevier, 2010. – P. 746. – ISBN 9780815520375.
- 3 Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов / Н. П. Жук. – М. : Альянс, 2006. – 472 с.
- 4 Self-propagating high-temperature synthesis of advanced materials and coatings / E. A. Levashov, A. S. Mukasyan, A. S. Rogachev, D. V. Shtansky // International Materials Reviews. – 2017. – V. 62. – P. 203–239. – DOI 10.1080/09506608.2016.1243291.

References

- 1 Garkunov D. N. Tribotechnika. Wear and tear / D. N. Garkunov. – M. : MSHA, 2001. – 616 c. – ISBN 5-94327-004-3.
- 2 Mattox, M. D. Cover for Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing / M. D. Mattox // Elsevier, 2010. – P. 746. – ISBN 9780815520375.
- 3 Zhuk, N. P. Course of the theory of corrosion and protection of metals / N. P. Zhuk. – M. : Alliance, 2006. – 472 c.
- 4 Self-propagating high-temperature synthesis of advanced materials and coatings / E. A. Levashov, A. S. Mukasyan, A. S. Rogachev, D. V. Shtansky // International Materials Reviews. – 2017. – V. 62. – P. 203–239. – DOI 10.1080/09506608.2016.1243291.

5 **Levashov, E. A.** Multifunctional nanostructured films / E. A. Levashov, D. V. Shtansky // Russian Chem. Reviews. – 2007. – V. 76. – P. 463–470. – DOI 10.1070/RC2007v076n05ABEH003679.

6 Multicomponent nanostructured films for various tribological applications / D. V. Shtansky, Ph. V. Kiryukhantsev-Korneev, I. A. Bashkova, A. N. Sheveiko, E. A. Levashov // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2010. – V. 28. – P. 32–39. – DOI 10.1016/j.ijrmhm.2009.07.014.

7 Reverse Engineering of Mechanical and Tribological Properties of Coatings : Results of Machine Learning Algorithms / D. M. Pashkov, O. A. Belyak, A. A. Guda, V. I. Kolesnikov // Physical Mesomechanics. – 2022. – V. 25 (4). – P. 296–305. – DOI 10.1134/S1029959922040038.

8 Design of double layer protective coatings : Finite element modeling and machine learning approximations/ V. I. Kolesnikov, D. M. Pashkov, O. A. Belyak, A. A. Guda, S. A. Danilchenko, D. S. Manturov, E. S. Novikov, O. V. Kudryakov, S. A. Guda, A. V. Soldatov, I.V. Kolesnikov // Acta Astronautica – 2023. – V. 204. – P. 869–877. – DOI 10.1016/j.actaastro.2022.11.007.

9 **Kolesnikov, V. I.** Modeling Mechanical Properties of Multilayer Coatings TiAlN / V. I. Kolesnikov, T. V. Suvorova, O. A. Belyak // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – V. 410. – P. 578–584. – DOI 10.4028/www.scientific.net/DDF.410.578.

10 Molecular-dynamics modeling of the surface mechanical properties using the ReaxFF potential / Y. V. Rusalev, A. A. Guda, D. M. Pashkov, A. V. Soldatov, O. A. Belyak, V. I. Kolesnikov // Journal of Surface Investigation : X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2021. – T. 15. – № Suppl. 1. – P. 92 – 97. – DOI 10.1134/S1027451022020185.

11 **Хокинг, М.** Металлические и керамические покрытия / М. Хокинг, В. Васантасри, П. Сидки. – М. : Мир, 2000. – 516 с. – ISBN 5-03-002570-7.

12 **Bunshah, R. F.** Evaporation / R. F. Bunshah // CEI Course on Deposition Technol. and Their Applications / R. F. Bunshah. – Park Ridge, N. J., U.S.A. : Noyes Publications, 1981. – 585 p.

13 **Грановский В. Л.** Электрический ток в газе : установившийся ток / В. Л. Грановский. – Под ред. Л. А. Сена и В. Е. Голанта. – Москва : Наука, 1971. – 543 с.

14 Вакуумные дуги : Теория и Приложения / Дж. Кобайн, Г. Эккер, Дж. Фаррелл [и др.]. – М. : Мир, 1982. – 428 с.

5 Multifunctional nanostructured films / E. A. Levashov, D. V. Shtansky // Russian Chem. Reviews. – 2007. – V. 76. – P. 463–470. – DOI 10.1070/RC2007v076n05ABEH003679.

6 Multicomponent nanostructured films for various tribological applications / D. V. Shtansky, Ph.V. Kiryukhantsev-Korneev, I. A. Bashkova, A. N. Sheveiko, E. A. Levashov // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2010. – V. 28. – P. 32–39. – DOI 10.1016/j.ijrmhm.2009.07.014.

7 Reverse Engineering of Mechanical and Tribological Properties of Coatings : Results of Machine Learning Algorithms / D. M. Pashkov, O. A. Belyak, A. A. Guda, V. I. Kolesnikov // Physical Mesomechanics. – 2022. – V. 25 (4). – P. 296–305. – DOI 10.1134/S1029959922040038.

8 Design of double layer protective coatings : Finite element modeling and machine learning approximations/ V. I. Kolesnikov, D. M. Pashkov, O. A. Belyak, A. A. Guda, S. A. Danilchenko, D. S. Manturov, E. S. Novikov, O. V. Kudryakov, S. A. Guda, A. V. Soldatov, I.V. Kolesnikov // Acta Astronautica – 2023. – V. 204. – P. 869–877. – DOI 10.1016/j.actaastro.2022.11.007.

9 **Kolesnikov, V. I.** Modeling Mechanical Properties of Multilayer Coatings TiAlN / V. I. Kolesnikov, T. V. Suvorova, O. A. Belyak // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – V. 410. – P. 578–584. – DOI 10.4028/www.scientific.net/DDF.410.578.

10 Molecular-dynamics modeling of the surface mechanical properties using the ReaxFF potential / Y. V. Rusalev, A. A. Guda, D. M. Pashkov, A. V. Soldatov, O. A. Belyak, V. I. Kolesnikov // Journal of Surface Investigation : X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2021. – T. 15. – № Suppl. 1. – P. 92 – 97. – DOI 10.1134/S1027451022020185.

11 **Hawking, M.** Metal and ceramic coatings / M. Hawking, V. Vasantasri, P. Sidki. – М. : Mir, 2000. – 516 p. – ISBN 5-03-002570-7.

12 **Bunshah, R. F.** Evaporation / R. F. Bunshah // CEI Course on Deposition Technol. and Their Applications / R. F. Bunshah. – Park Ridge, N. J., U.S.A. : Noyes Publications, 1981. – 585 p.

13 **Granovsky V. L.** Electric current in gas : steady-state current / V. L. Granovsky // Edited by L. A. Sena and V. E. Golant. – Moscow : Nauka, 1971. – 543 p.

14 Vacuum arcs : Theory and Applications / J. Cobain, G. Ecker, J. Farrell [et al.]. – М. : Mir, 1982. – 428 p.

15 Вакуумно-дуговые покрытия / А. А. Андреев, Л. П. Саблев, С. Н. Григорьев. – Харьков : ННЦ ХФТИ, 2010. – 318 с.

16 **Барвинок, В. А.** Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления / В. А. Барвинок, В. И. Богданович. – М. : Машиностроение, 1999. – 309 с. – ISBN 5-217-02957-9.

17 **Райзер, Ю. П.** Физика газового разряда : учеб. руководство / Ю. П. Райзер. – М. : Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит. – 1987. – 592 с. – ISBN 5-02-014615-3.

18 **Sethuraman, S. K.** A study of the erosion rate of vacuum arcs in a transverse magnetic field / S. K. Sethuraman, P. A. Chatterton, M. R. Barrault // J. Nuclear Materials. – 1982. – V. 111–112. – P. 510–516.

19 Arc velocity and erosion for stainless steel and aluminum cathodes / D. Y. Fang, A. Nurnberg, U. H. Bauder, R. Behrisch // J. Nucl. Materials. – 1982. – V. 111–112. – P. 517–521.

20 **Кесаев, И. Г.** Катодные процессы электрической дуги / И. Г. Кесаев. – М. : «Наука», 1968. – 244 с.

21 **Andrea L.** Theory and Simulation of Crystal Growth / L. Andrea, K. Miroslav // Journal of Physics Condensed Matter. – 1996. – V. 9. – P. 299–344. – DOI 10.1088/0953-8984/9/2/001.

22 Динамика катодных пятен на поверхности бериллия в дуговом вакуумном разряде / А. М. Зимин, В. А. Иванов, Б. Ютнер // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Термоядерный синтез», 2001. – Вып. 2. – С. 44–50.

23 **Месяц, Г. А.** Эктоны в вакуумном разряде : пробой, искра, дуга / Г. А. Месяц. – М. : Наука, 2000. – 424 с. – ISBN 5-02-002507-0.

24 **Любимов, Г. А.** Катодное пятно вакуумной дуги / Г. А. Любимов, В. И. Раховский // Успехи физических наук. – 1978. – Т. 125. – Вып. 4. – С. 665–706. – DOI 10.3367/UFNr.0125.197808c.0665.

25 Энциклопедия низкотемпературной плазмы / Под ред. В. Е. Фортова. М. : Наука, 2000. – Т. 2. – 634 с. – ISBN 5-02-002596-8.

26 Cathode Spots / B. Juttner, V. F. Puchkarev, E. Hantzsch, I. Beilis // Handbook of Vacuum Arc Science and Technology, R. L. Boxman, P. Martin, D. Sanders (editors), Noyes Publications (Park Ridge, NJ), 1995. – P. 73–281.

27 **Райзер Ю. П.** Физика газового разряда : учеб. руководство / Ю. П. Райзер – М. : Наука.

15 Vacuum-arc coatings / A. A. Andreev, L. P. Sablev, S. N. Grigoriev. – Kharkiv : NSC KHFTI, 2010. – 318 p.

16 **Barvinok, V. A.** Physical foundations and mathematical modeling of vacuum ion-plasma sputtering processes / V. A. Barvinok, V. I. Bogdanovich. – M. : Mashinostroenie, 1999. – 309 p. – ISBN 5-217-02957-9.

17 **Raiser, Yu. P.** Physics of gas discharge : studies. manual / Yu. P. Raiser. – M. : Nauka. Gl. ed. Phys.-mat. lit. – 1987. – 592 p. – ISBN 5-02-014615-3.

18 **Sethuraman, S. K.** A study of the erosion rate of vacuum arcs in a transverse magnetic field / S. K. Sethuraman, P. A. Chatterton, M. R. Barrault // J. Nuclear Materials. – 1982. – V. 111–112. – P. 510–516.

19 **Fang, D. Y.** Arc velocity and erosion for stainless steel and aluminum cathodes / D. Y. Fang, A. Nurnberg, U. H. Bauder, R. Behrisch // J. Nucl. Materials. – 1982. – V. 111–112. – P. 517–521.

20 **Kesaev, I. G.** Cathodic processes of an electric arc / I. G. Kesaev. – M. : “Science”, 1968. – 244 p.

21 **Andrea L.** Theory and Simulation of Crystal Growth / L. Andrea, K. Miroslav // Journal of Physics Condensed Matter. – 1996. – V. 9. – P. 299–344. – DOI 10.1088/0953-8984/9/2/001.

22 Dynamics of cathode spots on the surface of beryllium in a vacuum arc discharge / A. M. Zimin, V. A. Ivanov, B. Juttner // Questions of Atomic Science and Technology. Series “Thermonuclear Fusion”, 2001. – V. 2. – P. 44–50.

23 **Month, G. A.** Ectons in vacuum discharge : breakdown, spark, arc / G. A. Month. – M. : Science, 2000. – 424 p. – ISBN 5-02-002507-0.

24 **Lyubimov, G. A.** Cathode spot of vacuum arc / G. A. Lyubimov, V. I. Rakhovsky // Successes of physical sciences. – 1978. – V. 125. – Issue 4. – P. 665–706. – DOI 10.3367/UFNr.0125.197808c.0665.

25 Encyclopedia of low-temperature plasma / Edited by V. E. Fortov. Moscow : Science, 2000. – V. 2. – 634 p. – ISBN 5-02-002596-8.

26 Cathode Spots / B. Juttner, V. F. Puchkarev, E. Hantzsch, I. Beilis // Handbook of Vacuum Arc Science and Technology, R. L. Boxman, P. Martin, D. Sanders (editors), Noyes Publications (Park Ridge, NJ), 1995. – P. 73–281.

27 **Raiser, Yu. P.** Physics of gas discharge: textbook. manual / Yu. P. Raiser – M. : Science.

Гл. ред. Физ.-мат. лит. – 1987. – 592 с. – ISBN 5-02-014615-3.

28 **Sethuraman, S. K.** Study of the Motion of Vacuum Arcs in High Magnetic Field / S. K. Sethuraman and M. R. Barrault // J. Nucl. Materials. – 1980. – V. 93–94. – P. 791–798.

29 Nanostructured high entropy alloys with multiple principal elements : novel alloy design concepts and outcomes / T. T. Shun, J. W. Yeh, S. K. Chen, S. J. Lin, J. Y Gan., T. S. Chin [et al.]. – Advanced Engineering Materials. – 2004. – № 5. – V. 6. – P. 299–303. – DOI 10.1002/adem.200300567.

30 Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys / B. Cantor, I. T. H. Chang, P. Knight, A. J. B. Vincent // – Materials Science and Engineering : A. – 2004. – V. 375 – P. 213–218. – DOI 10.1016/j.msea.2003.10.257.

31 Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principal Elements : Novel Alloy Design Concepts and Outcomes / J.-W. Yeh, S.-K. Chen, S.-J. Lin, J.-Y. Gan, T.-S. Chin, T.-T. Shun, C. H. Tsau, S.-Y. Chang // Adv. Eng. Mater. – 2004. – V. 6. – P. 299–303. – DOI 10.3390/ma16124210.

32 Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys / B. Cantor, I. Chang, P. Knight, A. Vincent, // Materials Science and Engineering. – 2004. – P. 213–218. – DOI 10.1016/j.msea.2003.10.257.

33 Fatigue behavior of additive manufactured CrFeCoNi medium-entropy alloy / Y. O. Kuzminova, D. G. Firsov, S. A. Dagesyan, S. D. Konev, S. N. Sergeev, A. P. Zhilyaev, M. Kawasaki, I. S. Akhatov, S. A. Evlashin // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – V. 863. – P. 158609. – DOI 10.1016/j.jallcom.2021.158609.

34 The use of negative bias potential for structural engineering of vacuum-arc nitride coatings based on high entropy alloys / O. V. Sobol', A. A. Andreev, V. F. Gorban, H. O. Postelnyk, V. A. Stolbovoy, A. V. Zvyagolsky, A. V. Dolomanov, Z. V. Kraievskaya // Problems of Atomic Science and Technology. – 2019. – V. 120. – P. 127–135. – DOI 10.21272/jnep.10(6).06030.

35 Nanoindentation creep behavior in a CoCrFeCuNi high-entropy alloys film with two different structure states / Y. Ma, G. J. Peng, D. H. Wen, T. H. Zhang // Materials Science and Engineering A-structural Materials Properties Microstructure and Processing. – 2015. – V. 621. – P. 111–117. – DOI 10.1016/j.msea.2014.10.065.

Gl. ed. Phys.-mat. lit. – 1987. – 592 p. – ISBN 5-02-014615-3.

28 **Sethuraman, S. K.** Study of the Motion of Vacuum Arcs in High Magnetic Field / S. K. Sethuraman and M. R. Barrault // J. Nucl. Materials. – 1980. – V. 93–94. – P. 791–798.

29 Nanostructured high entropy alloys with multiple principal elements : novel alloy design concepts and outcomes / T. T. Shun, J. W. Yeh, S. K. Chen, S. J. Lin, J. Y Gan., T. S. Chin [et al.]. – Advanced Engineering Materials. – 2004. – № 5. – V. 6. – P. 299–303. – DOI 10.1002/adem.200300567.

30 Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys / B. Cantor, I. T. H. Chang, P. Knight, A. J. B. Vincent // – Materials Science and Engineering : A. – 2004. – V. 375 – P. 213–218. – DOI 10.1016/j.msea.2003.10.257.

31 Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principal Elements : Novel Alloy Design Concepts and Outcomes / J.-W. Yeh, S.-K. Chen, S.-J. Lin, J.-Y. Gan, T.-S. Chin, T.-T. Shun, C. H. Tsau, S.-Y. Chang // Adv. Eng. Mater. – 2004. – V. 6. – P. 299–303. – DOI 10.3390/ma16124210.

