

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
КРАСНОЯРСКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА –
филиал ФГБОУ ВО
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА

**Труды XXVIII Всероссийской студенческой
научно-практической конференции
(г. Красноярск, 25.04.2024 г.)**

ТОМ 1

**Секция «Транспортные системы»
Секция «Инфраструктура железных дорог»**

Красноярск
КрИЖТ ИрГУПС
2024

УДК 001 : 37

М 76

Молодежная наука : труды XXVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС (г. Красноярск, 25.04.2024 г.) : Т. 1: Секция «Транспортные системы»; секция «Инфраструктура железных дорог» / редкол. : В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.] ; КрИЖТ ИрГУПС. – Красноярск: КрИЖТ ИрГУПС, 2024. – 239 с.

Настоящая публикация является сборником трудов всероссийской научно-практической конференции, прошедшей в г. Красноярск 25 апреля 2024 года. Организатором конференции выступил Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения.

В 1-й том сборника вошло 55 статей секций «Транспортные системы» и «Инфраструктура железных дорог».

При использовании настоящего материала ссылки на сборник обязательны. Название программных продуктов, изделий, фирм и др., встречающиеся в тексте, являются зарегистрированными товарными знаками соответствующих производителей. Статьи публикуются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

В.А. Поморцев (отв. ред.); А.Р. Христинич, канд. техн. наук; Ж.М. Мороз, канд. физ.-мат. наук; В.О. Колмаков, канд. техн. наук; В.С. Томилов, канд. техн. наук; Р.Н. Галиахметов, канд. философ. наук; М.В. Фуфачева, канд. техн. наук; О.Ю. Дягель, канд. эконом. наук; А.И. Орленко, канд. техн. наук; Е.А. Чабан, канд. техн. наук.

Е-mail: kright@krsk.irgups.ru

Тел. (391) 248-16-44

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ»	9
Обоснование необходимости утилизации золошлаковых отходов угольных котельных Красноярской железной дороги	9
А.С. Дробязко Научный руководитель: А.Е. Гаранин	
Обучение с 3D визуализацией электромагнитных процессов	12
Д.Д. Фадеев, Я. И. Писклов Научный руководитель: О.В. Колмаков	
Разработка системы оповещения рабочих бригад об опасности	16
С.А. Рыжаков, А.С. Дробязко Научный руководитель: В.С. Ратушняк	
Повышение качества электроснабжения устройств СЦБ	21
П.О. Чинков Научный руководитель: А.Р. Христинич	
Обоснование необходимости реализации релейно-процессорной централизации ЭЦ-МПК на полигоне КриЖТ ИрГУПС	26
И.П. Федченко, А.И. Золотухин Научный руководитель: А.Е. Гаранин	
Система контроля состояния сигнальной установки числовой кодовой автоблокировки с использованием радиоканала на базе модуля LoRa	31
О.Д. Копылов, Н.А. Семенов Научный руководитель: В.С. Ратушняк	
Усовершенствованная система тягового электроснабжения на базе модульного многоуровневого преобразователя	36
Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина Научный руководитель: В.О. Колмаков	
Усовершенствованная гибридная система компенсации реактивной мощности на базе фиксированного конденсатора и синхронного статического компенсатора	40
Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина Научный руководитель: Д. Э. Кронгауз	
Исследование возможности использования больших языковых моделей для распознавания объектов транспорта	45
Д.А. Мурашкин, Ю.Е. Ермакова, С.А. Сорокина Научный руководитель: Е.С. Ильин	

Возможность повторного ввода в эксплуатацию стрелочных электроприводов СП-6МГ	50
Д.Р. Дидух Научный руководитель: К.В. Менакер	
Возможности автоматизации информационной магистрали – программно-аппаратного комплекса «Попутчик» ОАО «РЖД»	54
А. Ю. Данилова Научный руководитель: М. В. Востриков	
Обоснование дополнительных требований к системе тягового электроснабжения при использовании систем интервального регулирования	59
М.И. Крапивин, В.В. Милюшин, Д.А. Пазов, С.С. Урлапов Научный руководитель: Е.Ю. Пузина	
Беспилотные системы управления движением поездов	64
К.А. Березан Научный руководитель: Ю.В. Могильников	
Анализ эксплуатационной надежности контактной сети в местах сопряжений анкерных участков	68
А.А. Повод Научный руководитель: А.А. Ковалев	
Переход сети оперативно-технологической связи ОАО «РЖД» на IP-протокол	72
В. Н. Ласьков Научный руководитель: В. А. Пискулин	
Повышение пропускной способности средствами интервального регулирования	76
И.А. Каримова Научный руководитель: Ю.В. Могильников	
Определение параметров дата-центра в беспилотном подвижном составе	81
П.Д. Кунгурцев Научный руководитель: В.А. Пискулин	
Современные системы автоматического управления и пример их использования в железнодорожном секторе	86
С.С. Рахматуллин Научный руководитель: А.С. Минкин	
Исследование методов компенсации реактивной мощности в системах тягового электроснабжения	90
Н.В. Бронникова	

Изменение конструкции стрелочного электропривода СП6-МГ в условиях ремонтно-технологического участка Аскизской дистанции сигнализации, централизации и блокировки	95
Д.А. Бурнаков Научный руководитель: И.А. Борковская	
Микропроцессорные реле и перспективы их развития в современных электроэнергетических системах	100
В. В. Шульмин, Я. И. Писклов Научный руководитель: А. А. Дружинина	
Перевод нетяговых потребителей с 27,5 на 10 кВ на участке Курагино-Крупская	104
Ю.В. Тимофеев Научный руководитель: Т.В. Щеголева	
Анализ надежности устройств контактной сети иланской дистанции электроснабжения	107
С.Д. Туров, В.С. Лыков Научный руководитель: Н.А. Рыжов	
Обзор оптимального расположения и размеров компенсации реактивной мощности	111
Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина Научный руководитель: В. О. Колмаков	
Недостатки ВМТ-110	115
С.А. Андрееenko, Д.В. Алтухов Научный руководитель: О.В. Колмаков	
Рентабельность измерения параметров контактной сети лазерными измерителями	118
Д.С. Нечаев, Д.И. Тепляшин Научный руководитель: Т.В. Щеголева	
Проектирование микропроцессорной централизации типа МПЦ-ЭЛ на станции Саранчет	121
Е.В. Демидов Научный руководитель: Л.И. Жуйко	
Обеспечение надежности электроэнергетических систем в условиях изменяющегося климата и экстремальных погодных условий	126
Орешков М.П., Рубцов К.Д., Сивов Д.А. Научный руководитель: Жуйко Л.И.	

Повышение эффективности коммутации силовых электронных преобразователей	129
Н.А. Резанов	
Научный руководитель: О.А. Малышева	
Проектирование блочной маршрутно-релейной централизации МРЦН-10 взамен ЭЦ-9	134
В.С. Мольц	
Научный руководитель: И.А. Борковская	
Обзор направлений развития микропроцессорных устройств релейной защиты	137
Д.А. Брюханов, Д.С. Иванов, К.Д. Рубцов	
Научный руководитель: А.Р. Христинич	
Применение и обзор РП-27,5 кВ с целью изменения питания и секционирования	141
Д.С. Иванов, Д.А. Брюханов, К.Д. Рубцов, Д.А. Сивов	
Научный руководитель: Д.Э. Кронгауз	
Учет влияния электрической составляющей в опыте холостого хода трансформатора	146
И.С. Капошко	
Научный руководитель: С.М. Плотников	
Учет влияния магнитной составляющей в опыте короткого замыкания трансформатора	149
К.А. Байкалов	
Научный руководитель: С.М. Плотников	
Факторы, не удовлетворяющие качество электроэнергии	152
Д.А. Мурашкин	
Научный руководитель: Н.А. Рыжов	
Сравнение различных типов мобильных устройств поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности и выбор наиболее подходящего для конкретных условий эксплуатации	156
К.Д. Рубцов, Д.А. Сивов, Д.А. Брюханов, Д.С. Иванов	
Научный руководитель: Л.И. Жуйко	
СЕКЦИЯ «ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»	162
Разработка проекта лечения больных мест земляного полотна	162
Е.В. Ефимова	162
Научный руководитель: В.А. Курочкин	162

Разработка технологии установки рельсовых соединителей	165
О.А. Рыжаков	165
Научный руководитель: В.А. Курочкин	165
Наплавка рельсовых концов и крестовин с использованием автоматического комплекса «Трансламатик»	168
Прибор дорожного мастера для контроля рельсовой колени	172
А.А. Ковалев	172
Научный руководитель: В.А. Курочкин	172
Машинизированное обслуживание пути: улучшение безопасности и эффективности	176
Е.А. Мазурова	176
Научный руководитель: А. Н. Жестовский	176
Применение машин на комбинированном ходу при ремонте железнодорожного пути	179
Д.И. Зарецкая	179
Научный руководитель: В.А. Курочкин	179
Капитальный ремонт с раздельной укладкой бесстыкового пути	183
В.А. Нюренберг	183
Научный руководитель: В.А. Курочкин	183
Изучение данных наблюдений за температурой рельса на Кошурниковской дистанции пути (ПЧ – 10)	186
Д. А. Пятков, В. В. Спирюхов	186
Научный руководитель: Д. А. Наumenко	186
Определение предвыбросного состояния железнодорожного пути	191
А.Ю. Повлюченко, М.П. Илющенко	191
научный руководитель: В.А. Курочкин	191
Расчет водопропускной трубы в программном комплексе SCAD	194
Р.А. Нестеров, В.А. Рочева, В.В. Медведева	194
Научный руководитель: Е.А. Хорошавин	194
Меры борьбы с морозным пучением и наледообразованием при строительстве автомобильных и железных дорог	199
Ю.С. Шелковникова	199
Системы безопасности на железнодорожных переездах	203
В.А. Смертина	203
Научный руководитель: Ж. М. Мороз	203
Сопоставление характеристик искательных систем мобильных средств дефектоскопии рельсов	207
И.Р. Петров	207
Научный руководитель: А.Н. Букин	207

Основные дефекты железобетонных искусственных сооружений и способы их устранения	213
Е.С. Евдокимова	213
Научный руководитель: А.И. Иванов	213
Комплексные подходы к вопросу оценки воздействия железной дороги на биосферу	217
К.В. Злобина	217
Научный руководитель: И.Ю. Крошечкина	217
Список использованных источников	223
Е.В. Минсафина, А.С. Герасимов	223
Научный руководитель: Л.В. Чайка	224
Основания и фундаменты при реконструкции зданий	227
А.Д. Дорошко	227
Научный руководитель: О.М. Преснов	227
Шпалы с увеличенной площадью опирания: особенности конструкции, преимущества и перспективы применения	231
Пятков Д. А., Спириухов В. В.	231
Научный руководитель: Мороз Ж.М.	231
Современные материалы для локализации очагов разрушений на мостовых сооружениях	234
Л.А. Иванова	234

СЕКЦИЯ «ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ»

УДК 658.567.1

ГРНТИ 61.51.91

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ КРАСНОЯРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

А.С. Дробязко

студент, специальность 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: А.Е. Гаранин

канд. техн. наук, доцент кафедры «СОД»

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В угольных котельных КрасДТВ при сжигании бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна образуются золошлаковые отходы (ЗШО). В 2023 году в процессе эксплуатации угольных котельных КрасДТВ образовалось 4.294.356 тонн золошлаковых отходов. Захоронение ЗШО влечёт ежегодные материальные затраты более 10 МЛН рублей. С учетом целевых ориентиров Экологической Стратегии ОАО "РЖД", предполагающей максимальное вторичное использование образуемых отходов, предлагается инновационная технология, позволяющая утилизировать ЗШО с получением доступного сырьевого строительного материала (для производства тротуарной плитки и газобетонных блоков).

Ключевые слова: золошлаковые отходы, инновационная технология, утилизация, угольные котельные КрасДТВ, плиты бетонные тротуарные.

Структурные подразделения компании ОАО "РЖД" сталкиваются с несколькими проблемами, связанными с высокими затратами как на захоронение золошлаковых отходов (ЗШО) угольных котельных, так и качеством тротуарного покрытия на платформах станций, остановочных пунктах и железнодорожных переходах, что приводит к несоответствию эстетическим и безопасным стандартам и вынуждает РЖД приобретать плитку по высоким рыночным ценам у сторонних компаний или производить ее самостоятельно, используя коммерческий материал (цемент, песок, щебень), что требует дополнительных финансовых и временных затрат [1].

Секция «Транспортные системы»

В 2023 году в процессе эксплуатации 31 угольной котельной КрасДТВ образовалось 4.294.356 тонн (или 6 409,43 м³) золошлаковых отходов (объем ЗШО, образовавшихся на угольных котельных КрасЖД за 2023 год представлено на рисунке 1). Передача сторонним предприятиям ЗШО для утилизации повлекла за собой значительные материальные затраты на доставку автотранспортом и на размещение на полигоне – 7.321.000 рублей и 2.704.490 рублей соответственно, что в совокупности составляет 10.025.460 рублей.

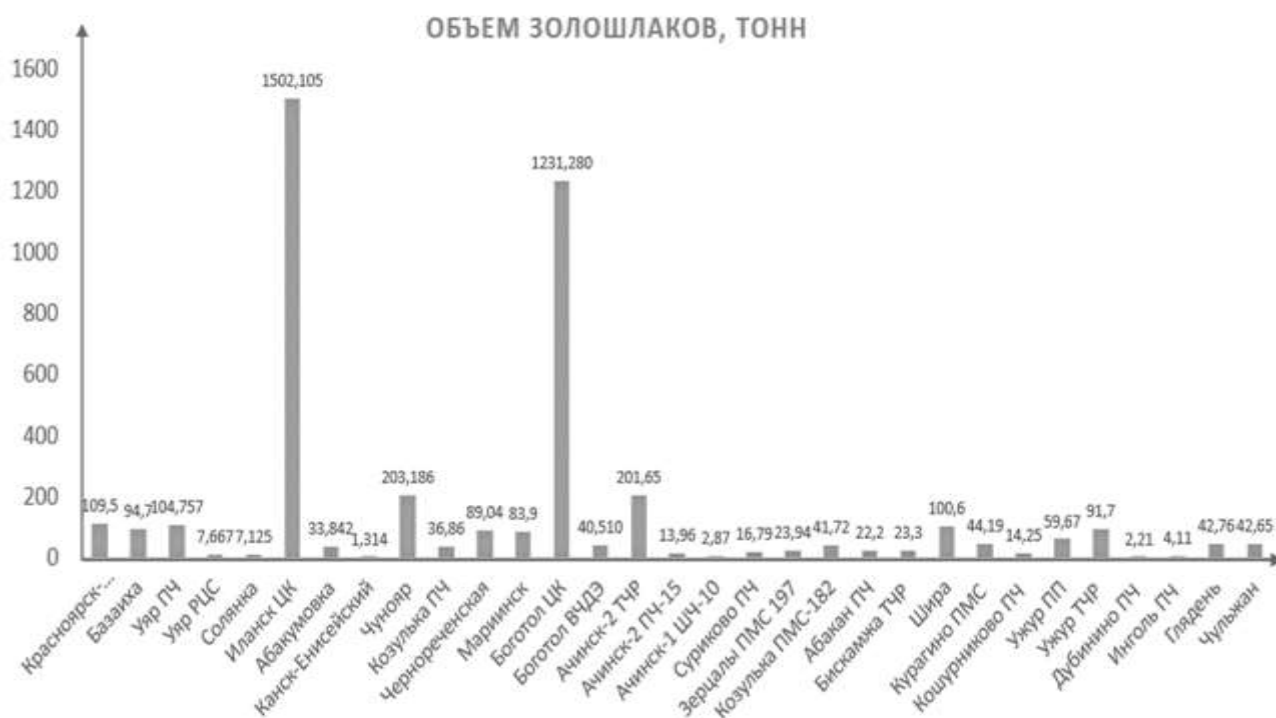


Рисунок 1 – Количество ЗШО (в тоннах), образовавшихся на угольных котельных Красноярской железной дороги за 2023 год (по данным КрасДТВ)

Красноярские котельные используют твердое топливо на основе бурого угля Канско-Ачинского угольного бассейна. Образующиеся в результате сжигания основные золошлаковые отходы содержат в своём составе большое количество оксида кальция, а значит, при правильном подходе можно разработать рецептуру использования ЗШО в качестве вяжущего материала (вместо цемента) для создания тротуарной плитки [2]. При этом, необходима активация золы, которая производится с помощью инновационной технологии на основе электрогидроимпульсной активации буроугольной золы с целью создания рецептуры получения тротуарной плитки с минимальным содержанием коммерческого сырья, низкой себестоимостью, с приемлемым качеством для обустройства объектов ЖД инфраструктуры [3;4;5].

Тротуарная плитка, изготовленная при помощи электрогидроимпульсной технологии [3], обладает множеством конкурентных преимуществ – высокая прочность, высокая морозостойкость, экологичность, низкая себестоимость,

энергоэффективность [4] (образец такой плитки представлен на рисунке 2). На балансе КрасДПО находится 653 пассажирских платформы, из которых на 139 платформах (общей площадью 50362,6 м²) используется покрытие в виде тротуарной плитки разных видов.

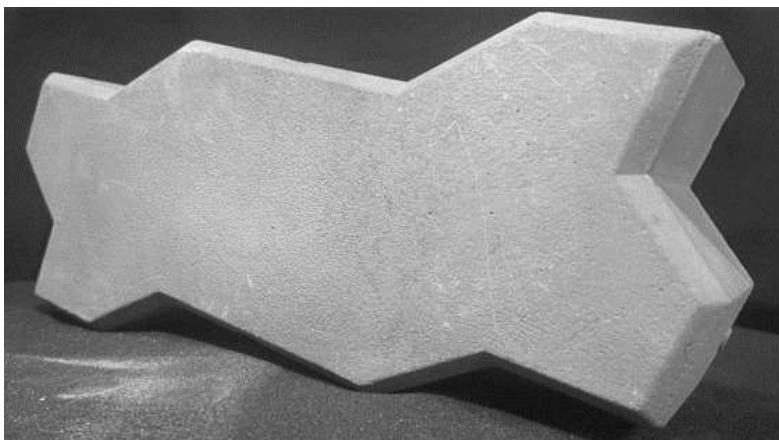


Рисунок 2 – Тротуарная плитка, изготовленная при помощи электрогидроимпульсной технологии

Для внутренних нужд, силами работников КрасДПО на базе Абаканского производственного участка организовано изготовление тротуарной плитки (по себестоимости строительных материалов) размерами 500×500 мм и толщиной 50 мм [2]. Объём производства составляет 3300 м² в год, что удовлетворяет существующую потребность.

На данный момент, стоимость производства 1 м² плитки (с учётом стоимости коммерческого материала) составляет, примерно, 300 рублей. Следовательно, стоимость годового объёма производства плитки на базе производственного участка составляет 957 тысяч рублей в год.

При полной замене коммерческих строительных материалов на ЗШО, стоимость производства 1 м² плитки (по предварительным расчётам) будет составлять 150 рублей (или 495.000 рублей в год при текущем объёме производства), что на 93,3 % дешевле, чем при использовании коммерческого сырья.

Таким образом, экономическая выгода при использовании в производстве тротуарного покрытия золошлаковых отходов составит 462 тысячи рублей, а полный экономический эффект, включая затраты на утилизацию ЗШО (475 тысяч рублей), составит 937 тысяч рублей в год.

Список использованных источников

1. Распоряжение ОАО "РЖД" "Об утверждении экологической стратегии ОАО "РЖД" на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года" от 12.06.2022 № 44 // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2023.

2. ГОСТ 17608-2017 Плиты бетонные тротуарные. Термины и определения: утверждён и введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.03.2018 № 1527-ст: дата введения 2018-03-01. – URL: <https://www.mos.ru/upload/documents/files/3236/GOST17608-2017.pdf> (Дата обращения: 15.04.2024). – Текст: электронный.

3. Применение электрогидроимпульсных технологий для утилизации железобетонных отходов / А. Е. Гаранин, А. В. Юрьев, Д. А. Юрьева [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2023. – № 6. – С. 44-47. – EDN AWPSTR.

4. Патент № 2808176 С1 Российская Федерация, МПК В02С 19/18. Способ электрогидроимпульсного разрушения железобетонных конструкций: № 2023105875: заявл. 13.03.2023: опубл. 24.11.2023 / А. В. Юрьев, А. Е. Гаранин, Д. А. Юрьева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения. – EDN EJUAUZ.

5. Патент № 2770190 С1 Российская Федерация, МПК Н01Т 2/02, Н01Т 1/20. Силовой искровой разрядник: № 2021102661: заявл. 04.02.2021: опубл. 14.04.2022 / А. В. Юрьев, А. Е. Гаранин, Д. А. Юрьева, К. П. Ремянников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения. – EDN ZQDXMM.

УДК 004.42: 378.147

ГРНТИ 50.41.25

ОБУЧЕНИЕ С 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Д.Д. Фадеев, Я. И. Писклов

Студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: О.В. Колмаков

канд. техн. наук,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В современном мире электромагнитные процессы играют важную роль в таких отраслях, как электроника, энергетика, связь и технологии, и их понимание является необходимым для эффективной работы и развития. Для обучения персонала и визуализации этих процессов предлагается использовать современные цифровые решения, включая 3D моделирование и

программирование. Такой подход позволит более наглядно и понятно представить сложные электромагнитные явления, что способствует более эффективному обучению и развитию специалистов в данных областях.

Ключевые слова: Blender, Unity, электромагнитное поле, закон Фарадея, скрипт.

Введение

Необходимость визуализации электромагнитных процессов вызвана, в первую очередь, сложностью умозрительного восприятия этого физического явления, а также возможностью, при дальнейшей, более глубокой проработке программного продукта, использовать в управлении перетоками мощности в реальных энергообъектах и системах.

Как вы знаете, для решения сложных задач в электротехнике можно использовать передовые технологии 3D-моделирования. Например, благодаря этим технологиям можно визуализировать взаимодействие электромагнитных полей в электрогенераторе. Это очень полезно при проектировании и оптимизации работы генераторов, а также при обучении студентов и специалистов. С помощью модели можно наглядно показать взаимодействие электромагнитных полей ротора и статора.

Ротор создает магнитное поле, а его вращение внутри статора вызывает появление электродвижущей силы (ЭДС) в медной катушке статора. Важно отметить, что простое наличие неподвижного ротора рядом со статором не приводит к появлению ЭДС в статоре. Это явление возникает только при вращении ротора. Кроме того, скорость вращения ротора влияет на частоту получаемой ЭДС. Например, при скорости вращения 3000 оборотов в минуту частота напряжения составляет 50 Гц. Это связано с тем, что каждый оборот ротора создает изменение магнитного поля, что в свою очередь вызывает появление ЭДС.

Использование 3D-моделирования позволяет более глубоко изучить процессы, происходящие в электрогенераторе, и визуализировать их. Технология 3D-моделирования позволяет увидеть взаимодействие магнитных полей и лучше понять физические принципы работы электрогенераторов [4]. Для визуализации процесса использовались программы Blender и Unity3D. Blender – профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при проектировании.

Он предоставляет широкий набор инструментов и возможностей для создания реалистичных трехмерных моделей и эффектов. Unity3D – современный кросс-платформенный продукт, позволяющий создавать приложения для различных платформ, включая компьютеры, мобильные

устройства и игровые консоли [2]. Он обладает мощным движком, поддерживающим разработку игр, виртуальной реальности и других интерактивных приложений. Они позволяют создать основные объекты, такие как ротор и статор, которые представляют собой основу для работы и взаимодействия электрогенератора.

Для успешной визуализации необходимо смоделировать основные объекты, необходимые для проведения процесса. В данном случае это ротор и статор. Ротор – вращающаяся часть механизма, а статор – неподвижная. Они образуют основу для работы и взаимодействия электрогенератора (рисунок 1).

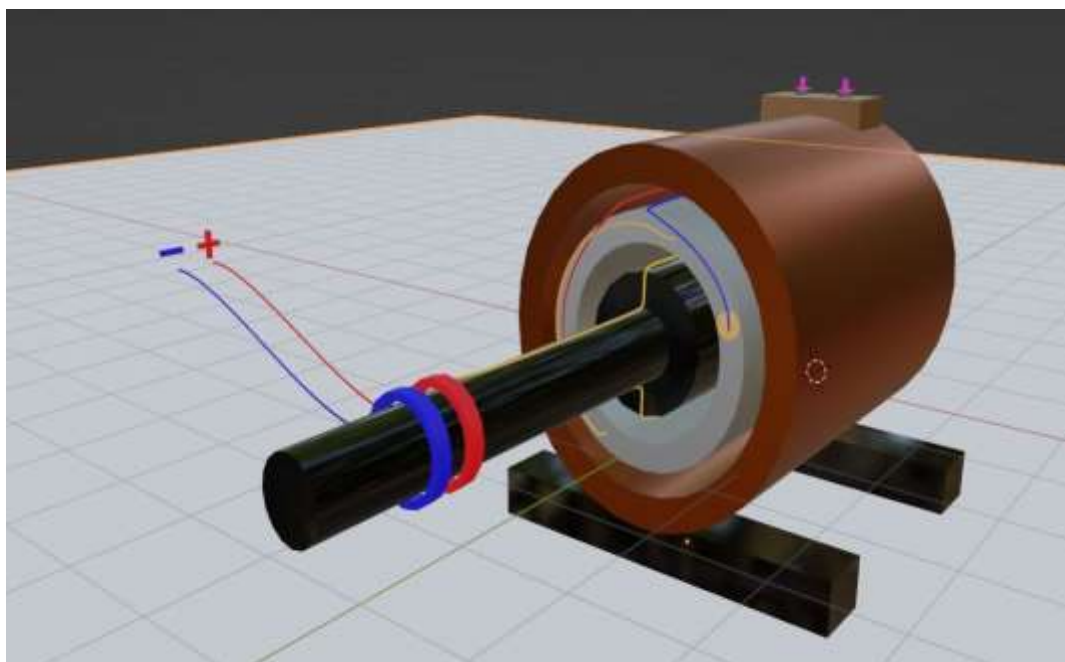


Рисунок 1 – Заготовка 3D модели генератора

Для показания возникающего напряжения на обмотке статора была смоделирована нагрузка, она же лампочка.

После визуализации заходим для демонстрации основных процессов, возникающих в электрогенераторе в программу Unity3D.

Одним из первых шагов для удобного пользования приложением через виртуальные кнопки описывалась панель управления приложением, а также кнопки для взаимодействия с генератором (рисунок 2). Вторым шагом пишется скрипт для вращения ротора вокруг своей оси, а также работа со светом, создание анимации тока и их физические зависимости от силы тока на роторе и частоты его вращения.

Завершающим моментом является «импортирование» проекта и его тестирование на разных платформах таких как «Windows» и «Android» (рисунок 3).

```
using JetBrains.Annotations;
using System;
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Rotate : MonoBehaviour
{
    bool switchButton = false;
    public void FixedUpdate()
    {
        if(switchButton)
        {
            transform.Rotate(0, 0, 3);
        }
    }

    public void LateUpdate()
    {
        switchButton = !switchButton;
    }
}

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class Menu : MonoBehaviour
{
    public GameObject menu;
    public GameObject SettingMenu;

    public void Play()
    {
        SceneManager.LoadScene(1);
    }

    public void Back()
    {
        SceneManager.LoadScene(0);
    }

    public void Settings()
    {
        menu.SetActive(false);
        SettingMenu.SetActive(true);
    }

    public void Exit()
    {
        Application.Quit();
    }
}
```

Рисунок 2 – Скрипты взаимодействия с генератором через виртуальные кнопки

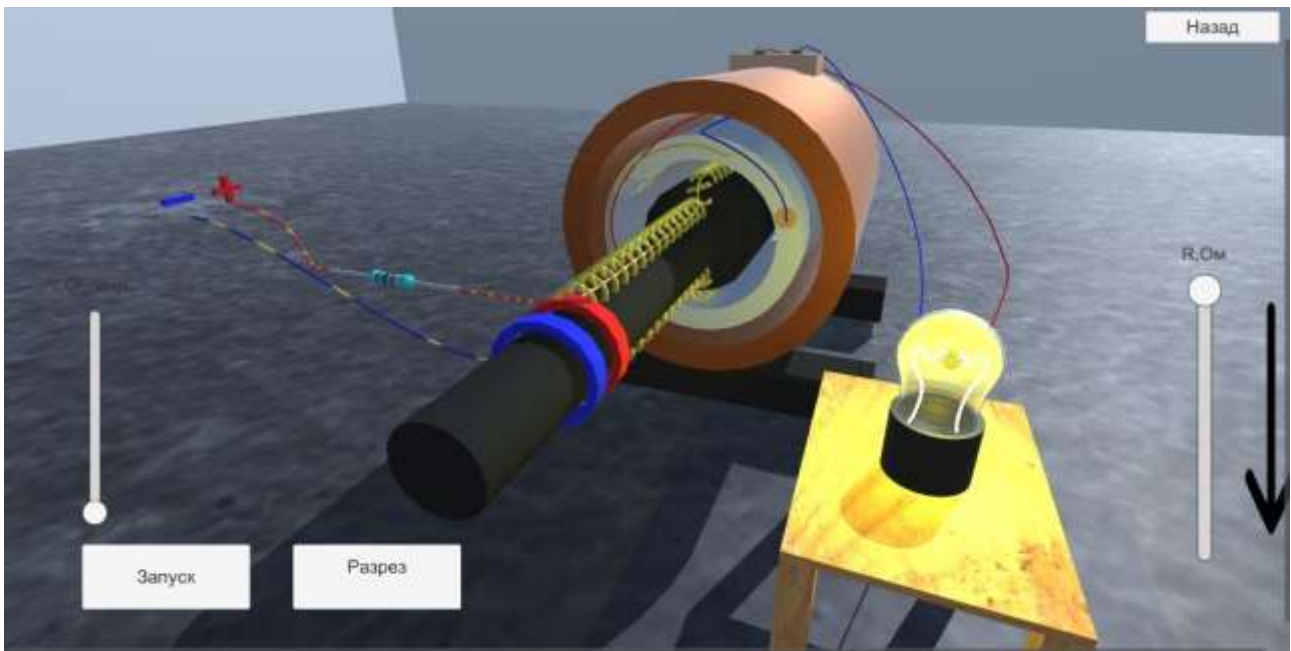


Рисунок 3 – Готовое приложение для визуализации

Заключение

Данный подход к изучению сложных физических явлений направлен на решение проблемы понимания, в частности, электромагнитных процессов и природы электроэнергии, что позволит более глубоко усвоить учебный

материал с использованием современных цифровых технологий. Кроме этого, применение цифровых технологий изучения физических процессов позволяет не только изучать сложные процессы, но и управлять ими.

Список использованных источников

1 Научный словарь-справочник от Автор24 по техническим и гуманитарным дисциплинам URL : <https://spravochnick.ru/>

2 Пак Н.И. Информационное моделирование. Уч. Пособие. / Красно-ярск, РИО КГПУ, 2008 URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004643229>

3 Бойков Е.В. Применение современных компьютерных технологий в обучении // Проблемы и пути развития профессионального образования. 2019. С. 42-45. URL: https://www.elibrary.ru/query_results.asp/

4 Плотников С.М., Колмаков О.В. Решение актуальных вопросов в теории трансформаторов // Изв. вузов, Электромеханика. 2021. Т. 64. № 3. С.5-11. DOI:10.17213/0136-3360-2021-3-5-11 URL: <https://www.elibrary.ru/>

УДК 654.9

ГРНТИ 49.27

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ БРИГАД ОБ ОПАСНОСТИ

С.А. Рыжаков, А.С. Дробязко

Студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.С. Ратушняк

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры СОД,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Железнодорожный транспорт играет важную роль в транспортной системе страны, обеспечивая высокую пропускную и провозную способность. Однако, работники, занимающиеся обслуживанием инфраструктуры, сталкиваются с высоким риском для жизни и здоровья из-за недостаточного или несвоевременного предупреждения о приближении поездов. Для повышения безопасности предлагается использовать новую систему оповещения, которая позволит минимизировать влияние человеческого фактора на безопасность рабочих и повысит безопасность выполнения работ вблизи железнодорожных путей.

В статье также описываются и анализируются системы оповещения работников о приближении поезда, их особенности, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *безопасность рабочих, устройство, система, подвижной состав, опасность.*

Железнодорожный транспорт является одним из наиболее важных и широко используемых видов транспорта. Он играет ключевую роль в экономическом развитии страны, обеспечивая перевозку грузов и пассажиров по всей территории. Основными плюсами железнодорожного транспорта являются его способность перевозить большие объемы грузов на дальние расстояния, надежность и экономичность. Кроме того, железнодорожный транспорт имеет более низкий уровень загрязнения окружающей среды по сравнению с другими видами транспорта.

На территории РФ железнодорожный транспорт играет особенно важную роль. Страна имеет одну из крупнейших в мире сетей железных дорог, которая связывает все регионы страны и обеспечивает перевозку различных видов грузов, включая уголь, нефть, зерно, металлы и другие товары. Железнодорожный транспорт также играет ключевую роль в пассажирской перевозке, обеспечивая комфортное и надежное сообщение между крупными городами.

Однако, железнодорожный транспорт в России также сталкивается с рядом проблем, одна из которых, это риск для жизни и здоровья рабочих/рабочих бригад при проведении производственных работ. Главной опасностью, для работников дирекции инфраструктуры (ДИ), является несвоевременное предупреждение о приближении подвижного состава. Причиной таких случаев могут служить: погодные условия, рельеф местности, высокий уровень шума в месте проведения работ. Также стоит обратить внимание на влияние человеческого фактора, халатность в работе, потеря бдительности, усталость, влияние погодных условий на организм человека и др.

На сегодняшний день, по всей сети железных дорог РФ для обеспечения безопасности выполнения работ вблизи железнодорожных путей, используют сигнальщиков. Сигнальщик – это специалист, ответственный за контроль и управление сигнальной системой, обеспечивающей безопасность движения поездов на железнодорожном участке. Он играет ключевую роль в обеспечении безопасности как самого движения поездов, так и работников, находящихся на железнодорожной территории. Согласно правилам технической безопасности, сигнальщик должен быть удален от работающей бригады не более чем на 50 м, при

этом, он должен видеть приближающийся подвижной состав не менее чем за 500 м бригады рабочих.

Не смотря на наличие такой профессии, как сигналист, несчастные случаи и травматизм от несвоевременного предупреждения, всё равно происходят. По статистическим данным за 2023 год в ЦДИ и ЦДРП произошло свыше 40 случаев травматизма рабочих, 11 из которых смертельных и 7 групповых. В связи с этим активно разрабатывают и внедряются системы предупреждения работников о приближении подвижного состава, которые могут применяться как основное или дополнительное средство по обеспечению безопасности.

Одно из таких систем, является система «Сигнализатор – П». Изделие применяется, как переносное устройство. Сигнализатор перехватывает колебания от объектов на пути и передает их через железнодорожное полотно, создавая периодические тональные звуковые и световые сигналы для предупреждения. Звуковой сигнал имеет частоту 3200 ± 200 Гц, длится 1,5 секунды и повторяется каждые 3 секунды. Сразу после звукового сигнала следует ярко-синий световой сигнал, чтобы сигнализировать о приближении состава поезда.[1-2]

К недостаткам данного устройства относится:

- использование виброакустических колебаний;
- отсутствие отдельного устройства для звуковой и оптической сигнализации.

Программно-аппаратный комплекс «Цифровой сигналист». «Цифровой сигналист» – это распределенная система, которая включает в себя устройства как на подвижном составе, так и на местах работ, а также на рабочих. После получения сигнала оповещения, руководитель работ должен организовать перемещение всех в безопасную зону. Только после этого на локомотивном устройстве появится зеленый сигнал, указывающий на свободный путь. [3]

Недостатками системы являются:

- необходимо оснащение абсолютно всех локомотивов специальными датчиками;
- назначение ответственных за наблюдением и обслуживанием локомотивных датчиков;
- отсутствие предупреждения бригады, при движении состава вагонами вперед.

Система «Automatic Detection Unit (ZFS, F500-SEN, F500-AB-Box)», обнаруживает подвижной состав за счет датчика движения. Датчик обнаружения поезда крепится к рельсу, фиксируя подвижной состав, формируется сигнал и передается по радиоканалу на центральный блок распределения сигналов, с главного блока передается на аппаратуру, установленную возле места

проведения работ, в которой формируется предупреждающий звуковой сигнал.[4]

К недостаткам такой системы можно отнести:

- отсутствие оптической сигнализации;
- использование одиночного источника звуковой сигнализации.

В связи с недостатками существующих систем, предлагается разработать инновационную систему оповещения рабочих/рабочих бригад об опасности на основе микропроцессорных контроллеров. Принцип работы представлен на рисунке 1.

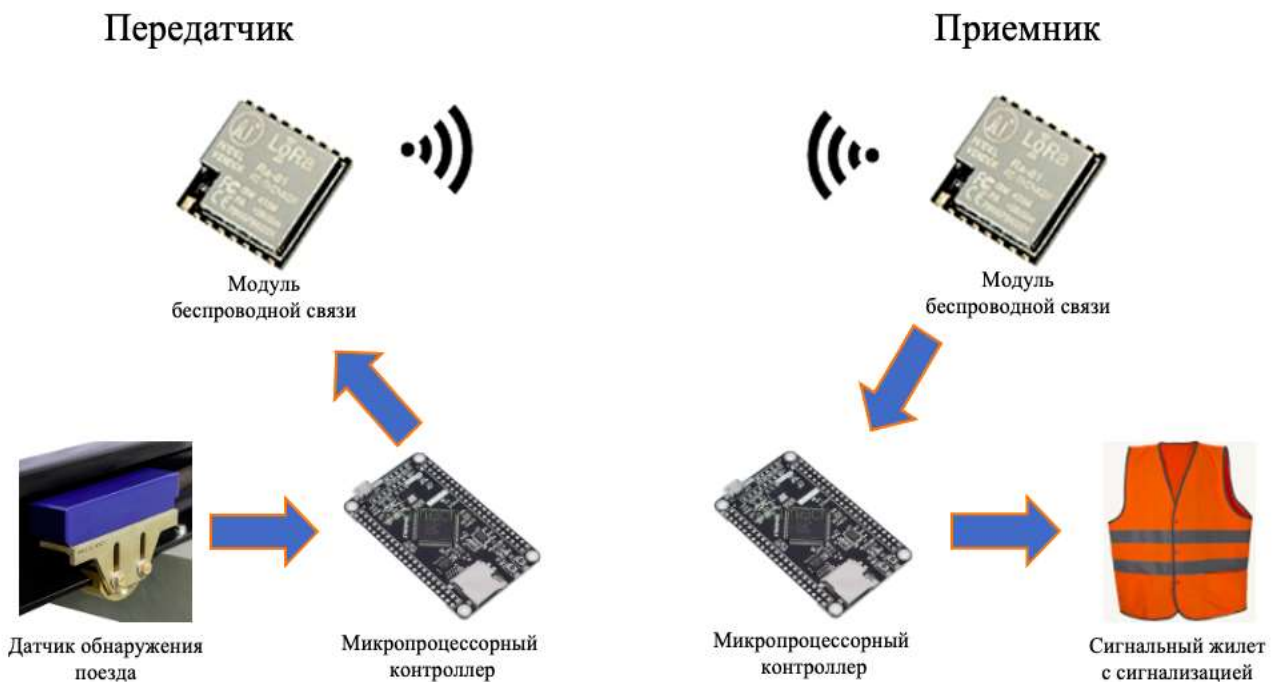


Рисунок 1 – Принцип работы предлагаемой системы

Предлагаемая система состоит из:

- передатчика, оснащенного датчиком обнаружения поезда, микропроцессорной платы и модулем беспроводной связи для передачи сигнала о приближении поезда работникам;
- приемника, состоящего из микропроцессорной платы, модуля беспроводной связи и сигнального жилета оснащенного звуковой, световой и вибро - сигнализацией.