32 Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys / B. Cantor, I. Chang, P. Knight, A. Vincent, // Materials Science and Engineering. – 2004. – P. 213–218. – DOI 10.1016/j.msea.2003.10.257.

33 Fatigue behavior of additive manufactured CrFeCoNi medium-entropy alloy / Y. O. Kuzminova, D. G. Firsov, S. A. Dagesyan, S. D. Konev, S. N. Sergeev, A. P. Zhilyaev, M. Kawasaki, I. S. Akhatov, S. A. Evlashin // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – V. 863. – P. 158609. – DOI 10.1016/j.jallcom.2021.158609.

34 The use of negative bias potential for structural engineering of vacuum-arc nitride coatings based on high entropy alloys / O. V. Sobol', A. A. Andreev, V. F. Gorban, H. O. Postelnyk, V. A. Stolbovoy, A. V. Zvyagolsky, A. V. Dolomanov, Z. V. Kraievskaya // Problems of Atomic Science and Technology. – 2019. – V. 120. – P. 127–135. – DOI 10.21272/jnep.10(6).06030.

35 Nanoindentation creep behavior in a CoCrFeCuNi high-entropy alloys film with two different structure states / Y. Ma, G. J. Peng, D. H. Wen, T. H. Zhang // Materials Science and Engineering A-structural Materials Properties Microstructure and Processing. – 2015. – V. 621. – P. 111–117. – DOI 10.1016/j.msea.2014.10.065.

36 Formation of core-shell structure in high-entropy alloy coating by laser cladding / H. Zhang, W. Wu, Y. He, M. Li, S. Guo // *Applied Surface Science*. – 2015. – V. 363. – P. 543–547. – DOI 10.1016/j.apsusc.2015.12.059.

37 Mechanical properties, deformation behaviors and interface adhesion of (AlCrTaTiZr)_{Nx} multi-component coatings / S. -Y. Chang, S. -Y. Lin, Y. -C. Huang, C. -L. Wu // *Surface and Coatings Technology*. – 2010. – V. 204. – No. 20. – P. 3307–3314. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2010.03.041.

38 Effects of substrate bias on the structure and mechanical properties of (Al_{1.5}CrNb_{0.5}Si_{0.5}Ti)_{Nx} coatings / W.-J. Shen, M. -H. Tsai, Y. -S. Chang, J. -W. Yeh // *Thin Solid Films*. 2012. – V. 520. – No. 19. – P. 6183–6188. – DOI 10.1016/j.tsf.2012.06.002.

39 Nanostructured multi-element (TiZrNbHfTa)_N and (TiZrNbHfTa)_C hard coatings / V. Braic, A. Vladescu, M. Balaceanu, C. R. Luculescu, M. Braic // *Surface and Coatings Technology*. – 2012. – V. 211. – P. 117–121. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2011.09.033.

40 Microstructure and tribological properties of TiTaHfNbZr high entropy alloy coatings deposited on Ti-6Al-4V substrates / N. Tüten, D. Canadinc, A. Motallebzadeh, B. Bal // *Intermetallics*. – 2019. – V. 105. – P. 99–106. – DOI 10.1016/j.intermet.2018.11.015.

41 **Harlin, P.** Influence of surface roughness of PVD coatings on tribological performance in sliding contacts / P. Harlin, P. Carlsson, U. Bexell // *Surface and Coatings Technology*. – 2006. – V. 201. – No. 7. – P. 4253–4259. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2006.08.103.

42 Interrupted machining analysis for Ti6Al4V and Ti5553 titanium alloys using physical vapor deposition (PVD)-coated carbide inserts / N. Khanna, K. S. Sangwan // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*. – 2013. – V. 227. – No. 3. – P. 465–470. – DOI 10.1177/0954405412472888.

36 Formation of core-shell structure in high-entropy alloy coating by laser cladding / H. Zhang, W. Wu, Y. He, M. Li, S. Guo // *Applied Surface Science*. – 2015. – V. 363. – P. 543–547. – DOI 10.1016/j.apsusc.2015.12.059.

37 Mechanical properties, deformation behaviors and interface adhesion of (AlCrTaTiZr)_{Nx} multi-component coatings / S. -Y. Chang, S. -Y. Lin, Y. -C. Huang, C. -L. Wu // *Surface and Coatings Technology*. – 2010. – V. 204. – No. 20. – P. 3307–3314. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2010.03.041.

38 Effects of substrate bias on the structure and mechanical properties of (Al_{1.5}CrNb_{0.5}Si_{0.5}Ti)_{Nx} coatings / W.-J. Shen, M. -H. Tsai, Y. -S. Chang, J. -W. Yeh // *Thin Solid Films*. 2012. – V. 520. – No. 19. – P. 6183–6188. – DOI 10.1016/j.tsf.2012.06.002.

39 Nanostructured multi-element (TiZrNbHfTa)_N and (TiZrNbHfTa)_C hard coatings / V. Braic, A. Vladescu, M. Balaceanu, C. R. Luculescu, M. Braic // *Surface and Coatings Technology*. – 2012. – V. 211. – P. 117–121. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2011.09.033.

40 Microstructure and tribological properties of TiTaHfNbZr high entropy alloy coatings deposited on Ti-6Al-4V substrates / N. Tüten, D. Canadinc, A. Motallebzadeh, B. Bal // *Intermetallics*. – 2019. – V. 105. – P. 99–106. – DOI 10.1016/j.intermet.2018.11.015.

41 **Harlin, P.** Influence of surface roughness of PVD coatings on tribological performance in sliding contacts / P. Harlin, P. Carlsson, U. Bexell // *Surface and Coatings Technology*. – 2006. – V. 201. – No. 7. – P. 4253–4259. – DOI 10.1016/j.surfcoat.2006.08.103.

42 Interrupted machining analysis for Ti6Al4V and Ti5553 titanium alloys using physical vapor deposition (PVD)-coated carbide inserts / N. Khanna, K. S. Sangwan // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*. – 2013. – V. 227. – No. 3. – P. 465–470. – DOI 10.1177/0954405412472888.

K. N. Polityko, D. S. Manturov

FORMATION OF PVD COATINGS FOR TRIBOLOGICAL PURPOSES

Abstract. TiCrZrNbHf coatings were applied using the vacuum arc spraying method in the presence of nitrogen in the chamber and in its absence. The structure and elemental composition of the coating were analyzed using a scanning electron microscope and an energy dispersive spectrometer, the mechanical properties of the coating were measured using the nanoindentation method. The degree of wear was investigated using a tribometer by the “ball–

disc” test method. Based on the conducted studies, the influence of the presence of nitrogen in the chamber during coating was assessed.

Keywords: physical deposition method (PVD), vacuum-arc deposition, high-entropy alloys, nitrogen, mechanical properties, friction, wear resistance.

For citation: Polytyko, K. N. Formation of PVD coatings for tribological purposes / K. N. Polytyko, D. S. Manturov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 81–93.

Сведения об авторах

Политыко Кирилл Николаевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
аспирант,
e-mail: Polityko856@gmail.com

Мантуров Дмитрий Сергеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
заведующий лабораторией, кандидат технических наук,
e-mail: manturovds@rgups.ru

Information about the authors

Polityko Kitill Nikolayevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Theoretical Mechanics”,
Postgraduate student,
E-mail: Polityko856@gmail.com

Manturov Dmitriy Sergeevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Theoretical Mechanics”,
Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: manturovds@rgups.ru

УДК 656.07 + 06

А. О. Полунина, Н. М. Луганченко, Е. Е. Мизгирева

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПРОИЗВОДСТВА*

Аннотация. В настоящее время многие транспортные организации (в частности, основные участники рынка международных перевозок) вынуждены менять свою внутреннюю структуру и спектр услуг, в связи с изменением ситуации и спроса на рынке перевозок.

Процессный подход используется для формирования горизонтальных связей в компании таким образом, что отделы и их сотрудники, работающие над единым процессом, смогут выполнять свои задачи без непосредственного участия менеджеров. Эта методика направлена на достижение эффективного результата за короткий промежуток времени. Независимая координация деятельности позволяет сосредоточить внимание на деятельности всей организации, а не только на результатах работы каждого отдела.

Процессный подход имеет четко определенные принципы и правила применения, что делает его одним из наиболее эффективных и точных приложений как для малых, так и для крупных организаций.

Ключевые слова: транспортное предприятие, железнодорожный транспорт, железнодорожные перевозки, трансформация процессов, процессный подход, транспортировка, грузовладельцы, процессная зрелость.

Для цитирования: Полунина, А. О. Повышение эффективности работы транспортных предприятий на основе процессного производства / А. О. Полунина, Н. М. Луганченко, Е. Е. Мизгирева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 93–99.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Введение

На сегодняшний день железнодорожному транспорту, в условиях постоянно возрастающего уровня конкуренции со стороны других видов транспорта и усиливающимися требованиями со стороны клиентов, необходимо решать задачи по совершенствованию управления перевозочным процессом. Современная, сложная и динамичная рыночная среда требует от российских компаний постоянного совершенствования своих информационных и управленческих систем. Одним из основных направлений создания эффективной системы управления предприятием является применение процессного подхода к организации и управлению финансово-хозяйственной деятельностью предприятия [1].

Основная часть

Железнодорожный транспорт – это сложная производственная, экономическая и социальная система со своей внутренней структурой, присущей только ей территориальной и функциональной структурой.

Основными задачами железнодорожного транспорта являются: полное и своевременное удовлетворение потребностей в перевозке пассажиров, грузов, багажа при безусловном обеспечении безопасности движения, соблюдение требований охраны окружающей среды.

Объектами исследования железнодорожного транспорта могут являться отдельные единицы, звенья логистических цепочек или группы взаимосвязанных элементов по видам деятельности, например, эксплуатация, производство транспортных продуктов, транспортные услуги, предоставляемые клиентам и регионам [2].

К основным задачам, решаемым экономикой железнодорожного транспорта, можно отнести разработку теоретических основ и методологию управления качеством и эффективностью транспортного производства в современных условиях, в том числе эксплуатационных работ при грузовых и пассажирских перевозках.

Главное понятие, которое использует процессный подход – это понятие процесса. Процесс – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, которые преобразуют входы в выходы [3]. На рис. 1 представлены основные элементы процессного подхода.



Рис. 1. Основные элементы процессного подхода

<https://present5.com/reinzhiniring-biznesprocessov-zanyatie-3-ponyatie-reinzhiniring-n/> Заимствованно и уточнено авторами

В данной схеме был уточнен категориальный аппарат исследования, в частности, были рассмотрены более детально бизнес-процессы станции «З». Обязанности, область ответственности, критерии успешной деятельности для каждой структурной единицы сформулированы и имеют смысл лишь в контексте конкретного бизнес-процесса [4].

Бизнес-процессы ОАО «РЖД» состоят из 5 бизнес-блоков, но для рассматриваемой станции можно выделить 4 основных, например, таких как:

– грузовые и пассажирские перевозки – данный бизнес блок ориентирован на грамотную структуризацию схемы оперативного управления станцией, с целью достижения максимального экономического эффекта эксплуатационных характеристик станции;

– перевозочный и логистический бизнес-блок – обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок на уровне потребностей развития экономики страны;

– транспортное строительство и международный инжиниринг. Говоря о перспективе до 2030 года, ОАО «РЖД» планирует стать лидером компаний, предлагающих на международном рынке: консалтинг, проектирование и оборудование станций, предоставление материалов и т. д.;

– социальный блок – представляет собой грамотную организацию взаимодействия работников предприятия, а также предоставление различных социальных льгот, которыми могут воспользоваться сотрудники организации.

Кроме того, процессный подход основывается на нескольких принципах, которые были подробно описаны в книге М. Кане, Б. Иванова, В. Корешкова и А. Схиртладзе «Системы, методы и инструменты менеджмента качества», где авторы акцентируют внимание на то, что принципы начали закладываться в основу процессного управления еще до того, как появился сам термин «процессный подход», зарождаюсь еще в принципах организации производства, которые предложил Фредерик Тейлор в начале 20 века [5, 6]. Принципы данного подхода представлены в таблице.

Принципы процессного подхода

Принцип взаимосвязи процессов:	организация представляет собой сеть процессов. Все процессы организации взаимосвязаны между собой.
Принцип востребованности процессов:	каждый процесс должен иметь цель, а его результаты должны быть востребованы. У результатов процесса должен быть свой потребитель – внутренний или внешний.
Принцип документирования процессов:	деятельность по процессу необходимо документировать. Это позволяет получить базу для изменения и дальнейшего совершенствования процесса.
Принцип контроля процессов:	каждый процесс имеет начало и конец, которые определяют границы процесса. Для каждого процесса в рамках заданных границ должны быть определены показатели, характеризующие процесс и его результаты.
Принцип ответственности за процессы:	в выполнении процесса могут быть задействованы различные специалисты и сотрудники, но отвечать за процесс и его результаты должен один человек.

Все эти принципы актуальны для компании ОАО «РЖД» в целом, и в частности для железнодорожных станций и транспортных предприятий. Однако, существуют дополнительные принципы процессного подхода, которые выделил в своей книге В. В. Репин «Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление» [7], и которые больше всего важны для транспортного объекта. Например, такие принципы, как ориентация на удовлетворение потребителей, или поддержание стабильности процессов и непрерывное совершенствование. Частично эти принципы совпадают с общепризнанными, но также они вносят дополнительные важные параметры, которые необходимо учитывать при внедрении процессного подхода.

Говоря о конкретной станции, например, о станции «З» можно заметить, что она работает по функциональному принципу. Основными требованиями к работе железнодорожной станции в части осуществления ее функций, являются обеспечение безопасности движения поездов и маневровой работы, безопасности труда работников ОАО «РЖД» и пассажиров, сохранности грузов и подвижного состава, обеспечение охраны окружающей природной среды, противопожарной безопасности и организация антитеррористической деятельности, улучшение условий труда и повышение социальной защиты работников станций, повышение культуры производства.

На рис. 2 представлена схема оперативного управления работой станции «З», где можно отметить, что отсутствуют обратные и горизонтальные связи, что, в свою очередь, затрудняет работу всей станции и снижает общую эффективность ее эксплуатации.



Рис. 2. Схема оперативного управления работой станции «З»

Переход от функционального управления к процессному требует от сотрудников транспортного предприятия постоянной совместной работы, несмотря на то, что они могут относиться к различным подразделениям. От того, насколько удастся обеспечить эту совместную работу, будет зависеть «работоспособность» принципов, заложенных в процессный подход, который, в первую очередь ориентирован не на организационную структуру компании, а на бизнес-процессы.

За счет того, что процессный подход создает горизонтальные связи в работе предприятия, он позволяет получить ряд преимуществ в сравнении с функциональным подходом [8]. Основные преимущества процессного подхода приведены на рис. 3.

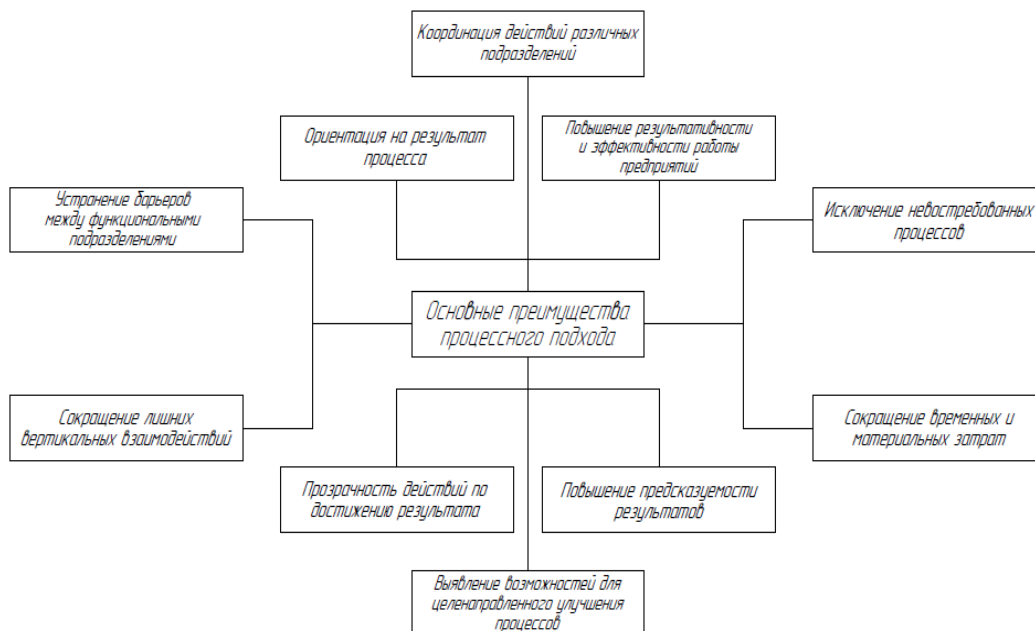


Рис. 3. Основные преимущества процессного подхода

Рассматривая процессный подход применительно к перевозкам железнодорожным транспортом, необходимо учитывать, что одним из важнейших приоритетов ОАО «РЖД» является повышение общего

уровня клиентоориентированности и гибкости, открытости системы обслуживания клиентов. Под этим понимается способность быстро и гибко реагировать на запросы, изменять технические, технологические и управленческие процессы в интересах клиентов, предоставлять объективные данные об оказываемых услугах. Развитие способности компании по управлению процессами происходит в соответствии со стадиями процессной зрелости, представленной на рис. 4 [9].

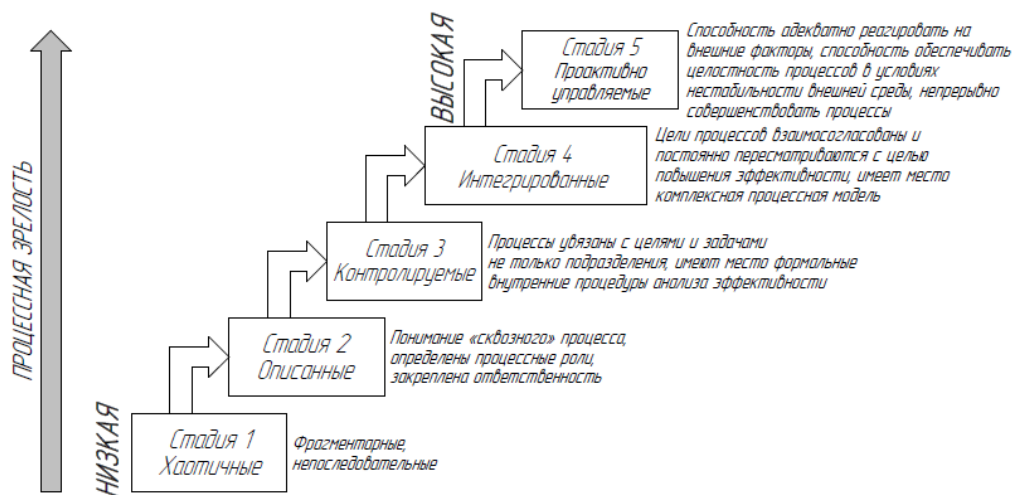


Рис. 4. Стадии процессной зрелости

Проанализировав первую и вторую стадии, их функционал и структуру, можно сделать вывод, что транспортный объект, рассматриваемый в данной работе, подходит к третьей стадии – «Контролируемые» (рис. 3), так как относится ко второму классу ж/д станций, которому присуща высокая степень оснащенности техническими средствами инфраструктуры и сотрудниками.

Выводы

Таким образом, в условиях развивающегося динамично изменяющегося рынка и здоровой конкуренции, транспортным предприятиям более целесообразно использовать процессный подход управления, так как его основным достоинством является прозрачность, гибкость и ориентированность всего предприятия на положительный результат. К важным моментам, требующим особого внимания при внедрении процессного подхода, являются: понимание и выполнение предписанных требований; результативность и постоянное улучшение процессов.

Список литературы

- 1 Федоров, Л. С. Общий курс транспортной логистики / Л. С. Федоров, И. Б. Мухаметдинов, В. А. Персианов. – Москва : KnoРус, 2019. – 312 с. – ISBN 978-5-406-02677.
- 2 Фадеева, Н. В. Процессный подход в управлении железнодорожными перевозками : теоретические подходы / Н. В. Фадеева // Журнал «Инновации и инвестиции». – 2022. – № 7. – С. 166–170. – ISSN 2307-180X.
- 3 Железнодорожные пассажирские перевозки. – Москва : Русич, Паллада-медиа, 2012. – 512 с. – ISBN 978-5-93370-005-0.
- 4 Федоров, Л. С. Общий курс логистики / Л. С. Федоров, М. В. Кравченко. – Москва : KnoРус, 2014. – 220 с. – ISBN 978-5-406-03567-2.
- 5 Системы, методы и инструменты менеджмента качества. 2-е издание / М. М. Кане, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схиртладзе. – Санкт-

References

- 1 Fedorov, L. S. General course of transport logistics / L. S. Fedorov, I. B. Mukhametdinov, V. A. Persianov. – Moscow : KnoRus, 2019. – 312 p. – ISBN 978-5-406-02677.
- 2 Fadeeva, N. V. Process approach in the management of rail transportation : theoretical approaches / N. V. Fadeeva // Innovations and Investments Journal. – 2022. – No. 7. – P. 166–170. – ISSN 2307-180X.
- 3 Railway passenger transportation. – Moscow : Rusich, Pallada-media, 2012. – 512 p. – ISBN 978-5-93370-005-0.
- 4 Fedorov, L. S. General course of logistics / L. S. Fedorov, M. V. Kravchenko. – Moscow : KnoRus, 2014. – 220 p. – ISBN 978-5-406-03567-2.
- 5 Systems, methods and tools of quality management. 2nd edition / M. M. Kane, B. V. Ivanov, V. N. Koreshkov,

Петербург : Питер, 2008. – 576 с. – ISBN 978-5-91180-707-8.

6 **Тейлор, Ф. У.** Принципы научного менеджмента / Ф. У. Тейлор. – Москва : Контроллинг, 1991. – 104 с. – ISBN 5-86005-010-0.

7 **Репин, В. В.** Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление / В. В. Репин. – 2-е изд. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 512 с. – ISBN 978-5-91657-907-9.

8 **Глушонков, Д. М.** Преимущества процессного подхода к управлению организацией / Д. М. Глушонков // Сборник статей «Экономика и современный менеджмент : теория, методология, практика». Пенза : «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. – С. 16–18. – ISBN 978-5-907204-53-9.

9 **Бакалов, М. В.** Процессный подход как способ повышения эффективности перевозок на железнодорожном транспорте / М. В. Бакалов // Сборник научных трудов «Транспорт : наука, образование, производство («Транспорт-2020»», Том. 3 Технические и экономические науки. Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 34–37. – ISBN 978-5-907295-14-8.

A. G. Skhirtladze. – Saint Petersburg : Peter, 2008. – 576 p. – ISBN 978-5-91180-707-8.

6 **Taylor, F. W.** Principles of scientific management / F. W. Taylor. – Moscow : Controlling, 1991. – 104 p. – ISBN 5-86005-010-0.

7 **Repin, V. V.** Business processes. Modeling, implementation, management / V. V. Repin. – 2nd ed. – M. : Mann, Ivanov and Ferber, 2014. – 512 p. – ISBN 978-5-91657-907-9.

8 **Glushonkov, D. M.** Advantages of the process approach to organization management / D. M. Glushonkov // Collection of articles “Economics and modern management : theory, methodology, practice”. Penza : “Science and Education” (IP Gulyaev G. Yu.), 2019. – P. 16–18. – ISBN 978-5-907204-53-9.

9 **Bakalov, M. V.** Process approach as a way to improve the efficiency of transportation in railway transport / M. V. Bakalov // Collection of scientific papers “Transport : science, education, production (“Transport-2020”», V. 3 Technical and economic sciences. Rostov-on-Don : Rostov State University of Communications, 2020. – P. 34–37. – ISBN 978-5-907295-14-8.

A. O. Polunina, N. M. Luganchenko, E. E. Mizgireva

INCREASING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF TRANSPORT ENTERPRISES ON THE BASIS OF PROCESS PRODUCTION

Abstract. Currently, many transport organizations (in particular, the main participants in the international transportation market) are forced to change their internal structure and range of services, due to changes in the situation and demand in the transportation market.

The process approach is used to form horizontal links in the company in such a way that departments and their employees working on a single process can perform their tasks without the direct participation of managers. This technique is aimed at achieving an effective result in a short period of time. Independent coordination of activities allows you to focus on the activities of the entire organization, and not just on the results of the work of each department.

The process approach has well-defined principles and rules of application, making it one of the most efficient and accurate applications for both small and large organizations.

Keywords: transport enterprise, rail transport, rail transportation, process transformation, process approach, transportation, cargo owners, process maturity.

For citation: Polunina, A. O. Increasing the efficiency of operation of transport enterprises on the basis of process production / A. O. Polunina, N. M. Luganchenko, E. E. Mizgireva // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 93–99.

Сведения об авторах

Полунина Ангелина Олеговна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика и менеджмент»,
аспирантка,
e-mail: poluninaangelina@mail.ru

Information about the authors

Polunina Angelina Olegovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Economics and management”,
Postgraduate student,
e-mail: poluninaangelina@mail.ru

Луганченко Никита Максимович
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Станции и грузовая работа»,
аспирантка,
e-mail: luganchenko.n@yandex.ru

Мизгирева Екатерина Евгеньевна
Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Станции и грузовая работа»,
аспирантка,
e-mail: BrutalD@yandex.ru

Luganchenko Nikita Maksimovich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Stations and cargo work”,
Postgraduate student,
e-mail: luganchenko.n@yandex.ru

Mizgireva Ekaterina Evgenевна
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Stations and cargo work”,
Postgraduate student,
e-mail: BrutalD@yandex.ru

УДК 621.331 : 621.311 + 06

М. О. Попов, Т. А. Заруцкая

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ПОЛИГОНЕ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ*

Аннотация. В данной статье проведен анализ качества электроэнергии в трехфазной линии питания устройств СЦБ на посту электрической централизации на Северо-Кавказской железной дороге.

Ключевые слова: электроснабжение, несимметрия напряжений, нетяговые потребители, автоматика и телемеханика.

Для цитирования: Попов, М. О. Анализ электроснабжения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на полигоне Северо-Кавказской железной дороги / М. О. Попов, Т. А. Заруцкая // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 99–105.

Введение

В современной области автоматики и телемеханики остается актуальной задача, связанная со сбоями в функционировании ключевых компонентов, таких как устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Одним из коренных факторов, обуславливающих эти неполадки, является недостаточное качество поступающей на устройства СЦБ электроэнергии.

Устройства СЦБ представляют собой комплекс технических средств, применяемых для обеспечения безопасности движения поездов и регулирования движения на перегонах и станциях [1]. Последствия сбоев в системе электроснабжения железнодорожной автоматики и телемеханики могут быть крайне негативными. Например, ошибочные срабатывания автоблокировки, такие как сигналы о ложной занятости или свободности блок-участков, вызванные, в том числе и выходящими за допустимые пределы, гармоническими искажениями напряжения и тока, ставят под угрозу непрерывность и безопасность перевозочного процесса.

Целью данной работы является анализ качества электрической энергии в 3-х фазных линиях питания устройств СЦБ на посту электрической централизации (ЭЦ) на полигоне СКЖД путем сравнения результатов натурных измерений показателей качества электроэнергии с требованиями действующих нормативных документов.

Основная часть

На российских железных дорогах, электрифицированных на переменном токе, для подачи электроэнергии на тяговые и нетяговые нагрузки, включая устройства СЦБ, обычно используется общий трехфазный трансформатор [1–4]. Такой подход создает существенную зависимость качества

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

электроэнергии, поступающей к тяговым устройствам СЦБ, от графика движения поездов. Нелинейные тяговые нагрузки приводят к большим отклонениям, значительной несимметрии и несинусоидальности напряжений в линиях, питающих объекты СЦБ, особенно во время нахождения на межподстанционной зоне нескольких поездов. Снижение качества электроэнергии на устройствах СЦБ, а также пересечение сигналов и отказы в работе автоблокировки в основном обусловлены нестабильностью электропитания и несоответствием питающего напряжения установленным стандартам. Значительная доля сбоев в функционировании устройств СЦБ возникает из-за нестабильности напряжения и несоответствия уровня напряжения требованиям на постах электрической централизации (ЭЦ) [4]. Когда напряжение падает ниже допустимого уровня на постах ЭЦ, это приводит к блокированию сигналов светофоров на запрещающий, а это, в свою очередь, может вызвать сбои в графике движения поездов, что в конечном итоге, приводит к экономическим потерям и, в определенных случаях, к ухудшению безопасности движения.

В связи с вышеизложенным, главной целью данного исследования является оценка качества электрической энергии в линиях питания устройств СЦБ на посту ЭЦ. Эта оценка будет проведена путем сравнения результатов натурных измерений показателей электроэнергии с требованиями, установленными в действующих стандартах [5–6]. Измерения показателей электроэнергии выполнили сотрудники кафедры «Автоматизированные системы электроснабжения» РГУПС на Северо-Кавказской железной дороге в октябре 2022 года. Использовался специализированный трехфазный анализатор параметров электросетей, качества и количества электроэнергии «С.А 8336 QUALISTAR PLUS», представленный на рис. 1.



Рис. 1. Трехфазный анализатор параметров электросетей, качества и количества электроэнергии «С.А 8336 QUALISTAR PLUS»

По результатам суточных измерений «С.А 8336 QUALISTAR PLUS» на протяжении недели на объекте исследования был получен объемный массив данных в виде таблицы, удобной для дальнейшей обработки с использованием программы Microsoft Excel. Обработка обширных наборов измерений, полученных в процессе эксперимента, выполнялась с применением методов графической визуализации данных и основ теоретической электротехники.

На рис. 2 показан график действующих значений напряжения 3-х фазной линии на посту ЭЦ, построенный по данным, измеренным на вводной панели (со стороны вторичной обмотки понижающего трансформатора), с целью обеспечения высокого уровня электробезопасности персонала.

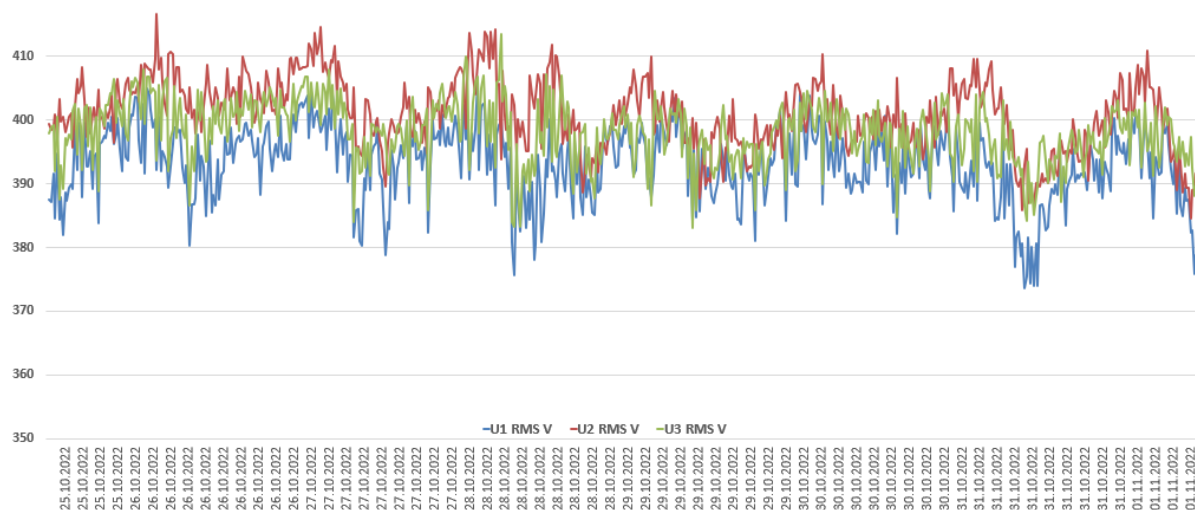


Рис. 2. График действующих значений напряжения 3-х фазной линии питания устройств СЦБ на посту ЭЦ

В соответствии с Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) [5], номинальное напряжение для системы электроснабжения объектов железнодорожной автоматики, телемеханики и связи при однофазном электропитании составляет 220 В, а при трехфазном – 380 В. Допускается отклонение напряжения от упомянутых значений не более чем на $\pm 10\%$. Согласно ПТЭ, приемлемым диапазоном значений действующего напряжения для рассматриваемого объекта СЦБ является интервал от 342 В до 418 В. Из представленного графика видно, что в течение времени измерений не произошло отклонений напряжения от номинального значения, превышающих предельные значения. Максимальное замеченное отклонение составило 9,6 %.