Данное устройство функционирует в следующей последовательности: «Системы оповещения рабочих бригад об опасности» устанавливается за основание рельса на участке, где проводятся работы, при проезде поезда над датчиком обнаружения поезда, устройство собирает информацию о его приближении, используя модули LoRa, устройство передает сигнал о приближении поезда на сигнальные жилеты работников через радиоканал. Сигнальные жилеты с встроенным приемником получают сигнал с устройства и

генерируют звуковую, световую и вибро-сигнализацию, предупреждая бригаду работников о приближении поезда. Этот процесс позволяет оперативно и автоматически предупреждать рабочих о приближающемся поезде, уменьшая вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций и увеличивая безопасность на железнодорожных путях в местах проведения работ. Технология предлагает надежное и эффективное решение для улучшения безопасности труда при работе на железнодорожных путях [5].

Преимуществом системы является:

- мобильность;
- способность передавать информацию на расстояния до 15 км;
- экономичное энергопотребление;
- интуитивно понятное управление;
- не требует повышение квалификации сотрудника, для работы с системой;

Список использованных источников

1. Обоснование внедрения в эксплуатацию устройство оповещения прибора-сигнализатора приближения поезда «Сигнализатор-П» / [Электронный ресурс] // Студопедия : [сайт]. — URL: https://studopedia.ru/27_47029_obosnovanie-vnedreniya-v-ekspluatatsiyu-ustroystvo-opoveshcheniya-pribora-signalizatora-priblizheniya-poezda-signalizator-p.html (дата обращения: 05.04.2024).

2. Ратушняк, В. С. Анализ помех, возникающих в устройствах автоматики, телемеханики и связи и способы их устранения / В. С. Ратушняк, М. А. Куликов, В. С. Ратушняк // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXVI Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 03 ноября 2022 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2022. – С. 47-51. – EDN XGCFLW

3. Всем выйти из зоны риска / [Электронный ресурс] // Гудок URL: <https://gudok.ru/z/kbsh/main/1666323/> (дата обращения: 11.04.2024).

4. Блок автоматического обнаружения (ZFS, F500-SEN, F500-AB-Box) / [Электронный ресурс] // Rail Suppliers: [сайт]. — URL: <https://www.rail-suppliers.com/product/automatic-detection-unit-zfs-f500-sen-f500-ab-box/> (дата обращения: 06.04.2024).

5. Ратушняк, В. С. Разработка макета изучения алгоритмов функционирования напольных устройств железнодорожной автоматики на микроконтроллере Arduino / В. С. Ратушняк, А. Е. Гаранин, Д. С. Товстенко //

Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах, Красноярск, 28–30 октября 2021 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 71-74. – EDN VUEKMD.

УДК 621.316

ГРНТИ 44.29.33

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ СЦБ

П.О. Чинков

*студент специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: А.Р. Христинич

*канд. техн. наук, доцент кафедры СОД,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В данной статье описана важность процесса повышения качества электроснабжения устройств СЦБ, виды схем питания устройств СЦБ, техническое решение для повышения качества электроснабжения с использованием линии трехпроводных линий с заземленной фазой вместо линии ДПР.

Ключевые слова: качество электроснабжения, устройства СЦБ, ДПР, ЛЗФ

Повышение качества электроснабжения — это использование различных технических и организационно-технических мероприятий для улучшения качества электрической энергии. [3]

Качество электрической энергии (КЭ) является ключевым аспектом обеспечения надежного и безопасного функционирования электрических систем. Оно определяется характеристиками по частоте и напряжению, известными как показатели качества электроэнергии (ПКЭ). Эти параметры имеют решающее значение для электрооборудования, аппаратов и приборов, подключенных к сети.

Основные показатели качества электроэнергии, установленные ГОСТ 32144-2013, включают в себя:

- установившееся отклонение напряжения;

- размах изменения напряжения;
- доза фликера;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;
- коэффициент временного перенапряжения и другие.

Проблемы качества электроэнергии для потребителей 0,4 кВ СЦБ могут возникать из-за стандартных схем питания устройств от трансформатора, который питает тяговые нагрузки. Важно знать, что существуют различные схемы питания устройств СЦБ железных дорогах переменного тока напряжением 27,5 кВ, включая:

- основное питание линии СЦБ 6(10) кВ, расположенной на отдельных опорах, от повышающего трансформатора;
- подключение к шинам собственных нужд 0,4 кВ тяговой подстанции;
- присоединение тяговых шин 27,5 кВ через ТСН;
- резервное питание от линии ДПР.

При обеспечении основного питания однофазных потребителей СЦБ возникают некоторые сложности, связанные с линией "провод - рельс". Эти проблемы с отклонениями напряжений схожи с теми, что возникают на линии ДПР.

Питание устройств СЦБ на электрифицированных линиях постоянного тока (рисунок 1) и переменного тока (рисунок 2) осуществляется от смежных тяговых подстанций. Это позволяет обеспечить надежную работу системы и минимизировать возможные сбои в энергоснабжении. Кроме того, такой подход способствует оптимальному распределению энергии и обеспечивает более эффективное использование ресурсов.

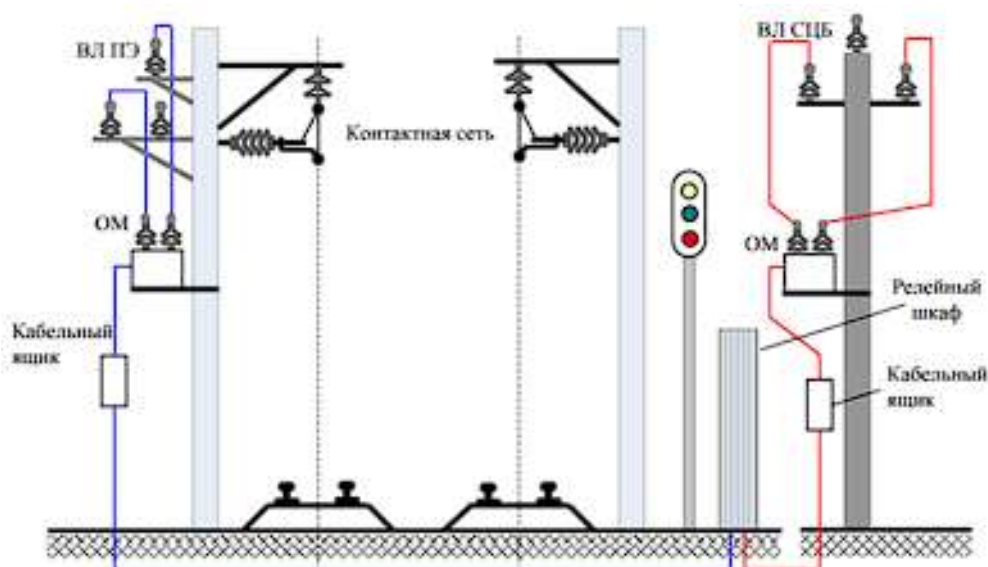


Рисунок 1 – Питание сигнальной точки на участке постоянного тока

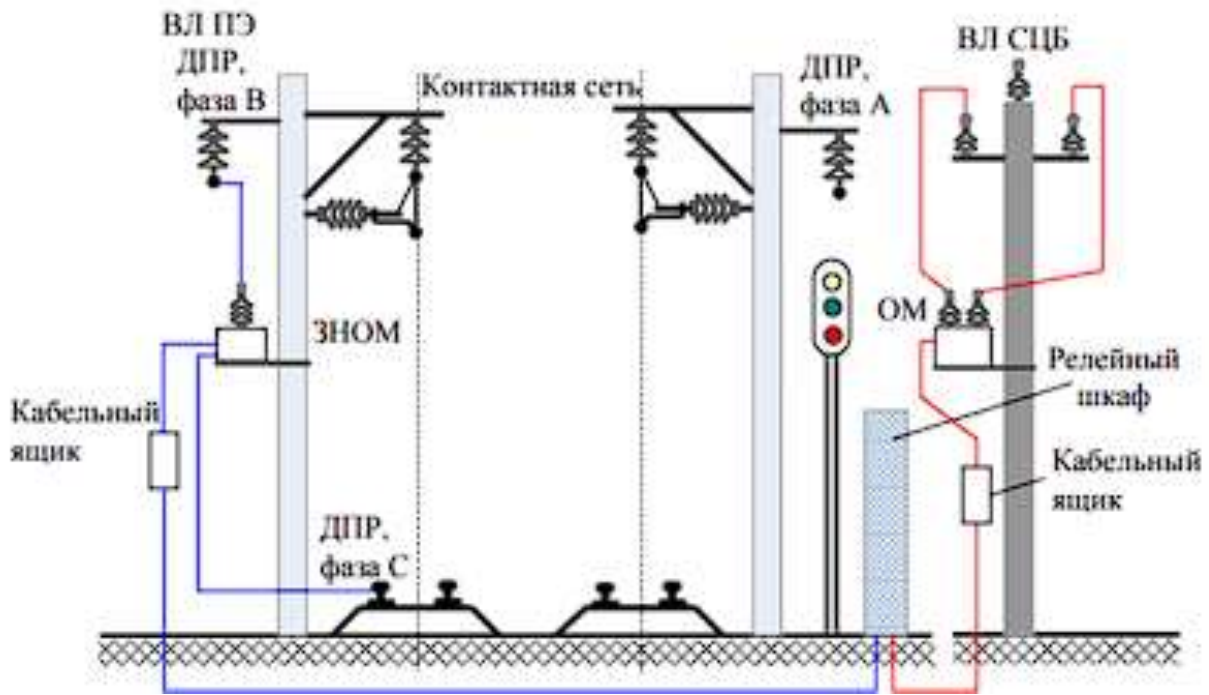


Рисунок 2 – Питание сигнальной точки на участке постоянного тока

Для обеспечения стабильности работы системы и снижения вероятности отключений устройств СЦБ, рекомендуется линии ДПР заменить на линии с заземленной фазой (ЛЗФ) (рисунок 3).

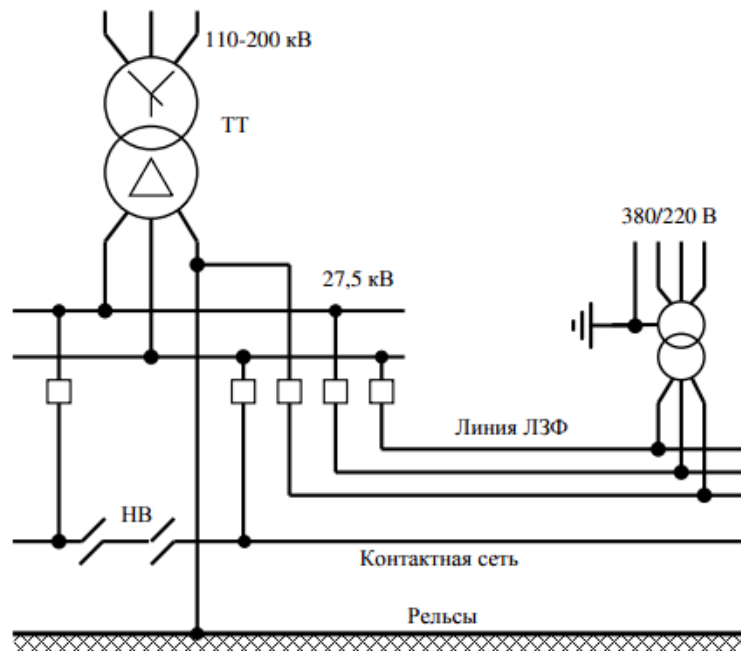


Рисунок 3 – Схема ЛЗФ

Для определения эффективности трёхпроводных линий ЛЗФ по критерию качества электроэнергии на шинах 0,4 кВ подстанций СЦБ проведено моделирование режимов модели. Результаты моделирования показаны в таблице 1 и на рисунках 4, 5.

Таблица 1 – Сравнение систем по качеству электроснабжения устройств СЦБ

Параметр	$k_{2U}, \%$			$k_{0U}, \%$		
	ЛЗФ	ДПР	Различие, %	ЛЗФ	ДПР	Различие, %
Минимум	1,90	2,03	-6,8	0,1	0,1	-0,2
Среднее	4,23	5,55	-31,5	0,2	0,2	-40
Максимум	6,52	9,11	-39,7	0,2	0,4	-65
СКО	1,39	2,11	-52,0	0,1	0,1	-66
Размах	4,62	7,08	-53,3	0,1	0,3	-104

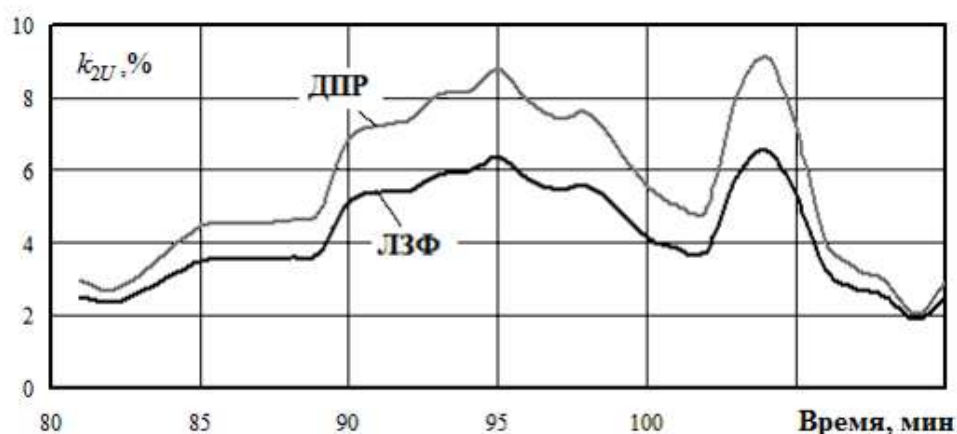


Рисунок 4 – Зависимости коэффициентов несимметрии напряжения от времени

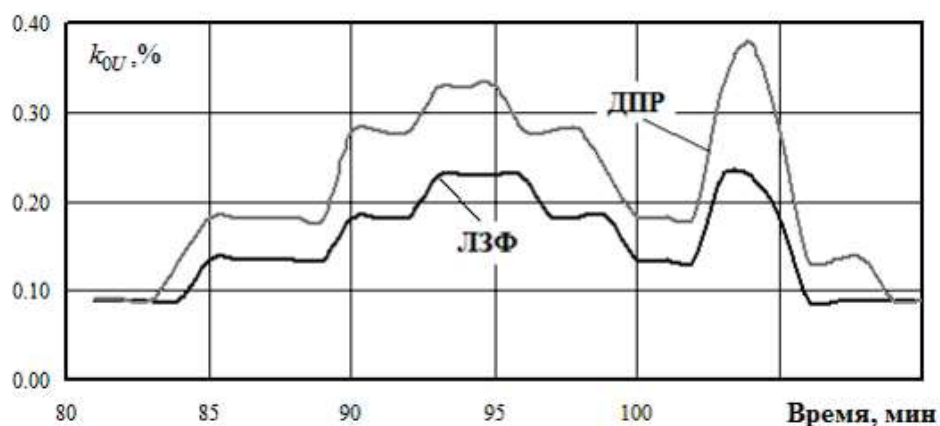


Рисунок 5 – Зависимости коэффициентов несимметрии напряжения от времени

Таким образом, использование линий ЛЗФ представляется эффективным решением для повышения надежности и стабильности электроснабжения в подстанциях СЦБ. С точки зрения технических характеристик и экономической целесообразности, данное решение имеет значительные преимущества.

Список использованных источников

1. Валяхметова, В. К. Повышение надежности электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог / В. К. Валяхметова, В. Л. Николаев,

В. А. Власова // Современные инновации в науке, образовании и технике : Сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 15–16 апреля 2018 года. – Москва: "Проблемы науки", 2018. – С. 27-29. – EDN LBPTHV.

2. Гришечко, С. В. Совершенствование методов контроля показателей качества электрической энергии систем электроснабжения нетяговых потребителей электрифицированных железных дорог : специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гришечко Сергей Владимирович. – Омск, 2008. – 16 с. – EDN NKPUWJ.

3. Журавлев, А. Н. Система электроснабжения нетяговых потребителей на электрофицированных железных дорогах переменного тока : специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Журавлев Александр Николаевич. – Москва, 2005. – 24 с. – EDN NIMRJF.

4. Лабунский, Л. С. Совершенствование технологии обслуживания устройств электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог / Л. С. Лабунский // Вестник Самарской государственной академии путей сообщения. – 2005. – № 3. – С. 30-35. – EDN IJKXVD.

5. Особенности обеспечения надежности электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог / В. Ю. Вуколов, А. А. Колесников, М. Д. Обалин, М. В. Шарыгин // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики : Материалы 95-го заседания Международного научного семинара, пос. Хужир (оз. Байкал), 09–15 июля 2023 года / Отв. редактор В.А. Стенников. Том Выпуск 74. – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2023. – С. 431-440. – EDN DQTTUD.

6. Улучшение качества электроэнергии в системах электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог / В. П. Закарюкин, А. В. Крюков, И. А. Любченко, А. В. Черепанов. – Москва-Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 184 с. – ISBN 978-5-4499-1580-1. – EDN KIUCMZ.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЛЕЙНО-ПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЭЦ-МПК НА ПОЛИГОНЕ КРИЖТ ИРГУПС

И.П. Федченко, А.И. Золотухин

студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: А.Е. Гаранин

канд.техн.наук, доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В работе приведена статистика эксплуатации релейно-процессорной централизации контейнерного типа ЭЦ-МПК на Красноярской железной дороге. Реализация релейно-процессорной централизации на учебном полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта: структурная схема реализации, разгрузочные операции модулей, выбор оптимальной кабельной трассы, блочный план станции Югачи с адаптацией под полигон. Обоснована необходимость реализации проекта по созданию системы ЭЦ-МПК на учебном полигоне КриЖТ.

Ключевые слова: релейно-процессорная централизация, ЭЦ-МПК, учебный полигон КриЖТ.

Оснащенность системами релейно-процессорными и микропроцессорными централизациями на Красноярской железной дороге приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оснащенность микропроцессорными устройствами КрасЖД

Название системы	Кол-во станций	Кол-во стрелок
ЭЦ-МПК	13	126
ЭЦ-МПК-У	3	41
РПЦ «Диалог-Ц»	6	194
РПЦ «ТУМС»	2	25
РПЦ-Е	2	224
МПЦ-ЭЛ	3	26
МПЦ-МПК	1	18
МПЦ-Е	23	432

Для наглядной демонстрации на рисунке 1 приведена сравнительная диаграмма. Система ЭЦ-МПК, эксплуатируемая на 13 станциях, имеет широкую географию присутствия на Красноярской железной дороге с большим количеством управляемых стрелок (126 шт.).

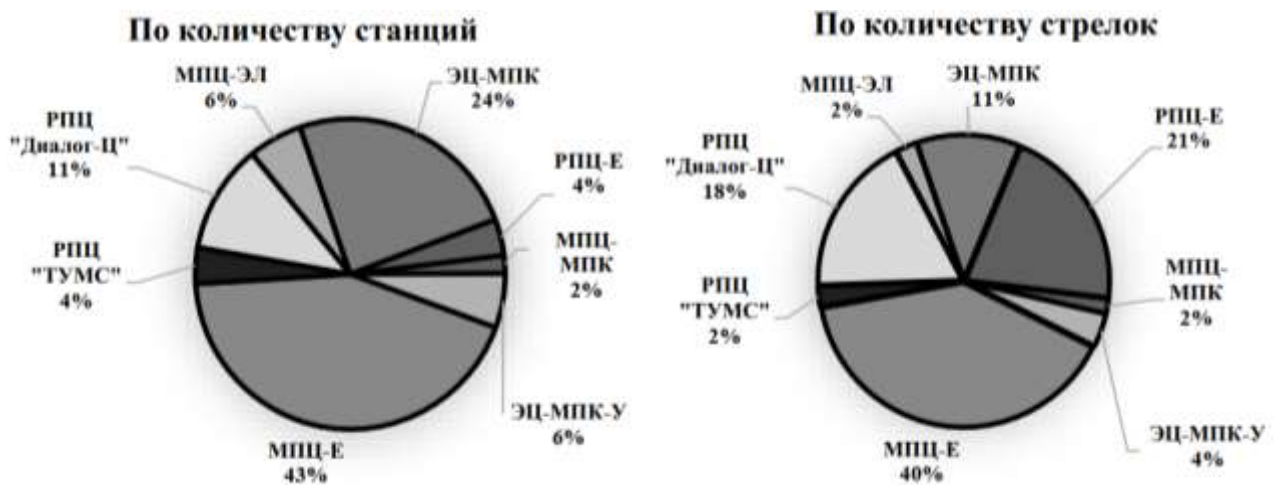


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма по количеству станций и по количеству стрелок

Релейно-процессорная централизация контейнерного типа относится к числу гибридных централизаций стрелок и сигналов, функционирование которой основано на взаимодействии микропроцессорных средств и релейной аппаратуры [1, 2].

Система строится по трехуровневой структуре (рисунок 2):

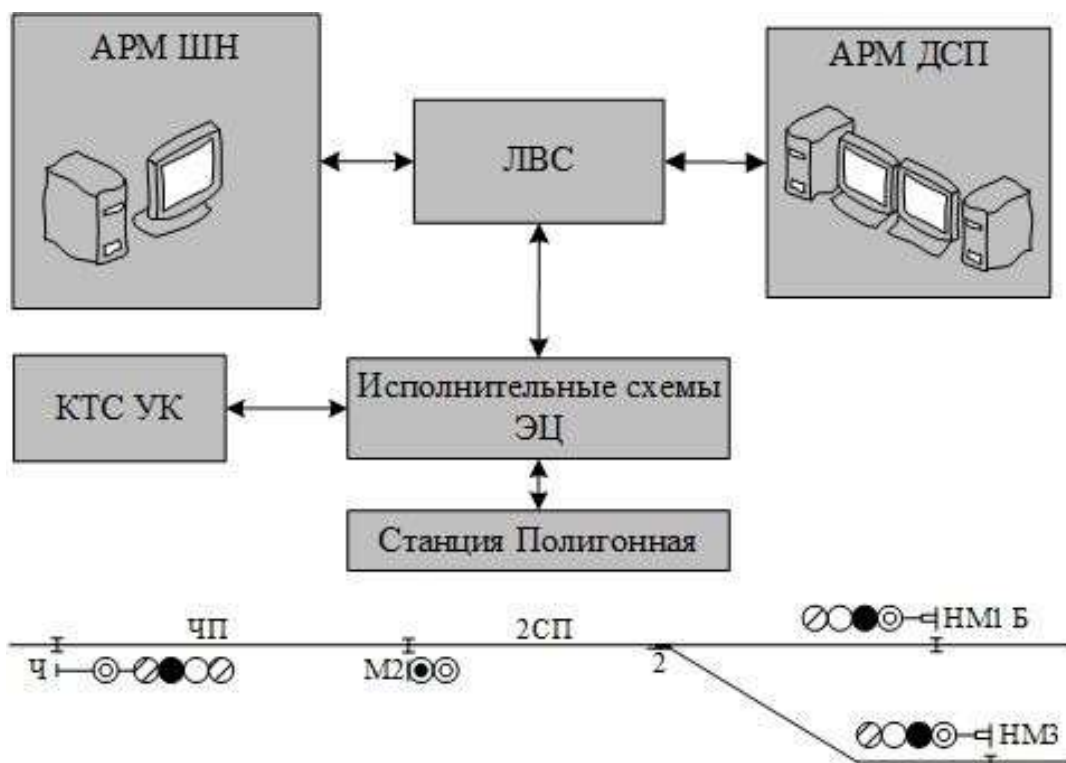


Рисунок 2 – Структурная схема реализации ЭЦ-МПК на полигоне КриЖТ ИрГУПС

- верхний уровень системы составляют автоматизированные рабочие места дежурного по станции (АРМ ДСП) и электромеханика поста централизации (АРМ ШНЦ);
- ко второму уровню относится комплекс технических средств управления и контроля (КТС УК);

– третий уровень включает исполнительные схемы релейной централизации, обеспечивающие безопасность движения при минимальном числе реле 1-го класса надежности. АРМ ДСП реализован на резервированных РС – компьютерах (комплекты А и Б) промышленного исполнения стандартной конфигурации.

Электрическая централизация ЭЦ-МПК предназначена для управления и контроля устройств железнодорожной автоматики на станциях с помощью средств компьютерной техники. Управление объектами ЭЦ станции (стрелками, светофорами и т.д.) сохраняется с использованием реле, основываясь на классических схемных решениях, апробированных десятилетиями.

Как правило, пост электрической централизации ЭЦ-МПК представляет собой три-четыре совмещенных контейнера с внедренной релейной аппаратурой транспортабельный модуль ЭЦ-ТМ. Такой модуль, внедряемый на полигон КрИЖТ со станции Югачи, приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Разгрузочные операции модулей МП, МР на полигоне

После установки транспортабельного модуля ЭЦ-ТМ необходимо связать релейную аппаратуру, установленную в нем, с напольными устройствами СЦБ на учебном полигоне. На рисунке 4 показано предлагаемое размещение кабельной трассы от модуля до устройств СЦБ.

Секция «Транспортные системы»

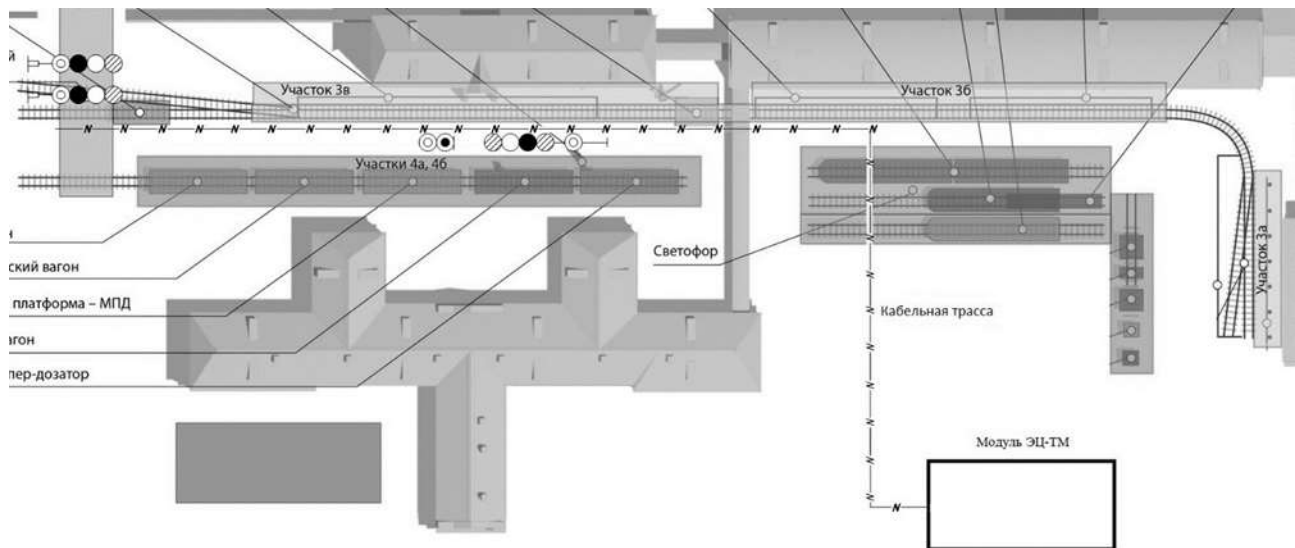


Рисунок 4 – Выбор оптимальной кабельной трассы

Поскольку количество напольных устройств СЦБ на учебном полигоне КРИЖТ меньше, чем на ст. Югачи, то ее блочный план требуется адаптировать под план станции Полигонная. На рисунке 5 выделены блоки исполнительных реле, непосредственно задействованные в функционировании устройств учебного полигона, а остальные – блоки реле, участвующие в функционировании будущего учебного макета.

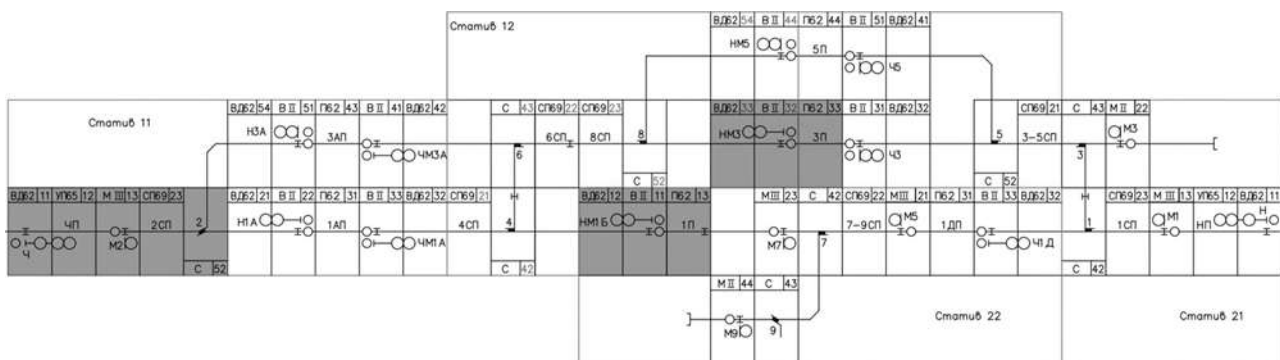


Рисунок 5 – Блочный план ст. Югачи с адаптацией под полигон

Сегодня ЭЦ-МПК занимает одну из лидирующих позиций среди компьютерно-релейных систем, внедренных на сети железных дорог, обладает расширенными функциональными возможностями, по сравнению с традиционными системами релейной автоматики и телемеханики благодаря сочетанию современных микропроцессорных технологий с классическими релейными системами обеспечения безопасности движения поездов. При этом система зарекомендовала себя в условиях воздействий нестационарных грозовых перенапряжений [3 – 5].

Резюмируя вышесказанное, представляется необходимым размещение контейнерного модуля системы ЭЦ-МПК на учебном полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта.

Список использованных источников

- 1 Кондратьева, Л.А. Системы регулирования движения на железнодорожном транспорте : учебное пособие / Л. А. Кондратьева. — Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. — 322 с. — 978-5-89035-903-2. — Текст : электронный // УМЦ ЖДТ: электронная библиотека. — URL:<https://umczdt.ru/books/1194/39325/>
- 2 Сапожников, В.В. Микропроцессорные системы централизации : учебник / В. В. Сапожников, В. А. Кононов, С. А. Куренков, А. А. Лыков, О. А. Наседкин, А. Б. Никитин, А. А. Прокофьев, М. С. Трясов. — Москва : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. — 398 с. — 978-5-89035-525-6. — Текст : электронный // УМЦ ЖДТ:электронная библиотека. — URL: <https://umczdt.ru/books/1194/226105/>
- 3 Гаранин, А. Е. Совершенствование методики расчета грозовых перенапряжений и критерия эффективности устройств защиты системы автоматики электрифицированных железных дорог : специальность 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гаранин Александр Евгеньевич. — Омск, 2011. — 22 с. — EDN QHLYTN.
- 4 Митрохин, В. Е. Функционирование рельсовых цепей при грозовых перенапряжениях / В. Е. Митрохин, А. Е. Гаранин, А. В. Ряполов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2013. — № 2(38). — С. 246-250. EDN QCLYDN.
- 5 Митрохин, В. Е. Вероятность безотказного функционирования рельсовых цепей при грозовых перенапряжениях / В. Е. Митрохин, А. Е. Гаранин, А. В. Ряполов // Транспорт Урала. — 2013. — № 1(36). — С. 43-45. — EDNPYSUWZ.

**СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СИГНАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЧИСЛОВОЙ
КОДОВОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОКАНАЛА НА БАЗЕ
МОДУЛЯ LoRA**

О.Д. Копылов

студент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Н.А. Семенов

инженер РЦИР,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.С. Ратушняк

канд. техн. наук, доцент кафедры «Системы обеспечения движения поездов»,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Данная научная статья посвящена разработке системы защиты релейных шкафов с использованием диагностики через радиоканал с применением модулей LoRA и Arduino. В работе рассматривается методика обнаружения и предотвращения возможных сбоев в работе релейных шкафов железнодорожных путей России, по средством установки специализированных сопряжённых модулей LoRa, осуществляющих мониторинг состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, передачу данных по радиоканалу. Описывается процесс разработки и интеграции данных модулей в систему контроля и управления релейными шкафами.

Ключевые слова: защита релейных шкафов, диагностика, радиоканал, LoRA, Arduino, мониторинг.

Проблема вандализма, постороннего вмешательства в работу железнодорожной автоматики и телемеханики представляет серьезный вызов для надежности и безопасности железнодорожного транспорта и эксплуатации систем обслуживания. Повреждение объектов автоматики и телемеханики может привести к невозможности контроля движения поездов, переключению сигналов, оборудованию сигнальных устройств и элементов электропитания. Борьба с проблемой вандализма требует внедрения дополнительных и инновационных мер защиты, для обеспечения безопасности как внутренних перевозок, так и международного железнодорожного сообщения.

В рамках решения данной проблемы было предложено внедрение системы контроля состояния сигнальной установки числовой кодовой автоблокировки с использованием радиоканала на базе модуля LoRa. Данное решение позволит

контролировать состояние удаленных от станции устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, а именно на перегоне в релейных шкафах.

Данная система будет состоять из помехозащищенного корпуса, [1, 2], платформы Arduino Mega, построенной на микроконтроллере ATmega2560 [3, 4], соединительных проводов, модулей LoRa, датчиков температуры, дыма, объема, а также датчиков напряжения, тока, Холла. Так как запрограммированные модули LoRa будут сопряжены между собой посредством программного кода и антенны, позволяющей создавать канал радиосвязи. По такому каналу модули будут обмениваться как данными о состоянии самого релейного шкафа, так и данными о состоянии оборудования, находящегося внутри релейного шкафа, то есть станет возможно оперативное реагирование на отказы и прочие неполадки устройств автоматики и телемеханики, а также оперативно реагировать на случаи вандализма. Оперативное реагирование на вандализм и нарушения нормального функционирования систем числовой кодовой автоблокировки позволит сократить случаи вынужденного простоя подвижного состава.

Перегон будет оборудован цепочкой модулей, установленных на сигнальных точках, и при потере контроля над одной из точек передавать информацию на пост электрической централизации, находящейся на станции. Ниже на рисунке 1 представлена схема работы системы.

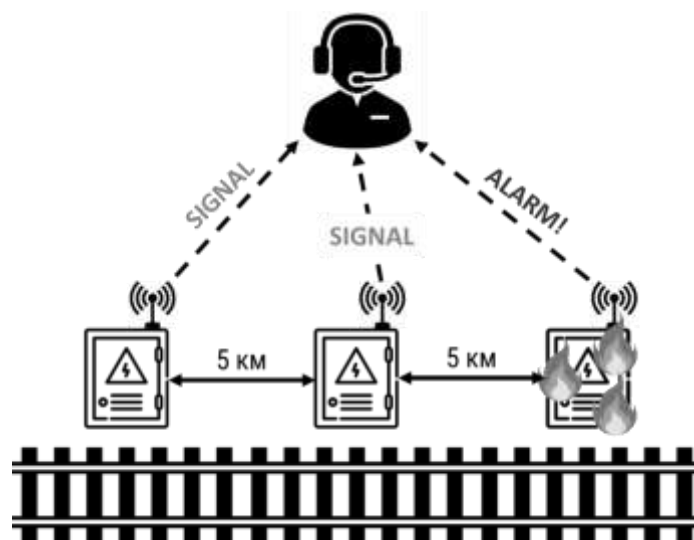


Рисунок 1 – Схема работы системы контроля при различных ситуациях

Особенности обозреваемой системы включают:

1. Отправка информации о состоянии релейного оборудования в журнал диспетчера. Система периодически передает информацию для оперативного выявления проблем и принятия мер по их предотвращению.

2. Обнаружение несанкционированного вскрытия или поджога. При обнаружении вскрытия или поджога релейного шкафа, система передает сигнал тревоги диспетчеру.

Составляющие системы:

1. Управление системой с помощью микроконтроллера. Система управляется микроконтроллером, который обеспечивает выполнение всех функций мониторинга, передачи данных и защиты релейного оборудования, обрабатывает информацию и принимает решения для эффективной работы системы.

2. Мониторинг состояния аппаратуры: Система контролирует состояние оборудования в релейном шкафу с помощью датчиков Холла, напряжения, тока, температуры, дыма.

3. Обнаружение несанкционированных действий. Система быстро реагирует на несанкционированное вскрытие или поджог релейного шкафа.

4. Защита релейной аппаратуры. При активации тревоги система отключает питание, предотвращая повреждения от возможного короткого замыкания.

5. Модули LoRa. Для связи между системой и диспетчерским центром используются модули LoRa, обеспечивающие дальнюю передачу данных с минимальным энергопотреблением.

6. Отправка информации в журнал диспетчера. При изменении состояния аппаратуры система автоматически передает информацию в журнал диспетчера посредством LoRa.

Данные составляющие системы, схематически показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема срабатывания системы при аварийной ситуации

Особенности модулей LoRa заключаются в использовании технологии беспроводной связи LoRa (Long Range), которая базируется на определенной модуляции сигнала в диапазоне частот 864-915 МГц, в зависимости от региона. Эти модули позволяют подключаться к сети LoRaWAN и передавать небольшие пакеты данных от датчиков через систему шлюзов на сервер.

Особенностью выбранной технологии связи является работа модулей LoRa в нелицензируемом диапазоне частот. Из-за низкого энергопотребления технологии LoRa конечные устройства способны работать продолжительное время без замены батарей, а в автономном режиме даже до 10 лет. Общий вид модуля LoRa показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид модуля LoRa

При использовании стандартных антенн расстояние связи модулей LoRa ограничено 5 км в городе и 15 км на открытой местности, но при правильном выборе и расчете приемопередающих антенн это расстояние может быть увеличено до 200 километров [5].