На рассматриваемом посту ЭЦ, система СЦБ подключается к трансформатору с использованием способа соединения «звезда–звезда» с нулевым проводником (Y/Yn). При этом способе соединения фазные проводники устройств СЦБ соединяются с соответствующими фазами трансформатора, а нулевой проводник устройств СЦБ подключается к нейтрали трансформатора. Это соединение обеспечивает создание нулевой точки, или нейтрали. Использование нулевого проводника способствует более эффективному снижению гармонических искажений в системе, так как это обеспечивает путь для возврата гармонических составляющих тока. Однако характерной особенностью электроснабжения однофазных потребителей от трехфазной сети 0,4 кВ с нулевым проводом при неравномерной по амплитуде и фазе нагрузке является возникновение внутреннего смещения нуля на вторичной обмотке трансформатора [1, 4]. Смещение нуля приводит к несимметричности напряжения между фазами. Это может вызвать нестабильность в работе оборудования, проблемы с функционированием электроники и электроаппаратуры.

Как известно из курса основ теоретической электротехники, трехфазная несимметричная система токов может быть разложена на набор симметричных составляющих величин, включая прямую, обратную и нулевую последовательности. В этом контексте, прямая последовательность составляющих физически представляет собой энергию, приводящую к выполнению полезной работы. Обратная последовательность, в свою очередь, может быть источником явлений гудения и нагрева магнитопроводов трансформаторов. Наконец, составляющая нулевой последовательности является доминирующим фактором, вызывающим смещение нейтрали и изменение фазных напряжений [4, 7].

В данном исследовании, для нахождения величины напряжения нулевой последовательности у потребителя и визуализации отклонения нейтральной точки от фактического нулевого потенциала, графическим способом построены топографические (векторные) диаграммы. На рис. 3 показана векторная диаграмма с диапазоном за весь период проведенных измерений и максимальным значением напряжения нулевой последовательности $U_{0(1)} = 18,96$ В (дата измерения: 26/10/22).

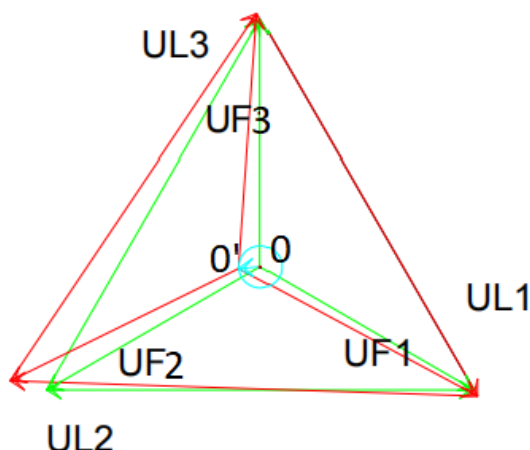


Рис. 3. Векторная диаграмма с диапазоном смещения нейтрали за весь период проведенных измерений и максимальным значением напряжения нулевой последовательности

На рис. 3 имеются следующие обозначения: $UF1$, $UF2$, $UF3$ – векторы действующих значений напряжений фазы; $UL1$, $UL2$, $UL3$ – векторы действующих значений напряжений линии; $0'$ – физическая нейтраль; $0-0'$ – смещение нейтрали; зеленым цветом – топографическая диаграмма при $UF1 = UF2 = UF3$, $UL1 = UL2 = UL3$ (фазовый угол равен 120°); красным цветом – топографическая диаграмма в соответствии с данными замеров (При построении значения углов между фазами найдены по теореме косинусов); голубым цветом (круг) – диапазон значений вектора смещения нейтрали за весь период проведения измерений.

Одним из показателей качества электрической энергии (КЭ), характеризующими несимметрию напряжений в трехфазных системах, является коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} . Для указанного показателя КЭ согласно ГОСТ 32144-2013 установлены следующие нормы [6]:

- значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 2 % в течение 95 % времени интервала в одну неделю;

- значения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

Допускается вычислять K_{0U} по формуле [7]:

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{\text{ном.мф}}} \cdot 100 = 5 \%,$$

где $U_{0(1)}$ – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений, В.

$U_{\text{ном.ф}}$ – номинальное значение фазного напряжения, В.

По результатам вычислений значений K_{0U} недели построен график, показанный на рис. 4.

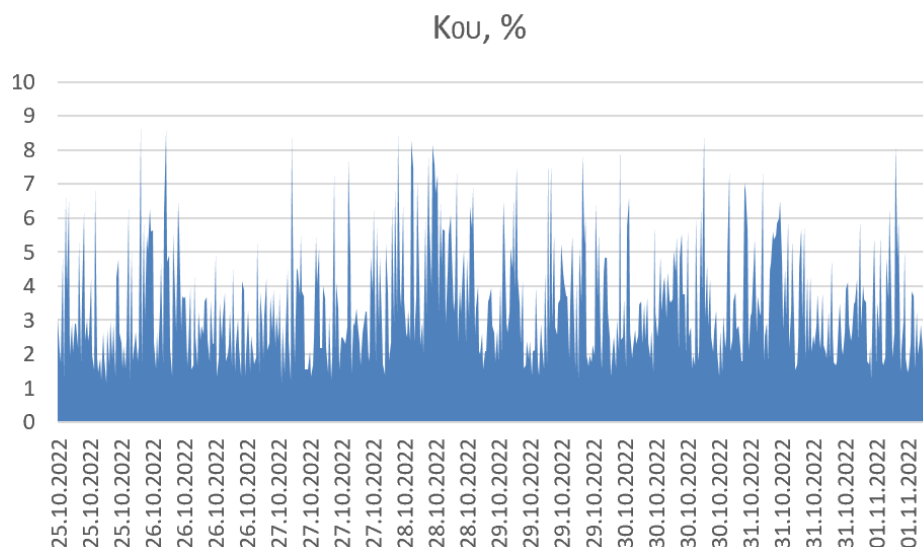


Рис. 4. График, построенный по результатам вычислений значений K_{0U}

Как следует из рис. 4, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности превышает нормируемое значение, равное 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю. Следовательно, качество электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности в рассматриваемой системе является неудовлетворительным.

Предполагается, что проблема ухудшения качества электрической энергии обусловлена наличием общих с тяговой нагрузкой центров питания, вследствие чего значительно увеличивается несимметрия напряжений. Для решения данной проблемы можно рассмотреть применение однофазных высоковольтных трансформаторов вместо одного трехфазного для однофазных нагрузок. Такой подход существенно снизит несимметрию напряжений и улучшит качество электрической энергии на объектах СЦБ.

Необходимо отметить, что оценка качества электроэнергии на основе представленного массива данных имеет предварительный характер. Массив данных, полученных анализатором, включает лишь одно измерение каждые 17 минут в течение недели. Этот временной интервал может ограничивать полную картину изменения параметров электроэнергии в рассматриваемой системе. С учетом этого фактора, полученная оценка качества электроэнергии является примерной и может быть дополнительно уточнена. Планируется провести более широкий набор измерений в момент времени, чтобы получить более полное представление о динамике изменения параметров электроэнергии. Также одним из направлений планируется провести измерения на участках с различными типами тяговых нагрузок. Это включает в себя как участки с интенсивным движением поездов, так и участки с переменной тяговой нагрузкой, например, на подходах к станциям. Такой подход позволит выявить, как различные режимы движения и нагрузки влияют на качество электроэнергии, а также какие аспекты требуют более пристального внимания при обеспечении стабильности электроснабжения.

Выводы

Проведя анализ качества электрической энергии в системах электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта на примере электроснабжения устройств СЦБ определено, что в трехфазной сети в течение измерительного периода не зафиксировано отклонений значений действующего напряжения от номинального значения выше допустимых, указанных в ПТЭ. В то же время, качество электрической энергии по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности в рассматриваемой системе является неудовлетворительным.

В дальнейшем планируется провести более широкий набор измерений в момент времени и расширить область исследования, проводя измерения и анализ данных на других объектах железнодорожной инфраструктуры СКЖД. Это позволит получить более широкий обзор качества электрической энергии и учесть разнообразные условия эксплуатации, которые могут влиять на стабильность и надежность работы устройств СЦБ.

Список литературы

- 1 Аржанников, Б. А. Системы электроснабжения устройств СЦБ / Б.А. Аржанников, Б. С. Сергеев, И. О. Набойченко // Екатеринбург : УрГУПС. – 2009. – 101 с.
- 2 Макашева, С. И. Оценка синусоидальности кривых напряжения высоковольтной линии автоблокировки / С. И. Макашева // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2019. – № 4 (21). – С. 88–91. – ISSN 2415-8658.
- 3 Туйгунова, А. Г. О переводе питания СЦБ с 27,5 кВ на нетяговую обмотку на тяговой подстанции переменного тока / А. Г. Туйгунова, И. А. Худоногов, Е. Ю. Пузина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – № 4 (60). – С. 93–98. – ISSN 1813-9108.
- 4 Ожиганов, С.Н. Несимметрия нагрузки объектов СЦБ и стабильность напряжения / С. Н. Ожиганов, Н. В. Ожиганов // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 4. – С. 27–30. – ISSN 0005-2329.
- 5 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [Электронный ресурс] : утв. приказом Минтранса России от 23.06.2022 № 250. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/351240235> (дата обращения 17.08.2023).
- 6 ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 17.08.2023).
- 7 Дулепов, Д. Е. Расчет несимметрии напряжений СЭС / Д. Е. Дулепов, Т. Е. Тюндина // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 4 (47). – С. 35–42. – ISSN 2227-9407.

References

- 1 Arzhannikov, B. A. Power supply systems for signaling devices / B. A. Arzhannikov, B. S. Sergeev, I. O. Naboychenko // Ekaterinburg : UrGUPS. – 2009. – 101 p.
- 2 Makasheva, S. I. Estimation of the sinusoidality of the voltage curves of the high-voltage auto-blocking line / S. I. Makasheva // Transport of the Asia-Pacific region. – 2019. – No. 4 (21). – P. 88–91. – ISSN 2415-8658.
- 3 Tuygunova, A. G. On the transfer of signaling power supply from 27.5 kV to a non-traction winding at an alternating current traction substation / A. G. Tuygunova, I. A. Khudonogov, E. Yu. Puzina // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2018. – No. 4 (60). – P. 93–98. – ISSN 1813-9108.
- 4 Ozhiganov, S. N. Load asymmetry of signaling facilities and voltage stability / S. N. Ozhiganov, N.V. Ozhiganov // Automation, communications, informatics. – 2003. – No. 4. – P. 27–30. – ISSN 0005-2329.
- 5 Rules for the technical operation of the railways of the Russian Federation [Electronic resource] : approved. by order of the Ministry of Transport of Russia dated June 23, 2022 No. 250. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/351240235> (date of access 08/17/2023).
- 6 GOST 32144-2013. Electric Energy. Compatibility of technical means. Standards for the quality of electrical energy in general-purpose power supply systems [Electronic resource]. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (date of access 08/17/2023).
- 7 Dulepov, D. E. Calculation of voltage asymmetry of SES / D. E. Dulepov, T. E. Tyundina // Vestnik NGIEI. – 2015. – No 4 (47). – P. 35–42. – ISSN 2227-9407.

M. O. Popov, T. A. Zarutskaya

**ANALYSIS OF POWER SUPPLY FOR RAILWAY AUTOMATION AND
TELEMECHANICS DEVICES AT THE RANGE
NORTH CAUCASIAN RAILWAY**

Abstract. This article analyzes the quality of electricity in a three-phase supply line for signaling devices at an electrical centralization post on the North Caucasian Railway.

Keywords: power supply, voltage unbalance, non-traction consumers, automation and telemechanics.

For citation: Popov, M. O. Analysis of power supply for railway automation and telemechanics devices at the range North Caucasian railway / M. O. Popov, T. A. Zarutskaya //

Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 99–105.

Сведения об авторах

Попов Михаил Олегович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматизированные системы электроснабжения»,
аспирант,
e-mail: popov.popov-michail@yandex.ru

Заруцкая Татьяна Алексеевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Автоматизированные системы электроснабжения»,
заведующая кафедрой, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: zarutskaya_t@mail.ru.

Information about the authors

Popov Mikhail Olegovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Automated power supply systems”,
Postgraduate student,
e-mail: popov.popov-michail@yandex.ru

Zarutskaya Tatiana Alekseevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Automated power supply systems”,
Head of Chair, Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: zarutskaya_t@mail.ru.

УДК 657.004.69 + 06

С. А. Сагайдак, Т. О. Графова

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ*

Аннотация. Рассмотрены основные преимущества цифровизации внутреннего контроля, раскрыты новые методы ведения внутреннего контроля. Описаны основные риски, которые могут произойти в связи с внедрением цифровизации в систему внутреннего контроля.

Ключевые слова: цифровизация, внутренний контроль, индустрия 4.0, блокчейн, бухгалтерский учет.

Для цитирования: Сагайдак, С. А. Цифровизация внутреннего контроля / С. А. Сагайдак, Т. О. Графова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 105–110.

Введение

Цифровизация внутреннего контроля – это процесс внедрения цифровых технологий и инструментов для улучшения процессов внутреннего контроля в организации. Это включает автоматизацию процедур контроля, использование аналитики данных и машинного обучения для обнаружения и предотвращения мошенничества и ошибок, а также использование цифровых систем для мониторинга и отчетности.

Основные преимущества цифровизации внутреннего контроля включают повышение эффективности и точности контрольных процедур, сокращение времени на выполнение задачи, улучшение управления рисками и повышение надежности финансовой отчетности.

Примеры цифровых инструментов, которые могут быть использованы внутренним контролем, включают автоматизированные системы контроля доступа к информации, программные роботы для выполнения рутинных проверок, аналитические системы для обнаружения аномалий в финансовых операциях и системы управления изменениями для отслеживания и контроля изменений в информационных системах.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Однако, цифровизация внутреннего контроля также представляет определенные вызовы и риски. Например, необходимость обновления и модернизации систем и программного обеспечения, а также защита цифровых систем от взломов и кибератак. Кроме того, внедрение цифровых систем требует подготовки и обучения сотрудников, чтобы они могли эффективно использовать эти инструменты.

Основная часть

В целом, цифровизация внутреннего контроля является важным шагом для организаций, стремящихся улучшить свои процессы контроля и снизить риски. Она позволяет автоматизировать рутинные задачи, обнаруживать и предотвращать ошибки и мошенничество, а также повышать эффективность и точность контрольных процедур.

Повсеместное внедрение этих услуг и продуктов в настоящее время принято называть Индустрией 4.0 или Четвертая промышленная революция (см. рисунок).

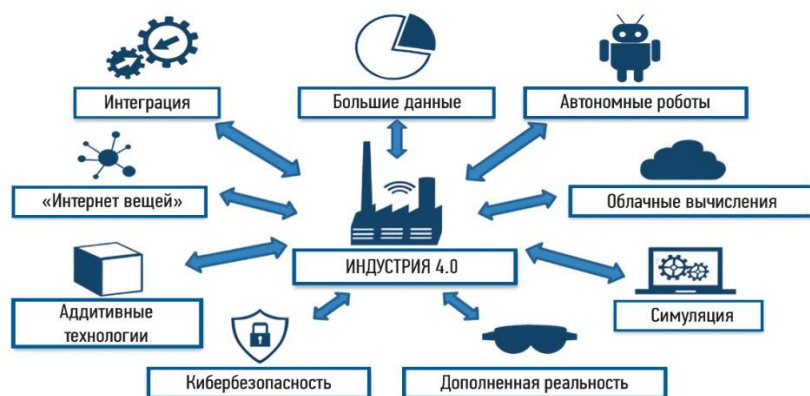


Рис. 1. Индустрия 4.0

Это создает сложную координацию, поскольку компании продолжают внедрять новые технологии, внутренний аудит (ВА) должен проактивно оценивать и получать представление о новых рисках, связанных с этими технологиями. Это позволит внутреннему аудиту оценить, внедряются ли соответствующие меры контроля для предотвращения и обнаружения новых рисков, связанных с этими технологиями. В настоящее время целый ряд технологий стремительно продвигает Индустрию 4.0, включая более взаимосвязанные и мощные сети, высокопроизводительные вычисления, а также появление цифровых инструментов, включая аналитику данных, роботизированного и когнитивного интеллекта. В совокупности эти технологии вносят глубокие изменения в бизнес.

В мире, где каждый аспект может быть переведен в цифровую форму с помощью новейших технологий, предприятиям во всех отраслях необходимо будет адаптироваться, чтобы идти в ногу со временем и процветать, иначе в конечном итоге возникнет риск незапланированного устаревания. Достижения в области новейших технологий потенциально могут повлиять на аудиторскую индустрию и разрушить ее, особенно в области анализа больших данных, искусственный интеллект (ИИ) и технология блокчейн [1].

Аудиторские фирмы больше не могут просто быть знакомы с новыми технологиями, поскольку эти принципы и концепции обладают потенциалом для интеграции с их существующими процессами и навыками или замены их. Поскольку ручной труд был заменен машинами во время промышленной революции на основе больших данных процедуры аудита могут быть кодифицированы в алгоритмах машинного обучения и, в конечном счете, в использовании искусственного интеллекта для когнитивных задач, таких как в качестве аудиторских заключений и суждений. Внедрение и использование блокчейн-технологий в финансовых услугах, в частности в бухгалтерском учете, привело к росту тройного входа бухгалтерский учет, который сводил бы на нет необходимость аудита на уровне транзакций.

Блокчейн. Эти технологические достижения могут рассматриваться как разрушители аудиторской индустрии или же они могут быть использованы аудиторскими фирмами в качестве возможностей. Возможности, которые могут изменить аудиторскую индустрию, аудиторскую профессию и роль аудитора [2], чтобы лучше гарантировать интересы заинтересованных сторон при

одновременном повышении прибыльности и сохранении или создании конкурентного преимущества на рынке. Таким образом, целью данного исследования является выявление влияния цифровизации на аудиторскую отрасль. Современные технологические достижения, такие как Интернет вещей, искусственный интеллект, эволюция ИТ-структур и Большие данные («Большие данные» - это область, в которой рассматриваются способы анализа, систематического извлечения информации или иной работы с массивами данных, которые слишком велики или слишком сложны для обработки традиционными приложениями для работы с данными), не только ведут нас к глобальной цифровой эволюции, но и вызывают структурные изменения и реструктуризацию во многих отраслях по всему миру. MS Excel, платформы планирования ресурсов предприятия (ERP) и оцифрованные бухгалтерские данные постепенно внедрялись и использовались в бухгалтерии на протяжении многих лет по мере ее развития. Блокчейн – это новый инструмент, который должен быть включен в инструментарий бухгалтеров и аудиторов [3]. Первоначально блокчейн использовался в сфере криптовалют. Однако эта система идеально подходит для работы с широким спектром данных, особенно финансовых. Это привело к массовым дебатам среди экономистов и аналитиков о будущем аудиторов и бухгалтеров, поскольку некоторые считают, что внедрение Blockchain может представлять угрозу для занятости людей этих профессий, а также может повлиять на аудит, кибербезопасность, финансовое планирование и анализ [2]. С другой стороны, задачи бухгалтеров и аудиторов уже переходят от простого заполнения документов и ввода данных о хозяйственных операциях в информационную систему к формированию профессиональных суждений и принятию управленческих решений, требующих комплексной оценки внешних и внутренних факторов, влияющих на текущую бизнес-ситуацию. Следовательно, блокчейн можно рассматривать как инструмент, который берет на себя «умирающие» профессиональные функции и ускоряет этот переход. Технология блокчейн основана на бухгалтерском учете. Она регистрирует и хранит активы, обязательства и транзакции, а также предоставляет методы учета денежных потоков и выверки счетов. Это «естественное» решение для бухгалтерской отрасли, которая в настоящее время в значительной степени полагается на бумажные бухгалтерские функции, чтобы соответствовать нормативным требованиям. Несмотря на громоздкость процесса, аудиторы все равно требуют бумажные документы, а способ составления бухгалтерской отчетности всегда представляет интерес для аудиторов [1].

Компании, включая ведущие консалтинговые компании «Большой четверки», уже предпринимают шаги по внедрению блокчейна в свою деятельность. Блокчейн и становится все более очевидным, он важен для бухгалтеров предприятий всех отраслей. Данная технология имеет важные последствия для бухгалтерских информационных систем, особенно в плане консолидации и передачи информации о транзакциях конечным пользователям. Это также важно, чтобы фундаментальные различия между различными вариантами блокчейна были поняты и применены в корпоративной культуре.

Аудит и процесс аудита. Аудит включает в себя независимую оценку информации с целью выражения мнения о том, является ли представленная информация надежной, понятной и актуальной. Существует много типов аудитов, в основном финансовые аудиты, операционные аудиты, обязательные аудиты или проверки соответствия требованиям.

Цифровизация аудита – ключевые последствия для профессии аудитора, обычно проводится либо внутренним аудитом, либо группами внешнего аудита. Стандартный процесс аудита может применяться для всех типов аудита и состоит из трех основных этапов, а именно: планирование аудита, выполнение аудита и составление аудиторских отчетов. Последующий процесс аудита выполняется после устранения заказчиком аудита отмеченных проблем и исключений. Это гарантирует, что риски, выявленные в ходе аудита, были устранены.

Внутренний аудит имеет широкую сферу применения, связанную со строгим контролем за всей деловой практикой и рисками компании, включая обеспечение подлинности финансовой отчетности и эффективности операций. Внешний аудитор несет ответственность за предоставление независимого заключения по годовой финансовой отчетности организации. Следовательно, необходимо обеспечить разумную уверенность в том, что опубликованные финансовые показатели являются достоверным отражением представленного финансового положения. Любые выявленные искажения в финансовой отчетности или нарушения, выявленные в системе контроля, которые могут привести к существенному искажению финансовой отчетности, доводятся до сведения акционеров и общественности.

Применение технологий в аудите. Цифровизация процессов аудита началась с непрерывного аудита, автоматизации аудита или компьютерных методов аудита с использованием инструментов или наборов инструментов. Эти исследования выявили следующие преимущества внедрения этих методов,

такие как более быстрое время выполнения, широкий охват области применения, последовательное выполнение аудиторских тестов, полное тестирование совокупности, а не выборочное тестирование.

Новые технологии и аудит. Многие новые технологии произвели революцию в различных отраслях промышленности. Исследование сосредоточено на влиянии цифровизации на аудит, исследование было ограничено ключевыми технологиями, которые повлияли на общую автоматизацию процессов и цифровизацию процессов. Наиболее заметными рассматриваемыми новыми технологиями являются большие данные, искусственный интеллект и технология блокчейн. Из-за значительного прогресса в технологии хранения данных затраты упали, и в соответствии с увеличением вычислительной мощности объем генерируемых данных вырос в геометрической прогрессии. Термин «большие данные» относится к наборам данных, которые слишком велики для управления и обработки стандартными инструментами. Во многих случаях данные поступают из нескольких источников.

Аналитика больших данных – это использование методов технологии, позволяющие получить представление об этих больших неструктурированных наборах данных. Аудит традиционно фокусируется на финансовых данных, которые хорошо сформированы и их легче понять и подвергнуть опросу; это может сделать аналитику больших данных потенциально нелогичной для аудиторской индустрии. Однако методы и технологии могут быть применены к более структурированным финансовым данным, и возможно тестирование всех данных, а не более рутинный подход к выборочным данным.

Риск заключается в непонимании этих больших неструктурированных наборов данных. Аудитор должен убедиться, что он понимает содержание и ценность набора данных. Другой риск заключается в попытке связать разрозненные наборы данных (структурированные и неструктурированные) простым и воспроизводимым способом.

Знание предметной области будет иметь все большее значение, и в будущем набор навыков аудитора должен будет включать несколько технологий [3].

В целях аудита наиболее распространенным использованием искусственного интеллекта является выявление нарушений в бухгалтерских данных. По мере усложнения финансовых рынков и продуктов усложняется и процесс выявления мошенничества и финансовых преступлений. Отмечается, что некоторые компании используют искусственный интеллект для сбора и проверки данных на этапе проведения аудита.

Хотя варианты использования искусственного интеллекта все еще определяются, полная полезность искусственного интеллекта в аудите очевидна. Всемирный экономический форум, однако, прогнозирует, что к 2025 году 30 % аудитов будут завершены с использованием искусственного интеллекта [4].

Блокчейн – это децентрализованная база данных, которая в хронологическом порядке хранит информацию о транзакциях любого рода. Поскольку публичный блокчейн децентрализован, у него нет слабости обычной базы данных, заключающейся в том, что он может быть изменен или, без надлежащего аварийного восстановления, данные могут быть потеряны. Каждый участник, имеющий доступ к сети, имеет идентичную копию базы данных, и каждая новая транзакция проверяется каждым участником. член сети. Поскольку она доступна всем участникам сети, прозрачность возрастает в геометрической прогрессии, и это само по себе помогает выявлять или предотвращать финансовые правонарушения.

Потенциальное использование публичного блокчейна было предложено как новый способ совершения транзакций и устранения существующей системы, в которой финансовое учреждение (чаще всего банк) является центральным органом по проверке и надзору за финансовыми транзакциями.

Поскольку аудиторы проверяют точность финансовых операций и финансовой отчетности, их роль в этой системе была бы значительно снижена. Весьма сомнительно, что все предприятия будут предписывать использование публичного блокчейна и предпочтут безопасность частного блокчейна, тогда, учитывая требуемые навыки, аудиторы все равно будут необходимы для проверки точности транзакций.

Цифровизация аудита – ключевые последствия для профессии аудитора в настоящее время неясны вопросы регулирования и использования технологии блокчейн в финансовые системы. Следовательно, полномасштабного внедрения не произошло, и риски и преимущества использования блокчейна в аудите еще предстоит обнаружить.

Интеграция данных. Компании должны иметь возможность анализировать данные быстро и последовательно анализировать данные, чтобы внедрять улучшения в масштабах всего предприятия в режиме реального времени. Это требование создало мощную среду для инновационного роста, при этом интеграция данных является основой успешной автоматизации.

Передовые технологии. Когда компании принимают инициативы по автоматизации, они внедряют новые технологии в корпоративную среду. Эти новые технологии, в свою очередь, представляют новые риски для существующей среды контроля. Если не управлять ими надлежащим образом, эти риски могут привести к снижению или полному исчезновению ценности ресурсов.

Внедряя эти технологии в свою систему, предприятия подвергают себя потенциальным рискам, которые необходимо устранить. Далее приведена классификация данных рисков по пяти ключевым категориям:

Операционные риски:

- плохо продуманные технологии роботизирования и интеллектуальных систем, в сочетании с высокой скоростью выполнения, могут многократно увеличить количество ошибок при обработке;
- неэффективные процедуры надзора могут привести к возникновению серьезных операционных ошибок.

Оценка влияния технологий искусственного интеллекта и роботизированных систем существенно влияет на среду контроля, включая новые риски, является обязательным условием успешного внедрения этих технологий нового поколения.

Четвертая промышленная революция – это совершенно новая эра в развитии, которая стирает границы между физическими, цифровыми и биологическими технологиями. Прорыв в технологическом развитии необходим для реализации стратегических задач, стоящих перед транспортной системой как всего мира, так и Российской Федерации.

Согласно мнениям финансовых экспертов, внутренний аудит прошлого не способствовал в значительной степени повышению ценности менеджмента, действуя только после осознания убытков и/или после принятия управленческих решений. Другим подходом к аудиту, основанному на оценке рисков, является смещение фокуса работы, смещение акцента с анализа внутреннего контроля на риски.

Согласно МИС (2004) «основная роль внутреннего аудита в процессе управления рисками заключается в содействии обеспечению надлежащего управления ключевыми бизнес-рисками» путем обеспечения эффективной работы внутреннего контроля. Следовательно, внутренний аудит «должен оценивать и способствовать улучшению управления рисками, внутреннего контроля и руководства». По мере внедрения процесса в практику COSO (2007) также предусматривает возможность оценки системы управления рисками внутренним аудитором.

Выводы

Таким образом, новая роль внутреннего аудита возникает в контексте большей прозрачности и доступности, в дополнение к сильной нестабильности и неопределенности, в государственных или частных организациях, которые лучше управляют рисками, связанными с их деятельностью, и которые будут обладать большими конкурентными преимуществами, чем другие организации с меньшим потенциалом для управления рисками.

Список литературы

- 1 **Графова, Т. О.** Риски и угрозы экономической безопасности в цифровой экономике / Т. О. Графова, А. Ф. Шаповалов // Азимут научных исследований : экономика и управление. – 2020. – Т. 9. – № 1 (30). – С. 382–386. – DOI 10.26140/anie-2020-0901-0096.
- 2 **Покровская, О. Д.** Цифровизация транспортной отрасли / О. Д. Покровская // Транспорт : наука, техника, управление. – 2019. – № 12. – С. 3–7. – ISSN 0236-1914.
- 3 **Графова, Т. О.** Экономическая безопасность в условиях цифрового бухгалтерского учета /

References

- 1 **Grafova T. O.** Risks and threats to economic security in the digital economy / T. O. Grafova, A. F. Shapovalov // Azimut Scientific Research : Economics and Management. – 2020. – T. 9. – № 1 (30). – С. 382–386. – DOI 10.26140/anie-2020-0901-0096.
- 2 **Pokrovskaya, O. D.** Digitalization of the transport industry / O. D. Pokrovskaya // Transport : science, technology, management. – 2019. – No. 12. – P. 3–7. – ISSN 0236-1914.
- 3 **Grafova. T. O.** Economic security in the conditions of digital accounting / M. M. Skorev,

М. М. Скорев, Т. О. Графова, И. Р. Киришичева [и др.] // Образование. Наука. Научные кадры. – 2019. – № 3. – С. 98–101. – DOI 10.24411/2073-3305-2019-10143.

4 **Мамаев, Э. А.** Развитие транспортно-логистических услуг на припортовых железных дорогах в условиях цифровой трансформации отрасли / Э. А. Мамаев, В. Н. Зубков, Е. А. Чеботарева // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 4. – С. 43–49. – DOI 10.53883/20749325_2021_04_43.

T. O. Grafova, I. R. Kirishiyeva [et al.] // Education. Science. Scientific personnel. – 2019. – № 3. – С. 98–101. – DOI 10.24411/2073-3305-2019-10143.

4 **Mamaev, E. A.** Development of transport and logistics services on the port railroads in the digital transformation of the industry / E. A. Mamaev, V. N. Zubkov, E. A. Chebotareva // Science and Technology of Transport. – 2021. – № 4. – С. 43–49. – DOI 10.53883/20749325_2021_04_43.

S. A. Sagaidak, T. O. Grafova

DIGITALIZATION OF INTERNAL CONTROL

Abstract. The main advantages of digitalization of internal control are considered, new methods of conducting internal control are disclosed. The main risks that may occur in connection with the introduction of digitalization in the internal control system are described.

Keywords: digitalization, internal control, industry 4.0, blockchain, accounting.

For citation: Sagaidak, S. A. Digitalization of internal control / S. A. Sagaidak, T. O. Grafova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 105–110.

Сведения об авторах

Сагайдак Сергей Алексеевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика, учет и анализ»,
аспирант,
e-mail: serzh.sagaidak@yandex.ru

Графова Татьяна Олеговна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Экономика, учет и анализ»,
доктор экономических наук, профессор,
e-mail: rubika78@mail.ru

Information about the authors

Sagaidak Sergey Alexeyevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Economics, Accounting and Analysis”,
Postgraduate student,
e-mail: serzh.sagaidak@yandex.ru

Grafova Tatiana Olegovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Economics, Accounting and Analysis”,
Doctor of Economics Sciences, Professor,
e-mail: rubika78@mail.ru

УДК 629.45/.46 : 004.3 + 06

В. В. Светличный, В. В. Ильичева

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОМПЛЕКТАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА*

Аннотация. Исследованы вопросы автоматизации учета вагонного имущества, способствующие оптимизации управления комплектацией подвижной единицы. Разработано мобильное приложение, позволяющее автоматизировать процессы обработки информации по экипировке пассажирского вагона съемным мягким и твердым имуществом. Программное обеспечение позволяет объединить информацию

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

по укомплектованию вагона в пункте формирования и заменяет бумажные журналы учета инвентаря.

Ключевые слова: мобильное приложение, пассажирский транспорт, экипировка вагона, цифровые технологии, автоматизация учета.

Для цитирования: Светличный, В. В. Мобильное приложение поддержки управления процессом комплектации пассажирского вагона / В. В. Светличный, В. В. Ильичева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 110–116.