Благодаря использованию кодирования одного из самых современных протоколов шифрования – AES-128, LoRa обеспечивает безопасную передачу данных. Где благодаря встроенным алгоритмам, с использованием секретного ключа, происходит преобразование одних 128-битных блоков в другие. Для расшифровки полученного 128-битного блока используют второе преобразование с тем же секретным ключом.

Также одной из характерных особенностей модулей LoRa является простота соединения с микроконтроллером. Где два модуля настраиваются в виде мостового соединения по протоколу UART, для приемника и передатчика.

Предлагаемая система мониторинга железнодорожной наземной аппаратуры представляет собой инновацию с высоким потенциалом практического применения, способную существенно повысить безопасность и надежность железнодорожной инфраструктуры.

Список использованных источников

1 Митрохин, В. Е. Методика расчета эффективности экранирования радиоэлектронной аппаратуры при воздействии импульсных электромагнитных

полей / В. Е. Митрохин, А. В. Ряполов, А. Е. Гаранин // Известия Транссиба. – 2014. – № 1(17). – С. 72-78. – EDN SAEOLH.

2 Митрохин, В. Е. Распределение волны тока молнии по протяженным металлическим сооружениям железнодорожного транспорта / В. Е. Митрохин, О. В. Гателюк, А. Е. Гаранин // Транспорт Урала. – 2010. – № 3(26). – С. 51-54. – EDN MVLHXP.

3 Ратушняк, В. С. Анализ помех, возникающих в устройствах автоматики, телемеханики и связи и способы их устранения / В. С. Ратушняк, М. А. Куликов, В. С. Ратушняк // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXVI Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 03 ноября 2022 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2022. – С. 47-51. – EDN XGCFLW.

4 Ратушняк, В. С. Разработка макета изучения алгоритмов функционирования напольных устройств железнодорожной автоматики на микроконтроллере Arduino / В. С. Ратушняк, А. Е. Гаранин, Д. С. Товстенко // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах, Красноярск, 28–30 октября 2021 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 71-74. – EDN VUEKMD.

5 Неганов В.А и др. Современная теория и практические применения антенн. М.: Радиотехника, 2009. 720 с. Семенов Н.А. Техническая электродинамика. Учебное пособие для вузов. М.: Связь. 480 с. Никольский В.В. Теория электромагнитного поля. М.: Высшая школа, 1961. 384 с. Марков Г.Т., Сазонов Д.М., Антенны. М.: Энергия, 1975. 528 с.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ
МОДУЛЬНОГО МНОГОУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина

*Студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: В.О. Колмаков

*канд. техн. наук, доцент,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В статье предложена новая усовершенствованная кофазная система тягового электроснабжения на базе ММП для решения проблем качества электроэнергии и устранения нейтральных участков в традиционной системе тягового электроснабжения. А в предлагаемой системе спроектирована система передачи электроэнергии постоянного тока, которая обеспечивает удобный доступ для распределенных источников энергии. Для стабильной нормальной работы данной системы для ММП разработана модуляция ближайшего уровня с учетом балансировки напряжения. Для решения этой проблемы используется регулятор падения в сочетании с двойным управлением с обратной связью. Правильность и осуществимость системы, а также ее стратегий модуляции и управления проверяется с помощью моделирования и мелкомасштабного эксперимента.

Ключевые слова: модуляция, тяговое электроснабжение, преобразователь, напряжение.

Для решения проблем электроснабжения и устранения нейтральных участков на подстанции предлагается система электроснабжения с совмещенной мощностью [1]. Разработаны различные формы систем софазного электроснабжения. Между подстанциями все же существуют нейтральные участки. Для решения этой проблемы и объединения всех контактных сетей любых подстанций была предложена усовершенствованная система совмещенного тягового электроснабжения. В этой системе нейтральные секции полностью исключены, и производительность системы может быть изменена по мере необходимости. Однако она основана на диодных зажимных многоуровневых преобразователях, где с увеличением числа уровней сложность схемы резко возрастает. Поэтому эту систему трудно адаптировать для использования в случаях высокой мощности. Модульный многоуровневый преобразователь (ММП) лучше всего подходит для преобразователей высокой мощности как из-за его более высокой модульности, так и более низких

выходных показателей и более высокой масштабируемости напряжения. Технология модуляции также играет ключевую роль в ММП. В настоящее время существуют в основном два типа методов модуляции для ММП - лестничная модуляция и широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Выходное напряжение ШИМ имеет лучшее качество из-за более высокой частоты переключения и больше подходит для приложений среднего напряжения. Модуляция ближайшего уровня (МБУ) является наиболее популярной и совершенной реализацией лестничной модуляции.

По сравнению с ШИМ частота переключения МБУ ниже, поэтому она имеет меньшие потери мощности и занимает меньше аппаратных ресурсов. Тем не менее, качество выходного напряжения МБУ оставляет желать лучшего, поэтому он рекомендуется для высоковольтных приложений, так как число уровней достаточно велико для обеспечения качества электроэнергии. Для ММП с малым числом суб-модулей(СМ) для работы на низких частотах предложена стратегия плавного перехода по режиму переключения на основе дискретного времени.

Для того, чтобы обеспечить работу ММП в желаемом состоянии, система управления должна достигать таких целей, как контроль напряжения конденсатора СМ, контроль циркулирующего тока и т.д. В работе используем: обобщенную математическую модель для ММП в условиях сбалансированной и несбалансированной сети, схему управления с регуляторами тока положительной и отрицательной последовательности, усовершенствованный метод управления двойным током без ФАПЧ. В том числе используем новую отказоустойчивую стратегию модуляции и управления для ММП среднего напряжения, обеспечивающую оптимальные характеристики в здоровых условиях и минимальное снижение производительности после отказов СМ. Используется и новая методика управления балансировкой напряжения с возможностью обнаружения неисправностей и отказоустойчивого управления, при которой отпадает необходимость измерения напряжений СМ-конденсаторов; циркулирующий ток ММП в основном состоит из четных гармоник, таких как вторая гармоника; метод подавления циркулирующего тока, основанный на повторяющейся схеме управления четными гармониками.

Были изучены исследования по применению ММП на электрифицированных железных дорогах. Большое внимание привлек ПКР на базе ММП и его стратегия управления [2], направленная на решение проблем качества электроэнергии системы тягового электроснабжения. Система совместительного тягового электроснабжения на базе ММП[3], где АСУ ТП реализована с помощью трехфазного ММП. К сожалению, в этих приложениях могут быть решены только вопросы касаются качества электроэнергии, но нейтральные участки все равно остаются. Поэтому большое значение имеет

исследование и изучение того, как заменить традиционный тяговый трансформатор на силовые преобразователи на основе ММП.

Предложена новая усовершенствованная система совмещенного тягового электроснабжения на базе ММП. В основном он состоит из соединительного трансформатора, трехфазного выпрямителя на основе ММП, шины постоянного тока, однофазных инверторов на основе ММП и однофазных понижающих трансформаторов. Трехфазный выпрямитель на базе ММП получает питание от трехфазной сети 110 кВ через соединительный трансформатор, а затем передает питание на все подстанции по высоковольтной шине. Однофазные инверторы на базе ММП на подстанции будут преобразовывать высоковольтный постоянный ток в переменный 50 Гц, а затем переменный ток снижается до 27,5 кВ через однофазный понижающий трансформатор для питания тяговой сети. В силу того что, амплитуда, частота и фаза выходного напряжения инвертора на каждой подстанции контролируются одинаково, то амплитуда, частота и фаза вторичного выходного напряжения, преобразованного одним и тем же однофазным понижающим трансформатором, должны быть одинаковыми. Для отмены нейтральных участков контактная сеть всех подстанций может быть соединена между собой. Между тем, система на основе преобразователя также может решить проблемы мощности, включая дисбаланс, реактивную мощность и гармонические искажения.

По сравнению с традиционной системой тягового электроснабжения, недавно предложенная усовершенствованная система тягового электроснабжения на базе ММП имеет следующие преимущества:

- Полностью решены такие проблемы мощности, как гармоники, реактивная мощность и отрицательная последовательность.
- Высокая модульная конструкция.
- Нет необходимости в конденсаторах большой емкости.
- Отличное качество электроэнергии.
- Удобный доступ к распределенным источникам энергии.

Общая система управления предлагаемой усовершенствованной системой совмещенного тягового электроснабжения на базе ММП включает в себя трехфазную стратегию управления выпрямителем на основе ММП и стратегию управления однофазным инвертором на основе ММП. Стратегия управления трехфазным выпрямителем на основе ММП состоит из управления напряжением постоянного тока и управления двойной токовой петлей, которые используются для поддержания стабильности напряжения постоянного тока и обеспечения работы с единичным коэффициентом мощности на стороне переменного тока соответственно. Стратегия управления, сочетающая двойное управление с обратной связью и управление падением, разработана для однофазного

инвертора на основе ММП. Данная разработанная стратегия управления регулирует выходную активную и реактивную мощность инвертора для управления фазой и амплитудой выходных напряжений инвертора. Данная стратегия управления может подавлять циркулирующий ток между инверторами для обеспечения безопасной и стабильной работы.

В предлагаемой усовершенствованной системе двухфазного тягового электроснабжения на базе ММП однофазные инверторы должны работать параллельно. Исходя из этого амплитудно-частотные характеристики и фаза выходного напряжения каждого инвертора должны всегда оставаться постоянными. Но по разным причинам фаза выходного напряжения разными инверторами будут разными, образуя циркулирующий ток в параллельной системе.

В данной работе предложена новая усовершенствованная система тягового электроснабжения на базе ММП, которая, как ожидается, позволит исключить нейтральные участки и решить проблемы качества электроэнергии, существующие в традиционной системе тягового электроснабжения. Результаты экспериментов показывают:

1) напряжение конденсатора СМ сбалансировано, так как в МБУ рассматривается стратегия балансировки напряжения конденсатора СМ.

2) выпрямитель может поддерживать единичный коэффициент мощности и стабильность напряжения постоянного тока при спроектированном управлении двойной токовой петлей, связанном с управлением напряжением постоянного тока.

3) для инверторов предназначено двойное управление с обратной связью, совмещенное с регулированием падения, в системе подавляется циркулирующий ток, что будет обеспечивать нормальную работу параллельных тяговых подстанций.

Список использованных источников

1. Бродовский В.Н. Приводы с частотно-токовым управлением / В.Н. Бродовский, Е.С. Иванов. М.: Энергия, 1974. 169 с

2. Колпаков А. Особенности проектирования частотных преобразователей средней и большой мощности // Электронные компоненты. 2003.- № 6.- С. 1 - 3.

3. Григоращ, О. В. Модульные системы гарантированного электроснабжения/О. В. Григоращ, С. В. Божко, С. М. Безуглый. -Монография. КВВАУЛ. -Краснодар, 2005. -306 с.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ
МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ФИКСИРОВАННОГО КОНДЕНСАТОРА И СИНХРОННОГО
СТАТИЧЕСКОГО КОМПЕНСАТОРА**

Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина

*Студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: Д. Э. Кронгауз

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Системы обеспечения движения поездов»,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. Целью данной статьи является решение основных проблем в распределительных сетях, в том числе повышенных потерь в линиях электропередач и снижения качества электроснабжения, вызванных недостаточной емкостной реактивной мощностью. Была предложена усовершенствованная гибридная система компенсации реактивной мощности на основе фиксированного конденсатора (ФК) и статического синхронного компенсатора (СТАТКОМ). Представлена топологическая структура и основной принцип работы предложенной системы компенсации реактивной мощности. Кроме того, с точки зрения выходного напряжения, тока, мощности, и стоимости компенсации системы сравниваются, и анализируются характеристики предложенного реактивного компенсатора и индуктивно связанного СТАТКОМ (L-СТАТКОМ). Были спроектированы ключевые параметры предлагаемой системы, и также изучена совместная стратегия оптимизации управления ФК и СТАТКОМ.

Ключевые слова: компенсация, реактивная мощность, выходное напряжение, статический компенсатор, фиксированный конденсатор.

В настоящее время технология компенсации реактивной мощности, как одно из важных применений технологии силовой электроники, играет важную роль в работе энергосистемы. Поэтому она широко изучена, предложены различные типы устройств компенсации реактивной мощности [1]. С развитием технологии силовой электроники был предложен статический синхронный компенсатор (СТАТКОМ). СТАТКОМ представляет собой усовершенствованное и бесступенчато регулируемое устройство компенсации статической реактивной мощности. Однако у СТАТКОМ есть определенные недостатки, такие как высокое напряжение звена постоянного тока, большая емкость и высокая стоимость. Поэтому вопрос о том, как добиться непрерывной,

но экономичной компенсации реактивной мощности большой мощности, стал ведущей темой исследований в области электротехники.

Учитывая компенсационный эффект и стоимость, появились гибридные устройства компенсации реактивной мощности с превосходными характеристиками [1]. Их топология в основном состоит из активных модулей и пассивных устройств, соединенных последовательно или параллельно.

Для устранения недостатков существующих решений (гибридно-последовательный и гибридно-параллельный тип) предложена усовершенствованная гибридная система компенсации реактивной мощности на базе ФК и СТАТКОМ. Она была разработана с использованием идеи гибридного последовательно-параллельного типа и с учетом того, что ФК состоит из нескольких конденсаторов, соединенных последовательно или параллельно.

Топология схемы предлагаемого компенсатора реактивной мощности приведена на рисунке 1, из которой видно, что в ее состав входит конденсатор звена постоянного тока C_{dc} , инвертор источника напряжения (VSI), катушка индуктивности выходного фильтра L_f и фиксированный конденсатор C . Фиксированный конденсатор C состоит из конденсаторов $C1$ и $C2$ соединенных последовательно. VSI размещается между конденсаторами $C1$ и $C2$ и подключается к ним через фильтрующий индуктор L_f . [2]

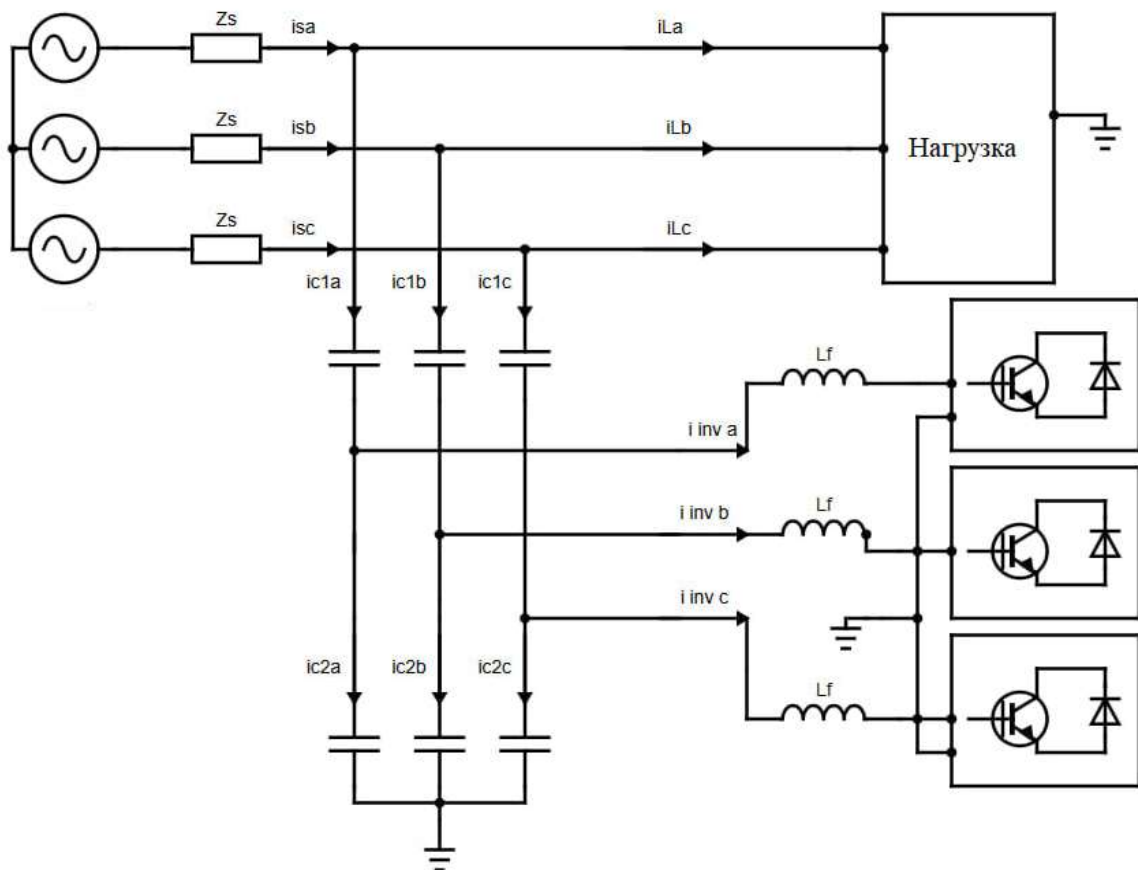


Рисунок 1 – Топология предлагаемого компенсатора реактивной мощности

По сравнению с традиционной структурой L- СТАТКОМ, предлагаемая конструкция компенсатора включает в себя параллельное подключение конденсатора C2 и выходной стороны переменного тока VSI, и последовательное подключение конденсатора C1 в ветвь, подключенной к сети. Конденсатор C1 выдерживает основное падение напряжения, тем самым снижая выходное напряжение переменного тока и напряжение звена постоянного тока VSI. Кроме того, конденсатор C2 может уменьшить выходной ток VSI за счет шунтового действия, тем самым уменьшая токовое напряжение биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT) в VSI.

Для предложенной топологии компенсатора реактивной мощности, показанной на рисунке 1, может быть получена эквивалентная однофазная принципиальная волновая рабочая схема, как показано на рисунке 2.

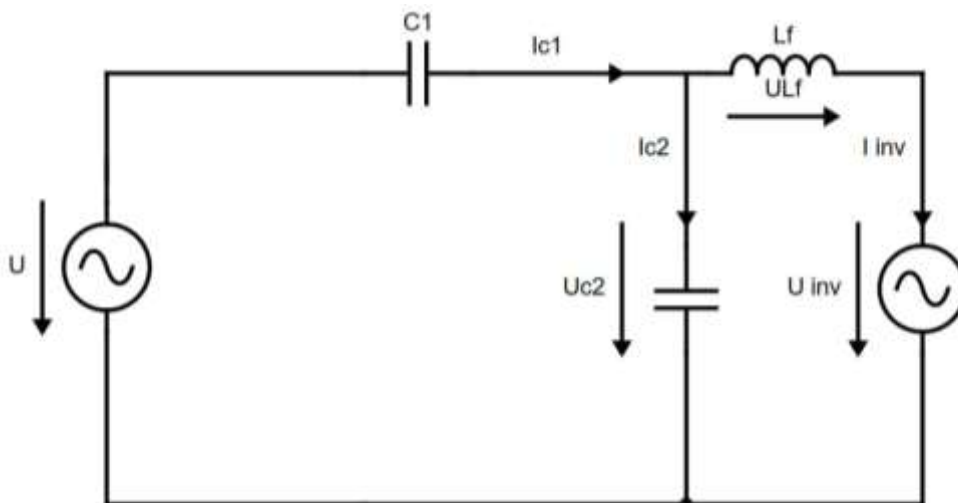


Рисунок 2 – Эквивалентная однофазная цепь предлагаемого компенсатора реактивной мощности

В нашем исследовании рассчитывается реактивная мощность в трех случаях:

- когда конденсатор C находится в недокомпенсированном состоянии, то $\lambda=0$.,
- когда конденсатор C находится под полной компенсацией, то $m=0$.,
- когда конденсатор C находится в сверхкомпенсированном состоянии, то $\lambda=1$.

Далее исследуются все три состояния системы, ведем построение рабочих векторных диаграмм для сравнения традиционной системы L- СТАТКОМ и предлагаемой системы компенсации реактивной мощности и выражаем уравнения напряжения обеих систем. Затем строим векторные диаграммы реактивных токов L- СТАТКОМ и предложенной системы. Таким образом, исходя из анализа, выходной ток активной части предлагаемой системы компенсации меньше, чем у L- СТАТКОМ.

Далее рассчитываем значение выходной реактивной мощности каждой части системы L- СТАТКОМ и предлагаемой системы в процессе компенсации реактивной мощности, и приходим к выводу, что реактивные мощности генерируются конденсаторами, добавляются в правую часть уравнения, сложение конденсаторов может снизить реактивную выходную мощность.

Для проверки эффективности и целесообразности предложенной конструкции и способа управления предлагаемой системой компенсации реактивной мощности была построена имитационная модель системы распределения электроэнергии 0,4 кВ, подключенной к системе компенсации, с использованием программного обеспечения Matlab. Параметры системы подтверждают рациональность использования предложенной системы.

В ходе моделирования L- СТАТКОМ и предложенный компенсатор сравнили характеристики, результаты показывают, что выходное напряжение, ток и реактивная емкость VSI могут быть уменьшены, а качество компенсации тока может быть улучшено за счет разумной установки емкости последовательно-параллельного конденсатора в предлагаемом компенсаторе реактивной мощности.

Затем был произведен анализ производительности по амплитудам выходных напряжения и тока, выходной реактивной мощности, гармоническому искажению и напряжению постоянного тока. Результаты показывают, что предложенный компенсатор обладает отличным эффектом компенсации реактивной мощности, как и L- СТАТКОМ.

Для проверки того, что предлагаемый компенсатор реактивной мощности может динамически компенсировать индуктивную нагрузку с большими флуктуациями, были заданы условия моделирования [3] по увеличению и уменьшению реактивной мощности, чтобы проанализировать параметры.

При значительном изменении мощности реактивной нагрузки ток, компенсируемый VSI в предлагаемом компенсаторе реактивной мощности, мог отслеживать опорный ток. Кроме того, показано, что при резком увеличении мощности реактивной нагрузки в интервалах 0,3-0,6 с и 0,6-0,9 с после динамической компенсации в реальном масштабе времени предложенным компенсатором реактивной мощности предлагаемая система могла бы достичь устойчивости в течение 10 мс. Более того, фаза напряжения на стороне сети соответствовала текущей фазе, а коэффициент мощности увеличился до единицы. Из вышеизложенного видно, что предложенный компенсатор реактивной мощности позволяет достичь хорошего эффекта динамической компенсации.

Была представлена усовершенствованная гибридная структура компенсации реактивной мощности на основе ФК и СТАТКОМ. Предлагаемая конструкция включает в себя параллельное подключение конденсатора С2 и выходной стороны переменного тока VSI, а также последовательное подключение конденсатора С1 и его ветвь, подключенную к сети. Конденсаторы С1 и С2 соединяются последовательно, образуя конденсатор фиксированной емкости С. Предлагаемая структура обладает следующими преимуществами:

Во-первых, конденсатор С1 выдерживает основное падение напряжения, тем самым снижая выходное напряжение переменного тока и напряжение звена постоянного тока VSI.

Во-вторых, конденсатор С2 снижает выходной ток VSI за счет шунтового действия, тем самым снижая токовое напряжение IGBT в VSI, что полезно для выбора устройств IGBT. Предложенная структура позволяет снизить затраты на компенсацию системы, потери активной мощности и выходную мощность VSI. Предложенная структура была проверена с помощью моделирования на платформе Matlab [3]. Результаты моделирования демонстрируют превосходные характеристики компенсации реактивной мощности предложенной конструкции.

Список использованных источников

1 Герман Л.А., Регулируемые установки емкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог: учебное пособие / Л.А. Герман, А.С. Серебряков – Москва: 2015. С. 10-71.

2 Зырянов, В. В. Компенсация реактивной мощности с использованием STATCOM/SVC Light / В. В. Зырянов // Энергетические системы : Материалы VI Международной научно-технической конференции, Белгород, 22 декабря 2022 года / Отв. редактор П.А. Трубаев. – Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г. Шухова: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С.

3 Кронгауз, Д. Э. Управляемые системы передачи электрической энергии / Д. Э. Кронгауз // Промышленная энергетика. – 2016. – № 7. – С. 34-37.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА**

Д.А. Мурашкин¹, Ю.Е. Ермакова², С.А. Сорокина²

¹ студент специальности 23.05.05.,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

² студент специальности 23.03.01,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Е.С. Ильин

канд. техн. наук., доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация: В данной статье представлено потенциальное применение больших языковых моделей (Large Language Model – LLM) для распознавания различных объектов на транспорте. Исследована возможность использования режима анализа изображений LLM для решения задач как на производственных предприятиях, так и в обычной жизни человека. Согласно списка мультимодальных LLM для решения задачи Visual Question Answering (VQA) на сайте компании Hugging Face, на апрель 2024 года насчитывается более 200 больших языковых моделей и это число постоянно увеличивается. В статье будут рассмотрены представители проприетарных и Opensource моделей.

Ключевые слова: БЯМ, LLM, номер, нейронная сеть, автомобиль, вагон, модель.

Большая языковая модель (БЯМ) – это модель машинного обучения, которая способна создавать человекоподобный текст или генерировать изображения на основе данных вводимых человеком. Также БЯМ способны на обработку данных, машинного перевода с иностранного языка на родной язык. Особый интерес вызывает изучение потенциала мультимодальных моделей в области распознавания объектов (расознавания надписей на информационных табличках, государственного номера автомобиля, др.). Для БЯМ свойственно галлюцинировать, необходимо определить границы их применимости, возникающие ошибки в распознавании предоставленной информации. Для нашего исследования возьмём две нейронные сети Large Vision-Language Models (LVLMs) – первая нейронная сеть Gemini 1.5 Pro [1], а вторая Llava – 34b [2], сравним их между собой и сделаем вывод о возможности использования для решения задач транспортной отрасли.

Проанализируем полученные данные из больших нейронных моделей.

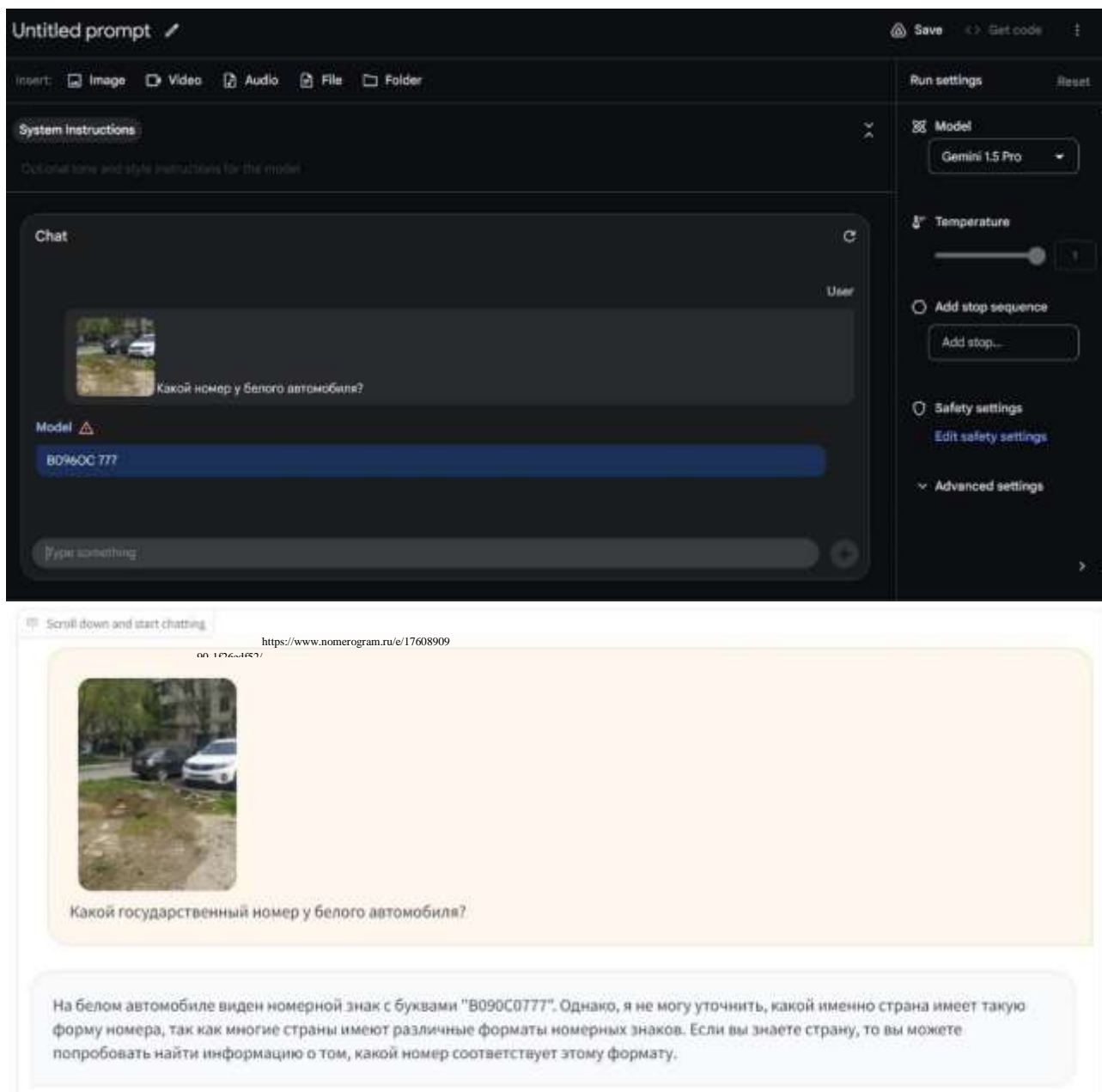


Рисунок 1 – Определение государственного номера автомобиля
(верхний результат - Gemini 1.5 Pro, нижний - Llava)

По полученным ответам от нейронным сетей, мы видим, что Gemini 1.5 Pro, верно определил нужный автомобиль и его гос. Номер [3]. А вторая языковая модель смогла определить также определить нужный автомобиль, но определили гос. номер автомобиля с ошибкой. Но данную технологию можно использовать не только в сфере автотранспорта, но и в сфере железнодорожного транспорта [4]. Далее попробуй проделать тоже самое, но с хоппер – вагон.

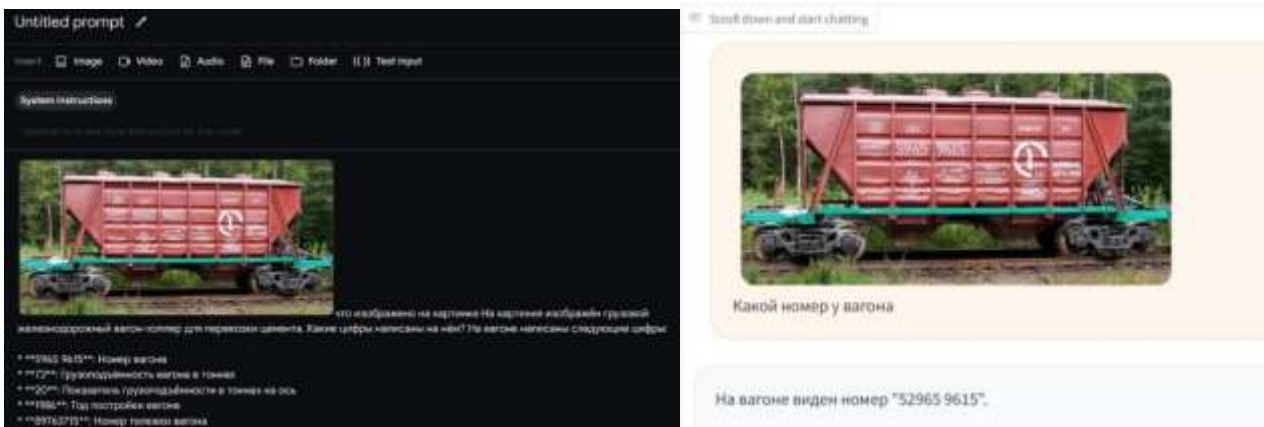


Рисунок 2 – Определение номера вагона (левый результат - Gemini 1.5 Pro, правый - Llava)

Из полученных ответов можно сделать вывод о том, что обе нейронные сети смогли определить положения номера на хоппер – вагоне и написать его в качестве ответа на поставленный запрос [5]. Но БЯМ Llava – 34b, также, как и с определение гос. номера допустила одну ошибку. В следствии этого можно сделать вывод о том, что БЯМ на текущем этапе развития технологии уже способны решать задачи машинного зрения, имеют перспективы успешного применения в сфере железнодорожного транспорта [6]. Вопрос выявления ошибок БЯМ, уменьшения эффектов галлюцинаций, является актуальным и требует реализации подходов по нивелированию имеющихся ограничений.

Данную технологию можно применять не только для определения и отслеживания подвижного состава, но также можно применять для контроля обслуживания и учёта электротехнического оборудования на тяговой подстанции и на контактной сети. Попробуй проанализировать полученные данные с большой нейронной модели рисунках 3 и 4.

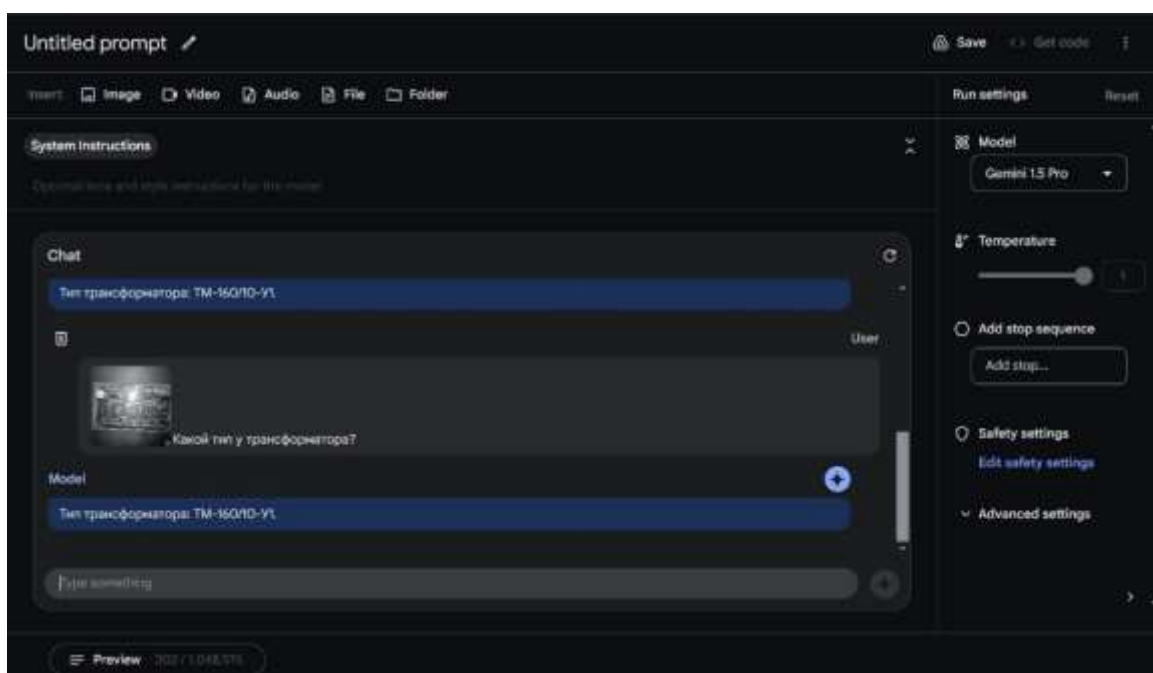


Рисунок 3 – Определение типа трансформатор Gemini 1.5 Pro

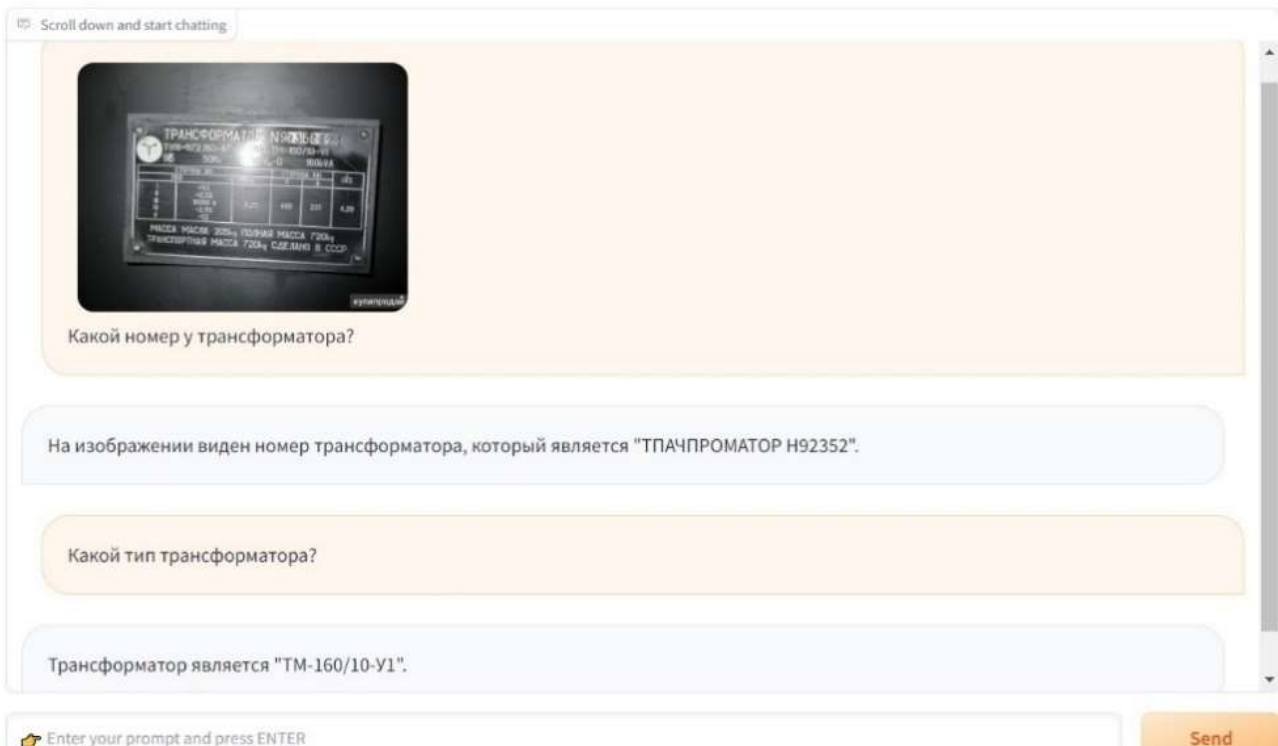


Рисунок 4 – Определение типа трансформатора Llava

По полученным данным от нейронной сети, мы видим, что Gemini 1.5 Pro, верно определил тип трансформатора и написал его без ошибки (рисунок 3). Llava так же правильно смогла определить тип трансформатора (рисунок 4). Из этого следует, что мы можем применять данную технологию в такой специфической сфере, как электроснабжения железных дорог. В частности, это можно сделать на тяговой подстанции (ЭЧЭ) и на контактной сети (ЭЧК). Так как на каждой дистанции электроснабжения есть своя база данных со своим списком электротехнического оборудования. Для того чтобы её заполнить необходимо вводить всё информации вручную и на это тратятся большое количество времени. Поэтому существует необходимость автоматизировать данный процесс с помощью технологии машинного зрения, а в частности применения больших языковых моделей для распознавания написанного текста или сканирование, Штрих- или QR- кодов. Что несомненно ускорит процесс заполнения и обновления базы данных электротехнического оборудования, а также уменьшит количество обязательств у работников. Следовательно, у него появится свободное время, которое работник сможет потратить на повышение своих профессиональных умений.

В результате исследования БЯМ было установлено, что интеграция данных моделей позволит значительно улучшить качество выполняемой работы, а самое главное уменьшит время выполнения той или иной работы. Также стоит отметить, что данная технология является развивающийся и она не достигла своего пика. Поэтому можно предположить, что в ближайшем будущем

технология машинного зрения, сможет перейти на новую ступень в распознавания объектов и надписей.

Список использованных источников

1. Gemini: A Family of Highly Capable Multimodal Models // arxiv URL: <https://arxiv.org/abs/2312.11805> (дата обращения: 23.04.24).

2. Improved Baselines with Visual Instruction Tuning // arxiv URL: <https://arxiv.org/abs/2310.03744> (дата обращения: 23.04.24).

3. Ермакова, Ю. Е. Система обмена сообщениями владельцами транспортных средств / Ю. Е. Ермакова, С. А. Сорокина, Д. А. Мурашкин // Молодежная наука : Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 20 апреля 2023 года / Редколлегия: В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 4. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2023. – С. 151-156. – EDN UTQFVW.

4. Ильин, Е. С. Возможности машинного зрения для решения задачи распознавания железнодорожного полотна / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // 120 лет железнодорожному образованию в Сибири : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Красноярск, 23–24 октября 2014 года / Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. – Красноярск: Касс, 2014. – С. 204-207. – EDN ZOANBR.

5. Ильин, Е. С. Распознавание сигнальных знаков на железнодорожном транспорте / Е. С. Ильин, В. А. Шведов // Труды XVI студенческой научно-технической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 19 апреля 2012 года. – Красноярск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2012. – С. 108-110. – EDN AJWDCK.

6. Ильин, Е. С. Программное обеспечение для распознавания принципиальных и монтажных схем / Е. С. Ильин, А. С. Пушнин // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте, Красноярск, 21–24 ноября 2016 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта (филиал Иркутского государственного университета путей сообщения), 2016. – С. 92-94. – EDN YMRPQD.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СТРЕЛОЧНЫХ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СП-6МГ**

Д.Р. Дидух

студент специальности 23.05.05,

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ИргУПС, г. Чита

Научный руководитель: К.В. Менакер

канд. техн. наук, доцент,

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ИргУПС, г. Чита

Аннотация: Целью исследования является попытка повторного ввода в эксплуатацию современных стрелочных электроприводов СП-6МГ, снятых ранее по причине инцидента, произошедшего на станции Андриановская Восточно-Сибирской железной дороги, связанного со свариванием контактов магнитоуправляемых герметизированных датчиков ДМГ. Автором предлагается осуществить замену малонадежных датчиков ДМГ бесконтактными трансформаторными датчиками ДБА, которые применяются в горочных стрелочных электроприводах СПГБ-4М и которые по конструкции поводкового механизма и габаритным размерам полностью идентичны заменяемым. Замена датчиков и внесение незначительных изменений в типовую пятипроводную схему управления стрелкой позволят вернуть в эксплуатацию сотни демонтированных стрелочных электроприводов СП-6МГ.

Ключевые слова: магнитоуправляемый герконовый датчик, бесконтактный трансформаторный датчик, пятипроводная схема управления стрелкой, стрелочный электропривод, автопереключатель.

Первые опытные образцы стрелочного электропривода СП-6МГ (рис. 1) были установлены на станциях Саратов-3 и Саратов-2 в 2016 году. Представители разработчиков и специалисты службы автоматики и телемеханики контролировали работу электроприводов на всем периоде испытаний [1].

Необходимость разработки датчиков ДМГ в составе стрелочных электроприводов СП-6МГ была вызвана массовостью применения данного типа электропривода на железных дорогах РФ и низкой надежностью используемых в них автопереключателей контактного типа рис. 2 [2, 3].

Конструктивно датчики ДМГ были спроектированы на основе трансформаторных датчиков ДБА горочных стрелочных электроприводов и идентичны по крепежным габаритным размерам и поводковым механизмам.

Однако, датчики ДБА и ДМГ отличаются принципом действия. Ротор датчика ДМГ представляет собой конструкцию с диаметрально расположенными постоянными магнитами (рис. 3). Статор датчика содержит четыре группы герметичных герконовых контактов. Сваривание герконовых контактов и стало основной причиной появления ложного контроля стрелки на станции Андриановская.

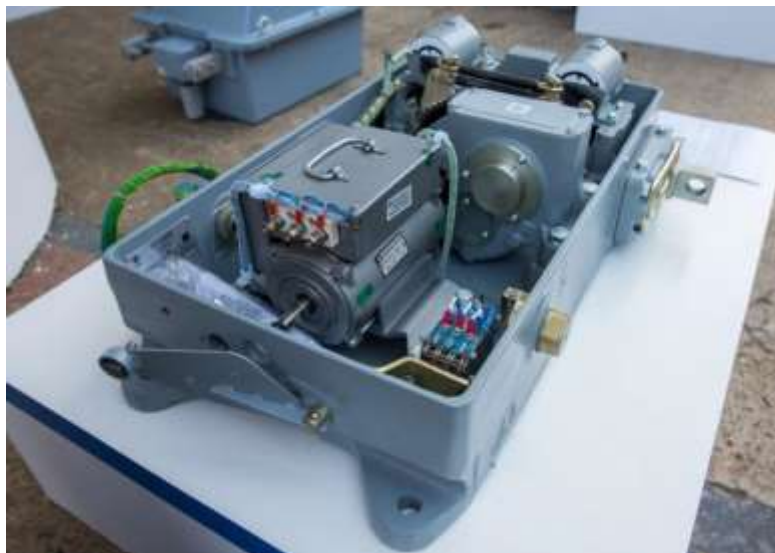


Рисунок 1 – Стрелочный электропривод СП-6МГ с магнитоуправляемыми герметизированными контактами



Рисунок 2 – Диаграммы распределения числа стрелочных электроприводов различных типов на железных дорогах РФ и распределения видов отказов стрелочных электроприводов типа СП-6 (СП-6М)

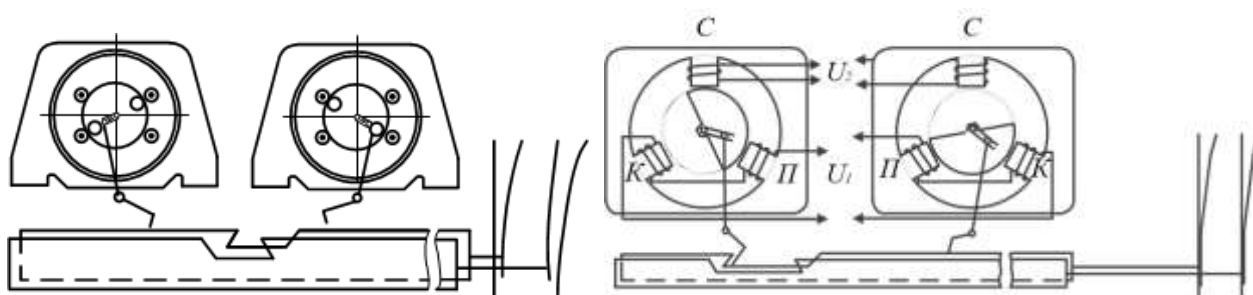


Рисунок 3 – Конструктив датчиков ДМГ и ДБА соответственно

Датчик ДБА функционирует на основе закона электромагнитной индукции и представляет собой трансформатор с подвижным ротором, выполненным в виде полусегмента. Статор датчика выполнен в виде трех обмоток: питающей (П), компенсационной (К) и сигнальной (С). Питающая и компенсационная обмотки соединены последовательно. В зависимости от положения ротора на сигнальной обмотке наводится либо низкий уровень напряжения 3,5 В, либо высокий 65 В. Причем поворот ротора происходит в конце перевода стрелки и достаточно быстро. Датчики ДБА имеют большой ресурс более 1 млн. срабатываний и зарекомендовали себя крайне надежными устройствами.

Замена датчиков ДМГ датчиками ДБА требует решения одной важной технической задачи. Для функционирования одной пары датчиков ДБА в составе одного стрелочного электропривода требуется шесть контрольных жил (две питающие и четыре съемные). В составе же типовой пятипроводной схемы управления стрелкой пять жил.

Авторами предложено решение стоящей технической задачи. Модифицированная пятипроводная схема управления стрелкой на основе бесконтактных трансформаторных датчиков представлена на рис. 4.

В предложенной схеме вместо четырех рабочих жил из пяти используются три. Реверс электродвигателя производится контактами поляризованного реле ППС. Одна освободившаяся независимая жила Л1 используется в качестве прямой питающей жилы первичных обмоток трансформаторных датчиков. Вторая независимая жила Л2 является прямым проводником съема информации с сигнальных обмоток датчиков ДБА. В качестве обратных проводников питающих и сигнальных обмоток датчиков используются рабочие жилы Л3-Л5.

Для получения однополупериодного сигнала разной полярности в зависимости от положения стрелки используются два блока диодно-резистивных (БДР) или один модернизированный блок БДР-М.

Обесточивание электродвигателя в конце перевода стрелки осуществляется контактами фазоотключающего реле ФО, обмотка которого при получении контроля обрывается контактами нейтрального якоря реле 1ОК с задержкой 3-4 с за счет заряда конденсатора С2.

Работоспособность и безопасность предложенной схемы управления стрелкой была проверена методом имитационного моделирования и натурными испытаниями. В случае успешной проверки схемы в полевых условиях стрелочные электроприводы СП-6МГ можно будет вернуть в эксплуатацию путем замены датчиков ДМГ трансформаторными датчиками ДБА.

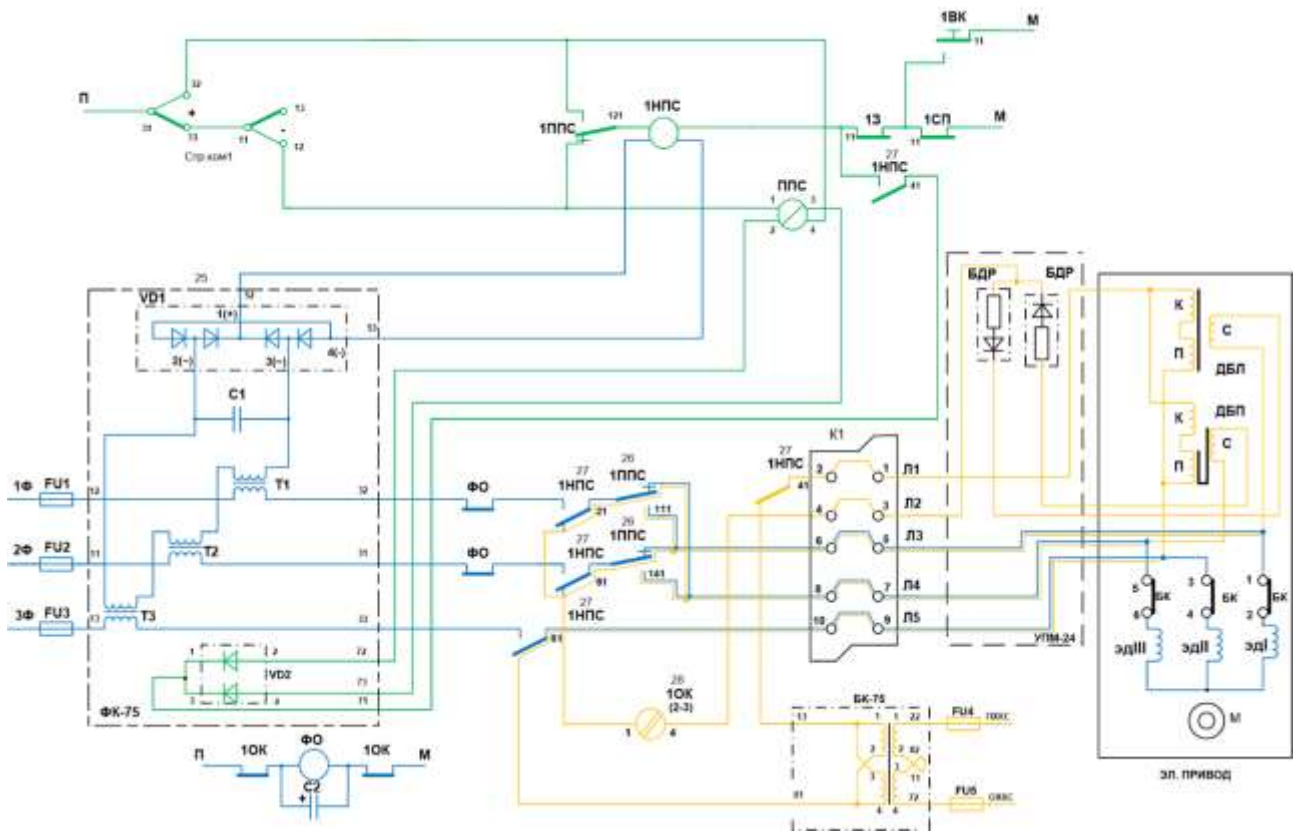


Рисунок 4 – Модифицированная пятипроводная схема управления стрелкой на основе бесконтактных трансформаторных датчиков

Список использованных источников

1 Селиверов, Д. И. Эксплуатационные испытания стрелочных электроприводов СП-6МГ на приволжской железной дороге / Д. И. Селиверов // Научный форум: Инновационная наука : Сборник статей по материалам XIX международной научно-практической конференции, Москва, 31 января – 10 2019 года. Том 1(19). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Международный центр науки и образования", 2019. – С. 22-25.

2 Колупаев, Д. С. Схема управления электроприводом СП-6МГ / Д. С. Колупаев // Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : Сборник статей IV международной студенческой конференции, Воронеж, 20 мая 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 184-188.

3 Бергер, А. И. Современные технические решения по модернизации стрелочных электроприводов СП-6М / А. И. Бергер // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды II студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 28-30.

УДК 62-529

ГРНТИ 73.29.86

**ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МАГИСТРАЛИ –
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ПОПУТЧИК» ОАО «РЖД»**

А. Ю. Данилова

студент специальности 23.05.05,

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Чита

Научный руководитель: М. В. Восприков

канд. техн. наук., ст. преподаватель,

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Чита

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема получения надежного и защищенного доступа к железнодорожной сети - мультимедийному portalу ОАО «РЖД» «Попутчик» для пассажиров в поездах дальнего следования. Представлены результаты социологических опросов по предпочтениям содержания информационных контентов и статистика доступных беспроводных сетей по виду шифрования и степени защиты. Предлагаемая комбинированная (гибридная) система организации Wi-Fi связи позволит обеспечить надежный и бесперебойный прием сигнала на протяжении всего следования.

Ключевые слова: Железнодорожный транспорт, защита информации, мультимедийный портал, Wi-Fi, информационный ресурс, комбинированная (гибридная) система.

Путешествия железнодорожным транспортом набирают популярность. Доля туров на базе железнодорожной перевозки, железнодорожных круизов, путешествий на ретро-поездах прирастает год от года в продажах у туроператоров. Поездки в поездах, как правило, могут занимать от нескольких часов до нескольких суток с большой долей свободного времени у пассажиров.

Многочисленные социологические опросы, проводимые ОАО «РЖД» в сфере организации и совершенствования интернет-досуга в пути следования определили два основных направления: 56 % опрошенных людей необходимо решать рабочие (деловые) вопросы и вопросы, связанные с обучением, в том числе и дистанционным, а оставшиеся 44% - предпочитают просмотр фильмов, книги и простейшие игры. При использовании дорожной сети львиная доля

опрошенных предпочитает айфоны и смартфоны, затем идут нетбуки и планшеты, а замыкают линейку технических средств ноутбуки [1].

В ходе анализа в границах Московской железной дороги в 2023 году было обнаружено более двух тысяч сетей, из которых лишь около восьми процентов со свободным подключением без шифрования; редко применяются алгоритмы WEP и WPA. Большая часть приходится на стандарт шифров WPA2. На рисунке 1 приведено распределение беспроводных сетей по способу шифрования и защиты информации.

Статистика Wi-Fi-сетей



Рисунок 1 – Процентное распределение беспроводных сетей

На рисунке 2 показано соотношение сетей стандарта WPS ко всем остальным (в том числе и открытым).

Статистика Wi-Fi сетей с функцией WPS



Рисунок 2 – Соотношение сетей различных стандартов защиты информации

Процент сетей, не использующих шифрование, имеет тенденцию к снижению, однако пока остается достаточно высоким. Постоянное обновление и модернизация средств связи, наряду с техническим прогрессом, приводят к неминуемому росту беспроводных сетей с защитой информации по протоколам WPS.

Одной из таких сетей является мультимедийный портал ОАО «РЖД» «Попутчик», на котором пассажиры потенциально могут получить доступ к ряду информационных ресурсов [2].

Для пассажиров вагонов класса «СВ», «Люкс» и «Купе» есть возможность подключения к дополнительным сервисам:

- кинотеатр (выбор современных российских и зарубежных фильмов);
- аудиокниги;
- пресса;
- музыка;
- доступ в интернет (предоставляется не во всех поездах, а только там, где установлено необходимое оборудование) [2].

Подключение к Wi-Fi в поездах происходит следующим образом:

- с помощью подключения к сотовым станциям 3G и LTE,
- с помощью подключения к спутнику.

Спутниковая связь более надежна, но она более сложна в организации и выше по стоимости. Сотовая сеть ловит не везде, но цена ее услуг ниже [3]. Спектр проблематики организации надежного и бесперебойного высокоскоростного доступа к мультимедийному порталу «Попутчик» представлен на рисунке 3.

Проблемы на железной дороге







 Удаленность базовых станций	 Скопление пользователей	 Радиопомехи
Железнодорожные пути, зачастую, проходят вдалеке от населенных пунктов, что приводит к проблемам со связью из-за отсутствующей или очень слабой инфраструктуры.	Большое скопление людей с мобильными устройствами отрицательно влияет на скорость передачи данных.	Корпус вагона, здания, рельеф местности, растительность, и даже погодные условия становятся серьезными препятствиями для прохождения сигнала.
 Низкая мощность антенн	 Отсутствие роуминга	 Отсутствие покрытия
Антенны и передатчики персональных мобильных устройств имеют низкую мощность и плохо справляются с различными радиопомехами.	Стоимость международного роуминга накладывает серьезные ограничения на использование Интернета иностранными путешественниками.	Нет ни одного оператора, покрывающего весь путь движения поезда идеально. Отличный уровень приема сигнала постоянно чередуется с полным его отсутствием.

Рисунок 3 – Существующие проблемы организации Wi-Fi связи для функционирования мультимедийного портала «Попутчик» в поездах дальнего следования

Поскольку все современные пассажирские вагоны уже оснащены точками доступа и интерактивными инфопанелями, для обеспечения качественного мощного приема сигнала в течение всего пути предлагается использовать комбинированную (гибридную) систему. В процессе своей работы данная система постоянно контактирует с вышками сотовой связи, а при потере сигнала или получении сигнала низкого качества автоматически будет осуществлен

переход на спутниковую связь. Структура предлагаемой комбинированной (гибридной) системы организации Wi-Fi в поезде представлена на рисунке 4.

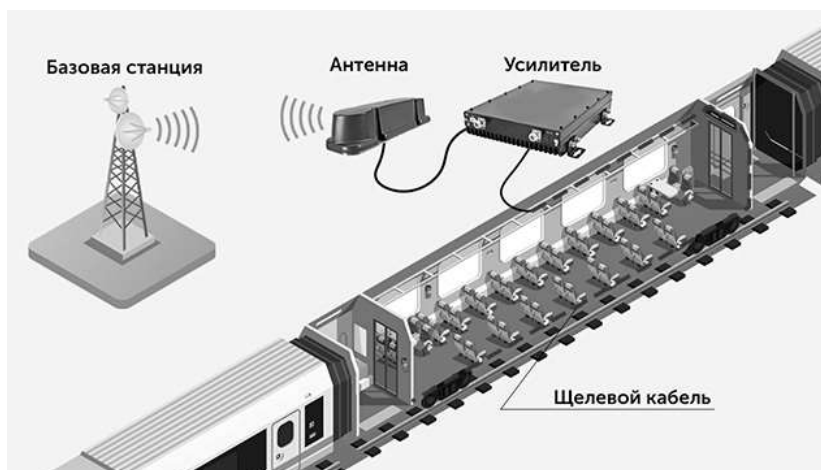


Рисунок 4 – Предлагаемая гибридная система организации Wi-Fi связи в поездах дальнего следования

Использование усилителя сотовой связи позволяет значительно улучшить качество приема и передачи сигнала. Для этих целей предлагается использовать специальные многодиапазонные репитеры, которые имеют автоматическую подстройку мощности. Усилитель динамически регулирует мощность, в зависимости от удалённости поезда от базовых станций. Сигнал с усилителя может передаваться напрямую на антенные разъемы Мультилинк (рисунок 5), либо на внутреннюю антенну или специальный щелевой кабель, проложенный вдоль вагона.

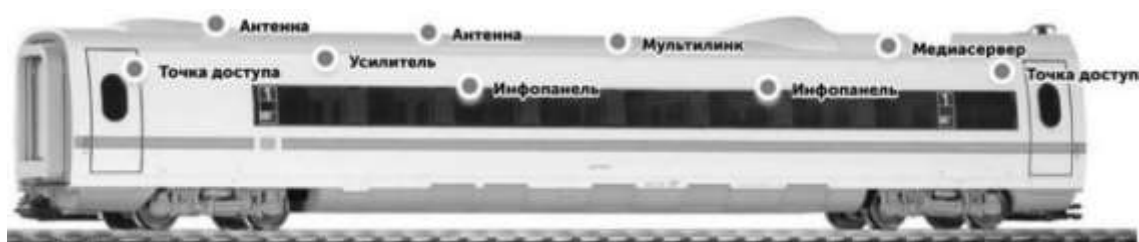


Рисунок 5 - Предлагаемая схема доукомплектации пассажирских вагонов в поездах дальнего следования

К примеру, подобные технические решения от фирмы «beOnLink» [4] уже успешно используются в городском и пригородном автотранспорте Москвы и Московской области, а на железнодорожном транспорте уже есть пилотные проекты – авиаэкспресс (Шереметьево, Домодедово, Внуково), где обеспечивается комфортный и надежный доступ в интернет с единой системой авторизации для всего городского общественного транспортного парка Москвы (автобусы, электробусы, троллейбусы, трамваи, метро).

В качестве дополнительной альтернативы также предлагается разместить в штабном вагоне мини-сервер, на котором будут предварительно записаны и храниться художественные и документальные фильмы, музыка, аудио-книги и т.д. За относительно небольшую плату (50 или 100 рублей) пассажир получает неограниченный доступ к этому мини-серверу и на всем пути своего следования спокойно наслаждается просмотром или прослушиванием выбранного им контента посредством предлагаемой комбинированной (гибридной) системы.

Список использованных источников

1 А. В. Морозов, В. Г. Шахов Анализ безопасности доступа беспроводных сетей по технологии WI-FI, применяемой в объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта // Известия Транссиба. Информационные технологии, автоматика, связь, телекоммуникации. - Омск: 2014, стр. 92-96.

2 Портал «Попутчик» РЖД: как подключить и пользоваться мультимедийным порталом «Попутчик» // URL: <https://www.onetwotrip.com/ru> (дата обращения: 15.04.2024).

3 Почему не могу подключиться к вайфаю ржд // URL: <https://qsetup.ru/pochemu-ne-mogu-podklyuchit-sya-k-vayfayu-rzhd/> (дата обращения: 15.04.2024).

4 Интернет для поездов // URL: <https://beonlink.ru/internet-on-train.html> (дата обращения: 15.04.2024).

**ОБОСНОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ
К СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

М.И. Крапивин, В.В. Милюшин, Д.А. Пазов, С.С. Урланов

студенты специальности 23.05.05,

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), г. Иркутск

Научный руководитель: Е.Ю. Пузина

доцент,

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), г. Иркутск

Аннотация. Основные направления совершенствования перевозочного процесса – это увеличение пропускной и провозной способности железнодорожных полигонов. С целью повышения провозной способности Генеральной схемой развития железных дорог предусмотрено расширение полигонов обращения тяжеловесных поездов массой 7100 тонн. В числе таких полигонов – Кузбасс – Дальний Восток. Инфраструктура Транссибирского хода Восточно-Сибирской железной дороги должна обеспечивать по своим техническим характеристикам тяжеловесное движение с учетом современных систем интервального регулирования. С этой целью для исследуемого в работе участка с помощью компьютерного моделирования выполнена оценка влияния современных систем интервального регулирования на необходимость усиления системы тягового электроснабжения.

Ключевые слова: интервальное регулирование, виртуальная сценка, продольная компенсация

В рамках реализации задач по модернизации инфраструктуры БАМа и Транссиба выполнен значительный объем работ по усилению устройств системы тягового электроснабжения (СТЭ) [1, 2, 3]. В результате выполнения мероприятий программы первого и части второго этапов развития пропускных способностей Восточного полигона из 32 лимитирующих межподстанционных зон (МПЗ), где интервалы попутного следования поездов составляли более 15 минут (28 МПЗ) и 10-15 минут (4 МПЗ), ликвидировано 17 МПЗ, сокращены интервалы на 14 МПЗ. Количество зон для пропуска поездов весом 6300 тонн с интервалом попутного следования 10 минут и менее возросло с 4 до 21. Удалось ликвидировать 8 лимитирующих МПЗ, на которых пропуск поезда веса 7100 тонн в составе пакета поездов 6300 тонн не обеспечивался с интервалом 8 минут и менее.

Вместе с тем, постоянный рост объема грузоперевозок может потребовать усиление СТЭ не только проблемных МПЗ, но и так называемых «благоприятных» МПЗ. Особенно актуальной может стать эта проблема с учетом реализации современных систем интервального регулирования, поскольку это приведет к существенному увеличению нагрузки на все устройства СТЭ [4]. Рассмотрим подробнее влияние этого фактора.

В настоящее время Восточно-Сибирская железная дорога практически на всем протяжении оборудована системами автоблокировки. По условиям работы этих устройств возможен минимальный интервал попутного следования в границах дороги (по зеленому) 8 минут. Необходимость увеличения пропускной способности участков диктует потребность во внедрении новых систем интервального регулирования, позволяющих снизить интервалы попутного следования поездов до 3-6 минут.

Прежде всего – это АЛСО, иными словами, автоблокировка с подвижным блок-участками, при внедрении которой участки кодирования перемещаются за последним вагоном поезда. На подвижном блок-участке имеется одна или нескольких рельсовых цепей, которые кодируются различными системами автоматической сигнализации. Это исключает использование проходных светофоров автоблокировки. Здесь используются короткие рельсовые цепи и системы централизованного автоведения, учитывающие характеристики и параметры попутно движущихся поездов.

С учетом параметров движения каждого из поездов системой рассчитывается оптимальный межпоездной интервал, обеспечивающий движение поездов на зеленый огонь локомотивного светофора. За каждым поездом блокируется участок, необходимый для обеспечения надежного снижения скорости вслед идущего поезда.

В 2023 году осуществлен ввод в эксплуатацию такой системы на участке Большой Луг-Слюдянка ВСЖД. Основой этой системы является АБТЦ-МШ, под которой понимается микропроцессорная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением аппаратуры в шкафном варианте. При внедрении этой системы минимальный межпоездной интервал может быть сокращен до 3-6 минут.

Еще одной современной эффективной мерой интервального регулирования, внедряемой в краткосрочной перспективе на ВСЖД, является система интервального регулирования, построенная на радиоканалах, но при их совместном использовании с приборами безопасности. При этом регулирование движения поездов выполняется путем передачи допустимых параметров движения на локомотив с использованием радиоканала. Проходные же светофоры не используются. Полученной информации оказывается достаточно

для динамического изменения расстояния между поездами с учетом скорости их перемещения.

Такая система лежит в основе технологии виртуальной сцепки (ВСЦ): движение пакета поездов (для начала – сдвоенной пары) на минимально безопасном расстоянии с отслеживанием информации между ними по цифровому радиоканалу. Использование ВСЦ существенно сокращает время формирования соединенных составов большой суммарной массы. Процесс реализации ВСЦ отмечен на рисунке 1.

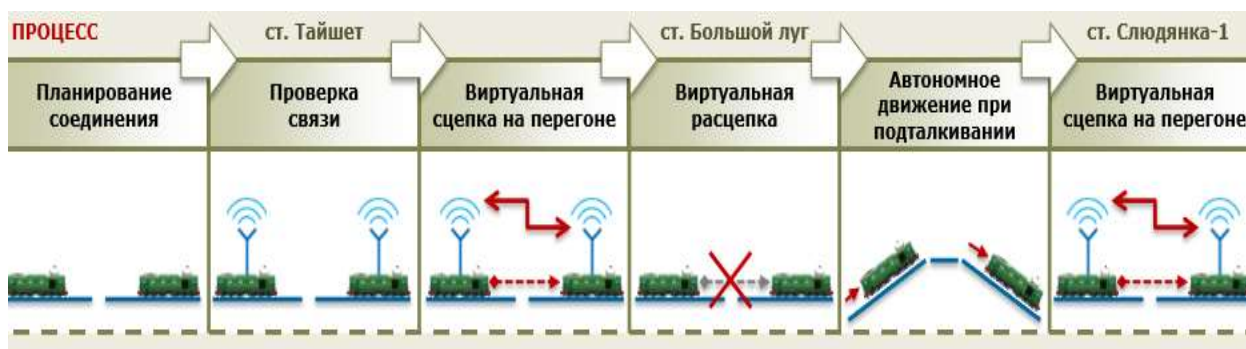


Рисунок 1 – Схема организации движения соединенных поездов на базе виртуальной сцепки

С целью выполнения сравнительной оценки применения системы интервального регулирования ВСЦ и «жесткой» сцепки разработана модель системы электроснабжения исследуемого участка ЗМ – ЖР в программно-вычислительном комплексе Fazonord, представленная на рисунке 2.

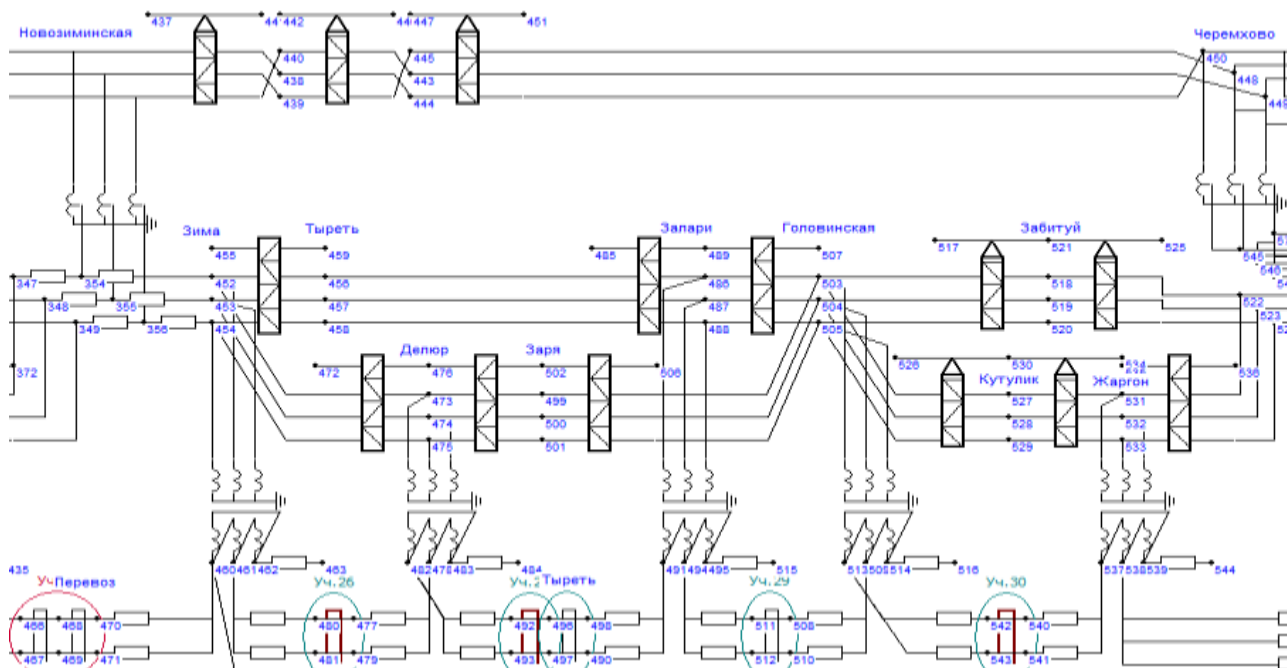


Рисунок 2 – Модель системы электроснабжения участка ЗМ – ЖР

Выполнена оценка возможности пропуска по исследуемому участку соединенного поезда в пакете: 14200 + 7100 + 7100 + 7100 + 7100 + 7100 тонн с

интервалом 8 минут, организованного по принципам «жесткой» и «виртуальной» сцепки. Расчет произведен с учетом параллельной работы силовых трансформаторов (СТ) на тяговых подстанциях (ТП) ЗМ, ДЛ, ЖР, включенного в работу устройства продольной компенсации (УПК) на ТП ЗЛ и введенного в работу поста секционирования (ПС) на станции ТР.

Результаты расчёта с учетом «жесткой» сцепки и пакета с поездами, соединёнными ВСЦ, приведены в таблице 1. Из полученных результатов следует, что при «жесткой» сцепке барьерными МПЗ являются ДЛ – ЗЛ, ЗЛ – ГЛ, ГЛ – ЖР с минимальным трёхминутным напряжением на токоприёмнике локомотива поезда 20,03 кВ, 20,29 кВ, 19,67 кВ соответственно. В тех же условиях результаты пропуска пакета с соединёнными поездами по принципу ВСЦ несколько лучше. Имеется только две проблемные МПЗ: ДЛ – ЗЛ и ГЛ – ЖР с минимальным трёхминутным напряжением на токоприёмнике локомотива поезда 20,41 кВ и 20,56 кВ соответственно.

Таким образом, требуемые параметры режима работы СТЭ исследуемого участка не обеспечиваются. Поэтому предлагается в качестве меры усиления СТЭ участка дополнительно установить УПК на ТП ДЛ. Результаты расчета для этого случая также сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Минимальное напряжение на токоприёмнике локомотива

МПЗ	Минимальное трёхминутное напряжение, кВ					
	Без УПК на ТП ДЛ		С УПК на ТП ДЛ		С УПК на ТП ДЛ и РПН	
	Жёсткая сцепка	ВСЦ	Жёсткая сцепка	ВСЦ	Жёсткая сцепка	ВСЦ
ЗМ - ДЛ	21,22	21,70	21,89	22,19	21,93	22,19
ДЛ - ЗЛ	20,03	20,44	21,28	22,05	21,29	22,06
ЗЛ - ГЛ	20,29	21,41	20,29	21,41	20,54	21,66
ГЛ - ЖР	19,67	20,56	19,67	20,56	20,13	21,04

Из полученных результатов расчёта, с учётом дополнительной установки УПК на ТП ДЛ, наблюдается недопустимое минимальное трёхминутное напряжение на токоприёмнике локомотива, при соединении поезда по принципу «жесткой» сцепки в пакете поездов 7100 тонн на МПЗ ЗЛ – ГЛ и ГЛ – ЖР, равное 20,29 кВ и 19,67 кВ соответственно. При ВСЦ единственной проблемной МПЗ остаётся Головинская – Жаргон, с минимальным напряжением 20,56 кВ.

В качестве оценки возможности ликвидации этого барьерного места рассмотрим режим с напряжением на тяговых обмотках трансформаторов на ТП ГЛ и ЖР, равным 28 кВ, благодаря наличию устройств РПН у СТ. Результаты расчёта для этого случая также приведены в таблице 1.

Дополнительное усиление путём установки УПК на ТП ЗЛ, ТП ДЛ, ПС на станции ТР и повышения напряжения на шинах 27,5 кВ до уровня 28 кВ на ТП ГЛ и ЖР позволяет обеспечить пропуск пакета, состоящего из поезда весом 14200 тонн, соединённого по принципу «виртуальной» сцепки и пяти поездов весом 7100 с интервалом 8 минут. При этом, пропуск такого же пакета, но с поездами, соединёнными «жёсткой» сцепкой, не возможен, поскольку минимальное трёхминутное напряжение на токоприёмнике локомотива поезда на МПЗ ГЛ – ЖР и ЗЛ – ГЛ равно 20,13 кВ и 20,54 кВ соответственно.

Также следует отметить, что напряжение в контактной сети перегонов при организации ВСЦ выше на 1,2-5,5 %, что положительно сказывается на провозной и пропускной способности СТЭ.

В заключение следует отметить, что при использовании современных систем интервального регулирования и, соответственно, увеличении объема грузопотока, создающего повышенные нагрузки на устройства тягового электроснабжения, непреклонно встает задача усиления СТЭ наиболее сложных по профилю пути участков.

Список использованных источников

1 Пузина Е.Ю. Оценка потенциала повышения энергоэффективности системы тягового электроснабжения Абаканской дистанции электроснабжения // Транспорт: наука, образование, производство: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / РГУПС. Ростов-на-Дону, 2017. С. 154-157.

2 Пузина Е.Ю., Худоногов И.А. Анализ ремонтных режимов работы системы электроснабжения участка Тайшет – Тулун Восточно-Сибирской железной дороги // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 1 (69). С. 223-234.

3 Cherepanov A., Kutsiy A. Modeling of tractive power supply systems for heavy-tonnage trains operation // International Russian Automation Conference, RusAutoCon2018. С.8501734.

4 Пузина Е.Ю. Оценка остаточного ресурса тяговых трансформаторов Северного хода ВСЖД // Транспорт-2013: труды международной научно-практической конференции / РГУПС/ Ростов-на-Дону, 2013. С. 173-175.

БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

К.А. Березан

студент специальности 23.05.05,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Научный руководитель: Ю.В. Могильников

Старший преподаватель,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Аннотация. В этой статье рассмотрен вопрос, касающийся беспилотных систем управления движения поездов, а именно: что входит в данную систему, насколько она внедрена на Российских железных дорогах. Рассмотрены схемы работы системы «Автомашинист», а также описаны проведенные испытания с данной системой. Помимо этого, были определены факторы, ограничивающие использование беспилотных систем на железнодорожном транспорте в данный момент. Сделаны выводы о том, как внедрение беспилотных систем управления повлияют на Россию уже в ближайшем будущем.

Ключевые слова: Беспилотное управление, роботизация, информационные технологии, железнодорожный транспорт.