Введение

Пассажирские перевозки – это организованная транспортировка людей и багажа на различные расстояния. Ежедневно миллиарды граждан в мире пользуются этой услугой. Являясь неотъемлемой частью транспортной системы, перевозка пассажиров представляет одну из отраслей национальной экономики, обеспечивая эффективное функционирование и развитие всех ее секторов. Кроме того, социальное значение пассажирского транспорта заключается в улучшении условий труда населения за счет экономии времени, возможности организации досуга и в целом выполнения одной из важнейших гарантий государства – свободы передвижения. При этом реализация этих целей должна осуществляться с обязательным требованием обеспечения безопасности и высококачественного обслуживания граждан. Поэтому сокращение времени обслуживания, снижение роли человеческого фактора, достигаемые за счет использования цифровых технологий, являются необходимым условием выполнения приоритетных задач пассажирского транспорта [1, 2]. В современных условиях риски, связанные с изменением уровня загрузки железнодорожной инфраструктуры из-за роста пассажиропотоков на определенных направлениях под влиянием экономических, геополитических, технологических факторов, требуют новых решений в научно-технической и инновационной сфере [3]. Возрастание информационных потоков предполагает применение для их обработки интеллектуальных методов и современных технических устройств [4]. Удобным средством решения различных практических задач, в том числе и на железнодорожном транспорте, является использование мобильных устройств в силу их компактности и работы на основе беспроводной связи. Программным обеспечением, предназначенным для работы на планшетах и смартфонах, является мобильное приложение, представляющее удобное средство оперативного учета, анализа и принятия решений [5]. Целью работы является создание мобильного приложения, направленного на осуществление информационной поддержки процесса комплектации пассажирского вагона. Программное средство реализует в оперативном режиме следующие возможности:

- учет исходной информации по экипировке вагона;
- обновление информации по оснащению вагона в пути следования;
- контроль обеспечения вагона имуществом;
- доукомплектация вагона недостающим инвентарем.

Мобильное приложение направлено на облегчение работы проводника, экипировочных служб и, в целом, за счет исключения рутинных длительных операций на бумажных носителях повышение качества перевозки пассажиров.

Для того, чтобы поездка прошла комфортно и безопасно, в пункте формирования отдельные инстанции занимаются экипировкой вагона съемным имуществом, включающим мягкое оборудование – пледы, подушки, скатерти, ковровые дорожки и т. д. и жесткий инвентарь, в том числе предметы, которые обеспечивают безопасность перевозки – огнетушители, спасательные канаты и другие. В настоящее время контроль за наличием того или иного имущества, его сроком годности ведется через бумажные носители, журналы.

В нашей работе предложен метод переноса информации о вагонном имуществе с бумажного на электронный носитель с использованием разработанного программного обеспечения, реализуемого на мобильных устройствах проводника, экипировщика, начальника поезда, работников бельевой службы и кладовщиков участка. Соответственно, программа включает в себя несколько разделов, таких как: съемное имущество вагона, дополнительное имущество вагона, бельевая ведомость, чайная продукция. Мобильное приложение или система экипировки вагона (в дальнейшем СЭВ) позволит отслеживать укомплектованность вагона как в пункте формирования, так и во время всего пути следования.

Основная часть

Основным этапом работы между пассажирскими перевозками является экипировка вагона. После процесса подцепки вагона к составу необходимо проследить за наполнением вагона нужным инвентарем и исключить возможность отсутствия необходимого оборудования.

Процесс укомплектования начинается с мягкого имущества, которое включает в себя постельные принадлежности, комплекты постельного белья и мягкий инвентарь вагона. Количественная составляющая и дата замены мягкого инвентаря отслеживается с помощью книги описи и учета имущества вагона. Кроме того, существует бланк описи внутреннего инвентаря вагона, содержащего большой перечень наименований предметов, которые могут пригодиться во время пути следования пассажирского вагона. Также по прибытию в пункт формирования вагон обязательно должен быть укомплектован чистым бельем для пассажиров, бутылками воды, брикетами для растапливания титана, чайной продукцией компании, вследствие чего проводнику приходится иметь при себе огромное количество бумаг. В таких условиях учет правильности и полноты оснащения вагона становится трудоемким процессом.

Программа отслеживания укомплектованности вагона, предложенная в данной работе, включает в себя возможность проверять наличие того или иного инвентаря, фиксировать остатки расходного оснащения и отправлять информацию о необходимости наполнения напрямую ответственным инстанциям. Мобильное приложение имеет удобный и настраиваемый интерфейс, единый стиль дизайна и оригинальный логотип (рис. 1).



Рис. 1. Логотип программы

Начальным этапом использования приложения является прохождение авторизации в программе пользователем, например, экипировщиком. Этот процесс занимает несколько минут – необходимо ввести свой логин, пароль и выбрать вагоны, которые он будет экипировать (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент страницы авторизации

После авторизации перед пользователем откроется главное меню, в котором он сможет выбрать раздел, за который он несет ответственность. Проводником в программу вводится заводской номер вагона, после чего открывается меню с несколькими разделами (рис. 3).

Рис. 3. Главная страница приложения

Каждый раздел открывает меню с перечислением входящих в него позиций. Например, пункт «Съемное имущество вагона» включает перечень наименований предметов и их необходимое количество в плацкартном вагоне (см. таблицу).

Некоторые пункты меню «Съемное имущество вагона»

№ п/п	Наименование предметов	Норма ПЛ	Заявлено экипировщиком/Факт
1	Совок для угля, металл. Длина ручки 150 см	1	/
2	Кочерга большая	1	/
3	Совок для титана	1	/
4	Рукавицы (перчатки х/б)	1	/
5	Лом	1	/
6	Вешалка пластиковая	4	/
7	Огнетушитель ОП-5	1	/

Вкладка меню «Заявлено экипировщиком/Факт» содержит числовые поля, в которые экипировщик и проводник соответственно вводят количество предметов в вагоне, предоставляемое складом и полученное по факту.

Как уже упоминалось, в разделе «Съемное имущество вагона» (рис. 3) будет отслеживаться наличие всего мягкого и твердого инвентаря, который хранится в вагоне во время пассажирских перевозок. Для того, чтобы занести в базу данных информацию о количестве имущества в вагоне и дате формирования, экипировщику нужно будет по мере наполняемости вагона инвентарем заполнять электронную ведомость, фрагмент которой был рассмотрен в таблице. После того, как все имущество будет описано в данной таблице, экипировщик должен будет нажать на кнопку «Сохранить», после чего произойдет синхронизация, а в соответствующем столбце будет отображаться дата укомплектования вагона. На этом работа экипировщика будет завершена.

Проводник пассажирского вагона – это человек ответственный за весь инвентарь того вагона, который он принял на протяжении всего его рабочего времени. Поэтому, как только проводник начнет принимать свой вагон, он обязан также пройти авторизацию в приложении «СЭВ» и проследить за тем, чтобы весь инвентарь, который описан в ведомости, присутствовал в его вагоне. Открывая раздел «Съемное имущество вагона» проводник должен перепроверить наличие всего инвентаря по списку, составленному экипировщиком. Если все сходится, то проводник нажимает кнопку «Сохранить», что автоматически означает «проводник принял вагон и начал на нем свой рабочий цикл». В случае, если чего-то из имущества нет, то проводник должен исправить число имеющегося инвентаря на фактическое и также нажать кнопку «Сохранить». В этом случае экипировщику приходит уведомление об изменении, после чего выясняется причина отсутствия, формируется акт, и происходит доукомплектация необходимым оборудованием.



Рис. 4. Схема взаимодействия между участниками экипировки через мобильное приложение «СЭВ»

Следующий этап экипировки вагона заключается в наполнении его расходным инвентарем, комплектами белья для пассажиров и чайной продукцией для продажи. Ответственность за укомплектование вагона этим инвентарем также полностью лежит на проводнике. Для того, чтобы проследить за каждым этапом и обойтись без удержаний, проводник должен заполнять много документов. Чтобы облегчить его работу, в программе «СЭВ» для проводника выделено еще три функциональных блока (пункты главного меню).

Раздел «Дополнительное имущество вагона» позволит проводнику отслеживать остаток расходного имущества своего вагона, а также с помощью мобильного приложения можно будет напрямую по окончанию рейса подать заявку на пополнение бутылей с водой, брикетами для топки титана и так далее. Проводнику достаточно будет просто сформировать заявку, в которой он должен будет обозначить дату прибытия в пункт формирования, номер поезда, бортовой номер вагона и наименования инвентаря, который ему требуется пополнить. После отправки заявки она напрямую будет попадать в инстанции, ответственные за данный вид экипировки.

Раздел «Бельевая ведомость» позволит проводнику до прибытия в пункт формирования отправить заявку на оснащение вагона чистыми комплектами белья. Этот пункт будет синхронизирован с программой в устройстве УКЭБ проводника, что позволит в точности определять количество оставшегося белья, грязного белья, и количество, требуемое для пополнения его запасов. Каждый мешок с грязным бельем проводник обязан будет опломбировать, а номер с каждой пломбы

внести в программу, что позволит бельевой службе отслеживать правильное количество белья, которое сдал проводник. Таким образом, программа поможет сократить количество времени на комплектование вагона бельем и уменьшить количество бумаг, требующихся для этого процесса.

Раздел «Чайная продукция» содержит в себе список продовольственных и непродовольственных товаров, предназначенных для продажи в пассажирских вагонах поездов [6]. С помощью этой функции в начале рейса проводник сможет внести всю свою сувенирную продукцию в этот список, а в ходе рейса редактировать его по мере продажи. Как следствие, в конце рейса формируется список того, что проводник смог продать, и итоговый документ с суммой, которую он должен предъявить начальнику поезда.

Разработанное программное обеспечение автоматизирует работу конечных пользователей процесса комплектации. Синхронизация участников предполагает наличие программной системы и персонала, имеющих доступ к глобальной базе данных транспортной компании.

Выводы

Мобильное приложение поддержки управления процессом комплектации пассажирского вагона «СЭВ» позволит более точно и быстро экипировать пассажирский вагон, исключив журналы и другие бумажные носители. Кроме того, программное обеспечение поможет проводнику напрямую взаимодействовать со всеми службами по вопросам экипировки, что будет способствовать экономии временных ресурсов, уменьшению внештатных ситуаций и сбоев в процессе укомплектования вагона имуществом.

Список литературы

- 1 Гуда, А. Н. Мультиагентность и цифровые технологии в транспортно-логистических системах / А. Н. Гуда, Э. А. Мамаев // Сборник научных трудов «Транспорт и логистика : актуальные проблемы стратегического развития и оперативного управления». Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 41–44. – ISBN 978-5-907295-60-5.
- 2 Переверзев, И. Г. К вопросу влияния человеческого фактора на безопасность технологических процессов на железнодорожном транспорте / И. Г. Переверзев, Е. П. Чубарь, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 64–66. – ISSN 1818-5509.
- 3 Чеботарева, Е. А. Логистика организации пассажирского и грузового движения на направлениях Северо-Кавказской железной дороги / Е. А. Чеботарева, В. Д. Верескун, И. Д. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1 (85). – С. 108–116. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_108.
- 4 Ковалев, С. М. Аналитический обзор трудов конференции ИТИ'22 / С. М. Ковалев, А. Н. Гуда, А. И. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1 (89). – С. 159–174. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_159.
- 5 Овсиенко, М. В. Разработка мобильного приложения для автоматизации документооборота предприятия

References

- 1 Guda, A. N. Multi-agency and digital technologies in transport and logistics systems / A. N. Guda, E. A. Mamaev // Collection of scientific works “Transport and logistics : actual problems of strategic development and operational management”. Rostov-on-Don : Rostov State University of Communications, 2022. – P. 41–44. – ISBN 978-5-907295-60-5.
- 2 Pereverzev, I. G. To the question of human factor influence on safety of technological processes on railway transport / I. G. Pereverzev, E. P. Chubar, I. A. Yaitskov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniy. – 2020. – No. 1 (50). – P. 64–66. – ISSN 1818-5509.
- 3 Chebotareva, E. A. Logistics of passenger and cargo traffic organization on the directions of the North Caucasian railway / E. A. Chebotareva, V. D. Vereskun, I. D. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 1 (85). – P. 108–116. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_108.
- 4 Kovalev, S. M. Analytical review of proceedings of IITI'22 conference / S. M. Kovalev, A. N. Guda, A. I. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. 2023. – No. 1 (89). – P. 159–174. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_159.
- 5 Ovsienko, M. V. Development of a mobile application for automation of a railway transport enterprise document / M. V. Ovsienko,

железнодорожного транспорта / М. В. Овсиенко, В. В. Ильичева, И. К. Логвинова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1 (50). – С. 60–63. – ISSN 1818-5509.

6 Проект Приказа Министерства транспорта РФ «Об утверждении ассортимента чайной продукции для продажи в пассажирских вагонах поездов без применения контрольно-кассовой техники» (подготовлен Минтрансом России 29.03.2016) [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56564886> (дата обращения 30.08.2023).

V. V. Ilicheva, I. K. Logvinova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniy. – 2020. – No. 1 (50). – P. 60–63. – ISSN 1818-5509.

6 Draft Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation “On approval of the assortment of tea products for sale in passenger cars of trains without the use of cash registers” (prepared by the Ministry of Transport of Russia on 29.03.2016): [Electronic resource]. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56564886> (date of access 08/30/2023).

V. V. Svetlichny, V. V. Ilicheva

MOBILE APPLICATION TO SUPPORT THE MANAGEMENT OF THE PASSENGER WAGON COMPLETING PROCESS

Abstract. The issues of automating the accounting of wagon property, which contribute to the optimization of the management of the assembly of a rolling unit, have been studied. A mobile application has been developed to automate the processing of information on equipping a passenger wagon with removable soft and hard equipment. The software allows you to combine information on the completion of the wagon at the point of formation and replaces paper inventory logs.

Keywords: mobile application, passenger transport, wagon equipment, digital technologies, accounting automation.

For citation: Svetlichny, V. V. Mobile application to support the management of the passenger wagon completing process / V. V. Svetlichny, V. V. Ilicheva // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 110–116.

Сведения об авторах

Светличный Владислав Владимирович
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
студент,
e-mail: mr.vladvladvlad14@mail.ru

Ильичева Вера Витальевна
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Информатика»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: vilicheva@yandex.ru

Information about the authors

Svetlichny Vladislav Vladimirovich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Cars and Car Facilities”,
Student,
e-mail: mr.vladvladvlad14@mail.ru

Ilicheva Vera Vitalievna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Computer Science”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: vilicheva@yandex.ru

УДК 621.8 + 06

В. А. Фейзова

СОЗДАНИЕ РЕЦЕПТУР СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОДБОРА ПРИСАДОК ПО ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ*

Аннотация. Разработаны новые рецептуры специальных твердых смазочных материалов для фрикционной системы «колесо–рельс». Осуществлен подбор функциональных присадок по их энергии активации. Представлены результаты сравнительных полигонных испытаний оптимизированных рецептур смазочных материалов по ресурсу разового нанесения. Показано уменьшение величины износа гребней бандажей колесных пар в результате многолетних эксплуатационных испытаний новой рецептуры твердых смазочных стержней «РАПС» с присадкой полиэтилена.

Ключевые слова: фрикционная система «колесо–рельс», твердый смазочный материал, присадка, трибосреда, энергия активации, адгезия.

Для цитирования: Фейзова, В. А. Создание рецептур смазочных материалов путем применения метода подбора присадок по энергии активации / В. А. Фейзова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 117–123.

Введение

Движение железнодорожного подвижного состава по рельсам (особенно в кривых пути) сопровождается изнашиванием контактирующих гребней колесных пар и боковой поверхности головки рельсов, что ведет к уменьшению ресурса фрикционной системы «колесо–рельс», соответственно, к увеличению финансовых затрат на восстановление изношенных колес подвижного состава и рельсов железнодорожного пути, а также увеличению расхода топлива (или электроэнергии) и шума.

В мировой практике существует достаточно много современных методов и способов увеличения ресурса фрикционной системы «колесо–рельс». Одним из таких методов является смазка зоны непосредственного контакта колес и рельсов. Процесс смазки реализуется путем применения различных видов технологий и смазочных материалов. Результаты многолетних испытаний, представленные в работе [1], показали, что в нашей стране наиболее эффективной является ротационно-контактная технология гребнерельсосмазывания ГРС-РАПС с применением твердых смазочных материалов в виде стержней «РАПС», производимых Ростовским государственным университетом путей сообщения.

Приоритетность технологии обеспечивается удачной конструкцией лубрикатора, которая обеспечивает точную подачу смазочных стержней в трибозону. Качественное нанесение материала стержней на гребень колеса и достаточное время удержания его на поверхности гребня во время движения для дальнейшего переноса в зону контактирования колеса и рельса обеспечивается адгезионными свойствами вещества, входящими в состав материала стержней, т. е. присадкой смазочного материала.

Таким образом, разработка новых рецептур специальных смазочных материалов, эффективно повышающих ресурс фрикционной системы «колесо–рельс», относится к актуальным исследованиям трибологии в области железнодорожного транспорта.