В мире активно развиваются беспилотные системы управления, и данная тенденция не обходит стороной железнодорожный транспорт. Впервые к развитию на железнодорожном транспорте беспилотных технологий в России приступили еще в 1957 году. Первым экспериментальным комплексом был комплекс автоведения для пригородных поездов. На основании стратегии по инновационному развитию транспорта от 16 мая 2016 года, одной из ее целей является развитие рынка беспилотных транспортных средств, с долей отечественных производителей 60% к 2035 году. Развитие данной технологии планируется осуществлять за счет финансов государства с постепенным снижением в пользу частных инвесторов [1].

Основная цель создания, а также главное преимущество беспилотных технологий – повышение безопасности. Комплекс систем, работающих в беспилотном поезде, исключают ошибки, основанные на человеческом факторе, такие как усталость машиниста, невнимательность или ложные решения в чрезвычайных ситуациях. Исходя из этого, образуется возможность обеспечить бесперебойное движение поездов, а также уменьшается риск возникновения задержек и сбоев в расписании. В случае появления угрозы программы самостоятельно распознают их, принимают правильные решения, сводя к

минимуму опасность для пассажиров. Подробнее данный вопрос рассмотрен в [2].

Кроме того, такие поезда более эффективны и эргономичны, так как они поддерживают необходимую скорость передвижения и оптимальные интервалы между поездами. Это разрешает увеличить пропускную способность, а также сократить время маршрута. Помимо этого, из всего вышесказанного можно сделать вывод, что снижаются затраты на топливо и обслуживание, а это, в свою очередь, один из важнейших факторов экономической рентабельности.

Благодаря внедрению беспилотных систем управления снижается количество выбросов вредных веществ в атмосферу, соответственно это способствует улучшению экологической обстановки.

В России беспилотная система разрабатывается на базе системы для автоматического управления поездами с помощью электронной вычислительной системы – «Автомашинист». Главной частью такой системы является узел, который является универсальной вычислительной машиной. Она устанавливается на «борту» локомотива, поэтому ее называют бортовой.

Активные разработки беспилотных поездов в России начались в 2015 году. Построение системы «Автомашинист» стартовало на станции Лужская в Ленинградской области – самого большого в России припортового грузового узла - был запущен проект по автоматизации движения для трех маневровых локомотивов, где была внедрена система роспуска вагонов в автоматическом режиме управления горочным локомотивом. К 2017 году на той же станции работали 3 локомотива ТЭМ7А в беспилотном режиме уровня УА2, которая включала в себя функции автоматизированного управления с сохранением ряда ручных операций. В ноябре того же года на локомотивы установили первый прототип системы технического зрения, который состоял из тепловизора, радаров, лидара и камер – стерео и инфракрасных.

Основная задача данной системы заключалась в распознавании вагонов, путей и составов, а также обнаружении препятствий. Система определяла объекты на расстоянии до 200 метров и принимала решение о движении, либо торможении. Такие локомотивы в автоматическом режиме выполняли операции сцепки к вагонам и выполняли все, чем раньше занимался машинист. При непредвиденных обстоятельствах машинист-оператор подключался дистанционно и в режиме реального времени, с помощью камер мог оценить ситуацию и принять решение.

Установка данной системы позволила автоматизировать и ускорить работу сортировочной горки. Впредь, при данных работах, требуется помощь всего одной поездной бригады, вместо прежних трех-четырех. При этом общий уровень безопасности движения поездов повышается.

В 2020 году на Московском центральном кольце был запущен беспилотный электропоезд – «Ласточка», который соответствовал уровню УАЗ. Данный уровень должен иметь бортовое техническое зрение, основанное на системе искусственного интеллекта. Такая система должна выполнять все действия по автоведению поезда при различных погодных и климатических условиях, а также в ночное время, проводить диагностику бортового оборудования, а также автоматически управлять открытием и закрытием дверей. Помимо этого, такой системе необходимо определять показания светофоров, исправность колеи и положение стрелок. Система соответствует техрегламенту ТР ТС 001/2011, что позволяет внедрять ее на сети РЖД и поставлять в страны ЕАЭС. В комплекте датчиков — две видеокамеры ближнего (до 50 м) и две дальнего обзора (до 200 м). Модули видеоконтроля произведены в России, разработчик программного обеспечения — НИИАС.

Для того, чтобы получить необходимый сертификат, подтверждающий успешность системы, за 2022 год электропоезд прошел более 7,5 тысяч км пробега, выполнив при этом более 500 испытательных поездок. Спустя год испытаний система технического зрения стала первой сертифицированной системой в Европе.

В январе 2024 года глава холдинга ОАО «РЖД» - Олег Белозеров, назвал сроки запуска полностью беспилотного поезда. По его словам, внедрение беспилотного поезда, соответствующего уровню УА4 должна начаться в 2026 году, а уже на лето 2024 года намечен запуск частично автономного состава, который будет курсировать по Московскому центральному кольцу. Уровень УА4 предполагает полное управление в автоматическом режиме без присутствия машиниста в локомотивной кабине. Все, чем ранее машинист управлял в ручном режиме, теперь работает либо автоматически, либо удаленно. Системы, работающие в комплексе «Автомашинист» представлены на рисунке 1.

В результате внедрения беспилотных поездов на МЦК ожидается сокращение интервалов движения, что приведет к увеличению возможности пропуска растущего пассажиропотока.

В данный момент эксперты акцентируют свое внимание на двух основных факторов, ограничивающих развертывание беспилотного транспорт на железной дороге в России. Первый заключается в том, что дистанционное управление требует передачу потокового видео, соответственно необходима широкополосная связь LTE. Решение данного вопроса несет ощутимые затраты.

Второй момент — регулирование нормативной документации. Возможность и условия эксплуатации подвижного состава в автоматическом и дистанционном режимах должны быть четко прописаны во всех базовых документах отрасли.



Рисунок 1 – Состав системы «Автомашинист» к 2024 году

В редакции Правил технической эксплуатации железных дорог, принятой в 2022 году, уже отражены новые требования. В частности, ответственность за ошибки машины возложена на ее проектировщиков и изготовителей. В дополнение разрабатываются ГОСТы для сертификации беспилотных технологий. Актуализации ждет еще один основополагающий документ — приказ Минтранса № 97 от 8.7.2008 «Об утверждении положения о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий, повлекших причинение вреда жизни или здоровью граждан, не связанных с производством на железнодорожном транспорте». Замглавы НИИАС Павел Попов в мае 2023 года сообщил, что новая редакция совместно с ведомством будет составлена в течении года.

Внедрение систем беспилотного управления на железнодорожном транспорте несет за собой множество положительных аспектов. Главное преимущество заключается в повышении обеспечения безопасности. Помимо этого, развитие технологий несет в себе положительный экономический эффект от внедрения, что приведет к повышению конкурентоспособности России на мировом рынке. Новые проектируемые беспилотные системы управления движения поездов должны быть сопряжены с системами на высокоскоростных магистралях [3]. Работа над реализациями проектов беспилотных технологий ведется очень активно, что может говорить о том, что в скором будущем мы сможем увидеть беспилотные поезда на Российских железных дорогах.

Список использованных источников

1 Савицкая Н.В., Камзол П.П., Казанская Л.Ф. Перспективы развития беспилотного транспорта в России. // Бюллетень результатов научных исследований. 2018. № 2. с. 18-28.

2 Вершинин И.Д., Миклин С.А., Могильников Ю.В. Внедрение беспилотных технологий на железнодорожном транспорте, как фактор повышения безопасности перевозочного процесса. // Информационные технологии и когнитивная электросвязь: материалы сборника научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург. 2021. с.74-78

3 Могильников Ю.В., Гундырев К.В., Галинуров Р.З. Системы управления движением поездов в контексте высокоскоростного сообщения // Транспорт Урала. 2017. № 3 (54). с. 35-40

УДК 621.332.315

ГРНТИ 44.29.37

**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ В МЕСТАХ
СОПРЯЖЕНИЙ АНКЕРНЫХ УЧАСТКОВ**

А.А. Повод

2.4.3 Электроэнергетика,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Научный руководитель: А.А. Ковалев

канд. техн. наук., доцент,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Аннотация. В данной статье приведены требования к работе контактной сети согласно ПТЭ. Проанализирована статистика по отказам технических устройств контактной сети на Свердловской железной дороге в период с 2018 года по 2023 год (включительно). Приведена классификация отказов технических устройств по видам элементов контактной сети. Проанализированы причины отказов технических устройств на сопряжениях анкерных участков контактной сети с конкретными примерами отказов. Также предложены мероприятия по снижению отказов технических устройств контактной сети.

Ключевые слова: контактная сеть, анкерный участок, струна контактной сети, изолирующее сопряжение, неизолирующее сопряжение, несущий трос

Требование к работе контактной сети согласно «Правил технической эксплуатации» следующее: устройства электроснабжения должны обеспечивать бесперебойное движение поездов с установленными весовыми нормами, скоростями и интервалами между поездами при требуемых размерах движения [1].

Контактная сеть является потребителем первой категории надежности электроснабжения, но ее отличительной особенностью является отсутствие резерва, поэтому перерыв в работе контактной сети может привести к серьезным последствиям [1].

Вследствие чего, сотрудники районов контактной сети должны проводить проверку состояния и регулировку устройств контактной сети. Также должен производиться контроль исправности ее устройств, текущий и капитальный ремонт, участвовать в модернизации участков контактной сети, а также осуществлять мероприятия, которые направлены на повышение надежности и устойчивости работы устройств.

Однако применяемые в настоящее время меры по повышению надежности и устойчивости работы устройств контактной сети являются недостаточными. Примером тому являются результаты проведенного анализа отказов технических средств на Свердловской железной дороге (далее – СвЖД) по итогам работы за 6 лет (с 2018 года по 2023 год включительно). За данный промежуток времени на СвЖД было расследовано 221 случаев отказов технических средств. На рисунке 1 приведена диаграмма случаев отказов технических устройств на контактной сети по годам с 2018 по 2023.

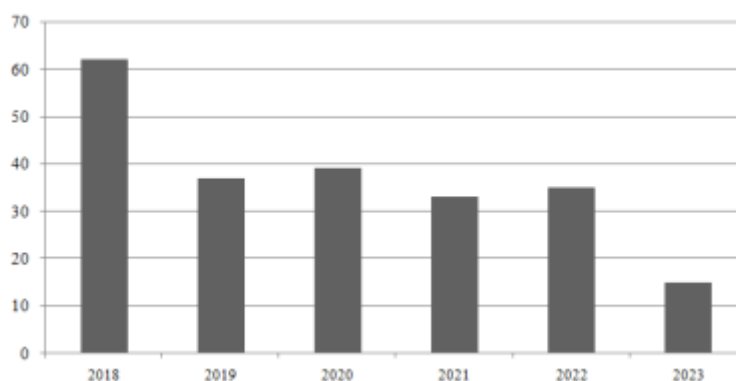


Рисунок 1 – Отказы в работе технических средств СвЖД по годам

Анализируя рисунок 1, можно сделать вывод, что в 2018 году было больше всего отказов технических устройств, а в 2023 году было зафиксировано наименьшее количество случаев отказов технических устройств. Для более наглядного анализа произведем сортировку всех случаев отказов по видам отказавших технических устройств. Отказы в работе технических средств СвЖД по видам устройств приведены на рисунке 2.

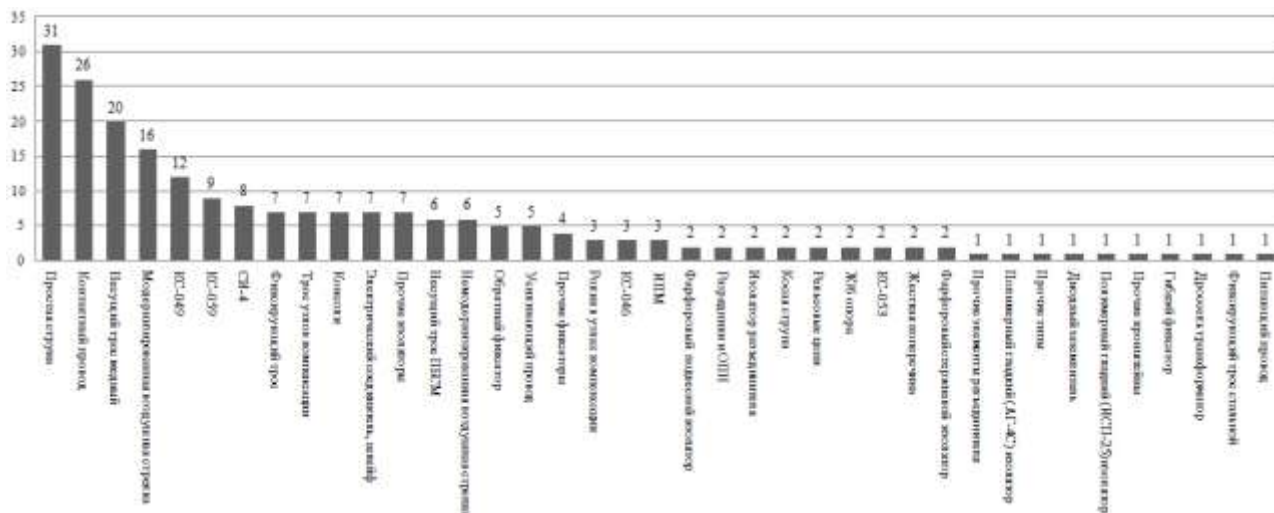


Рисунок 2 – Отказы в работе технических средств СвЖД по видам устройств

Самым отказываемым техническим средством является – простая струна контактной сети (31 случай или 14,1%), которая через клеммы крепится к несущему тросу и контактному проводу и служит для обеспечения свободных продольных перемещений контактных проводов при изменении температуры окружающей среды. Причиной отказов данного технического устройства является обрыв одного из звена струны из-за перетирания между собой элементов звеньев струны. Для предотвращения данных отказов струны контактной сети делают цельными или изолированными. Для изоляции используют медный коуш КС-063 или «орешек».

На втором месте по частоте отказы, связанные с контактными проводами. Обрыв контактного провода может произойти из-за пережога, несвоевременной замены мест с максимальным износом, а также из-за несоответствия карте технологического процесса при работе по монтажу вставки в контактный провод. Мероприятия по недопущению отказов по причине обрыва контактного провода являются: замер износа КП работниками района контактной сети с занесением результатов в журналы износа контактного провода. На изолирующих сопряжениях монтируют специальные защитные устройства от пережога контактного провода.

Анализируя отказы технических устройств в местах сопряжений анкерных участков, можно сделать вывод, что в период с 2018 по 2023 на сопряжениях было выявлено 32 случая, что составляет 14,5% от всех отказов. Из них 10 случаев на изолирующих сопряжениях, 22 на неизолирующих сопряжениях.

Рассмотри случаи отказа технических устройств на изолирующем и неизолирующем сопряжении на конкретных примерах.

В январе 2023 года произошел обрыв несущего троса на изолирующем сопряжении «Г». Обвисший провод попал в габарит электроподвижного состава,

что привело к излому второго и четвертого токоприемника скоростного электропоезда повышенного комфорта «Ласточка». Характеристика контактной сети: подвеска полукомпенсированная, несущий трос М-120, контактный провод 2МФ-100. В ходе расследования было установлено, что у медного несущего троса была оборвана 1 жила, что было выявлено до отказа. Так же немалую роль сыграла температура окружающей среды.

В октябре 2022 года машинистом электровоза было заявлено об обрыве подпорной струны контактной сети на четном пути перегона на неизолированном сопряжении контактной сети. Так как оборванная подпорная струна была выше контактного провода, то осуществлялось безопасное движение поездов. Бригада района контактной сети была аварийно вызвана, со съемной вышки было устранено данное замечание. Характеристика контактной сети: подвеска полукомпенсированная, усиливающий провод 2А-185, несущий трос М-120, контактный провод 2МФ-100. В ходе расследования было установлено, что причиной обрыва струны контактной сети послужило: некачественное закрепление струнового зажима КС-046, а также облом звена струны из-за старения.

На основании приведенной статистики и приведенных конкретных примеров отказов технических устройств можно сделать вывод, что причинами отказов является некачественный монтаж узлов контактной сети, а также увеличение сроков работы элементов контактной сети. Поэтому работникам районов контактной сети необходимо производить ревизионные работы согласно годовому плану, а также своевременно производить модернизацию элементов контактной сети.

Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во «Центромаг», 2023. – 40 с.
2. Ковалев А.А. Требования к оценке надежности поддерживающих конструкций несущего и контактного провода / А.А. Ковалев, А.В. Окунев, А.В. Микава, Н.В. Крапивин // Транспорт Урала. 2020. № 2 (65). С. 98-102.
3. Повод А.А., Ковалев А.А. Исследование способов защиты опор контактной сети // Материалы X всероссийской студенческой конференции с международным участием / ОмГУПС. Омск 2023. С. 194-198.
4. Повод А.А., Ковалев А.А. Проверка исправности искрового промежутка в цепи заземления опоры контактной сети // Сборник научных трудов X региональной научно-практической конференции, посвященной Дню энергетика / УрГУПС. Екатеринбург 2022. С. 58-61.

**ПЕРЕХОД СЕТИ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ОАО «РЖД»
НА IP-ПРОТОКОЛ**

В. Н. Ласьков

студент специальности 23.05.05,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Научный руководитель: В. А. Пискулин

Старший преподаватель,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

***Аннотация.** В данной статье рассмотрен процесс перехода сети оперативно-технологической связи (ОТС) ОАО «РЖД» на IP-протокол. Дано определение ОТС и описаны требования, предъявляемые к ней. Рассмотрена организация сети ОТС на основе принципа коммутации каналов, представлено используемое оборудование, достоинства и недостатки. В сравнение с ней рассмотрен более современный способ организации сети ОТС на основе принципа коммутации пакетов в соответствии с архитектурой NGN, представлено используемое оборудование SI3000 сCS, его положение в модели OSI, преимущества над предыдущей схемой организации, перспективы.*

***Ключевые слова:** оперативно-технологическая связь, IP-протокол, коммутация каналов, NGN.*

К началу 2010 года IP-телефония воцарилась в корпоративных телефонных системах и ТфОП (телефонии общего пользования). Но в сетях ОТС до сих пор используется оборудование, работающее по принципу коммутации каналов, а на некоторых малодеятельных участках железной дороги сохраняются аналоговые системы тональной частоты (ТЧ). Причиной тому строгие стандарты, которые зачастую имеют происхождение от технических ограничений первоначальных систем, в соответствие с которыми необходимо разрабатывать новое оборудование. [1]

Оперативно-технологическая связь (ОТС) — сеть железнодорожной электросвязи для служебных переговоров по управлению движением поездов, организации перевозок, содержания инфраструктуры и информирования пассажиров. [2]

ОТС отличается тем, что требует выполнения специальных функций, не поддерживаемых обычными телефонными станциями, например:

- организацию диспетчерских кругов с постоянным пребыванием абонентов в круге;

- избирательный вызов абонентов диспетчерского круга по системам 2 из 7, 2 из 11;
- вызов диспетчера голосом;
- режим полудуплекса, управляемого нажатием тангенты или педали с правом диспетчера на перебой.

На сетях связи железных дорог широко применяются коммутационные станции СМК-30 производства ООО КБ «Пульсар-Телеком», разработанные на принципе *коммутации каналов* с соблюдением требований к функциям, предъявляемых к видам ОТС. КС СМК-30 имеет модульную конструкцию, модули обеспечивают различные виды связи и выбираются в зависимости от потребности станции. Максимальное число модулей — 15; абонентских портов — 120, до 8 портов E1.

Соединение со смежными коммутационными станциями выполняется по протоколу DSS. Соединение с транспортной сетью происходит с помощью потоков E1, включенных в SDH-мультиплексоры.

При коммутации каналов перед передачей данных необходимо установление соединения — коммутационные станции между конечными узлами составляют физический канал. Во всех составляющих соблюдается равная скорость передачи данных — 64 Кбит/с, а уровень задержки низкий и постоянный, благодаря чему не требуется буферизация передаваемых данных.

Существенным недостатком коммутации каналов является неэффективность передачи пульсирующего трафика, коим является речь абонентов, прерывающаяся на паузы, во время которых пропускная способность занята и простаивает в то время, когда ее могли бы использовать другие абоненты.

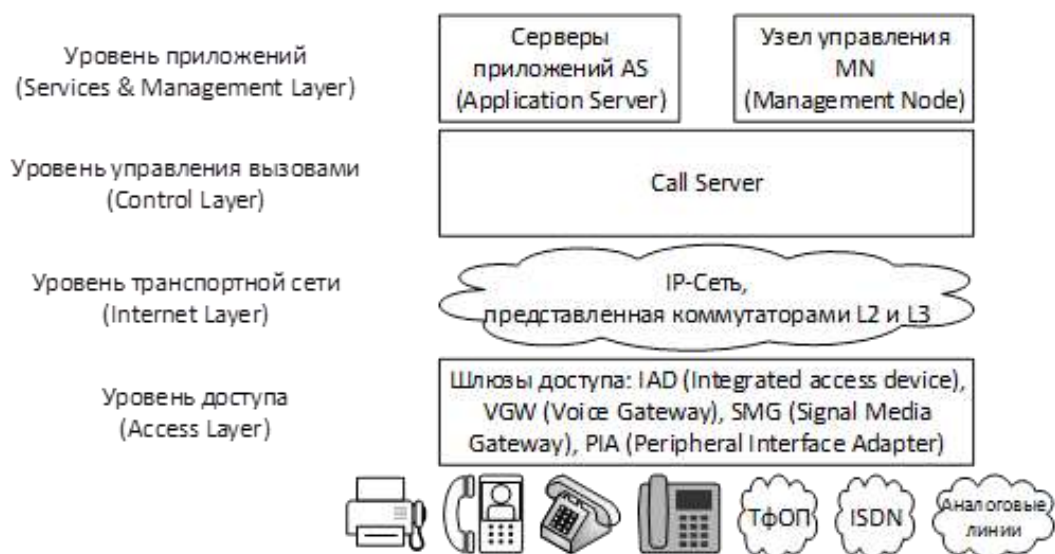


Рисунок 1 — Четырехуровневая архитектура NGN

На смену приходит **технология коммутации пакетов**, повсеместно используемая в текущее время, и заимствованная из компьютерных сетей. Для доступа в этом случае используется *VoIP*-сигнализация *SIP*, для соединительных линий — *SIP-T*. Такие продукты являются частью архитектуры сети *NGN* — сети нового поколения, которая характеризуется объединением всех видов услуг в транспортной сети на базе технологии многопротокольной коммутации по меткам (*IP/MPLS*). Включение сетей прошлого поколения в транспортную сеть *NGN* осуществляется с помощью шлюзов аналогового и цифрового доступа.

Принцип коммутации пакетов: передаваемые абонентом сообщения произвольной длины являются логически завершенными порциями данных: это может быть запрос на передачу файла, отправка файла, и так далее. Сообщения, в свою очередь, в исходном узле делятся на маленькие пакеты объемом от 46 до 1500 байт. В каждый пакет инкапсулируется заголовок с *IP*-адресом получателя и номером пакета для того, чтобы в узле назначения в нужном порядке вновь собрать сообщение. Пакеты, независимо друг от друга, перемещаются по транспортной сети, представленной маршрутизаторами, при этом для них выбирается наилучший маршрут согласно динамически обновляемой таблице маршрутизации.

Скорость передачи данных, задержка могут меняться. Задержки возникают в источнике передачи: это время на передачу заголовков, интервалы между пакетами; и в коммутаторе: буферизация пакета, очередь, перемещение пакета в выходной порт. [3]

Используется технология *QoS* — *Quality of Service*. Система автоматически собирает метрики качества связи в канале: пропускную способность, задержку, дрожание (изменение задержки), ошибки. Затем, с помощью классификации по порту, *IP*-адресу или идентификации приложения/пользователя, разделяет трафик с помощью управления очередями и полосой пропускания, отдавая приоритет качества наиболее важным данным. [4]

Главное достоинство принципа коммутации пакетов: в момент простоя канал могут использовать другие абоненты, что позволяет увеличить число абонентов, не изменяя числа каналов. Другие достоинства:

- устойчивость к сбоям, так как маршрутизация пакетов выполняется автоматически и соединение не прерывается при аварии на одном из возможных путей;
- возможность помимо передачи речи совершать видеозвонки, совершать обмен данными и мультимедиа.

Недостатками являются плавающая скорость передачи данных, плавающая задержка пакетов, а также тот факт, что заголовки пакета не являются полезной

информацией для участников разговора и занимают часть пропускной способности. При этом очевидно, что достоинства перевешивают недостатки.

В настоящее время ОАО «РЖД» предлагаются такие решения для организации ОТС по IP-протоколу, как ИЦТС-П (производства ООО КБ «Пульсар-Телеком»), которая на 2016 г. успешно введена в постоянную эксплуатацию на 32 станциях Горьковской железной дороги, и *SI3000 compact Call Server* (производства АО «Искра Технологии»), которая с 2014 г. эксплуатируется на участке Новосибирск–Чик Западно-Сибирской железной дороги [5, 6].

sCS в исполнении 10 слотов для установки в коммутационный шкаф 19” предлагает емкость до 4000 абонентов, максимальное число *ISDN*/аналоговых абонентов — 128/512, до 32 каналов E1.

Использует сигнализации *VoIP* для СЛ — соединительных линий (*SIP-T, H.323*), *VoIP* для доступа (*SIP, H.248, MGCP*), *SIGTRAN*. Также содержит набор сигнализаций для подключения аналоговых/цифровых абонентов и создания соответствующих соединительных линий: ВСК, *TDM* (ОКС №7, *QSIG, DSS1, V5.2, INAP*), аналоговая (СК 2/7, СК 2/11). [7]

Ближайшие перспективы развития цифровой сети ОТС — полный переход всех устройств связи на *IP*-протокол, что позволит наиболее эффективно использовать каналы связи и увеличить число абонентов, увеличить качество и надежность связи, а также расширить функционал.

Список использованных источников

1 Смирнов А. М. Диспетчерские системы в энергетике и на железной дороге // Хабр, Разработка систем связи [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/articles/223841/> (дата обращения: 15.04.2024)

2 ГОСТ 34014–2016. Электросвязь железнодорожная. Сеть оперативно-технологической связи. Технические требования и методы контроля. — Введ. 2018-01-01. — М. : Стандартинформ, 2017. — 5 с. — (Технические требования).

3 Современные информационные технологии. Курс лекций. Раздел II. Методическое пособие / Сост. Абдюшева Г.Р. — Казань: Казанский федеральный университет, 2017. — 51 с.

4 Захаров А. Что такое QoS // Calltouch Blog, Словарь маркетолога [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.calltouch.ru/blog/glossary/qos/> (дата обращения: 15.04.2024)

5 Ананьев Д. В., Тарасов И. А. Развитие систем технологической связи / Автоматика, связь, информатика. — 2020. — № 2.

6 Приятель, М. Цифровизация технологической связи / М. Приятель // Автоматика, связь, информатика. — 2018. — № 1. — С. 35–38. — EDN YLBOTJ.

7 Техническое описание СИ3000 сCS Компактный программный коммутатор / Искра Технологии. URL: https://iskrauraltel.ru/ru/files/default/Documents/resources-RU/SI3000%20cCS%20Описание_v2.3.pdf (дата обращения: 19.11.2023).

УДК 656.25:629.4.053.3

ГРНТИ 73.29.17

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
СРЕДСТВАМИ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

И.А. Каримова

студент специальности 23.05.05,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Научный руководитель: Ю.В. Могильников

Старший преподаватель,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Аннотация. В данной статье рассмотрены различные варианты решения по увеличению пропускной способности на железнодорожном транспорте средствами интервального регулирования поездов (ИРДП). Рассмотрены вопросы применения и внедрения новой технологии виртуальной сцепки, увеличение скорости передвижения поездов на желтый сигнал светофора, а также работа системы автоблокировки АБТЦ-МШ. В заключении сделан вывод об эффективности применения рассмотренных систем, а также их дальнейшем применении на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: системы интервального регулирования поездов, виртуальная сцепка, пропускная способность.

На основании стратегии развития ОАО «РЖД» в настоящее время одной из приоритетных целей на железнодорожном транспорте в области автоматизации, телемеханики и связи является усовершенствование СУДП [1]. Одним из решений поставленной цели является увеличение пропускной способности. Эффективная реструктуризация грузопотоков и быстро растущая нагрузка на железнодорожную инфраструктуру требуют оперативных решений. На практике мы можем увидеть, что строительство дополнительных путей только на отдельных маршрутах не решает проблему увеличения пропускной способности в условиях нехватки времени и финансовых ресурсов. Кроме того, правительством Российской Федерации была поставлена задача по развитию пропускной способности на ключевых направлениях Север-Юг и Восток-Запад.

Работа систем интервального регулирования движения поездов основана на пространственном разделении поездов. Такие системы используются на переездах. Основными задачами этих систем являются обеспечение безопасности движения поездов, повышение эффективности используемых технических средств, увеличение пропускной и провозной способности железной дороги, а также улучшение условий работы операторов.

В 2020 г. была утверждена концепция интервального регулирования движения поездов, содержащая четыре крупных направления работы: повышение скорости движения поездов на желтый огонь более 60 км/ч; реализация технологии «виртуальная сцепка» в режиме «точка-точка»; увеличение количества поездов, использующих виртуальную сцепку (ВСЦ) в режиме «точка-многоточка»; применение системы автоблокировки с подвижными блок-участками (АБТЦ-МШ).

В рамках этой концепции было проведено заседание АО «НИИАС» [2], в ходе которого был разработан индивидуальный подход к пересечению желтых светофоров, позволяющий составам двигаться со скоростью более 60км/ч даже на желтый сигнал светофора при движении по участкам стандартной длины. В то же время на коротких участках и крутых спусках движение происходит со скоростью менее 60 км/ч (по причине необходимости остановки перед светофором с запрещающим сигналом). Этот алгоритм реализован в стандартном программном обеспечении 13 пакета КЛУБ-И и может быть воспроизведен на сети. Следует отметить, что реализация гибкого алгоритма проезда светофоров с "желтыми" сигналами возможна исключительно на устройствах КЛУБ-У, выпущенных после 2008 года, и требует модернизации оборудования для более ранних устройств. В стандартном программном обеспечении БЛОК и БЛОК-М также может быть реализован без модернизации оборудования.

В качестве альтернативного варианта ИРПД также тестируется и разрабатывается технология "виртуальной сцепки". Эта технология особенно перспективна для решения проблемы пропуска поездов, когда необходимо организовать пакет до восьми поездов для увеличения плотности движения на "оставшихся" линиях в периоды путевых работ.

Виртуальная сцепка (ВСЦ) – это соединение последовательно идущих локомотивов, связь между которыми осуществляется по радиоканалам. В данной технологии второй поезд ("ведомый") следует по маршруту с учетом переданных данных от первого ("ведущего"). Такой обмен осуществляется непрерывно по цифровым радиоканалам с задержкой менее 100 миллисекунд. Данная система позволяет контролировать скорость передвижения, положение, различные изменения и расстояние до предыдущего поезда. При этом все поезда движутся

синхронно. Помимо этого, в [3] рассмотрены основные результаты опытных поездок, по которым мы можем сказать, что основное препятствие для массового внедрения технологии виртуальной сцепки является недостаточное покрытие цифровыми системами радиосвязи.

В начале 2020 года на Дальневосточной железной дороге началось тестирование технологии "виртуальной сцепки". Поезда курсировали между станциями Хабаровск II - Ружино. В результате было выявлено: понижение расхода электроэнергии, увеличение скорости движения поездов и, как следствие, сокращение времени в пути от станции к станции. Эксперимент прошел успешно, и в апреле 2020 года железная дорога приступила к установке системы ИСАВП-РТ-М на локомотивы Восточного полигона.

Назначение и действие системы ИСАВП-РТ рассмотрено в [4]. По результатам применения данной системы была подтверждена высокая надежность автоматизированного режима вождения, а также повышение пропускной способности примерно на 4-6%.

В настоящее время "виртуальная сцепка" используется на Дальневосточной, Забайкальской, Восточно-Сибирской и Красноярской железных дорогах. К июню 2022 года Дальневосточная железная дорога провела по этой технологии 3000 пар поездов. Эти поезда следовали по маршруту в среднем каждые 10 минут. В будущем это время планируется сократить до 6-8 минут. Протяженность полигона использования ВСЦ на участке Тайшет – Находка составляет 4681 км. На полигоне располагается 26 диспетчерских центров и 19 основных технических станций. В планах компании ОАО «РЖД» расширение полигона внедрения ВСЦ на участке Мариинск – Находка, как показано на рисунке 1. Протяженность линии тогда будет составлять 5734 км.



Рисунок 1 – Схема полигона применения технологии ИРДП «Виртуальная сцепка»

Для мотивации работников распоряжением Центральной дирекции управления движением от 29 сентября 2021 г. № ЦД-224/р утверждено Положение о дополнительном премировании работников дежурно-диспетчерского аппарата за организацию движения ВСЦ поездов. Также введен приказ от 4 августа 2023 года №ЦТ-118 с 1 октября 2023 г., в котором

устанавливается доплата локомотивным бригадам за ведение поезда в режиме «автоведение» при работе по технологии «Виртуальная сцепка».

Для контроля технологической части все автоматические системы слежения оснащаются блоком «КОВЧЕГ». Это позволяет в режиме реального времени отслеживать готовность технического оборудования локомотива, в том числе и перед постановкой на путь, а также режим движения машиниста (режим консультанта или автоматический режим работы). Эксперименты показали, что в долгосрочной перспективе полный переход подвижного состава в полностью автоматический режим работы является важным фактором, обеспечивающим правильное выполнение машинистом программы.

Помимо всего вышеизложенного одной из задач, стоящих перед службой автоматики и телемеханики является понижение количества отказов, а также быстрое реагирование при нарушении в работе устройств. В данный момент наиболее распространенной системой на перегонах является АБТЦ [5]. В этой статье были рассмотрены и выявлены наиболее частые отказы данной системы, а также решения для устранения недостатков. Сама система включает в себя использование бесшовной технологии, при которой на перегонах и станциях организуется пропуск поездов в режиме подвижного блок-участка. При моделировании данная система показала себя как наиболее подходящая для того, чтобы было возможным обеспечить восьмиминутные интервалы на путях и сохранить расписание движения при ремонтных работах с закрытием одного из путей перегона [2]. Такой способ организации участка имеет наивысший приоритет и является более целесообразным.

Для достижения желаемых результатов с помощью ИРПД необходимо устранить технические ограничения существующей инфраструктуры, а на полигонах установить новые системы. Помимо этого, одна из задач заключается в создании комплексного технико-экономического обоснования, включающего оценку всех затрат и результатов проекта, анализ срока окупаемости и определение эффективности использования.

Целевыми показателями при разработке комплексного ТЭО были вспомогательные меры, обеспечивающие заданный рост пропускной способности Восточного полигона: объем грузовых перевозок должен достигнуть 180 млн тонн к 2025 году, 210 млн тонн к 2030 году и 240 млн тонн к 2036 году.

Сравнивая различные подходы к увеличению пропускной способности, можно сделать следующие выводы: если не применять метод реконфигурации оборудования ЖАТ, то возможен стандартный подход - строительство третьих главных путей. В этом случае модернизация устройств автоматической блокировки обойдется в 14 млн рублей на км пути, а строительство 1 км пути - в

среднем 500-600 млн рублей на 1 км. Таким образом, внедрение системы АБТЦ-МШ экономически выгоднее. Кроме того, применение АБТЦ-МШ увеличивает значения пропускной способности на 20-25 %, тогда как реализация ВСЦ - не более 5-7 % [2].

В данной статье был рассмотрен вопрос повышения пропускной способности с помощью средств ИРДП. Опираясь на направления концепции развития ИРДП можно сделать вывод о том, что у каждой технологии есть свои достоинства и недостатки, при этом каждая из систем с каждым годом становится более совершенной, опираясь на наиболее успешные технические решения, представленные в прошлых моделях.

По итогу проведения опытных поездок проявляется тенденция, направленная на рост пропускной способности. При этом контролируется вопрос определения местоположения локомотива на перегоне, что является необходимостью при использовании систем АБТЦ.

С помощью рассмотренных систем компания ОАО «РЖД» выходит на новый уровень технологического развития железнодорожного транспорта в целом. Непрерывная работа над их совершенствованием, обновлением и исправлением ошибок позволит комбинировать в себе множество функций единой системы.

Список использованных источников

1 Могильников Ю.В., Гундырев К.В., Галинуров Р.З. Системы управления движением поездов в контексте высокоскоростного сообщения // Транспорт Урала. 2017. № 3 (54). с. 35-40.

2 Наумова Д.В. Вопросы интервального регулирования// Автоматика, телемеханика и связь .2023. №6 с.13-15

3 Бушуев С.В., Голочалов Н.С. // Анализ способов повышения пропускной способности железных дорог. Транспорт Урала. 2023. №1(76). с. 42-50.

4 Бушуев С.В., Гундырев К.В., Голочалов Н.С. Повышение пропускной способности участка железной дороги с применением технологии виртуальной сцепки // Автоматика на транспорте. 2021. Т 7. [№ 1](#). с. 1-20.

5 Могильников Ю.В. Схема контроля очередности работы реле АБТЦ // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 1 (73). С. 126-130.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДАТА-ЦЕНТРА В БЕСПИЛОТНОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

П.Д. Кунгурцев

студент специальности 23.05.05 / «Телекоммуникационные системы и сети ж.-д. транспорта»,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Научный руководитель: В.А. Пискулин

Старший преподаватель,

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Аннотация. В статье рассмотрено развитие беспилотного движения на российских железных дорогах. Кратко описаны суть и принцип беспилотного управления подвижным составом. Определена проблема размещения дата-центра непосредственно в беспилотном поезде. В статье описаны основные инженерные системы центра обработки данных, а также рассмотрены варианты их внедрения с расчетом на максимальную эффективность и компактность. Определены основные параметры дата-центра и особенности его размещения в сложных эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: беспилотные поезда, центр обработки данных, дата-центр.

В настоящее время технологии развиваются крайне динамично. Одним из наиболее перспективных и инновационных проектов в сфере транспорта являются беспилотные транспортные средства, а особо внимание уделяется беспилотным поездам. [1].

Развитие беспилотного движения в настоящий момент является одним из приоритетных направлений модернизации железнодорожного транспорта и является частью программы цифровой трансформации российского транспорта.

Беспилотные поезда — это железнодорожный транспорт, способный передвигаться без участия человека. Поскольку они оборудованы специальными системами и датчиками, которые позволяют определять местоположение, поддерживать минимальное безопасное расстояние до других транспортных средств и реагировать на изменения дорожной обстановки. Это осуществляется благодаря использованию искусственного интеллекта, что даёт возможность «самостоятельного» принятия решений и адаптации к меняющимся условиям. Однако в экстренных случаях, когда компьютер не в состоянии однозначно определить ситуацию, решающее слово должно быть за квалифицированным специалистом, контролирующим процесс движения.

Управление локомотивами осуществляется компьютером, находящимся непосредственно на борту локомотива. Это решение было принято исходя из того, что для корректной работы беспилотных поездов необходимо мощное вычислительное ядро, поскольку осуществляется накопление и обработка огромного количества информации от более чем десятка сенсоров с высокой частотой опроса для каждого обнаруженного объекта за бортом чтобы избежать ошибочных срабатываний [2]. Следовательно, необходим центр обработки данных или дата-центр.

Так как информация с сенсоров образует очень большие потоки данных – передать их в какой-либо дата-центр по радиоканалу не представляется возможным. Таким образом все перечисленные выше операции возможно производить только на борту поезда. Для этого необходимо определить параметры такого дата-центра.

Основой центра обработки данных являются его инженерные системы, которые необходимы для его оптимальной работы. Как правило, в дата-центрах имеется пять ключевых инженерных систем, состоящих из специализированного оборудования:

- 1 Система электропитания – для обеспечения непрерывности работы.
- 2 Система охлаждения – для предотвращения перегрева, используя прецизионные кондиционеры.
- 3 Системы безопасности – для обеспечения контроля доступа, видеонаблюдения, а также системы обнаружения и подавления пожара.
- 4 Надежная система передачи данных.
- 5 Система постоянного мониторинга – для обеспечения стабильности работы и оперативного решения проблем [3].

Для дата-центра, размещаемого в беспилотном поезде, необходимо обеспечить работу всех пяти систем.

Гарантированное электропитание обеспечивается непосредственно от локомотива, не смотря на вид тяги. От генераторов при автономной тяге, или через преобразователи тока если это электровоз переменного или постоянного рода тока [4].

Необходимо лишь обеспечить стабильность этого электропитания и бесперебойность в случае потери электроэнергии. Осуществляется это путем установки источника бесперебойного питания (ИБП) и аккумуляторных батарей (АКБ).

Установка отдельных АКБ применяется для того, чтобы обеспечить максимальную независимость от других потребителей электроэнергии, таких как розетки для пассажиров или освещение и т.п. Поскольку от работы дата-центра зависит безопасность не только всего поезда, но и остальных участников

железнодорожного движения. Сами АКБ необходимо располагать в специальном закрытом шкафу. Использование такого батарейного шкафа позволяет обезопасить от прямого или не санкционированного контакта с АКБ и также защищает от попадания прямых солнечных лучей.

Общая емкость АКБ должна быть такой, чтобы ее хватало на 10 минут автономной работы. Такое время было выбрано исходя из того, что при полной потере электроэнергии компьютеру принимает решение о экстренной остановке, и в случае если это пассажирский электропоезд – подать команду на открытие дверей после остановки. Более длительное время автономии не имеет смысла, поскольку без электрической сети электропоезд продолжать движение не может.

С учетом оборудования, необходимого для работы систем беспилотного управления поездом, в таблице 1 приведены параметры потребляемой мощности:

Таблица 1 – Общая потребляемая мощность

Оборудование	Потребляемая мощность	
Высокопроизводительный GPU-сервер	2x2000 Вт	
Высокопроизводительный GPU-сервер	2x2000 Вт	
Серверная платформа на 36 HDD	2x1280 Вт	
Дополнительное оборудование	1500 Вт	
	Итого	~12000 Вт

Рассчитаем общую емкость комплекта АКБ, необходимую для поддержания автономности в течение 10 минут, используя формулу (1):

$$Q = (P \cdot t) / (V \cdot k), \quad (1)$$

где Q – общая емкость комплекта аккумуляторов, А·ч;

P – общая мощность нагрузки потребителей, Вт;

V – напряжение аккумуляторной батареи, В;

t – период резервирования, ч;

k – коэффициент применения емкости аккумулятора, с учетом уменьшения емкости после 5 лет работы ($k = 1,25$) [5].

Минимальная емкость комплекта АКБ должна составлять не менее 160 А·ч. Конфигурация подключения АКБ в данной статье не рассматривается.

Для оптимальной автономной работы оборудования система беспилотного поезда необходимы ИБП общей мощностью не менее 12 кВт и комплект АКБ общей емкостью не менее 160 А·ч.

В качестве системы передачи данных рекомендуется использовать только оптическое волокно в виду того, что необходимо обеспечить минимальную задержку при передаче информации от сенсоров к оборудованию, производящему обработку и накопление этих данных. Также оптоволоконные

патчкорды рекомендуется использовать и между различным оборудованием, входящим в состав дата-центра.

В дата-центре, размещенном в беспилотном поезде, оптимальным решением является использование стоечной системы охлаждения. Поскольку при использовании данной системы нет необходимости в создании специального технически сложного помещения с пригодными для оборудования температурными условиями. В соответствии со стандартном ТИА-942 рабочий диапазон температур составляет: от 20°C до 25°C [6].

Расчет холодопроизводительности осуществляется исходя из общей мощности нагрузки потребителей [7]. Для данного оборудования минимальная холодопроизводительность должна составлять 12 кВт.

В отдельных системах обеспечения контроля доступа и видеонаблюдения нет необходимости поскольку дата-центр будет размещен в закрытой части поезда, в которой уже обеспечен должный уровень безопасности – непосредственно в кабине машиниста. Таким образом, достаточно организовать систему обнаружения и подавления пожара для обеспечения безопасности дата-центра.

Самым удобным решением в данном случае будет использовать автономное устройство шкафного тушения (АУШТ).

Данные устройства размещаются внутри 19” корпуса и представляют собой замкнутую систему раннего обнаружения возгораний. АУШТ способны производить автоматическое пожаротушение с использованием специального газа, обеспечивающего быстрое и качественное тушение очага пожара без повреждения установленного в стойку оборудования.

В целях осуществления постоянного мониторинга целесообразно использовать такую систему, благодаря которой персонал может удаленно контролировать параметры микроклимата, а также безопасность и энергопотребление дата-центра в режиме реального времени.

Как правило, системы мониторинга состоят из трёх компонентов:

- 1 датчики окружающей среды;
- 2 центральная станция, которая собирает данные с датчиков и передает их по сети. Наиболее оптимальным является стоечный вариант размещения;
- 3 управляющая программа, которая анализирует полученные данные и выдает сигналы оповещения.

Помимо данных, получаемых с датчиков, станция может получать информацию от самого инженерного оборудования, например, от кондиционеров, источников бесперебойного питания. При срабатывании сигнализации персонал уведомляется автоматически.

Поскольку одной из проблем железнодорожного транспорта является вибрация, которая воздействуя на оборудование или кабельную инфраструктуру, может со временем привести к неисправностям, например, ослаблению соединений. Для минимизации данного явления необходимо использовать специальные виброизоляторы, которые обеспечивают стабильность и долговечность, а также гарантируют снижение интенсивности вибровоздействий.

Определенные в материале статьи параметры дата-центра, размещенного в беспилотном поезде, и наполнение его ключевых систем могут способствовать внедрению беспилотных поездов, что в свою очередь может наилучшим образом сказаться на эффективности железных дорог.

Список использованных источников

1 Беспилотные поезда — транспорт будущего [сайт] URL: <https://zhd.online/articles/bespilotnye-poezda-transport-budushchego/> (дата обращения 25.03.2024)

2 Беспилотные поезда РЖД. [сайт]. URL: <https://bespilotnikrzd.mash.ru> (дата обращения 28.03.2024)

3 Структура инженерных систем ЦОД// GreenBushDC [сайт] URL: <https://greendc.ru/blog/struktura-inzhenernykh-sistem-cod/> (дата обращения 1.04.2024)

4 Системы электроснабжения пассажирских вагонов [сайт] URL: <https://gogaforever.narod.ru/READY/Data/15-12.htm> (дата обращения 3.04.2024)

5 Расчет ёмкости аккумуляторной батареи для ИБП // EcoEnergo [сайт] URL: <https://www.ecoenerg.ru/vse-o-ibp/raschet-yomkosti-akkumulyatornoj-batarei-dlya-ibp/> (дата обращения 5.04.2024)

6 Стандарт ТИА-942. Телекоммуникационная инфраструктура Центров Обработки Данных. Режим доступа: https://www.ups-info.ru/etc/tia_russkii.pdf (дата обращения 6.04.2024)

7 Пример расчёта прецизионного кондиционера для серверной и ЦОД// Компания «ЧИЛЛЕР-ПРО» [сайт] URL: <https://chiller-pro.ru/prim/primer-raschta-precizionnogo-kondicionera-dlya-servernoj-i-cod.html> (дата обращения 8.04.2024)

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПРИМЕР ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СЕКТОРЕ**

С.С. Рахматуллин

студент специальности 13.04.02,

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Научный руководитель: А.С. Минкин

*доцент по кафедре «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»,
доцент,*

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Аннотация. В работе предпринимается попытка исследовать важные аспекты применения автоматических систем управления движением поездов в железнодорожном секторе, именуемых Automatic Train Operation (ATO). Рассматриваются принцип работы ATO и его основные компоненты: Automatic Train Protection (ATP) и Automatic Speed Control (ASC). Перечисляются ключевые функции ATO, направленные на повышение эффективности эксплуатации современных локомотивов и составов. Особое внимание уделяется принципу управления ATO на примере отслеживания им скорости движения поездов. Представляются главные преимущества использования ATP и ASC, а также излагаются актуальные направления развития ATO в транспортной отрасли.

Ключевые слова: транспортный сектор, железные дороги, САУ, устройства автоматики, ATO, ATP, ASC.

Системы автоматического управления (САУ) играют важную роль в современном мире. Они используются во многих отраслях экономики, таких как транспортный сектор, ТЭК, промышленный комплекс и др. САУ обеспечивают автоматическое управление различными производственными и технологическими процессами без вмешательства человека. Они основаны на принципе обратной связи, который заключается в том, что система постоянно сравнивает текущее состояние процесса с заданным и принимает меры для его коррекции.

В последние годы САУ активно используются в железнодорожном транспорте, где особое внимание уделяется внедрению автоматических систем управления движением поездов, которые известны как Automatic Train Operation (далее – ATO). ATO позволяет осуществлять контроль и управление движением железнодорожного транспорта без участия машиниста. Система ATO обеспечивает автоматическую координацию поездов на железнодорожных путях путем обмена информацией между локомотивами, путевыми устройствами и

диспетчерскими центрами, что является весьма инновационным подходом в области автоматизации транспортного сектора, и требует более детального рассмотрения [1].

Цель работы – исследовать актуальные аспекты использования систем АТО, внедряемых в железнодорожную отрасль с целью повышения эффективности эксплуатации современных поездов.

Анализ литературы показал, что в основе работы САУ лежит использование различных датчиков, которые измеряют параметры того или иного процесса и передают информацию на контроллер. Контроллер анализирует полученные данные, сравнивает их с заданными значениями и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства. Существует множество видов САУ, которые различаются по типу управляемого процесса, сложности устройства и иным параметрам. Перечислим некоторые из них:

- системы управления технологическими процессами, которые контролируют и регулируют такие параметры как температура, давление, уровень жидкости и др.;

- системы управления производственными процессами, предназначенные для контроля и оптимизации многих промышленных задач: сборка, сварка, покраска и т.д.;

- системы управления роботами, манипуляторами и различными автоматическими устройствами;

- системы автоматизированного управления транспортными средствами, такими как автомобили, корабли, поезда и другие [2].

В настоящей статье предпринимается попытка исследовать основные принципы и функции работы, а также преимущества и возможные направления развития последнего типа автоматизированных систем, а именно – САУ движением поездов.

Исследователи отмечают, что система АТО состоит из двух основных компонентов: автоматические системы защиты движения поездов (Automatic Train Protection или ATP) и системы автоматического контроля скорости (Automatic Speed Control или ASC) данного вида транспорта. ATP контролирует все процессы, связанные с транспортной безопасностью поезда: от отправления до прибытия на станцию, а ASC обеспечивает регулирование скорости железнодорожного состава в зависимости от условий его движения. Важно подчеркнуть, что АТО использует различные датчики и сенсоры для получения информации о состоянии пути, скорости поезда и других параметров. Эта информация обрабатывается системой управления, которая затем принимает решения о скорости и направлении движения поезда, а также о торможении и

остановке. Все вышеперечисленное можно свести в следующие общие функции АТО:

1. Контроль скорости поезда. АТО измеряет скорость движения поезда и сравнивает ее с допустимой скоростью, заданной в системе. Если скорость превышает допустимую, система автоматически замедляет поезд.

2. Контроль состояния локомотива и диагностика неисправностей.

3. Координация движения состава и оптимизация прокладки его маршрута.

4. Контроль расстояния между поездами. АТО постоянно отслеживает расстояние между движущимися поездами и не позволяет им приближаться близко друг к другу, если данная ситуация может вызвать риск возникновения аварийного события. Для этой цели в системах АТО присутствуют устройства оповещения об опасных сближениях.

5. Автоматическое торможение. В случае, если система обнаруживает опасность столкновения или превышение скорости, она автоматически задействует тормозную систему для предотвращения аварии.

6. Мониторинг состояния путей. АТО контролирует состояние путей и предупреждает машиниста о возможных неисправностях или препятствиях на пути.

7. Взаимодействие и интеграция с другими железнодорожными системами (например, сигнализации, связи) на станциях и в тоннелях для обеспечения слаженной работы всех компонентов транспортной инфраструктуры [3].

На рисунке 1 представлено как контроллер скорости АТО управляет поездом в соответствии с информацией обратной связи от датчика таким образом, чтобы фактическая скорость движения соответствовала заданной (см. рисунок 2) [4].

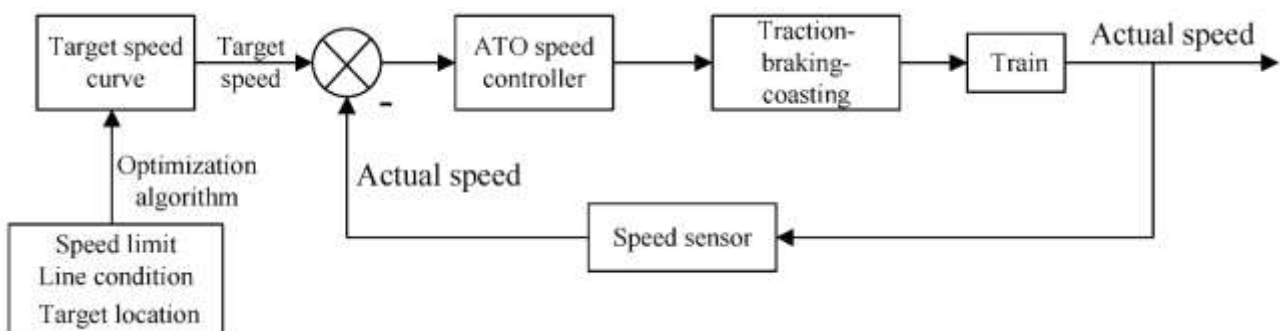


Рисунок 1 – Принцип управления АТО [4]

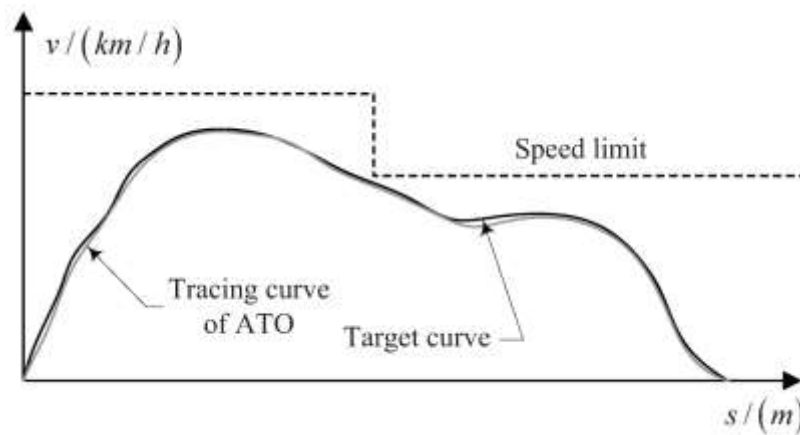


Рисунок 2 – Отслеживание скорости поезда системой АТО [4]

Системы АТО обеспечивают ряд преимуществ для железнодорожного транспорта:

1. Повышение безопасности движения. АТО значительно снижает риск аварий и столкновений, благодаря контролю скорости и дистанции между поездами.

2. Сокращение времени движения поездов. Благодаря АТО, может быть повышена эффективность движения локомотива и, соответственно, сокращено время прохождения им заданного расстояния.

3. Оптимизация использования ресурсов. Системы АТО позволяют рационально использовать энергоресурсы, сокращая их расход.

4. Снижение нагрузки на машинистов. АТО облегчает работу машинистов, снимая с них необходимость постоянного контроля за скоростью и прохождением необходимой дистанции.

5. Увеличение пропускной способности железных дорог. Системы АТО позволяют увеличить пропускную способность железных дорог [5].

Сегодня многие крупные железнодорожные компании, такие как Deutsche Bahn, SNCF и Metro-North Railroad, активно используют технологию АТО. Исследователи отмечают, что АТО в настоящее время продолжают совершенствоваться. Основными направлениями их развития являются:

- внедрение новых технологий: использование искусственного интеллекта (AI) и интернета вещей (IoT) для оптимизации управления движением поездов;
- создание единой САУ транспортной сетью: интеграция АТО с системами управления другими видами транспорта, такими как автобусы и метро;
- разработка автономных поездов: создание полностью автоматизированных поездов, способных двигаться без помощи машиниста и самостоятельно принимать решения о своем движении [6].

Таким образом, САУ являются неотъемлемой частью современной экономики, промышленности и транспорта, среди которых весьма актуальным является использование систем АТО. Как показал анализ, АТО представляет

собой инновационное решение для повышения надежности и безопасности функционирования железнодорожного транспорта. В работе выявлено, что применение АТО способствует сокращению времени движения поездов, уменьшению количества ошибок машинистов и повышению общей эффективности эксплуатации локомотивов и составов. Внедрение такого рода систем позволяет существенно улучшить качество предоставляемых жд-услуг и обеспечить высокий уровень комфорта и безопасности для пассажиров современных поездов.

Список использованных источников

1. Рахматуллин С.С. Оптимизация транспортировки грузов на примере применения электроники и электрооборудования в мультимодальных перевозках // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2022. – № 1. – С. 42-46.
2. Утемисов А.О., Юлдашова Х.Б. Системы автоматического управления // Universum: технические науки. – 2022. – № 5. – С. 45-47.
3. Yin J. et al. Research and development of automatic train operation for railway transportation systems: A survey // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2017. – N 2. – P. 548-572.
4. Liu K., Wang X. C., Qu Z. Research on multi-objective optimization and control algorithms for automatic train operation // Energies. – 2019. – N 20. – P. 1-22.
5. Cao Y., Ma L., Zhang Y. Application of fuzzy predictive control technology in automatic train operation // Cluster Computing. – 2019. – N 6. – P. 14135-14144.
6. Brandenburger N., Jipp M. Effects of expertise for automatic train operations // Cognition, Technology & Work. – 2017. – N 3. – P. 699-709.

УДК621.31

ГРНТИ 44.29.29

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Н.В. Бронникова

Аспирант направления подготовки 2.9.3 «Транспортные системы» направленности программы «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация», Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), г. Иркутск

Аннотация. Работа посвящена исследованию методов компенсации реактивной мощности в СТЭ. Рассматривается актуальность проблемы выработки реактивной мощности, ее влияния на работу системы

электроснабжения. Подробно рассматриваются методы компенсации реактивной мощности, такие как установка компенсирующих устройств, проведение мероприятий по снижению перетока реактивной мощности и другие. В заключении выделяется необходимость дальнейших исследований в этой области для разработки более эффективных и экономически обоснованных методов компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, система тягового электроснабжения, электроэнергетика, потери энергии, методы компенсации

В 2023 году РЖД достигли исторического пика по объёму перевозок на Восточном полигоне, отправив суммарно более 288 миллионов тонн внутрироссийских и внешнеторговых грузов. С увеличением грузопотока на Восточном полигоне, становится особенно важным обеспечение пропускной способности электрифицированных участков железных дорог, как это предусмотрено ключевыми документами ОАО «РЖД» [1].

Эффективность работы железнодорожной системы напрямую зависит от электроэнергетического обеспечения. Для рационального использования электроэнергии требуется обеспечить её распределение с минимальными потерями мощности. Опираясь на то, что внедрение эффективных методов компенсации реактивной мощности способствует снижению потерь энергии, уменьшению нагрузки на оборудование и повышению общей эффективности работы систем тягового электроснабжения, Можно говорить о том, что исследование методов компенсации реактивной мощности в системах тягового электроснабжения является актуальной задачей.

Электрические сети потребителей, содержат комбинированную нагрузку, в основной массе активно-индуктивную. Отставание тока по фазе от напряжения в индуктивных элементах обуславливает интервалы времени, когда напряжение и ток имеют противоположные знаки: напряжение положительно, а ток отрицателен и наоборот. В эти моменты мощность не потребляется нагрузкой, а подается обратно по сети в сторону генератора. Эта мощность называется реактивной. Как показывает практика, основным потребителем реактивной мощности, являются асинхронные двигатели, на них приходится 60-65% общего потребления. Вторым потребителем являются силовые трансформаторы, на их долю приходится 20-25% этой мощности. На остальные энергетические установки приходится до 10% .

Электроэнергия, запасаемая в каждом индуктивном элементе, распространяется по сети, не рассеиваясь в активных элементах, а совершая колебательные движения (от нагрузки к источнику и обратно). Для снижения

потерь мощности важно проводить мероприятия по уменьшению или ограничению перетока реактивной мощности по сетям.

Несмотря на необходимость присутствия реактивной мощности в некоторых процессах, ее избыток оказывает негативное влияние на состояние электрической сети. Основными причинами, приводящими к немалым убыткам энергетической отрасли из-за избытка реактивной мощности в системе электроснабжения.

В первую очередь это влияние выражается в уменьшении напряжения в сети, что требует восполнения недостающей мощности из прилегающих систем. В итоге такие системы оказываются неэффективными и влекут за собой чрезмерные расходы и потери активной мощности и напряжения.

Кроме того, это влечет за собой уменьшение пропускной способности системы электроснабжения, что в свою очередь приводит к необходимости увеличения сечений проводов воздушных и кабельных линий, номинальной мощности и числа силовых высоковольтных трансформаторов.

Эти проблемы решаются благодаря использованию определенных средств и способов компенсации реактивной мощности, подобранных в зависимости от нагрузок и особенностей конкретной системы.

Условно эти способы можно разделить на 3 группы

1. с установкой компенсирующих устройств;
2. без установки компенсирующих устройств;
3. мероприятия допускаемые в виде исключения.

Выбор метода компенсации реактивной мощности зависит от конкретных требований электрической системы, размеров и типов нагрузок. Важно учитывать как технические, так и экономические аспекты при принятии решения о выборе метода компенсации. Разработка правильной стратегии компенсации реактивной мощности может значительно повысить эффективность и надежность работы электроэнергетических систем [2].

В этой статье, более подробно остановимся на 1-й группе мероприятий. Для уменьшения реактивной мощности и оптимизации работы электроэнергетических систем применяется компенсация реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности в системе тягового электроснабжения железнодорожного транспорта является процессом устранения нежелательных эффектов, связанных с недостаточным качеством электроэнергии. Она включает в себя установку источников, предназначенных специально для целей компенсации, к ним относятся конденсаторные батареи или синхронные компенсаторы, а также статические компенсаторы для снижения потребления реактивной мощности и повышения эффективности системы. Этот процесс способствует улучшению напряжения в системе, уменьшению потерь энергии и

оптимизации работы электрических устройств на железной дороге. В системе тягового электроснабжения железнодорожного транспорта, улучшение энергетических показателей происходит за счет использования стационарных устройств КРМ, они устанавливаются на тяговых подстанциях и постах секционирования, существует несколько основных видов стационарных устройств КРМ, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки [3].

Первый метод компенсации - использование устройств поперечной компенсации (рис.1,а). Для этого применяются синхронные компенсаторы, конденсаторные батареи. Они изменяют реактивное сопротивление на участке, компенсируя реактивную мощность, и тем самым обеспечивают баланс между активной и реактивной мощностями, при этом повышая коэффициент мощности электрической тяги переменного тока. Они подключаются параллельно к индуктивным нагрузкам для уменьшения реактивной составляющей полного тока и снижения потерь напряжения. Главными недостатками являются, возникновение перенапряжений при малой нагрузке на фидерной зоне, вероятность возникновения резонансов напряжения, а также необходимость точного определения требуемой компенсации. Помимо этого большие габариты установки, затраты на её установку и регулярное обслуживания конденсаторов, также нельзя отнести к достоинствам. В связи с этим, конкретное решение о целесообразности использования принимается на основании технико-экономических расчетов.

Второй метод - использование устройств продольной компенсации (рис.1,б). Продольная компенсация реактивной мощности осуществляется с помощью установки специальных компенсационных устройств на пути передачи электроэнергии. За счет того, что ток нагрузке протекает через емкостное сопротивление установки, уменьшается реактивное сопротивление и угол сдвига фаз в начале линии, что улучшает коэффициент мощности в системе. Такие устройства работают на основе синхронных компенсаторов, которые состоят из синхронного генератора и регулирующего оборудования. Они могут располагаться в любой точке от источника питания до потребителя, однако от этого зависят условия работы установки и её влияние на напряжение у потребителя.

Продольная компенсация имеет ряд преимуществ. Во-первых, она позволяет устранить проблемы, связанные с реактивной мощностью, такие как потери энергии и перенапряжения. Во-вторых, данная система является гибкой и масштабируемой, что позволяет легко добавлять или удалять компенсаторы в зависимости от изменения потребностей системы. Кроме того, в сетях, в которых нагрузка не симметрична, как в нашем случае, продольная компенсация, может выступать как устройство для симметрирования напряжения.

Необходимо отметить, что продольная компенсация реактивной мощности также имеет некоторые недостатки. Во-первых, ее внедрение требует соответствующих технических и финансовых ресурсов. Установка и обслуживание компенсационных устройств могут быть достаточно затратными процессами. Во-вторых, данная система требует постоянного мониторинга и контроля для поддержания оптимальной работы и предотвращения возможных сбоев [4].

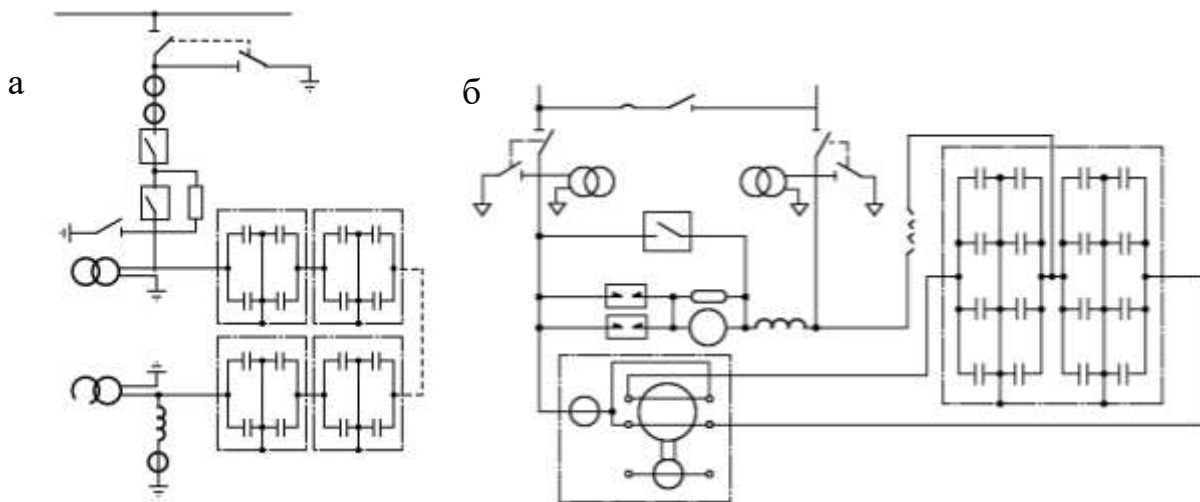


Рисунок 2 – Схемы типовых компенсаторов реактивной мощности

а) Схема типовой установки поперечной компенсации

б) Схема типовой установки продольной компенсации

Исследование методов компенсации реактивной мощности в системах тягового электроснабжения, проведенное автором, указывает на важность улучшения и оптимизации этих методов. Несмотря на то, что компенсация реактивной мощности играет значительную роль в повышении эффективности электроснабжения, результаты исследования могут свидетельствовать о несовершенстве текущих методов. Необходимы дальнейшие исследования в области целесообразности и экономичности методов компенсации реактивной мощности.

Изучение альтернативных подходов к компенсации реактивной мощности, проведение сравнительного анализа и определение оптимальных стратегий будут способствовать более эффективному использованию ресурсов и повышению общей эффективности систем тягового электроснабжения.

Таким образом, дальнейшие исследования в данной области могут привести к разработке инновационных и более совершенных методов компенсации реактивной мощности, что в свою очередь позволит повысить энергоэффективность систем электроснабжения и снизить эксплуатационные издержки.

Список использованных источников

- 1 Белая книга ОАО «РЖД» № 769/р от 17.04.2018 “Стратегия научно-технического развития холдинга “РЖД” на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года” URL: https://www.irgups.ru/sites/default/files/irgups/science/document/strategiya_nauchno_tehnologicheskogo_razvitiya_holdinga_rzhd_na_period_do_2025_goda_i_na_perspektivu_do_2030_goda_belaya_kniga_2018.pdf (дата обращения 13.02)
- 2 Князевский, Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. для вузов / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1986. - 400 с.
- 3 Герман Л.А. Повышение пропускной способности железной дороги с установкой компенсации реактивной мощности // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ).— 2021. –Т. 80. –№ 1.– С. 35–44. – DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-1-35-44>.
- 4 Герман, Л.А. Регулируемые установки емкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог : учебное пособие / Л. А. Герман, А. С. Серебряков. — Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 316 с. — 978-5-89035-799-1. — Текст : электронный // УМЦ ЖДТ : электронная библиотека. — URL: <https://umczdt.ru/books/1200/225932/> (дата обращения 14.02.2024)

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ СТРЕЛОЧНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СП6-МГ В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УЧАСТКА АСКИЗСКОЙ ДИСТАНЦИИ СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ

Д.А. Бурнаков

студент специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: И.А. Борковская

Старший преподаватель,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Стрелочные электроприводы это приводные и замыкающие устройства стрелок электрической централизации предназначены для

перевода, замыкания и контроля положения остряков стрелки и подвижного сердечника крестовины.

Стрелочные электроприводы играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности железнодорожного транспорта. На участках железных дорог требуется особое внимание к функционированию стрелочных устройств.

Аскизская дистанция СЦБ является участком железнодорожной инфраструктуры, где обслуживание и ремонт стрелочных электроприводов имеет решающее значение для обеспечения безопасности и надежности движения поездов. В связи с этим, неизбежны изменения в конструкции стрелочных электроприводов с целью повышения их эффективности, долговечности и соответствия современным требованиям железнодорожной отрасли.

Рассмотрено изменение конструкции стрелочного электропривода СПб-МГ. Данное исследование направлено на анализ текущей конструкции стрелочного электропривода СПб-МГ на участке Аскизской дистанции, выявление проблем и недостатков ее работы, разработку и внедрение изменений, направленных на улучшение функциональных характеристик привода. Основная задача исследования заключается в повышении надежности и эффективности.

Основной идеей является замена герконовых датчиков на контактные колодки ножевого типа в стрелочном электроприводе СП-бМГ.

Ключевые слова: *стрелочный электропривод, РТУ, СЦБ, герконовые датчики, контактные колодки ножевого типа*

Электропривод СП-бМГ предназначен для перевода, в повторно-кратковременном режиме, запираения и контроля положения остряков с нераздельным ходом стрелочных переводов в условиях с умеренным и умеренным и холодным климатом категории размещения 1.

Электропривод применяется в составе стрелочных переводов на железных дорогах со скоростями движения поездов до 160 км/ч и управляется с поста электрической централизации.

Электропривод устанавливается на стрелку и обеспечивает при крайних положениях замыкание прижатого остряка к рамным рельсам и удержание отведенного остряка с помощью межостряковых соединительных тяг.

В электроприводе применяются металлокерамические детали в узлах трения и скольжения. Узлы и детали электропривода совместимы с аналогичными в других модификациях электроприводов типа СП-б.

В электроприводе стрелочном с внутренним замыканием невзрезном типа СП-6МГ применена конструкция автопереключателя на базе герконовых датчиков положения с магнитными контактами типа ДМГ.



Рисунок 1 – Стрелочный электропривод СП-6МГ

Стрелочный электропривод СП-6МГ имеет герконовые датчики положения с магнитными контактами ДМГ, размещенные в металлическом корпусе.

Геркон представляет собой магнитоуправляемый контакт, меняющий своё состояние (замыкается или размыкается) при воздействии на него магнитного поля, которое может создаваться как постоянным магнитом, так и электромагнитом.

Датчики, где основным коммутационным устройством являются герконы, называются герконовыми.

Конструктивно геркон содержит в себе ферромагнитные контакты, помещенные в герметичную колбу, наполненную инертным газом, либо вакуумизированную. Расстояние между контактами минимально - всего доли миллиметра для мгновенной коммутации, а инертный газ/вакуум помогают избежать окисления контактов при коммутации и продлить их работоспособность. При этом герконы имеют простой конструктив, малые размеры, долгий срок эксплуатации, и они взрывобезопасны.

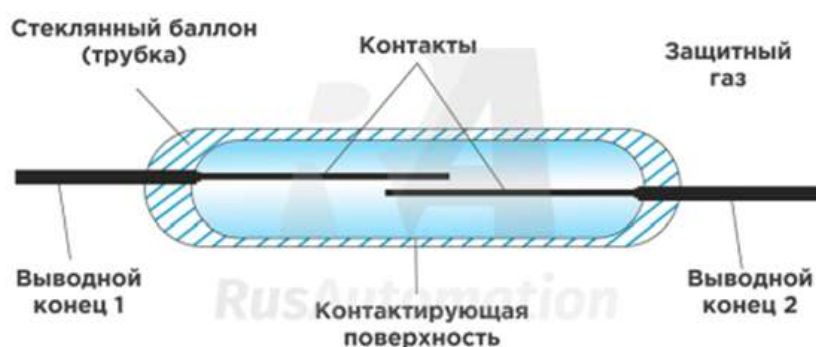


Рисунок 2 – Устройство геркона

Основной проблемой работы стрелочного электропривода СП-6МГ является ложный контроль стрелки из-за неправильной работы герконовых датчиков в автопереключателе. Внутри колбы содержится капля ртути. Эта ртуть называется амальгамой. Никакого износа контактов при этом не происходит. Основная причина - свойство амальгамы ртути собираться в каплю под действием сил поверхностного натяжения. Она служит для «смачивания» контактной группы. Было решено провести модернизацию стрелочных электроприводов типа СП6-МГ в модификацию СП6-МГ-Н

Перечень объектов Красноярской железной дороги, на которые были заказаны и поставлены стрелочные электроприводы СП6-МГ, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень объектов

Объект	Количество стрелочных электроприводов СП-6МГ, шт	Ввод объекта (переключение устройств СЦБ), год
Ст. Дубинино	2	2022
Ст. Агул	6	2022

В РТУ Аскизской дистанции СЦБ обслуживались стрелочные электропривода СП-6МГ и были заменены герконовые датчики на контактные колодки ножевого типа по станции Агул в количестве 6 штук. По станции Дубинино занималась обслуживанием РТУ Ачинской дистанции СЦБ.

После замены герконовых датчиков на контактные колодки ножевого типа при нечетком срабатывании пружин автопереключателя, проверить их размеры, приведенная на рисунке 3. При растяжении пружины, длина пружины должна быть (163 ± 2) мм, то есть, больше первоначальной на (20 ± 1) мм.

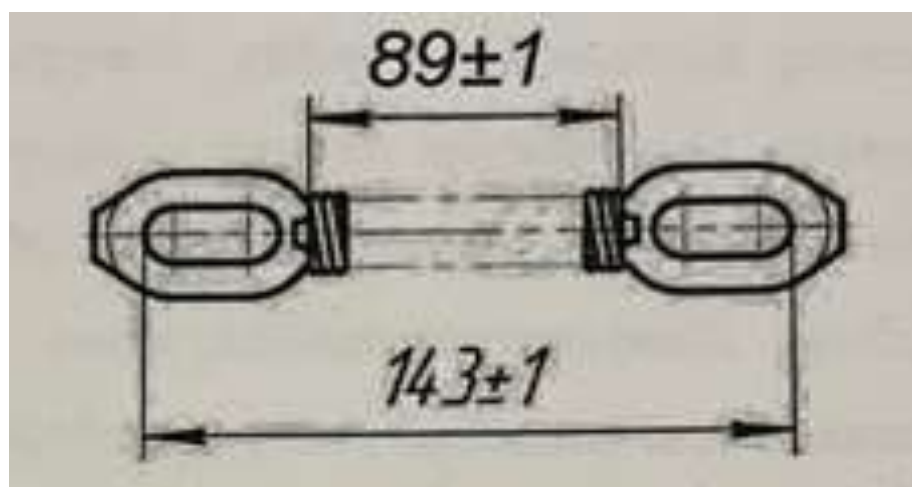


Рисунок 3 – Контролируемые размеры пружин автопереключателя

По итогам замены герконовых датчиков на контактные колодки ножевого типа можно ожидать наименьшее число отказов, так как ножи конкретно перебрасывают и одну цепь разрывают, другую замыкают, а в герконовых датчиках ртуть под воздействием магнитного поля начинает подниматься от плюса к минусу, все три контакта слипаются и появляется ложный контроль стрелки.

Список использованных источников

- 1 Сороко В.И., Милюков В.А. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 2 кн. Кн. 1. - М.: НПФ "Планета", 2000.
- 2 Сороко В.И., Розенберг Е.Н. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 2 кн. Кн. 2. - М.: НПФ "Планета", 2000.
3. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки. / Утв. и введ. в действ. распор. ОАО «РЖД» от 30.12 2015 г. № 3168р. – М.: ОАО «РЖД», 2015. – 125 с.
4. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. В 2 ч. / А.В. Горелик, Д.В. Шалягин, Ю.Г. Боровков, В.Е. Митрохин и др.; под ред. А.В. Горелика. – М.: ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2012. – 477 с.
5. Ефанов Д.В. Контроль параметров стрелочных электроприводов / Ефанов Д. В., Богданов Н.А. // Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов. 2015. С. 118-128.
6. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие для вузов ж. д. трансп. / Сапожников Вл.В., Борисенко Л.И., Прокофьев А.А., Каменев А.И. М.: Маршрут, 2003. – 336 с.
7. Устройства СЦБ. Технология обслуживания. В 3-х частях – М.: ОАО «РЖД», 2013. – 1063 с.