Основная часть

В зоне непосредственного контактирования фрикционной системы «колесо–рельс» шероховатостей механическим взаимодействием с «третьим телом» образуют трибосреду (см. рис. 1), где m_i – масса i -го объема; C_i – жесткость i -го объема [2]. Путем столкновения микрообъемов металлических поверхностей фрикционного контакта и веществ смазочного материала в трибосреде происходит обмен энергиями, в результате которого запускаются трибохимические реакции [3],

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

меняющие свойства материалов фрикционной системы, тем самым создавая возможность управления процессом трения.

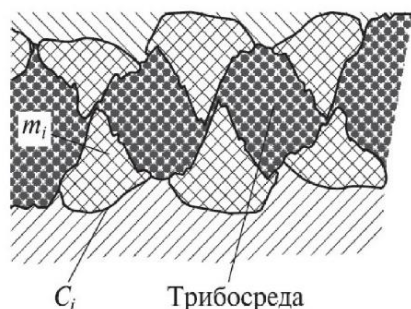


Рис. 1. Схема контактирующих микрообъемов фрикционной системы



Рис. 2. Кинетическое взаимодействие контактирующих микрообъемов

В основу разработки новых составов специальных смазочных материалов для фрикционной системы «колесо–рельс» легли результаты теоретических исследований кинетики взаимодействий трибосреды и микрообъемов металлических поверхностей в зоне контактирования.

Для выбора функциональных присадок использовался кинетический метод подбора, предложенный С. Б. Булгаревичем в работе [3]. Метод базируется на теории активных столкновений и кинетической теории трения скольжения по аналогии их применения в химической кинетике. Суть метода состоит в том, чтобы расчетным путем определить величину энергии активации E_a при заданных условиях в рассматриваемом фрикционном контакте, и, сопоставив ее с известными величинами энергетики физико-химических явлений, сделать выбор в пользу тех, которые имеют максимально близкое значение к расчетному. Далее выбранные вещества можно использовать в качестве присадок к смазочному материалу.

Под энергией активации подразумевали минимально необходимое количество энергии системы для запуска химических реакций. Энергию активации считали примерно равной величине потенциального энергетического барьера переходного состояния системы (см. рис. 2).

Расчет энергии активации взаимодействия металлических микрообъемов фрикционной системы проводился по формуле:

$$E_a = \mu Q \sigma_{ef} s_0 N_A,$$

где E_a – величина энергии активации микрообъемов на один моль, [Дж/моль];

μ – коэффициент трения, [-];

Q – среднее давление на поверхностях двух микрообъемов в контакте (при смятии), [Па];

σ_{ef} – область взаимодействия микрообъемов фрикционной системы [м];

s_0 – площадь пятна контакта микрообъема фрикционной системы с поверхностью трибосреды, [м²].

Условия для теоретического определения диапазона рабочих величин энергии активации взаимодействия металлических микрообъемов колеса и рельса были следующие: коэффициент трения $\mu = 0,16$; величина среднего давления на поверхностях двух микрообъемов в контакте Q соответствовала нижнему и верхнему пределу упругости углеродистой стали $Q_1 = 100$ МПа и $Q_2 = 650$ МПа, соответственно; величина области взаимодействия микрообъемов σ_{ef} принята высоте шероховатостей железнодорожного колеса и рельса по ГОСТ 10791-2011 «Колеса цельнокатанные. Технические условия» и ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия»: R_z40 и R_a10 первого класса точности изготовления колес, R_z80 и R_a20 второго класса точности изготовления рельсов; величина площади пятна контакта микрообъемов s_0 считалась соизмеримой с поверхностью адсорбированной молекулы присадки и принята известным величинам размеров

– атома $\alpha\text{-Fe}$ $s_{01} = 8,2 \cdot 10^{-20}$ (м²);

– группы CH_2 $s_{02} = 10,8 \cdot 10^{-20}$ (м²);

– наночастицы $s_{03} = 40 \cdot 10^{-20} \text{ (м}^2\text{)}$.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

Энергия активации взаимодействия металлических микрообъемов фрикционной системы «колесо–рельс» E_a , ГДж/моль

	$s_{01}, \text{м}^2$		$s_{02}, \text{м}^2$		$s_{03}, \text{м}^2$	
$\sigma_{ef}, \text{МПа}$	$Q_1, \text{МПа}$	$Q_2, \text{МПа}$	$Q_1, \text{МПа}$	$Q_2, \text{МПа}$	$Q_1, \text{МПа}$	$Q_2, \text{МПа}$
R_a10	7,9	276	10,4	364	38,5	1350
R_a20	15,8	553	20,8	728	77,1	270
R_a40	31,6	1110	41,6	1460	15,4	5390
R_a80	63,2	221	83,2	2910	308	10800

Из сравнения данных таблице 1 с известными величинами энергетики физико-химических явлений (физической адсорбции, конформационных вращений, нижними значениями энергетики химических взаимодействий при образовании адсорбционных пленок) можно утверждать, что энергии активации взаимодействия микрообъемов фрикционной системы «колесо–рельс» достаточно для образования адгезионных связей между взаимодействующими микрообъемами и смазочным материалом трибосреды.

При реализации ротапринтно-контактной технологии ГРС-РАПС адгезионные связи в большой степени определяют одну из главных его функций – удержание смазочного материала с момента нанесения его на обод колеса и перенос в трибоконтакте на боковую грань головки рельса.

Мониторинг лучших вариантов присадок проводился по величинам энергии активации полимерных адгезивов, как наиболее применяемых в практике и с учетом их доступности. Энергии базовых веществ стержней «РАПС» (производства РГУПС) были найдены в справочных материалах и результатов научных работ [4].

Результаты мониторинга сформированы в таблице 2.

Таблица 2

Энергии активации физико-химических процессов некоторых веществ E_a

Наименование вещества	Энергия	кДж/моль
Битум	активации ван-дер-ваальсового притяжения	0,4–40
<i>Битум</i>	химически-валентных сил	40–400
<i>Эпоксидные олигомеры</i>	активации вязкого течения	67
Полиэтилен (разветвленный)	активации деструкции	267
Полиметилден (линейный)	активации деструкции	300
Полиэтилен	термофлуктационного разрыва С–С связей	106
Наночастицы серебра	активации формирования в эпоксидных олигомерах	110
Каучук	активации вязкого течения	125
<i>Графит</i>	активации теплоты плавления	100
Триацетат целлюлозы	активации вязкого течения	280
Оксид графена	активации изотермического восстановления	136
Пиридин	активации	57
Дисульфид молибдена	прямых переходов	184

Базовым элементом смазочной композиции стержня «РАПС» является однородная смесь графита и битума. В проводимом исследовании связующим элементом выступала эпоксидная смола. Функциональные присадки подобраны по достаточной для адгезивной связи величине энергии активации: дисульфид молибдена, полиуретановый клей, полиэтилен низкого давления, термопластичный клей – ЧК № 1, ПК № 2, ЧП № 3, ПП № 4, соответственно.

Оптимизация рецептур стержней всех полученных вариантов осуществлялась в ходе лабораторных испытаний по методике испытаний твердых смазочных материалов, которая соответствовала разработанному учеными РГУПС ГОСТу.

Моделирование зоны непосредственного контактирования фрикционной системы «колесо–рельс» осуществлялось на машине трения ИИ 5018 в трибосистеме «ролик–ролик». Для лабораторных испытаний использовались ролики марки Сталь 65, внешним диаметром 0,040 м и шириной поверхности катания 0,01 м. Частота вращения ролика составляла 300 мин⁻¹ с проскальзыванием порядка 15 %.

В работе [5] автором были представлены результаты лабораторных испытаний по триботехническим характеристикам всех новых смазочных материалов, разработанных с применением метода подбора присадок по энергии активации. Среди испытуемых лучшие триботехнические характеристики показал смазочный материал с присадкой в виде полиэтилена (см. рис. 3).

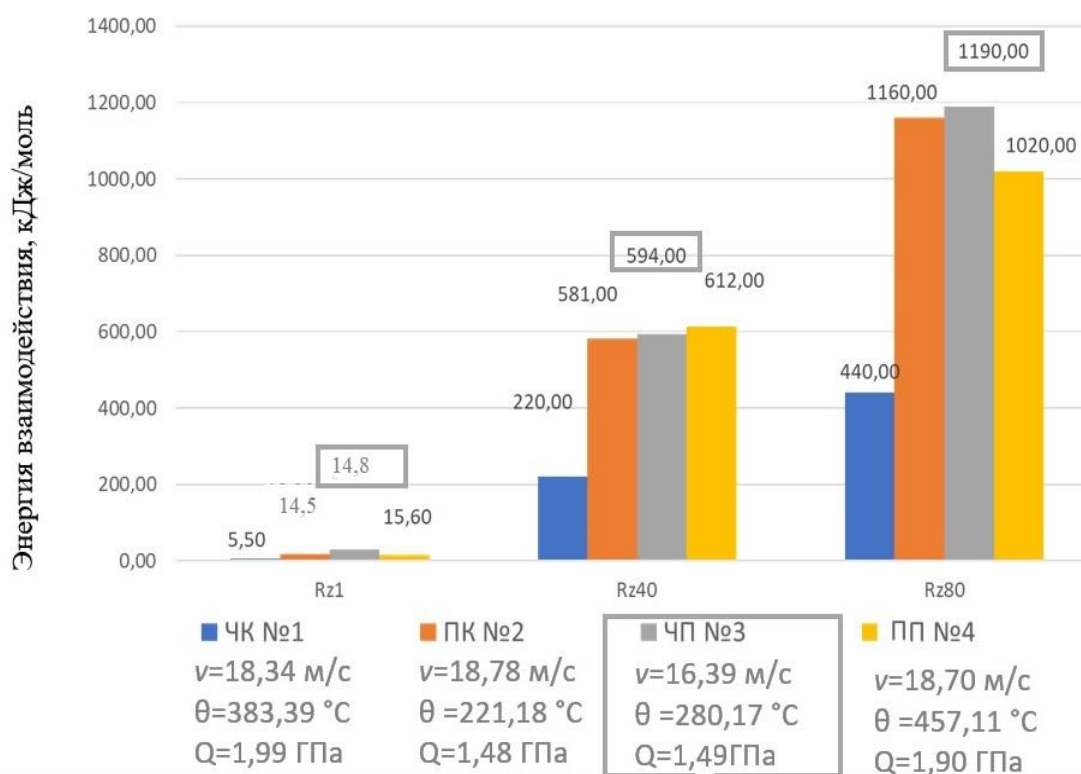


Рис. 3. Оценочные расчеты зависимости энергии взаимодействия присадок с шероховатостями колеса

Оптимизированные рецептуры смазочных стержней были запущены в эксплуатационную работу гребнерельсосмазывания при использовании лубрикаторов конструкции ГРС (производство РГУПС) одновременно с базовыми стержнями «РАПС», произведенными по ТУ 0254-001-01116006-2006. Сравнительные эксплуатационные испытания проводились на маневровом тепловозе ЧМЭ-3э локомотивного депо Лихая Ростовской области.

Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты сравнительных полигонных испытаний оптимизированных и базовых рецептур смазочных стержней «РАПС»

Стержни/параметры	Удельный износ при полной зарядке ГРС, мм/1000 км	Увеличение ресурса стержня относительно базового
РАПС	271	-
ЧК № 1	200	26 %

Окончание табл. 3

Стержни/параметры	Удельный износ при полной зарядке ГРС, мм/1000 км	Увеличение ресурса стержня относительно базового
ПК № 2	208	23 %
ЧП № 3	130	52 %

На основании анализа данных таблицы 2 установлено, что наилучший результат показал смазочный материал, содержащий присадку полиэтилена. Рабочий ресурс новых рецептур относительно базового стержня РАПС увеличился более половины с присадкой полиэтилена, более четверти с присадкой дисульфида молибдена и более пятой части с полиуретановым клеем.

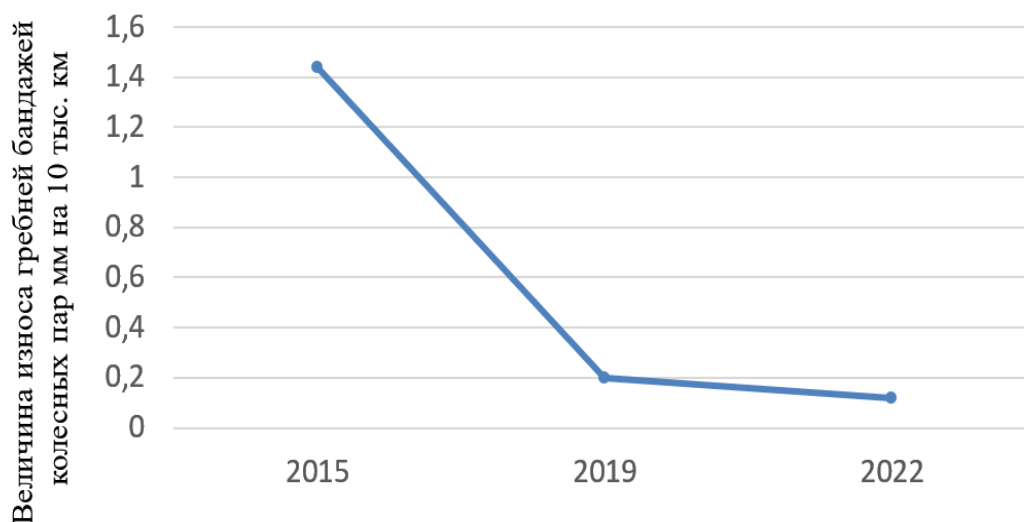


Рис. 4. Изменение величины износа гребней бандажей колесных пар при использовании новой рецептуры стержней «РАПС» с присадкой полиэтилена

С 2015 по 2022 гг. проводились многолетние эксплуатационные испытания новой рецептуры стержней «РАПС» с присадкой полиэтилена на базе предприятия ООО «Газпромтранс» г. Сургут, Ханты-Мансийского автономного округа. Результаты показали положительный эффект (см. рис 4):

- ресурс гребней бандажей увеличен в 1,7 раза;
- ресурс разовой заправки стержня увеличен до 20 тыс. км;
- величина износа гребней бандажей колесных пар уменьшилась в среднем до 0,12 мм на 10 тыс. км, т. е. снижение интенсивности изнашивания гребней колес локомотива зафиксировано на 56 % в сравнении с используемой базовой рецептурой смазочного материала стержней «РАПС».

Таким образом, смазочный материал с присадкой полиэтилена оказал положительный эффект в триботехническое состояние фрикционной системы «колесо–рельс» в реальной эксплуатации.

Выводы

Опираясь на расчет энергии активации взаимодействия металлических микрообъемов фрикционной системы, можно утверждать о достаточных величинах энергии активации взаимодействия для образования адгезионных связей. Используя мониторинг по величинам энергии активации полимерных адгезивов, как наиболее применяемых на практике, сформирован список веществ с учетом их доступности. В результате оптимизации полученных вариантов рецептур, проводимой по методике испытаний твердых смазочных материалов на машине трения ИИ 5018 в трибосистеме «ролик–ролик», определен лучшим смазочным материалом вариант рецептуры с присадкой полиэтилена.

Список литературы

1 Шаповалов, В. В. Повышение эффективности системы «путь–подвижной состав» / В. В. Шаповалов, И. А. Майба, П. Н. Щербак,

References

1 Shapovalov, V. V. Improving the efficiency of the “path–rolling stock” system / V. V. Shapovalov, I. A. Mayba, P. N. Shcherbak,

А. Л. Озябкин, Э. Э. Фейзов // Локомотив. – 2011. – № 5 (653). – С. 40–42. – ISSN 0869-8147.

2 **Шаповалов, В. В.** Моделирование мобильных фрикционных систем : учебник / В. В. Шаповалов, П. Н. Щербак, А. Л. Озябкин [и др.] ; под редакцией д. т. н., профессора В. В. Шаповалова. – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический железнодорожном транспорте», 2020. – 1148 с. – ISBN 978-5-907206-38-0.

3 **Булгаревич, С. Б.** Целенаправленный выбор присадок к жидким смазочным материалам при смешанном и граничном трении / С. Б. Булгаревич, М. В. Бойко, К. С. Лебединский // Трибология – машиностроению : труды XI Международной научно-технической конференции. – Москва : Институт машиноведения им. А. А. Благонравова, 2016. – С. 33–35. – ISBN 978-5-4344-0384-9.

4 **Фейзова, В. А.** Энергия активации новых составов твердосмазочных стержней РАПС в трибоконтакте «колесо–рельс» / В. А. Фейзова // Трибология – машиностроению : Труды XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А. П. Семёнова. – М. : ИМАШ РАН, 2022. – 322 с. – ISBN 978-5-904282-15-8.