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ РЕЛЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

В. В. Шульмин, Я. И. Писклов

студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: А. А. Дружинина

канд. техн. наук, доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В представленной научной статье рассматривается сравнительный анализ микропроцессорных реле защиты и их перспективы развития в современных электроэнергетических системах. Анализируются основные принципы работы микропроцессорных реле, их преимущества по сравнению с традиционными электромеханическими реле защиты, а также исследуются тенденции развития данной технологии. Рассматриваются возможности улучшения функциональности и надежности микропроцессорных реле защиты, их интеграция в современные системы управления электроэнергетическими установками и комплексами, а также влияние на эффективность и безопасность электроснабжения.

Ключевые слова: Микропроцессорные реле защиты, электромеханические реле защиты, перспективы развития, преимущества, недостатки.

Микропроцессорные реле защиты (далее – МРЗ) – это устройства, которые используют микропроцессоры для обеспечения надежной и точной защиты электрических сетей от перегрузок, коротких замыканий и других видов электрических сбоев [1]. Они могут работать автономно или в составе автоматизированных систем управления электросетью и обеспечивают быструю реакцию на возникающие проблемы, предотвращая повреждение оборудования и обеспечивая безопасность электрической сети. Эти устройства широко используются в промышленности, энергетике, строительстве и других отраслях, где требуется надежная защита электрооборудования.

Основные принципы работы микропроцессорных реле, выполняющих функции защиты электрооборудования, могут быть описаны следующим образом [2].

1 Измерение параметров сети. Микропроцессорное реле непрерывно измеряет различные параметры электрической сети, такие как напряжение, ток, частота и др. Эти измерения позволяют устройству контролировать состояние сети и реагировать на любые аномалии или неисправности.

2 Обработка данных. Полученные от датчиков данные обрабатываются микропроцессором в режиме реального времени. Алгоритмы защиты, заданные в программном обеспечении устройства, анализируют измеренные параметры и определяют, необходимо ли вмешательство для предотвращения возможного повреждения оборудования.

3 Принятие решения и действие. В случае обнаружения неисправности или превышения допустимых пределов параметров сети микропроцессорное реле принимает решение о выполнении соответствующих действий. Это может быть отключение электрооборудования, подача сигнала на систему управления или другие меры защиты.

4 Коммуникация и запись данных. Многие современные микропроцессорные реле обладают возможностью обмена данными с другими устройствами в сети через различные протоколы связи. Также устройства могут вести запись событий и хранить данные для последующего анализа и отчетности.

МРЗ обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими реле защиты (далее – ЭРЗ). К ним относятся [3]:

- большая функциональность: микропроцессорные реле могут выполнять не только защитные функции, но и множество других операций, таких как мониторинг параметров сети, запись данных о событиях, коммуникацию с другими устройствами и т.д.;

- более точная настройка: возможность программного управления позволяет более точно настраивать параметры защиты в соответствии с требованиями конкретной ситуации, что обеспечивает более надежную защиту системы;

- быстрая реакция на события: микропроцессорные реле обычно обладают более высокой скоростью реакции на электрические сбои, что помогает в кратчайшие сроки снизить риск повреждения оборудования и прерывания электроснабжения;

- интеграция с сетевыми технологиями: микропроцессорные реле легче интегрируются в современные сетевые системы управления, такие как SCADA-системы, что позволяет повысить уровень автоматизации и контроля за процессами управления электроэнергетическими системами;

- меньший размер и вес: микропроцессорные реле имеют более компактный дизайн и меньший вес по сравнению с электромеханическими реле, что упрощает их установку и обслуживание.

Несмотря на многочисленные преимущества, у микропроцессорных реле также есть некоторые недостатки по сравнению с электромеханическими реле [4]:

- цена: микропроцессорные реле обычно более дорогостоящие, чем электромеханические реле, из-за использования сложной электроники, программного обеспечения и микропроцессоров; это может быть фактором, который затрудняет принятие решения о замене старых электромеханических реле на современные микропроцессорные;

- надежность: пока электромеханические реле считаются более надежными и долговечными, чем микропроцессорные реле, они могут проработать десятилетия без каких-либо сбоев, в то время как микропроцессорные реле подвержены отказам из-за неисправности электроники или программного обеспечения;

- сложность обслуживания: микропроцессорные реле требуют более высокого уровня знаний и опыта для установки, настройки и обслуживания, чем электромеханические реле, они могут также требовать более частого обновления или перепрошивки программного обеспечения;

- влияние переменного тока: микропроцессорные реле могут подвергаться воздействию переменных токов и других электромагнитных помех, что может привести к сбоям в их работе, в то время как электромеханические реле более устойчивы к таким воздействиям.

Для того чтобы нивелировать вышеперечисленные недостатки МРЗ, можно осуществить улучшения функциональности и надежности при помощи следующих методов и технологий.

1 Улучшение алгоритмов. Разработка и использование более точных и надежных алгоритмов защиты, а также алгоритмов диагностики и самодиагностики, существенно повысит эффективность микропроцессорных реле и обеспечит более быструю и точную реакцию на различные виды перегрузок, коротких замыканий и других аварийных ситуаций.

2 Использование высокоточной электроники. Применение специализированных компонентов и схем, таких как быстрые операционные усилители, высокоскоростные АЦП и ЦАП, позволит улучшить скорость реакции и точность действия микропроцессорных реле.

3 Резервирование и дублирование. Для обеспечения надежности работы микропроцессорных реле следует использовать системы резервирования и дублирования. Это позволит увеличить отказоустойчивость и обеспечить бесперебойную работу системы защиты даже в случае отказа одного из элементов.

4 Обновление программного обеспечения. Регулярное обновление и совершенствование программного обеспечения микропроцессорных реле позволит добавлять новые функции, улучшать алгоритмы защиты, исправлять ошибки и обеспечивать совместимость с новыми технологиями и стандартами.

5 Мониторинг и диагностика. Встроенные средства мониторинга и диагностики помогут оперативно выявлять возможные неисправности и управлять состоянием микропроцессорных реле. Это позволит предотвращать отказы и обеспечивать стабильную работу системы защиты в целом.

6 Обучение и обучаемость. Разработка и применение систем машинного обучения и искусственного интеллекта позволят микропроцессорным реле защиты адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации, предсказывать возможные аварийные ситуации и принимать более обоснованные и эффективные решения в реальном времени.

Таким образом, микропроцессорные реле обладают высокой скоростью реакции, точностью и надежностью при срабатывании защитных функций, что делает их эффективным средством обеспечения безопасности и стабильности энергосистем. Перспективы развития микропроцессорных реле связаны с улучшением алгоритмов защиты, интеграцией сетевых систем управления, внедрением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, а также с разработкой новых компонентов и схем. Значимость и перспективы применения микропроцессорных реле в современных электроэнергетических системах указывают на необходимость дальнейших исследований и разработок в данной области для повышения эффективности и надежности энергоснабжения.

Список использованных источников

1 Ахметшин Э. Р. Перспективы развития микропроцессорного реле защиты // Проблемы науки. 2018. № 1 (25). / Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, 2018. С. 23-26.

2 Кузьмин И. Л., Иванов И. Ю., Писковацкий Ю. В. Микропроцессорные устройства релейной защиты: учебное пособие / сост.: И. Л. Кузьмин, И. Ю. Иванов, Ю. В. Писковацкий. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 310 с.

3 Шевелева А. В. Электромеханическое реле или микропроцессорные устройства релейной защиты – плюсы и минусы // Прогрессивные технологии и процессы. Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции в 3-х томах. 2015. С. 172-173.

4 Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты // Проблемы и решения / Москва, 2014.

**ПЕРЕВОД НЕТЯГОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С 27,5 НА 10 кВ
НА УЧАСТКЕ КУРАГИНО-КРУПСКАЯ**

Ю.В. Тимофеев

*студент специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: Т.В. Щеголева

*старший преподаватель,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В статье рассмотрен перевод нетяговых потребителей с ВЛ СЦБ-27,5 кВ на ВЛ АБ 10кВ. Показана проблема некачественного электроснабжения устройств СЦБ. Так же присутствует решение данной проблемы.

Ключевые слова: сигнализация, централизация и блокировка, надежность электроснабжения, нетяговые потребители.

Устройства СЦБ предназначены для повышения пропускной способности электрифицированных железнодорожных линий, для регулирования движения поездов и обеспечения безопасности, повышения скоростей движения, увеличения массы поездов на железных дорогах. Поскольку устройства СЦБ относятся к потребителям первой категории, одной из основных задач, стоящих перед станционными, перегонными устройствами и системами СЦБ, является снижение числа отказов и улучшение условий безопасности движения поездов [1].

В связи с ожидаемым увеличением количества поездов и, как следствие, увеличением тяговой нагрузки 27,5 кВ электроснабжение устройств СЦБ от линии СЦБ-27,5 кВ может существенным образом отразиться на надежности работы устройств СЦБ и, в целом, на пропускной способности участка Курагино-Крупская.

Электроснабжение тяговых подстанций Крупская и Курагино осуществляется от одноцепной ВЛ-220 кВ. Все вышеуказанные подстанции являются транзитными.

Рассматриваемый участок линии электрифицирован на однофазном переменном токе промышленной частоты напряжением 27,5кВ. Контактная подвеска состоит из сталемедного несущего троса ПБСМ-70 и контактного провода МФ-100. Опорные конструкции выполнены на железобетонных стойках опор контактной сети, в качестве поддерживающих конструкций используются жесткие и гибкие поперечины, а также неизолированные консоли из гнутого

швеллера. С полевой стороны на опорах контактной сети располагаются два провода ДПР-27,5кВ для питания железнодорожных и сторонних потребителей, одновременно служащий еще и резервным питанием устройств автоблокировки, а также один провод СЦБ 27,5кВ линии автоблокировки.

В сложившейся ситуации решением проблемы качественного электроснабжения устройств СЦБ является установка и подключение комплектных трансформаторных подстанций для основного питания устройств СЦБ и железнодорожной автоматики к проектируемой линии автоблокировки ВЛ-АБ 10 кВ на межподстанционной зоне Крупская-Курагино Красноярской железной дороги.

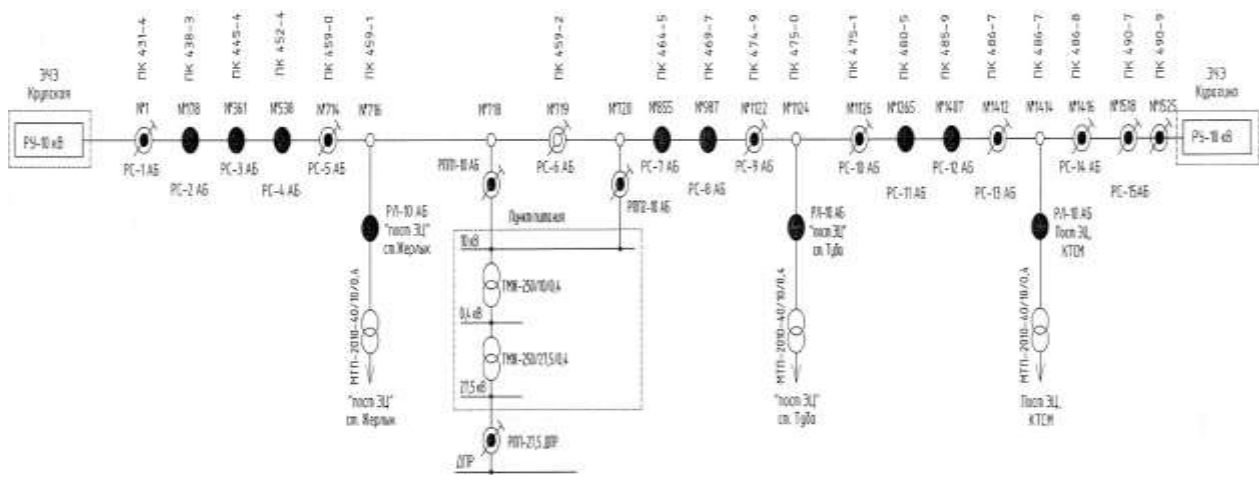


Рисунок 1 – Схема питания и секционирования ЛЭП-10 кВ АБ на межподстанционной зоне Крупская-Курагино

Для решения данной проблемы был разработан проект, в котором предусматривается строительство новой воздушной линии электропередач автоблокировки 10 кВ, для основного питания потребителей железнодорожной автоматики (сигнальные установки, устройства КТМ, посты электрической централизации). Снос воздушной линии СЦБ-27,5 кВ и перевод её нагрузок на проектируемую воздушную линию автоблокировки 10 кВ. Провод принят марки СИП-3 сечением 3х95. Сечение провода обусловлено большими существующими нагрузками, большой протяженностью линии, потерей напряжения не более 10% от номинального, перспективным увеличением потребления электроэнергии.

Линия запроектирована на отдельно стоящих опорах на расстоянии 15-60 метров от опор контактной сети. Минимальное расстояние принято в связи с узкой полосой отвода железной дороги, а также с учетом стесненности, связанной с расположением зданий и сооружений железнодорожной инфраструктуры. Максимальное расстояние принято для уменьшения мешающих электромагнитных влияний на проектируемую воздушную линию от

проводов контактной подвески и линии продольного электроснабжения ДПР-27,5 кВ. В проекте, где это возможно, расстояние принято, как можно большим, для уменьшения мешающего электромагнитного влияния на проектируемую воздушную линию и обеспечения ее нормальной работы.

Трасса линии проходит в основном со стороны четного пути. Исключением является участок с ПК4663 по ПК4691, где линия меняет сторонность и переходит на сторону нечетного пути. Переходы через железную дорогу выполнены на опорах повышенной несущей способности и длины. Смена сторонности происходит в связи со сближением железной дороги с воздушной линией 220 кВ. Для уменьшения электромагнитного влияния на проектируемую линию со стороны ВЛ-220 кВ, выполнен переход на нечетную сторону железнодорожных путей.

Длина пролета в проекте принята по типовой серии 3.501.1-145.0 и составляет 40 м, на поворотах линии пролет уменьшается в зависимости от угла поворота. Длина анкерных участков принята не более 4 км. Транспозиция проводов производится каждые 3 км, полный цикл транспозиции производится не более чем через 9 км.

Наиболее сложным для строительства является участок от ПК4842 до ПК4881, где трасса линии проходит по заросшим лесом холмам, скальным выходам, болотам. Так же на данном участке проектируемая линия пересекает р. Туба.

Для обеспечения бесперебойной работы линии автоблокировки, в середине межподстанционной зоны на ПК4592 устанавливается пункт питания.

Воздушная линия автоблокировки секционирована разъединителями с моторными приводами у тяговых подстанций, постов ЭЦ, так же в отдельную секцию, с помощью разъединителей с ручными приводами, выделен мост ч-з реку Туба. Для управления электроприводами предусмотрены устройства. Дополнительно на перегонах через 5-8 км установлены разъединители с ручными приводами разделяющие ВЛ на меньшие участки для удобства обслуживания и оперативности устранения повреждений.

Исходя из данной статьи, можно сделать вывод, что перевод нетяговых потребителей с 27,5 на 10 кВ на участке Курагино-Крупская является необходимым и целесообразным шагом. Этот перевод позволит оптимизировать работу электросетей, повысить их эффективность и надежность, а также улучшить качество энергоснабжения для потребителей. Таким образом, данное мероприятие будет способствовать снижению рисков возможных аварий и перебоев в подаче электроэнергии, что в конечном итоге приведет к повышению уровня комфорта и безопасности для всех потребителей на данном участке.

Список использованных источников

1 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. – Текст : непосредственный // Красноярский институт железнодорожного транспорта (28 сентября 2018).

2 Савченко, Е. А. Повышение эффективности эксплуатационной работы железнодорожного транспорта на основе применения перспективных систем тягового электроснабжения : специальность 05.22.01 "Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савченко Евгений Андреевич. – Новосибирск, 2005. – 24 с.

3 Попова, Н.А. Электропитание и электроснабжение нетяговых потребителей: учебно-методическое пособие для практических занятий / Н.А. Попова; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 20 с. : ил. – Библиогр. : с. 15. Текст : непосредственный.

4 Козина, А. М. Влияние неисправностей кабельных сетей СЦБ на безопасность движения поездов / А. М. Козина, Д. И. Селиверов // Молодой ученый. – 2012. – № 3. – С. 49-51.

УДК 004.052.32

ГРНТИ 44.29.37

**АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ИЛАНСКОЙ ДИСТАНЦИИ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

С.Д. Туров, В.С. Лыков

студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Н.А. Рыжов

ассистент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье представлен анализ надежности устройств контактной сети железной дороги с учетом проблемы образования льда. Был разработан комплекс мер, включающий мониторинг состояния сети, применение антиобледенительных средств, систему автоматического удаления льда, обучение персонала и создание плана действий. Установка метеостанций и сотрудничество с другими компаниями также были

осуществлены. Регулярное обслуживание и технический осмотр контактной сети, а также информационная кампания для пассажиров и работников являются важными мерами для обеспечения безопасности движения поездов в зимний период. Рассмотренные меры позволяют повысить надежность устройств контактной сети и обеспечить безопасность движения поездов.

Ключевые слова: обледенение, повреждения, количество отказов, мероприятия по устранению, контактная сеть, надежность.

Железнодорожный транспорт является одним из главных способов перемещения грузов и пассажиров по всему миру. Однако, в рамках сложной и разветвленной системы железных дорог существуют множество факторов, которые могут привести к отказам в эффективном функционировании контактной сети. Причем по данным Иланской дистанции электроснабжения, эта дистанция не является исключением. В данной статье мы рассмотрим основные причины отказов в контактной сети железной дороги и их влияние на систему транспортировки и взаимодействие между участниками этой отрасли. Отказы в контактной сети не только снижают эффективность работы железнодорожной инфраструктуры, но также могут обременять компании, например, производителей товаров или железнодорожных операторов, а также негативно влиять на удовлетворенность потребителей услугами железной дороги. Поэтому важно понять и анализировать эти причины, чтобы снизить их воздействие и улучшить всю систему железнодорожной инфраструктуры данной дистанции.

В дирекции нами был получен материал, где наибольшее количество отказов контактной сети приходится на отклонения в технических параметрах системы, а также из-за недостатков в эксплуатационной работе ввиду климатических факторов. Основная причина – гололедообразования. Следовательно, для устранения внезапных и постепенных отказов, ну или повысить надежность, используют современную диагностику и этапы замены изношенных деталей.

На основании анализа отказов в контактной сети, на базе двух лет, по данным ЭЧ-5 (Иланская дистанция электроснабжения) составим следующую диаграмму (рисунок 1).

Проанализировав полученную диаграмму, можно сделать вывод, что основными причинами отказов КС в 2021-2022г.г. явились:

- 1 Пережоги и обрывы проводов – 20 случаев (28,57 %);
- 2 Поломка зажимов – 14 случаев (20 %);
- 3 Обрывы поддерживающих струн – 14 случаев (20 %);
- 4 Износ изоляторов (15,71 %).

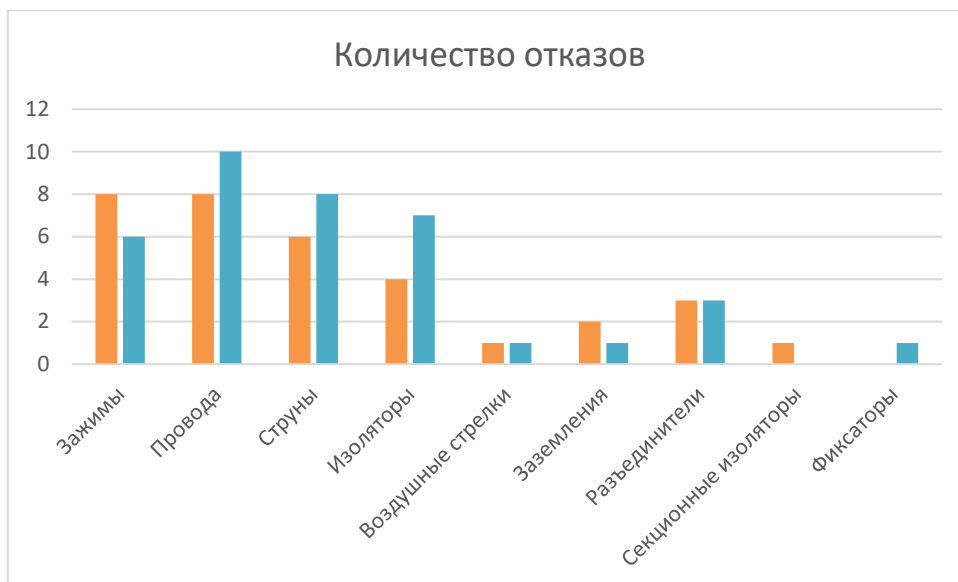


Рисунок 1 – Статистический анализ устройств КС (зеленым цветом – 2021г., голубым цветом – 2022г.)

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости усиления всех требований по обслуживанию и ремонту контактной сети. Следовательно, чтобы отказы не повторялись, необходимо совершенствовать диагностику устройств контактной сети. И для того, чтобы повысить надежность и снизить риски гололедообразования в дальнейшем, можно предложить следующие мероприятия:

1. Организация регулярного мониторинга состояния контактной сети для выявления образования льда.
2. Применение антиобледенительных средств на контактной сети для предотвращения образования льда.
3. Разработка и внедрение системы автоматического удаления льда с контактной сети, например, с помощью специальных щеток или обогревающих элементов.
4. Переобучение персонала, ответственного за обслуживание контактной сети, новым методам и техникам устранения льда.
5. Создание четкого плана действий при обнаружении льда на контактной сети, включающего оперативное и быстрое устранение проблемы и информирование всех заинтересованных сторон.
6. Установка метеостанций для наблюдения за погодными условиями, способствующими образованию льда на контактной сети, и предупреждение о возможных проблемах.
7. Разработка и регулярное обновление процедур и инструкций по устранению льда на контактной сети, включая предоставление необходимых инструментов и оборудования.

8. Сотрудничество с другими железнодорожными компаниями и организациями для обмена опытом и передачи лучших практик по устранению льда на контактной сети.

9. Проведение регулярного обслуживания и технического осмотра контактной сети для выявления и предотвращения возможных проблем, связанных с образованием льда.

10. Организация информационной кампании для пассажиров и работников железной дороги о мерах, предпринимаемых для устранения льда на контактной сети и обеспечения безопасности движения поездов.

В результате анализа надежности устройств контактной сети железной дороги было выявлено, что образование льда является одной из основных проблем, которая может привести к нарушению безопасности движения поездов. Для предотвращения образования льда и его последствий был разработан комплекс мер, включающий регулярный мониторинг состояния контактной сети, применение антиобледенительных средств, внедрение системы автоматического удаления льда, обучение персонала и создание плана действий при обнаружении льда. Также могли бы быть предприняты шаги по установке метеостанций для предупреждения о возможных проблемах и сотрудничеству с другими компаниями для обмена опытом. Регулярное обслуживание и технический осмотр контактной сети также являются важными мерами для предотвращения проблем, связанных с образованием льда. Организация информационной кампании для пассажиров и работников о мерах по устранению льда и обеспечению безопасности движения поездов также является неотъемлемой частью данного комплекса мер. В целом, эти меры позволяют повысить надежность устройств контактной сети железной дороги и обеспечить безопасность движения поездов в зимний период.

Список использованных источников

1. Бондарев Н.А., Чекулаев В.Е. Контактная сеть - М.: Маршрут, 2016.
2. Южаков Б.Г. Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения. - М.: Маршрут, 2014.
3. Антонов А. В., Никулин М. С. Статистические модели в теории надежности. - М.: Абрис: 2022.
4. Красноярская дирекция по энергообеспечению. Дорожная электротехническая лаборатория. Отчёт о практической работе за 2022 год. - г. Красноярск, 2023. - 162 с.

**ОБЗОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАЗМЕРОВ КОМПЕНСАЦИИ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

Ж. И. Назаров, А. Н. Пушмина

*Студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: В. О. Колмаков

*канд. техн. наук., доцент,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

***Аннотация.** В данной работе рассматривается проблема того, что при модернизации электросетей необходимо оптимальное использование сети, чтобы профиль напряжения на каждой шине поддерживался в приемлемом диапазоне, повышалась стабильность напряжения системы, минимизировались потери мощности в линиях, повышалась стабильность, надежность и безопасность системы. Поэтому мы рассмотрим оптимальное расположение компенсаторов реактивной мощности, который включает аналитический, традиционный и гибридный подходы. Основными целями являются снижение потерь электроэнергии, снижение отклонений напряжения, повышение стабильности напряжения и повышение надежности и безопасности системы.*

***Ключевые слова:** компенсация, реактивная мощность, потери мощности.*

В связи с модернизацией электросетей оптимальное использование имеет решающее значение из-за высокой стоимости строительства и развития сетей передачи и распределения. Также есть проблемы требующие решения, такие как потери в линиях электропередач, снижение напряжения в сети, уменьшение пропускной способности в тяговой сети, качество электроэнергии и т. д., должны быть смягчены, чтобы обеспечить высокопроизводительную инфраструктуру в системе интеллектуальных сетей [1]. Эти проблемы могут быть устранены путем внедрения компенсации реактивной мощности (КРМ) в систему передачи и распределения.

Во всех материалах, работах и исследованиях, нет ничего посвященному применению существующих индексов для решения задач оптимального местоположения и определения размеров КРМ. Поэтому были проанализированы и представлены методы и подходы к решению. Аналитические, традиционные, метаэвристические и гибридные подходы для снижения потерь мощности, повышения стабильности напряжения, улучшения профиля напряжения и повышения пропускной способности в тяговой сети.

Обычно используются механически переключаемые конденсаторы или реакторы, поскольку они относительно недороги и могут быть легко установлены в ЛЭП и распределительных линиях по сравнению с другими устройствами компенсации реактивной мощности. Эти устройства могут быть либо закреплены, либо включены и выключены в зависимости от нагрузки и напряжения.

Устройства с тиристорным управлением были введены позже, чтобы смягчить ограничения обычных КРМ за счет обеспечения дополнительного быстрого реагирования и снижения потерь мощности. С течением времени они были улучшены с внедрением преобразователей напряжения (ПН). Эти топологии, основанные на силовой электронике, известны как гибкая передача переменного тока (ГППТ). Всего существует два поколения устройств ГППТ. Первое поколение использует исключительно тиристоры, а второе преобразователи напряжения. Преобразователи напряжения позволяют решить недостатки первого поколения использующих тиристоры, в которых возникают различные резонансные явления.

Качество электроэнергии снизилось из-за широкого распределения электрической энергии применяющих электроустановки. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос о внедрении в распределительных сетях устройств распределенного питания (Р-ГППТ), для улучшения качества электроэнергии. ГППТ используются для облегчения всех проблем в системе передачи, что включает в себя повышение эффективности использования энергии, гибкое управление спросом, профиль напряжения и стабильность напряжения.

КРМ способны увеличить пропускную способность линий передачи электроэнергии, повысить запас стабильности, обеспечить быстрое и надежное управление потоками реальной и реактивной мощности, улучшить управление сетью как в установившихся, так и в переходных режимах и смягчить проблемы с качеством электроэнергии. Услуги по управлению потоками мощности, предоставляемые КРМ, способны снизить перегрузку сети, минимизировать эксплуатационные расходы, снизить потери мощности и отклонения напряжения за счет минимизации диспетчеризации реактивной мощности, расширить доступные возможности передачи и свести к минимуму снижение нагрузки [3]. Еще одна существенная роль КРМ в энергосистеме заключается в повышении надежности напряжения, и сообщалось, что одной из причин крупных отключений электроэнергии является недостаточное реактивное питание. Проблемы с качеством электроэнергии могут быть эффективно решены с помощью КРМ, особенно для минимизации просадок напряжения, обеспечения изоляции гармоник для нелинейной нагрузки и повышения коэффициента

мощности. Кроме того, КРМ также обеспечивают значительное улучшение стабильности энергосистемы, которое, в частности, усиливает демпфирование колебаний, улучшает переходную стабильность и стабильность напряжения.

В данной статье были предложены различные методы для решения проблемы оптимального расположения и размеров КРМ, которые можно разделить на четыре группы: аналитические подходы, традиционные подходы, основанные на оптимизации, метаэвристические подходы к оптимизации и гибридные подходы. Аналитические подходы или чувствительные подходы – это простые, надежные и эффективные с точки зрения вычислений алгоритмы, которые используются для поиска оптимальных решений при недостаточном учете нелинейности и сложности системы. В связи с этим данные подходы характеризуются недостаточной точностью вычислений и невозможностью одновременной работы как с оптимальным местоположением, так и с размерами. Традиционные или общепринятые методы оптимизации обеспечивают отличную сходимость. Алгоритмы обычно начинаются со случайно определенного начального решения и достигают оптимального решения на каждой итерации. Метаэвристические алгоритмы – это динамические алгоритмы, которые независимы при решении любых задач и способны обеспечить глобальное оптимальное решение.

Результаты, полученные при использовании аналитических подходов, могут быть неоптимальными из-за различий в зависимости от топологии сети, конфигураций и непредвиденных обстоятельств, таких как изменение или увеличение нагрузки, а также отключение генератора или линии. Эти ограничения могут быть преодолены с помощью метаэвристических алгоритмов, в которых алгоритмы помогают определить оптимальное расположение, количество и размер КРМ на основе целей, определенных в целевой функции. Можно перечислить общие индексы для определения местоположений-кандидатов для КРМ, которые мы можем предложить:

- потеря мощности. Увеличение потребности в реактивной мощности в распределительной системе создает множество проблем, особенно при управлении профилями потерь, поскольку большинство нагрузок состоят из реактивных нагрузок. Интегрируя в сеть конденсаторы, специальные силовые устройства или устройства ГППТ, можно снизить потери мощности, вызванные реактивными токами. Снижение общих потерь мощности имеет большое значение для решения проблемы провисания, увеличения пропускной способности линии, а также снижения теплового эффекта в кабеле;

- показатели стабильности напряжения. Стабильность как характеристика показывает возможность поддержания напряжения на оптимальном уровне. Стабильность напряжения может быть подвержена угрозам из-за различных

потерь, как тепловых в проводах, так и самого напряжения. На данный момент система не может сохранить генерацию и сетевое расписание. Поэтому адекватная поддержка реактивной мощности имеет решающее значение для поддержания стабильности напряжения системы;

- профиль напряжения. В электроэнергетической системе чрезмерно низкое напряжение на шине может привести к неприемлемому качеству обслуживания и безопасности, что может привести к проблемам нестабильности напряжения. Колебания напряжения, как правило, вызваны неадекватным источником реактивной мощности из-за того, что источник реактивной мощности со стороны генерации не удовлетворяет потребность в реактивной мощности, требуемую со стороны нагрузки. Кроме того, из-за длинных радиальных фидеров, особенно в сельской местности, передача реактивной мощности от источника к конечным потребителям может быть невозможна.

Для снижения различных перегрузок в сети необходимо расширение сети для повышения надежности, а также безопасности системы. Но строительство новых ЛЭП может занять много времени и столкнуться с проблемами экологического, экономического характера, что может сделать этот процесс невозможным. Поэтому использование эффективных средств управления на существующих сетях, таких как перепланирование генерации, сброс нагрузки и управляемая КРМ, представляется более предпочтительной альтернативой. Следовательно, внедрение управляемого КРМ является лучшим способом максимизировать надежность, качество и безопасность энергосистемы, и она может быть дополнительно повышена за счет правильного расположения и размера КРМ.

Список использованных источников

1 Герман Л.А., Регулируемые установки емкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог: учебное пособие / Л.А. Герман, А.С. Серебряков – Москва: 2015. С. 10-71.

2 Инструкция о порядке выбора параметров и мест размещения установок продольной и поперечной компенсации в системах тягового электроснабжения переменного тока (утв. ОАО «РЖД» 20.10.2010 г.). –М.,2010. С. 32-37.

3 ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 2014-07-01. - М.: Стандартинформ, 2014. - 19 с.

НЕДОСТАТКИ ВМТ-110

С.А. Андреевко, Д.В. Алтухов

*Студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: О.В. Колмаков

*канд. техн. наук, преподаватель,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В данной статье представлена проблема наличия недостатков маломаслянного выключателя ВМТ-110 при эксплуатации в энергетических комплексах. В ходе исследования были рассмотрены семь недостатков, вследствие которых происходят аварийные ситуации, проблемная утилизация и иные последствия. Далее предложены мероприятия по их устранению и повышению эффективности их работы, чем авторы статьи обращают особенное внимание.

Ключевые слова: выключатель, ремонт, аварийные ситуации, короткое замыкание, воздействие на природу, угрозы.

Маслянные выключатели в настоящее время достаточно востребованы и распространены в энергетике. Но и, несмотря на их широкое применение имеют несколько существенных недостатков, которые важно учитывать при их эксплуатации. В данной статье мы рассмотрим основные недостатки маломаслянного выключателя серии ВМТ и возможные способы их предотвращения.

Маломаслянный выключатель серии ВМТ-110 предназначен для включения и отключения электрических цепей высокого напряжения под нагрузкой и для отключения токов при коротком замыкании, управляющийся приводом ППРК-1400.

Устойчивое и бесперебойное функционирование сетей невозможно без надежного и качественного оборудования, следовательно, необходимо совершенствовать недостатки и устранять их. В ходе нашего исследования были выявлены следующие недостатки ВМТ-110:

- угроза взрывоопасности и пожароопасности ввиду отсутствия защиты от короткого замыкания, так как, не допускают встроенной установки трансформатора тока для снятия показателей и обработки информации;
- маломаслянные выключатели менее надежны, чем маслянные баковые выключатели, потому что ток отключения меньше соответственно, изоляция больше подвержена механическим воздействиям;

- ограничена нагрузочная способность, вследствие чего, применение в основном на напряжении до 110кВ;
- большие сроки до проведения ремонта, что может привести к выведению из строя оборудования;
- необходимость в регулярном обслуживании масла и элементов, следовательно, вытесняются из применения элегазовыми и вакуумными выключателями, а также влияние на окружающую среду;
- управление затруднено из-за удаленного расположения для отключения вручную, при этом дистанционно не управляем;
- большие габариты и затруднение при ремонте и обслуживании.

Чтобы предотвратить ранее перечисленные недостатки и повысить эффективность ВМТ-110, можно предложить следующие мероприятия:

- 1 Тщательный мониторинг и контроль, что позволит оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвратить аварийные ситуации.
- 2 Повышение квалификации персонала, для предотвращения ошибок при эксплуатации данного оборудования.
- 3 Полноценный переход к элегазовым и вакуумным выключателям, что полностью устранил возникающие проблемы с маслянными выключателями.
- 4 Регулярное обслуживание с выявлением проблем и предотвращением аварийных ситуаций, потому что на данный момент срок капитального ремонта 10 лет, что является очень большим сроком и требует более тщательного ремонта.
- 5 Использование экологических альтернативных видов масла в выключателях данной серии, что не только ограждает от аварий. Так и уменьшает вредное воздействие на окружающую среду.

Исходя из ранееперечисленных недостатков, можно подтвердить, что высоковольтный выключатель ВГТ-110 имеет преимущества над ВМТ-110, поэтому он в эксплуатации используется чаще. Оба предназначены для управления цепями, имеют различные технические характеристики и применение. На практике выбор между ними может зависеть от конкретных условий эксплуатации, требований безопасности, стандартов и других факторов.

Поэтому можно выделить следующие преимущества ВГТ-110 над ВМТ-110:

- быстрая установка (т.к. есть возможность доставки выключателя разобранным);
- надежный пружинный привод;
- низкий уровень шума при включении и отключении;
- наличие дугогасительной камеры (с двойным движением контактов и системой автодутья).

В заключении данного исследования следует отметить, что все виды оборудования имеют недостатки, несмотря на широкое распространение. И главным недостатком данного выключателя является использование в качестве диэлектрика – масло, что приводит к загрязнению природы. А также, не мало важным недостатком является отсутствие регулярного обслуживания данных выключателей, увеличивая расходы на новое оборудование и так далее.

В общем и целом, маломаслянные выключатели остаются одним из наиболее востребованных типов оборудования, следовательно, требует постоянных совершенствований и поиска новых решений для улучшения характеристик для обеспечения безопасного обслуживания потребителей.

Список использованных источников

1. Южаков Б.Г. Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения. - М.: Маршрут, 2014.

2. Назарычев А.Н. Анализ основных преимуществ применения вакуумных выключателей.// Энергоэксперт. - 2017. - №4-5.

3. Сайт Инструкция на ремонт масляного выключателя ВМТ-110, раскрытие информации. Электронный ресурс. Режим входа: <https://forca.ru/instrukcii-polekspluatacii/podstancii/instrukciya-na-remont-maslyanogo-vyklyuchatelya-vmt-110.html>, (дата обращения 02.02.2024).

4. Сайт СОЮЗЭНЕРГОКОМПЛЕКТ, раскрытие информации. Электронный ресурс. Режим входа: <https://souz-ek.ru/remont.php?cat=3>, (дата обращения 02.02.2024).

5. Сайт ЭмПромСтрой, раскрытие информации. Электронный ресурс. Режим входа: https://www.epromstroy.ru/maslyanye-vyklyuchateli/maslyanye-vyklyuchateli_58.html, (дата обращения 02.02.2024).

6. Виноградов А. В., Кашеваров С. Г., Павелко Н. Ю. Проблема, задачи и решения по осуществлению контроля состояния электросетевого оборудования // Международный научный журнал «Инновационная наука», 2015. № 7. т. 1. С. 16–20.

7. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. М. : ОАО «Россети», 2013. 196 с.

8. Кудрявцев А.А. Исследование аварийности в сетях 6-10 кВ горнометаллургических предприятий.// Новости ЭлектроТехники. – 2019. – №6(60).

**РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЛАЗЕРНЫМИ
ИЗМЕРИТЕЛЯМИ**

Д.С. Нечаев, Д.И. Тепляшин

*Студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: Т.В. Щеголева

*старший преподаватель,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим важность и рентабельность использования лазерных измерителей для снятия параметров контактной сети. Контактная сеть является одной из основных составляющих инфраструктуры железнодорожных перевозок, обеспечивающей поступление электроэнергии к электропоездам. Правильное измерение и мониторинг состояния этой сети имеет критическое значение для эффективной и безопасной эксплуатации железнодорожного транспорта. Лазерные измерители предоставляют высокую точность и скорость сбора данных, что позволяет оперативно определять отклонения от нормы и принимать необходимые меры по предотвращению повреждений и сбоев. В данной статье мы рассмотрим преимущества и возможности применения лазерных измерителей в контексте рентабельности и эффективности железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: "Телекс-2", предложенный аналог, параметры КС, точные измерения, рентабельность.

Проблема измерения параметров контактной сети железных дорог состоит в том, что точное и надежное измерение этих параметров требуется для обеспечения безопасности и стабильности работы железнодорожного транспорта. Контактная сеть – это совокупность оборудования, необходимого для подачи тока с тяговой подстанции на электроподвижные составы. Такие параметры, как высота контактного рельса и расстояние между рельсами, должны соответствовать определённым значениям, чтобы обеспечить надежную эксплуатацию состава и не допустить аварийных ситуаций.