5 **Фейзова, В. А.** Оптимизация состава смазочного материала для лубрикации зоны контакта колеса с рельсом в кривых малого радиуса / В. А. Фейзова, А. Л. Озябкин // Сборник научных трудов «Транспорт : наука, образование, производство» («Транспорт-2019»), Том 1. Технические науки. – Рост. гос. ун-т. путей сообщения. – Ростов н/Д, 2019. – 419 с. – ISBN 978-5-88814-986-7.

A. L. Ozyabkin, E. E. Feyzov // Locomotive. – 2011. – № 5 (653). – P. 40–42. – ISSN 0869-8147.

2 **Shapovalov, V. V.** Modeling of mobile friction systems : textbook / V. V. Shapovalov, P. N. Shcherbak, A. L. Ozyabkin [et al.] ; edited by Doctor of Technical Sciences, Professor V. V. Shapovalov. – Moscow : FGBI DPO “Educational and methodical railway transport”, 2020. – 1148 p. – ISBN 978-5-907206-38-0.

3 **Bulgarevich, S. B.** Purposeful choice of additives to liquid lubricants with mixed and boundary friction / S. B. Bulgarevich, M. V. Boyko, K. S. Lebedinsky // Tribology – mechanical engineering : Proceedings of the XI International scientific and technical conferences. – Moscow : A. A. Blagonravov Institute of Machine Science, 2016. – P. 33–35. – ISBN 978-5-4344-0384-9.

4 **Feizova, V. A.** Activation energy of new compositions of hard-lubricating RAPS rods in tribocontact “wheel–rail” / V. A. Feizova // Tribology – mechanical engineering : Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of A. P. Semenov. – M. : IMASH RAS, 2022. – 322 p. – ISBN 978-5-904282-15-8.

5 **Feyzova, V. A.** Optimization of the lubricant composition for lubrication of the wheel-rail contact zone in curves of small radius / V. A. Feyzova, A. L. Ozyabkin // Collection of scientific papers “Transport : science, education, production” (“Transport-2019”), V. 1. Technical sciences. – Rostov State Transport University. – Rostov n/D, 2019. – 419 p. – ISBN 978-5-88814-986-7.

V. A. Feizova

CREATION OF FORMULATIONS OF LUBRICANTS BY APPLYING THE METHOD OF SELECTION OF ADDITIVES BY ACTIVATION ENERGY

Abstract. New formulations of special solid lubricants for the «wheel–rail» friction system have been developed. The selection of functional additives according to their activation energy was carried out. The results of comparative field tests of optimized formulations of lubricants for the resource of a single application are presented. It is shown that the wear value of the ridges of the wheelset bandages decreases as a result of long-term operational tests of a new formulation of solid lubricating rods “RAPS” with a polyethylene additive.

Keywords: friction system “wheel–rail”, solid lubricant, additive, triboenvironment, activation energy, adhesion.

For citation: Feizova, V. A. Creation of formulations of lubricants by applying the method of selection of additives by activation energy / V. A. Feizova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 117–123.

Сведения об авторах

Фейзова Валентина Александровна
Ростовский государственный университет путей
сообщения (РГУПС),
кафедра «Транспортные машины и
триботехника»,
соискатель,
e-mail: valentina.feizova@yandex.ru

Information about the authors

Feizova Valentina Alexandrovna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Transport machines and tribotechnics”,
Applicant,
e-mail: valentina.feizova@yandex.ru

УДК 504.7 + 06

А. Г. Хвостиков, К. И. Абдульманова

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ***

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества применения технических системы защиты объектов транспортной инфраструктуры от незаконного проникновения по сравнению с использованием групп быстрого реагирования подразделений транспортной безопасности. Рассмотрены принципы работы изделий «Газон-24» и «Годограф-Универсал».

Ключевые слова: технические средства, транспортная безопасность, рубеж охраны, годограф.

Для цитирования: Хвостиков, А. Г. Современные технические средства обеспечения транспортной безопасности на железнодорожном транспорте / А. Г. Хвостиков, К. И. Абдульманова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 123–126.

Наибольший объем грузов в стране перевозится железнодорожным транспортом (ЖТ). Это подтверждается данными Росстата, в 2021 году грузооборот ж/д транспорта составил 2 639 миллиарда тонно-километров, автомобильного – 285, а внутреннего водного транспорта 71 миллиарда тонно-километров. Пассажирооборот железнодорожного транспорта составляет 104,2 миллиарда пассажиро-километров.

Погрузка и выгрузка промышленных грузов происходит на железнодорожной (ж/д) станции с использованием разнообразных средств механизации, а посадка и высадка пассажиров происходит на ж/д вокзалах. Поэтому данные объекта транспортной инфраструктуры являются существенной и значимой составляющей экономики нашего государства. Обеспечение защиты таких объектов один из приоритетов общественной и национальной безопасности.

Предметом защиты могут быть жизнь или здоровье работников данных объектов, пассажиров, целостность оборудования и имущества, находящегося на объекте, а также сохранение установленного режима работы станции, особенно в случае, если она выполняет важные социальные функции или может оказаться источником опасности техногенного или экологического характера. Железнодорожным транспортом перевозятся токсичные вещества, например, хлор, или взрывоопасные грузы такие как сжиженные углеводородные газы.

Охрана таких объектов осуществляется специализированными подразделениями, прошедших аттестацию по транспортной безопасности (ТБ). В состав этих подразделений входят группы быстрого реагирования, которые круглосуточно отвечают за безопасность объекта транспортной инфраструктуры. Для выполнения поставленных задач подразделения ТБ используют различные технические средства. К таким средствам относятся и охранные системы, опирающиеся на современные достижения в сфере охранного обеспечения.

*Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам Школы молодых ученых «Актуальные проблемы трибологии, инженерии поверхности и искусственного интеллекта».

Организация защиты ж/д станций, которые характеризуются большой площадью открытой территории, существенно отличается от охраны небольших зданий и территорий. Как правило, используются камеры видеонаблюдения, которые должны охватывать всю площадь объекта, устанавливаются посты охраны на каждом участке. Но для больших территорий эти меры защиты очень дороги и не всегда эффективны. На некоторых объектах даже не всегда можно установить ограждение по всему его периметру [1–4].

Эффективным способом по обеспечению транспортной безопасности на железнодорожных станциях является создание автоматизированной системы охраны и борьба с несанкционированным проникновением физических лиц на данные объекты – системы физической защиты с применением технических средств. Эти средства предназначены для решения следующих задач:

- обеспечение условий для задержания нарушителей при проникновении на охраняемый объект на время, необходимое для организации защиты объекта;
- задержание нарушителя при проникновении на охраняемый объект на время, необходимое для его нейтрализации силами охраны;
- обеспечение условий для разрешенного прохода в определенную зону транспортной безопасности и выхода за ее пределы без дополнительных затрат на прохождение границ охраны;
- обеспечение условий для предотвращения хищения имущества предприятия;
- предотвращение (усложнение) наблюдения злоумышленникам за охраняемым объектом [1].

Современные технические средства защиты кардинально изменили подход к обеспечению безопасности объектов от проникновения посторонних лиц. При использовании таких систем отпадает необходимость в организации постовой службы на границе объекта, вместо этого создаются дежурные группы быстрого реагирования, которые начинают немедленные действия по нейтрализации нарушителей после получения сигнала тревоги на центральном пульте управления установленного оборудования. В них сведено до минимума влияние человеческого фактора и достигается высокая эффективность защиты объекта при минимальном количестве личного состава подразделений обеспечивающих транспортную безопасность [1, 4].

Основным назначением систем охраны периметра является раннее обнаружение факта проникновения на объект для последующего предупреждения охраны и принятия адекватных или превентивных мер [1].

Использование комплекса «Газон–24» позволяет блокировать периметры любого вида, например, участки местности с подъемами или уклонами на угол до 40° и с формой охраняемой границы, имеющей повороты на угол до 90°, верха ограждения территории объекта. Конструкция данного изделия предусматривает его дистанционное управление, осуществляемое по унифицированному интерфейсу связи [2].

Принцип действия изделия основан на зондировании широкополосными электромагнитными импульсами области пространства между верхним проводом линии и поверхностью земли и пространства вокруг чувствительного элемента системы [2].

Изделие обеспечивает защиту объекта в четырех вариантах применения:

- 1) установка линейной части изделия на участках без ограждения (в том числе с использованием дополнительного физического препятствия из спирали армированной колючей ленты);
- 2) установка линейной части по стене ограждения, выполненных из металлической сетки (сварной) или колючей проволоки;
- 3) установка линейной части по верху ограждения территории объекта;
- 4) установка линейной части изделия на стенах зданий [2].

Данная система позволяет фиксировать пересечение контролируемого пространства нарушителем в положениях «в рост», «согнувшись», «получетвереньки» со скоростью от 0,1 до 7 м/с, а также перелезание нарушителя через верх забора, ограждающего территорию объекта, при этом подается сигнал «Тревога».

«Газон–24» может отличать мелких животных (массой до 5 кг и высотой до 0,3 м) от человека-нарушителя и не реагировать на эту и другие помехи, к которым можно отнести движения человека (массой не менее 50 кг) или группы людей (до 3 человек массой до 300 кг) на расстоянии не менее 2 м от проводной линии (ПЛ), движение автотранспорта массой не более 3,5 т на расстоянии не менее 3 м от ПЛ и движение железнодорожного транспорта на расстоянии не менее 20 м от ПЛ [2].

Но не всегда можно установить проводную линию, которая используется изделием «Газон–24», или нарушитель пытается преодолеть охраняемый периметр путем подкопа или перелезанием над

проводной линией. Для таких случаев применяются системы использующие другие принципы работы, фиксирующие различные виды колебаний материальных тел.

В зависимости от подключаемых к электронному блоку (БЭ) чувствительных элементов изделие «Годограф–Универсал» может применяться в качестве:

- средства обнаружения нарушителя, преодолевающего заграждение путем перелезания, разрушения или подкопа, создающего при этом механические колебания;
- сейсмического средства обнаружения нарушителя, который перемещается по поверхности грунта, охраняемого объекта;
- комбинированного вибросейсмического средства обнаружения [3].

Данная система применяется для организации защиты протяженных участков местности, периметров объектов, а также въезда и выезда на объект охраны, подъезда и подхода к объекту охраны. «Годограф–Универсал» обеспечивает создание одного или двух участков рубежа охраны длиной до 250 м каждый, а со звеном вибрационного чувствительного элемента (ВЧЭ) – до 1000 каждый. На участке границы охраны могут располагаться один вибрационный чувствительный элемент и/или один сейсмический чувствительный элемент [3].

Комплект вибрационного чувствительного элемента позволяет создавать отдельные зон обнаружения с индивидуальной настройкой параметров обнаружения нарушителя каждого звена ВЧЭ [3].

Звено ВЧЭ преобразует механические колебания ограды или забора в электрические импульсы, передаваемые в электронный блок [3].

Сигнал срабатывания формируется независимо по каждому участку рубежа охраны. «Годограф–Универсал» позволяет задать для каждого участка один из режимов обработки сигналов с чувствительных элементов: вибрационный; сейсмический; комбинированный; выключенный [3].

Данная система, к сожалению, имеет ряд ограничений при эксплуатации в зимнее время, когда при высоте снежного покрова более 1 м и образовании наста уменьшается общая высота заграждения, что может привести к снижению способности сейсмических датчиков к обнаружению нарушителя.

При высоте снежного покрова более 0,7 м или образовании наста, выдерживающего вес нарушителя, возможно ухудшение обнаружительных характеристик изделия [3].

В заключении необходимо отметить, что, к сожалению, не существует универсальных технических систем охраны, которые позволяли гарантировано исключить несанкционированное проникновение на охраняемый объект. Поэтому необходимо использовать комбинации различных устройств, работающих на разных физических принципах.

Список литературы

- 1 Тушко, И. Инженерные средства безопасности для охраны периметра объектов транспорта [Электронный ресурс] / И. Тушко // Системы безопасности. – 2023. – № 2. – URL : <https://www.secuteck.ru/articles/inzhenernye-sredstva-bezopasnosti-dlya-ohrany-perimetra-obektov-transporta> (дата обращения 10.06.2023).
- 2 Изделие «ГАЗОН–24» Руководство по эксплуатации БАЗК.425142.060 РЭ [Электронный ресурс]. – 80 с. – URL : https://files.layta.ru/upload/files_upload/Nikiret/pasporta/Gazon-24_pasport.pdf (дата обращения: 23.03.2023).

References

- 1 Tushko, I. Engineering security means for protecting the perimeter of transport facilities [Electronic resource] / I. Tushko // Security systems. – 2023. – No. 2. – URL : <https://www.secuteck.ru/articles/inzhenernye-sredstva-bezopasnosti-dlya-ohrany-perimetra-obektov-transporta> (access date 06/10/2023).
- 2 Product “GAZON-24” Operating manual BAZhK.425142.060 RE [Electronic resource]. – 80 p. – URL : https://files.layta.ru/upload/files_upload/Nikiret/pasporta/Gazon-24_pasport.pdf (access date 03/23/2023).

3 Издание «ГОДОГРАФ–УНИВЕРСАЛ»
Руководство по эксплуатации. Часть 1. Описание,
работа и эксплуатация изделия. БАЗЖК.425118.004
РЭ [Электронный ресурс]. – 142 с. – URL :
<https://radiatorbez.ru/wp-content/uploads/2018/10/Годограф-Универсал-часть-1-общее-описание.pdf>. (дата обращения 23.03.2023).

4 **Хвостиков, А. Г.** Психология в проблеме обеспечения безопасности / А. Г. Хвостиков // Сборник научных трудов «Транспорт : наука, образование, производство» («Транспорт-2017»), Том 2. Технические науки. Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 420–423. – ISBN 978-5-88814-531-9.

3 Product “GODOGRAPH–UNIVERSAL”
Operation manual. Part 1. Description, operation and operation of the product. BAZHK.425118.004 RE [Electronic resource]. – 142 p. – URL : <https://radiatorbez.ru/wp-content/uploads/2018/10/Hodograph-Universal-part-1-general-description.pdf>. (date of access 03/23/2023).

4 **Khvostikov, A. G.** Psychology in the problem of ensuring safety / A. G. Khvostikov // Collection of scientific works “Transport : science, education, production” (“Transport-2017”), V. 2. Technical sciences. Rostov-on-Don : Rostov State Transport University, 2017. – P. 420–423. – ISBN 978-5-88814-531-9.

A. G. Khvostikov, K. I. Abdulmanova

MODERN TECHNICAL MEANS OF ENSURING TRANSPORT SAFETY IN RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The article discusses the advantages of using technical systems to protect transport infrastructure facilities from illegal entry compared to the use of rapid response teams of transport security units. The principles of operation of the products “Lawn–24” and “Hodograph-Universal” are considered.

Keywords: technical means, transport security, security line, hodograph.

For citation: Khvostikov, A. G. Modern technical means of ensuring transport safety in railway transport / A. G. Khvostikov, K. I. Abdulmanova // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 123–126.

Сведения об авторах

Хвостиков Андрей Георгиевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: xvost72@mail.ru

Абдульманова Кира Игоревна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
аспирантка,
e-mail: sergey_080@mail.ru

Information about the authors

Khvostikov Andrey Georgievich

Rostov State Transport University (RGUPS),
Chair “Life safety”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: xvost72@mail.ru

Abdulmanova Kira Igorevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Life safety”,
Postgraduate student,
e-mail: sergey_080@mail.ru

Научное издание

**ТРУДЫ
Ростовского государственного университета
путей сообщения**

Научно-технический журнал

№ 3 (64)
2023

**Полнотекстовая версия статей находится в открытом доступе на сайте
Российской научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru
Журнал обрабатывается в системах индексов научного цитирования
РИНЦ и Science Index**

Тексты приводятся в авторской редакции.

Оригинал-макет журнала подготовлен В. В. Сироткиным

Подписано в печать 28.09.2023.	Формат 60×84/8.	Бумага офсетная.
Дата выхода в свет 29.09.2023.	Усл. печ. л. 14,76.	Изд. № 53.
Печать офсетная.	Тираж 510 экз.	Заказ .
Знак информационной продукции 16+.	Цена свободная.	

Учредитель:
**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

Адрес университета, издателя, редакции, типографии:
**344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.**
Тел. редакции +7 (863) 272-62-74, факс +7 (863) 255-37-85.
E-mail: nis@rgups.ru