В настоящее время эффективное и надежное функционирование контактных сетей является важным аспектом для обеспечения бесперебойной работы железнодорожного сообщения. Одним из ключевых элементов, гарантирующих работоспособность контактной сети, является портативное

устройство, предназначенное для измерения её параметров, такое, как "Телекс-2".

"Телекс-2" - это портативное устройство измерения параметров контактной сети, разработанное компанией "Технострой". Оно представляет собой компактное устройство, оснащенное инновационными функциями для диагностики и контроля работы сети связи.

Основные функции и возможности "Телекс-2":

- Измерение параметров контактной сети: устройство способно определять уровень сигнала, сопротивление линии, уровень шума, а также проводить анализ сквозного потока данных.

- Определение проблемных участков сети: "Телекс-2" позволяет выявлять и локализовывать места неисправности и нарушения в работе сети.

- Анализ качества связи: устройство оснащено функцией оценки качества связи, позволяющей определить уровень сигнала и шума, а также произвести оценку пакетной потери и задержки сети.

- Мобильность и удобство использования: "Телекс-2" имеет компактный размер и легкую конструкцию, что делает его удобным для переноски и использования на практике.

Преимущества "Телекс-2" перед другими аналогичными устройствами:

- Высокая точность и надежность измерений: "Телекс-2" использует передовые технологии, что обеспечивает более точные и надежные результаты измерений.

- Широкий функционал: устройство включает в себя широкий спектр функций и возможностей, что позволяет гибко настраивать и контролировать параметры сети.

- Простота и удобство использования: благодаря интуитивно понятному интерфейсу и простым инструкциям, "Телекс-2" легко применять даже для новичков, а время одного комплексного измерения – 5 секунд, при этом может измерять до 4 проводов, сохраняет результаты измерений в облаке.

Студенты Самарского государственного университета путей сообщения предложили альтернативу аналогам измерителей, вследствие чего мы провели повторное испытание и выяснили следующее:

1. Действительно, характеристики данного измерителя лучше "Телекс-2", такие как:

- диапазон измерений в 2,8 раз больше;
- погрешность измерений в 10 раз меньше;
- масса не 0,4, а 0,7 кг (когда "Телекс-2" – 6,9 кг);
- возможность пользования в темное время суток;

2. А также мы можем подтвердить следующие недостатки:

- продолжительность проведения замеров от 10 секунд.

В сравнении с испытаниями других студентов, наше повторное испытание подтвердило результаты их испытаний. Это говорит о том, что данные параметры контактной сети железной дороги могут быть измерены с высокой точностью и надежностью, что является важным для обеспечения безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта. Наше повторное испытание подтверждает, что разработанные методы и инструменты для измерения параметров контактной сети являются эффективными и могут быть использованы для сокращения затрат времени и ресурсов при измерении этих параметров. Это позволяет не только улучшить процесс измерений и, но и обеспечить надлежащую работу поездов, предотвращая возникновение аварийных ситуаций.



Рисунок 1 - Бесконтактный измеритель параметров контактной сети на базе лазерного измерителя расстояний

Портативное устройство измерения параметров контактной сети "Телекс-2" является важным инструментом для обеспечения эффективной работы сетей связи. Его высокая точность, широкий функционал и удобство использования делают его незаменимым помощником для специалистов в области связи. Благодаря "Телекс-2" можно производить высококачественную диагностику и контроль работы сети, а также быстро локализовывать и устранять неисправности, но также будет рекомендуемо параллельно ввести в эксплуатацию и предложенный аналоговый малозатратный прибор.

Список использованных источников

1. Д.Д. Жмудь. Устройство и техническое обслуживание контактной сети магистральных электрических железных дорог: учеб. пособие. Москва: ФГБУ ДПО "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2019. - 736 с.

2. Правила содержания контактной сети, питающих линий, отсасывающих линий, шунтирующих линий и линий электропередачи: Утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 25 апреля 2016 г. N 753р

3. Руководство по эксплуатации устройства портативного для измерения параметров контактной сети "ТЕЛЕКС-2" 1СР.252.290-02РЭ.

4. Щёголева Т.В., Пушмина А.Н., Рубцов К.Д., Анализ тепловизионной диагностики состояния узлов контактной сети / Молодая наука Сибири. 2022. № 2 (16). С. 130-136.

5. Щёголева Т.В. Анализ износа контактного провода главных путей красноярской дирекции по энергообеспечению и мероприятия по его снижению // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : материалы XXV научно-практической конференции / КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах. Красноярск, 2021. С. 92-97.

6. Иванов Д.К., Погодаев М.О. Анализ использования усиливающих и экранирующих проводов в системе тягового электроснабжения Красноярской железной дороги // Молодёжная наука : материалы XXIV Всероссийской научно-студенческой практической конференции. В 4-х томах. Редколлегия: В.С. Ратушняк (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 57-61.

УДК 156.25

ГРНТИ 73.29.11

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ТИПА МПЦ-ЭЛ НА СТАНЦИИ САРАНЧЕТ

Е.В. Демидов

студент гр. СОД.2-19-1

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Л.И. Жуйко

канд. техн. наук., доцент кафедры СОД,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос о внедрении системы микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ на станции Саранчет. Описывается интегрированная отечественная система ИРДП. Представлена общая характеристика МПЦ-ЭЛ. Проиллюстрирована краткая характеристика станции Саранчет. Приведены преимущества данной микропроцессорной системы.

Ключевые слова: станция, внедрение, технология, схема, характеристика, система, стрелка.

В настоящее время железнодорожный транспорт в области грузоперевозок заметно превосходит автомобильный и воздушный транспорт. Одной из

ключевых целей железной дороги является увеличение интенсивности перевозок при сохранении необходимого уровня безопасности движения. Достижение этой цели происходит, в том числе, путем улучшения организации эксплуатационной работы железных дорог и их технического обновления. На участках железных дорог активно внедряются комплексные системы управления движением поездов, которые объединяют функции управления перегонами и станциями, а также сигнализацию на переездах. Подобные системы имеют потенциал существенно увеличить пропускную способность участков, повысить уровень безопасности движения поездов и эффективность работы персонала железнодорожной отрасли за счет автоматизации и оперативного управления сложными процессами перевозок.

Одним из примеров интегрированных отечественных систем ИРДП является микропроцессорная система МПЦ-ЭЛ, созданная компанией ОАО «ЭЛТЕЗА». МПЦ-ЭЛ предназначена для удаленного управления стрелками, сигналами, переездной сигнализацией и другими устройствами на станциях и прилегающих перегонах. По сравнению с централизацией стрелок и сигналов релейного типа, у нее есть несколько преимуществ:

- повышенный уровень надежности благодаря резервированию основных компонентов, включая центральный процессор;
- повышенный уровень безопасности движения поездов за счет постоянного обмена информацией между управляющим процессором и устройствами управления и контроля;
- расширенный набор технологических возможностей, таких как установка маршрута без изменения светофора, блокировка стрелок в нужном положении, запрет отображения запрещающих сигналов на светофорах, блокировка изолированных участков для исключения конфликтов маршрутов и другие.
- улучшенную информативность для персонала, ответственного за эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования СЦБ на станции, с возможностью передачи этой и прочей информации в смежные информационные системы;
- сниженное энергопотребление;
- непрерывное сохранение действий персонала по управлению объектами СЦБ и общей обстановки на станции для последующего анализа;
- встроенный диагностический контроль состояния аппаратуры централизации, объектов управления и контроля.

Все микроконтроллеры размещены в специальном управляющем контроллере централизации.

ОАО «ЭЛТЕЗА» (статив ОК) предназначено для размещения различных устройств:

– полки с электронными платами объектных контроллеров и концентраторов, каждая из которых представляет собой стандартное заводское изделие - оснащена рамой с разъемами и направляющими для установки электронных плат. Монтаж разъемов является стандартным и выполняется на заводе. На одной полке можно разместить до 4 контроллеров и один концентратор.

– источник питания для объектных контроллеров и концентраторов PSU 72R;

– источники питания для напольного оборудования (стрелки, сигналы) PSU 61R, PSU 51R;

– DIN-рейки для предохранителей и автоматических выключателей;

– DIN-рейки для клемм, предназначенных для подключения монтажных проводов;

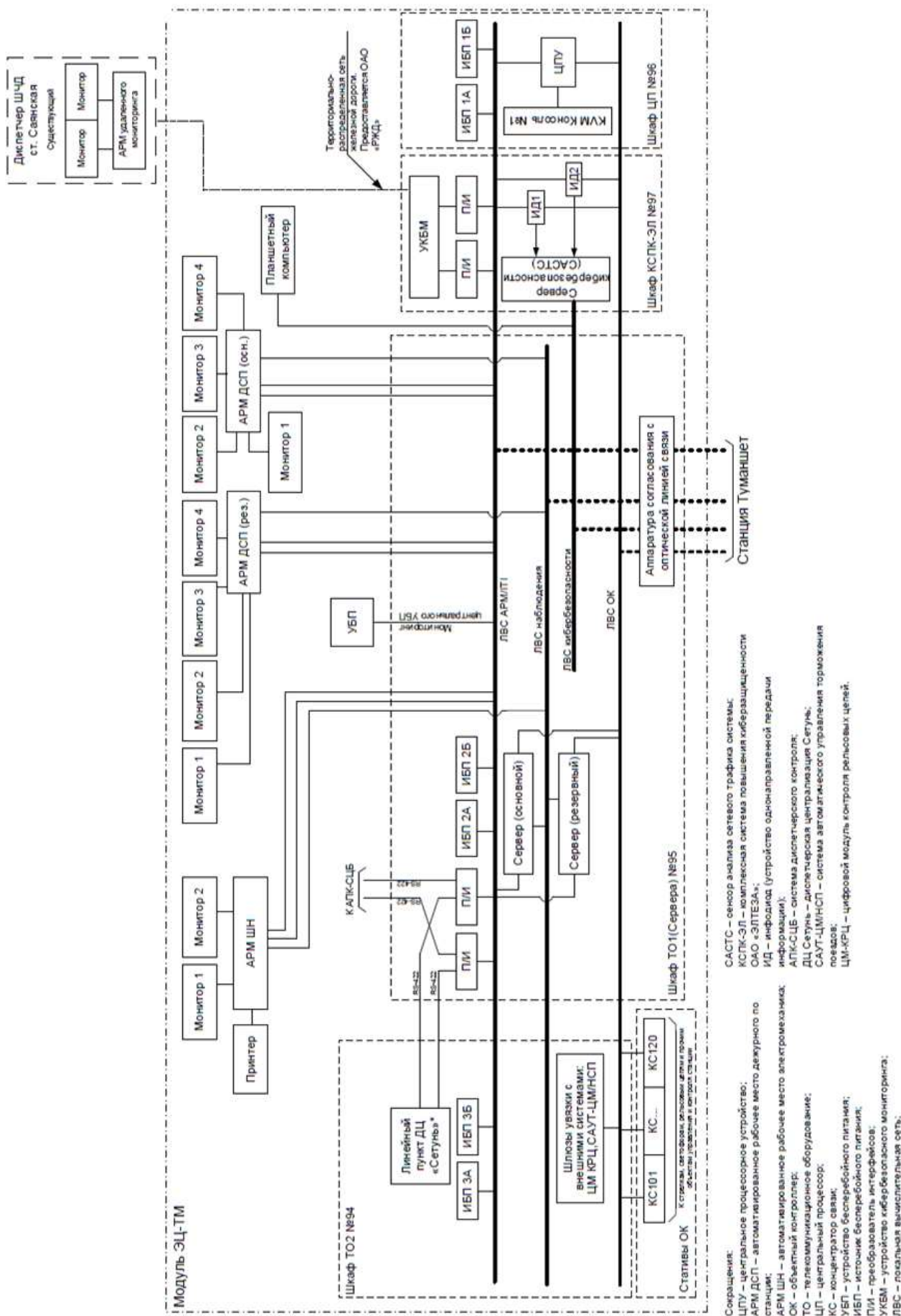
– полка с вентиляторами.

На Саянской дистанции СЦБ (ШЧ-6) постоянно внедряются новшества в сфере АТМ, так как станция выполняет ключевые функции, обеспечивающие безопасность движения по железнодорожному транспорту. Последним достижением в области АТМ стало внедрение на участке Агул-Тайшет системы интервального регулирования АЛСО-ЕН для двухпутевого участка. На Саянской дистанции СЦБ (ШЧ-6) активно развивается восточный полигон с целью увеличения пропускной способности на участке Тайшет-Междуреченск. Здесь планируется установка вторых путей, внедрение микропроцессорной централизации стрелок и светофоров МПЦ-ЭЛ. Станция Саранчет оснащена электрической централизацией с центральными зависимостями и локальным питанием (РЦЦМ) с импульсными рельсовыми цепями 25 Гц в соответствии с нормами РЦ-25А. Управление централизованными объектами осуществляется по отдельности. Она была введена в эксплуатацию в 1965 году и включена в диспетчерскую централизацию «СЕТУНЬ».

В состав электрической централизации входит 28 рельсовых цепей и 17 стрелок, оснащенных электроприводами СП-6 с постоянными электродвигателями, питаемыми от центрального источника энергии. В общей сложности в систему включено 23 светофора: 12 поездных (2 входных, 1 выходной, 12 маршрутных, 2 повторительных) и 6 маневровых. На станции установлены линзовые и мачтовые светофоры, показания которых соответствуют нормам "Инструкции по сигнализации на железнодорожном транспорте Российской Федерации.

На рисунке 2 приведена структурная схема МПЦ-ЭЛ станции Саранчет.

Секция «Транспортные системы»



- Сокращения:
- ЦПУ – центральное процессорное устройство;
 - АРМ ДСП – автоматизированное рабочее место дежурного по станции;
 - АРМ ШН – автоматизированное рабочее место электромеханика;
 - ОК – объектный контроллер;
 - ТО – телекоммуникационное оборудование;
 - ЦП – центральный процессор;
 - КС – концентратор связи;
 - УБП – устройство бесперебойного питания;
 - ИБП – источник бесперебойного питания;
 - ПИ – преобразователь интерфейсов;
 - УКЕМ – устройство кибербезопасного мониторинга;
 - ЛВС – локальная вычислительная сеть;
 - САСТС – сенсор анализа сетевого трафика системы;
 - КСПК-ЭЛ – комплексная система повышения киберзащищенности ОАО «ЭЛТЕЗА»;
 - ИД – инфоидол (устройство однонаправленной передачи информации);
 - АПКСЦБ – система диспетчерского контроля;
 - ДЦ Сетуль – диспетчерская централизация Сетуль;
 - САУТ-ЦМ/НСП – система автоматического управления торможения поездов;
 - ЦМ-КРЦ – цифровой модуль контроля релейных цепей.

Рисунок 2 – Структурная схема МПЦ-ЭЛ на станции Саранчет

Планируется осуществить проект централизации микропроцессорного типа для станции Саранчет с учетом интеграции с уже существующими кодовыми автоблокировками переменного тока частотой 25 Гц и четырехпроводной схемой для смены направления движения поездов на участке Саранчет-Гуманшет.

Для обеспечения питания электроники, компьютеров, а также управляемых объектами стрелок и светофоров, используется питающая система с неотключаемым источником питания УЭП-У-М. Для внешнего питания применяются два независимых Ридера.

Процессор размещен в специальном шкафу, который находится в разрабатываемом транспортабельном модуле ЭЦ-ТМ.Е.П.7.2. Маршрутизация предусматривает все возможные варианты передвижений подвижного состава, допускаемые путевым развитием станции.

Установка микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ на станцию Саранчет способствует автоматизации и оптимизации управления системами станции, увеличению надежности работы, обеспечению централизованного контроля и повышению энергоэффективности, и увеличению безопасности движения.

Список использованных источников

1. Объединенные электротехнические заводы // Элтеза
URL: <https://www.elteza.ru/products//MikroprotsessornayatsentralizatsiyastrelokisvetoforovMPTSEL/> (дата обращения 23.03.2)
2. TAdviser // Портал выбора технологий и поставщиков
URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Элтеза_МПЦ-ЭЛ (дата обращения 25.03.2024)
3. АСУ FreiCON ERP // Слежение за вагонами и контейнерами
URL: <https://ugmk.freicon.ru/info/stations/889539> (дата обращения 26.03.2024)
4. Кириленко, А. Г. Электрические рельсовые цепи : учеб. пособие / А. Г. Кириленко, Н. А. Пельменева. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. – 94 с. (дата обращения 25.03.2024)

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ**

Орешков М.П., Рубцов К.Д., Сивов Д.А.

*студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: Жуйко Л.И.

*канд.техн.наук., доцент,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы надежности электроэнергетических систем в условиях сурового климата и экстремальных погодных условий. В рамках данного исследования были предложены конкретные мероприятия для улучшения работы электроэнергетических систем и снижения негативных последствий, вызванных экстремальными погодными условиями.

Ключевые слова: надежность электроснабжения, воздушные линии электропередач, электроэнергетические системы, экстремальные климатические нагрузки.

Изменение климата приводит к повышению глобальных температур, неустойчивому распределению осадков, повышению уровня моря и более частым или интенсивным экстремальным погодным явлениям. Это имеет серьезные последствия для безопасности электроснабжения. Что касается генерации, то последствия изменения климата могут снизить эффективность и изменить доступность и генерирующий потенциал электростанций, включая как тепловые, так и возобновляемые источники энергии. Воздействие изменения климата на сети передачи и распределения может привести к более высоким потерям, изменениям пропускной способности и значительному механическому ущербу.

Растущие аномалии в климатических условиях уже представляют собой серьезную проблему для систем электроснабжения и повышают вероятность сбоев, вызванных изменением климата. Во многих странах растущая частота или интенсивность экстремальных погодных явлений, таких как периоды сильной жары, лесные пожары, циклоны и наводнения, являются основной причиной крупномасштабных отключений.

Самая большая часть нарушений в работе систем электроснабжения приходится на воздушные ЛЭП (линии электропередачи), более 65% по отношению ко всем отклонениям. Благодаря этому, климатические условия

можно назвать одной из главных причин в появлении нарушений в работе систем электроснабжения.

Система автоматического обнаружения нарушений в работе ЛЭП можно назвать одной из передовых и эффективных, но оно требует больших вложений и затрат. Но, несмотря на это, она обеспечивает информацией о текущем состоянии ЛЭП, ее нагрузке, климатических факторах, а также сопутствующих параметрах, которые позволяют проанализировать состояние в ближайшем будущем.

Диагностика ЛЭП с помощью воздушного летательного судна с оборудованием современного разрешения и сканерами могут воссоздать в 3D модель необходимую аппаратуру, а также окружающие элементы вокруг нее.

В современном мире существуют и другие передовые системы диагностики аппаратуры, которые позволяют обеспечивать мониторинг работы аппаратуры и ее отклонения, к примеру, диагностика с помощью спутника, а также при помощи реклоузеров.

При помощи таких технологий можно диагностировать нарушения в ЛЭП и сразу же предать всю полученную информацию о происшествии энергодиспетчеру для незамедлительного устранения проблемы

Проведя аналитику энергетических предприятий, можно выявить, что около 75% всех нарушений в работе электроснабжения приходится на ЛЭП, что делает их одними из наименее надежных элементов системы. Структура аварийности электроэнергетического комплекса по объектам приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура аварийности электроэнергетического комплекса по объектам

В результате исследований также было обнаружено, что большое количество нарушений были связаны с работой проводов и изоляторов. 13% случаев отклонений были вызваны нарушением несущей части опор. Опоры занимают первое место по уровню нарушений.

В сфере электроэнергетического проектирования в большом количестве задействуются опоры металлические и опоры из центрифугированного железобетона. Чтобы срок службы, таких элементов как опоры увеличился, а

также снизить количество аварий в работе ЛЭП, упростить этапы возведения и строительства опор после аварии, был предложен такой вариант замены устаревших типов опор на многогранные

Многогранные опоры хорошо показывают себя в сетях классом напряжения 35-220 кВ и являются приоритетными в населенных пунктах, а также в горной и северной местности, где проектирование ЛЭП является непростой задачей

За рубежом происходит активное внедрение композитных опор в сфере распределительных сетей, так как эти опоры хорошо показывают себя в таких показателях как прочность, надежность, простота монтажа, устойчивость к перепадам температуры, гибкость, удобство обслуживания. Главной их особенностью можно назвать то, что их основная часть состоит из соединенных между собой частей (модулей), которые легко можно заменить в случае монтажа или ремонта. Отношение затрат строительства на опорах различных типов приведена на рисунке 2.

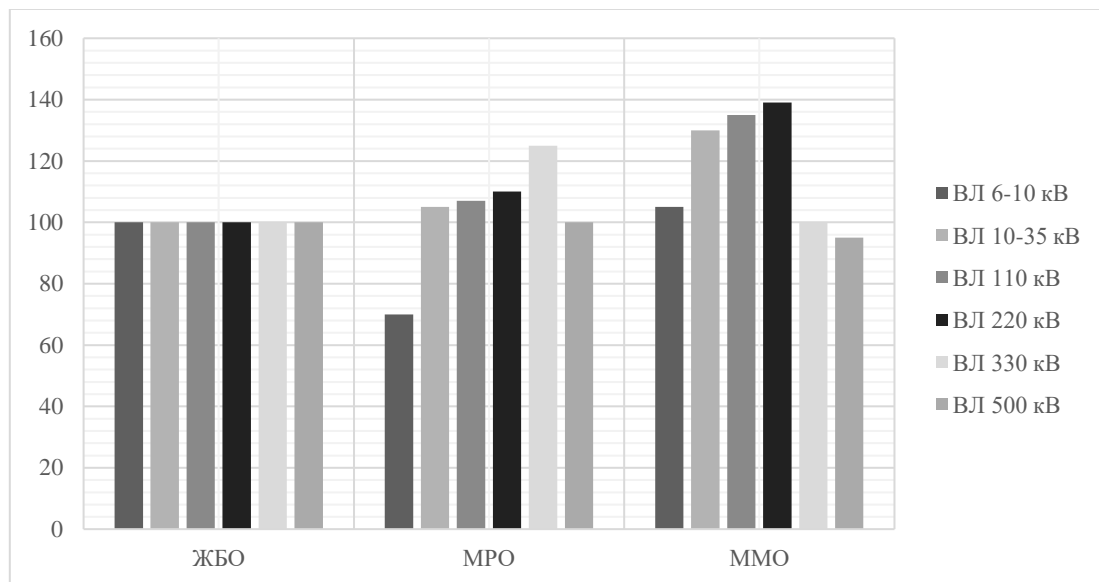


Рисунок 2 – Соотношение затрат строительства сетей разных классов напряжения на опорах различных типов

Чтобы снизить количество случаев аварий в энергетическом комплексе, рекомендуется:

- своевременно производить диагностику технического состояния ЛЭП и ее частей во время обслуживания, а также после выявления нарушений в ее работе;
- усовершенствовать и устранить изношенное и устаревшее оборудование;
- использовать накопители электроэнергии и источники питания, которые могут работать автономно;
- обновить элементы ЛЭП, чтобы оно было готово к суровым погодным условиям и изменениям климата.

Список использованных источников

1. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12 (часть 3) – С. 463-466
2. Жилкина Ю.В. Влияние климатических рисков на электроэнергетику. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 4(402): 157-160
3. Охлопкова А.А., Виноградов А.В., Устыч Ю.Н., Краснов А.П. // Трение и износ. – 1997. – Т. 17. – № 1. – С. 114 –120.
4. Кобылин В.П., Седалищев В.А., Ли-Фир-Су Р. Повышение эффективности работы ЛЭП и подстанций в условиях низких температур // Международная арктическая конференция «Актуальные пути решения проблем развития северных территорий». – СПб., 2000. – С.71-76.
5. Кобылин В.П., Аргунов Л.И. Некоторые вопросы эксплуатации трансформаторных подстанций на Севере // Вопросы энергетики ЯАССР. 1973. – Якутск, 1973. – С. 53-59.

УДК 629.423.32

ГРНТИ 73.29.41

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОММУТАЦИИ
СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Н.А. Резанов

студент специальности 13.04.02,

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), г. Хабаровск

Научный руководитель: О.А. Малышева

Кандидат технических наук, доцент,

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), г. Хабаровск

Аннотация. В рамках исследования производился анализ параметров и характеристик коммутации токов, оказывающие влияние на работу преобразователя и электровоза в целом, а также методы и подходы к оптимизации процесса коммутации. Анализ существующих работ в области коммутации токов в силовых электронных преобразователях электровозов переменного тока позволили выявить возможности улучшения процесса коммутации токов с помощью применения соответствующих методов и оптимизации параметров. Предложены рекомендации по выбору и настройке элементов снижения перенапряжений, управления полупроводниковыми приборами, их охлаждения и защиты.

Ключевые слова: силовой электронный преобразователь, коммутация, электровоз переменного тока, IGBT-транзистор.

Силовые электронные преобразователи являются важным компонентом систем электрической тяги в современных электровозах. Они отвечают за преобразование переменного тока, поступающего с пантографа или токоподводящих проводов, в постоянный ток для питания электродвигателей электровоза и играют ключевую роль в обеспечении правильной коммутации токов и стабильное питание электродвигателей.

В современных электровозах переменного тока широко используются силовые электронные (выпрямительно-инверторные) преобразователи для преобразования переменного тока высокого напряжения и частоты, поступающего с электрической сети, в постоянный ток низкого напряжения, который питает электрические двигатели подвижного состава.

Важным аспектом таких преобразователей является процесс коммутации токов во время переходных процессов, который влияет на электрические характеристики системы и накладывает ограничения на ее работу. Анализ коммутации токов в силовых электронных преобразователях электровозов переменного тока является важной задачей, которая позволяет оптимизировать работу системы, улучшить электрические характеристики и повысить эффективность использования электроэнергии, а идентификация основных проблем, связанных с коммутацией токов, позволит разработчикам и инженерам принимать соответствующие меры и улучшать конструкцию и управление преобразователями. Эффективная коммутация токов в силовых электронных преобразователях является важным фактором для обеспечения надежной работы и долговечности электровозов переменного тока. Поэтому, дальнейшее исследование и разработка в этой области имеют большое практическое значение и способствуют повышению энергоэффективности в железнодорожной отрасли.

Процесс коммутации токов – это смена пути тока от одной ветви электрической цепи преобразователя к другой. В выпрямительно-инверторных преобразователях данный процесс происходит при смене полярности выходного напряжения или тока. Правильное управление процессом коммутации является необходимым условием для обеспечения эффективной работы электровоза.

В литературе и научных работах активно ведутся исследования по теме коммутации токов в электронных силовых преобразователях электровозов переменного тока. Один из основных аспектов исследований - определение оптимальных параметров коммутации, таких как время переключения, сопротивление контактов, управление процессом коммутации; разработка новых

методов коммутации, которые могут обеспечить более эффективное управление токами и предотвратить возникновение переходных процессов, помех и потерь электрической энергии [1, 2].

Одним из основных параметров оценки качества процесса коммутации, является время коммутации (или время переключения), которое определяет скорость переключения тока с одной ветви на другую. Чем меньше время коммутации, тем эффективнее силовой электронный преобразователь.

Другим важным показателем является коммутирующее напряжение или коммутационное напряжение. Это напряжение, которое возникает во время процесса коммутации и может приводить к перерывам в поставке электрической энергии или генерации электрических помех.

Для успешного процесса коммутации необходима правильная синхронизация сигналов управления и времени коммутации. Для этого используются специальные коммутирующие устройства, такие как диоды, тиристоры, транзисторы или другие полупроводниковые ключи, которые обеспечивают переключение тока на требуемую ветвь преобразователя.

В силовых электронных (выпрямительно-инверторных) преобразователях электровозов переменного тока происходит коммутация токов в следующих случаях:

1. Коммутация тока в режиме тяги: В этом режиме применяются полупроводниковые элементы для управления потоком энергии между источником переменного тока и нагрузкой. Коммутация тока происходит при переключении этих элементов с учетом требований контроля мощности и формы сигнала.

2. Коммутация тока в инверторном режиме: В данном случае энергия поступает от источника постоянного тока (от аккумуляторной батареи или другого источника постоянного тока) и преобразуется в переменный ток нужной частоты и амплитуды. При коммутации в инверторном режиме происходит переключение полупроводниковых приборов для создания требуемой формы сигнала переменного тока.

Во всех указанных случаях коммутация тока должна быть выполнена точно в установленные моменты времени, чтобы обеспечить надежную и эффективную работу преобразователей и предотвратить возможные неисправности или сбои в работе силового оборудования электровоза.

Влияние различных факторов на процесс коммутации в преобразователях происходит по различным механизмам и причинам их возникновения. Основными причинами, влияющими на процесс коммутации могут быть:

1. Процесс переключения токов, когда в момент коммутации происходит переключение тока от одного полупериода к другому, что может привести к

появлению высокочастотных возмущений, пульсации тока и напряжения, которые могут вызвать электромагнитные помехи и влиять на работу соседних устройств.

2. Величины индуктивности и емкости, присутствующих в схеме преобразователя, когда при коммутации токов могут возникать значительные изменения в их величине, что может привести к резким изменениям тока, напряжения и энергии, что в свою очередь может вызвать электрические перегрузки и повышенный риск возникновения импульсных помех.

3. Несимметрия параметров устройств преобразователя, например, диодов, транзисторов и конденсаторов, что может привести к неправильному распределению тока во время коммутации и вызвать неравномерную нагрузку на отдельные компоненты и сильный разброс параметров, что отрицательно сказывается на эффективности и надежности работы преобразователя.

4. Внешние воздействия (воздействия могут возникать также под действием внешних факторов, таких как помехи от соседних электронных устройств, электромагнитных полей, термических и механических воздействий, которые могут вызывать временные изменения параметров и повышенный разброс значений сигналов).

В силовых электронных преобразователях электровозов с использованием IGBT-транзисторов процесс коммутации определяет качество электроэнергии и надежность тягового привода. Коммутация IGBT-транзисторов сопровождается высокими напряжениями и токами, которые могут повредить элементы схемы. Поэтому необходимо выбирать оптимальные параметры коммутации, такие как скорость нарастания напряжения и тока, длительность мертвого времени, сопротивление снижения тока [3].

Существуют различные методы улучшения коммутации в преобразователях электровозов на базе IGBT-транзисторах, например, использование снижающих диодов, синхронных выпрямителей, активных снижающих цепей, согласующих индуктивностей и др. Выбор способов улучшения коммутации в преобразователях на базе IGBT-транзисторов зависит от условий эксплуатации и требований к характеристикам преобразователя. Например,

– использование активных снижающих цепей является одним из наиболее эффективных методов для улучшения коммутации в IGBT-транзисторах, так как они позволяют снизить длительность переходного процесса и уменьшить энергию переключения транзистора и рекомендуется их использование в случаях, когда требуется высокая скорость переключения и минимальные потери мощности;

– применение антипараллельных диодов, которые устанавливаются параллельно с IGBT-транзисторами для обеспечения обратного тока при

выключении, что позволяет снизить напряжение на транзисторах во время коммутации и ограничивают обратное напряжение при выключении и рекомендуется их использовать для защиты транзисторов от обратных напряжений и улучшения процесса коммутации;

– использование оптоизоляции обеспечивает гальваническую развязку между цепями управления IGBT-транзистором и силовой цепью, что помогает предотвратить перенапряжения и помехи, улучшить надежность и безопасность работы системы и рекомендуется её использование в случаях, когда требуется высокая степень развязки и защиты от помех;

– правильный выбор радиаторов для отвода тепла от IGBT-транзисторов, а также их геометрические размеры и материалы, что очень важно для эффективного охлаждения и рекомендуется выбирать радиаторы с высокой теплопроводностью, чтобы обеспечить эффективное охлаждение и предотвратить перегрев транзисторов;

– использование согласующих индуктивностей, которые предназначены для улучшения коммутации путем снижения перенапряжений и помех в системе, что позволяет управлять напряжением и током во время переключения IGBT-транзисторов в преобразователе, что снижает влияние этих параметров на коммутацию.

Применение рекомендаций по улучшению процесса коммутации в силовых электронных преобразователях электровозов значительно увеличивает энергетические показатели электровоза, снижает потери мощности и повышает надежность оборудования. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку новых алгоритмов и технологий для достижения более эффективной работы преобразователей.

Список использованных источников

1. Власьевский, С.В. Улучшение формы напряжения тяговой сети при работе электровозов с тиристорными выпрямителями [Текст] / С.В. Власьевский, В.Г. Скорик, О.В. Мельниченко // Вестник ВНИИЖТ. – 2007. – № 5. – С. 42-47.

2. Гриньков Б.Н. Тиристорное регулирование на электроподвижном составе переменного тока за рубежом [Текст] / Б.Н. Гриньков // Железные дороги мира. – 1979.

3. Колпаков, А. Проблемы проектирования IGBT-инверторов: перенапряжения и снабберы / А. Колпаков // Компоненты и технологии. – 2008. – №5 – С. 98-103.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОЧНОЙ МАРШРУТНО-РЕЛЕЙНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ
МРЦН-10 ВЗАМЕН ЭЦ-9**

В.С. Мольц

Студент 5 курса,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: И.А. Борковская

старший преподаватель

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

***Аннотация.** В данной статье рассматривается процесс проектирования и внедрения системы БМРЦ (МРЦН-10), предназначенной для замены устаревшей системы ЭЦ-9. Проводится анализ технических и функциональных аспектов новой системы, подчеркивая её преимущества в контексте повышения эффективности и безопасности железнодорожного транспорта. Особое внимание уделяется улучшению пропускной способности станций, сокращению времени на установку маршрутов и повышению надежности работы релейных схем. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации работы железнодорожных узлов и повышения общей безопасности на железнодорожном транспорте.*

***Ключевые слова:** блочная маршрутно-релейная централизация, маршруты, стрелки, светофоры, отказы.*

В современной мире повышение безопасности движения, особенно в контексте железнодорожных систем, важность этого аспекта становится все более явной. В связи с ростом развития технологий и повышением скоростных характеристик транспортных средств возрастает потребность в эффективных мерах для гарантирования безопасности железнодорожного движения, необходимы средства обеспечения безопасности движения поездов, которые включают в себя автоматизацию и телемеханику. Для этой цели на станциях устанавливаются различные виды электрических централизаций. Среди них особое место занимает блочная маршрутно-релейная централизация (БМРЦ), которая является одной из наиболее прогрессивных и соответствующих современным стандартам безопасности систем управления железнодорожным транспортом.

Систему МРЦН-10 один из типов БМРЦ целесообразно применять на станциях, где количество стрелок в составе маршрута может превышать 10-15, поскольку конфигурация таких сложных маршрутов предполагает множество

операций по отдельному управлению каждой стрелкой, что может привести к задержкам поездов.

Система БМРЦ (МРЦН-10) позволяет устанавливать маршрут путем нажатия всего двух кнопок: начала и конца маршрута. Стрелки переводятся автоматически, с проверкой условий для безопасного движения поездов светофор открывается автоматически. Нажатие всего двух кнопок для установки маршрута, позволяет значительно сократить время, в отличие от отдельного управления стрелками, это способствует повышению пропускной способности станционного узла. Кроме того, для повышения пропускной способности станции в БМРЦ используется метод секционного размыкания маршрута. При освобождении какой-либо секции, она тут же может быть использована в другом маршруте.

Система ЭЦ-9 предназначена для отдельного управления стрелками и сигналами с общим числом стрелок от 15 до 30.

В устройствах блочной релейной централизации ЭЦ-9 отказы можно классифицировать по способу их проявления:

- 1 В процессе установки маршрута;
- 2 В процессе размыкания маршрута;
- 3 При использовании устройств аварийного назначения (искусственная разделка, включение пригласительного сигнала, вспомогательный перевод стрелки);
- 4 Отказы в статическом состоянии схем ЭЦ;
- 5 Отказы связанные с системами электропитания устройств;
- 6 Отказы в работе схем управления стрелками.

В системе блочной маршрутно-релейной централизации все движения поездов и маневровые операции подлежат маршрутизации. При отдельном контроле стрелок время настройки маршрута может занять 30 секунд или больше, тогда как при маршрутном управлении этот процесс занимает около 6 секунд. Из этого следует, что уменьшение времени, необходимого для установки маршрута, способствует увеличению пропускной способности на 15-20%.

При использовании блочной маршрутно-релейной централизации (МРЦН-10) применяется посекционный подход к размыканию маршрутов. На станции составляются схемы контроля, задания маршрутов, управления светофорами, а также обеспечивается замыкание маршрутов и другие аспекты.

Схемы блочной маршрутно-релейной централизации (МРЦН-10) организованы как электрические системы управления, где источники энергии и ключевые устройства контроля размещены непосредственно на железнодорожной станции. Вся необходимая техника установлена на посту ЭЦ и функционирует через систему релейных элементов.

Ключевым достоинством БМРЦ (МРЦН-10) является её повышенная надёжность и устойчивость к сбоям в релейных системах. Кроме того, внедрение этой системы сокращает время проектирования и монтажа, а также снижает вероятность ошибок. Поиск и устранение неисправностей в системе БМРЦ (МРЦН-10) также является относительно простым и быстрым процессом.

Преимущество БМРЦ (МРЦН-10) по сравнению с альтернативными системами заключается в:

1 Большинство компонентов собирается на производстве с использованием стандартных блочных схем;

2 Контроль качества и настройка выполняются на специализированном оборудовании, что способствует улучшению качества сборки;

3 Уменьшается продолжительность проектирования и сокращается количество необходимой проектной документации;

4 В случае поломки, можно быстро заменить повреждённый блок, минимизируя простои в работе системы централизации;

5 Маршруты приема, отправления замыкаются с проверкой свободности пути приема или первого участка удаления соответственно.

Главные преимущества МРЦН-10 заключаются в применении современных реле Н (НБ) 4 поколения, которые более высококлассные и дешевле по сравнению с применяемыми ранее реле НМШ 3 поколения; отказ от конденсаторов в сигнальных блоках, позволит сократить количество отказов системы. Данные модернизированные блоки могут монтироваться в существующие системы БМРЦ (МРЦН-10) взамен более старых блоков.

Внедрение МРЦН-10 может привести к существенному улучшению эффективности и безопасности движения поездов. Благодаря внедрению данной системы ускоряется процесс проектирования и монтажа, процент ошибок в работе снижается, система выделяется высокой надёжностью и способностью к безопасному отказу в релейных схемах. В целом, внедрение данной системы открывает новые перспективы для повышения эффективности железнодорожного транспорта и обеспечения безопасности его движения.

Список использованных источников

1 Клементьев, С. Д. Автоматика и телемеханика / С. Д. Клементьев. - Москва: ИЛ, 2021. - 292 с. – ISBN 5-300679-21-7. - Текст : непосредственный.

2 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России от 23.06.2022 № 250. - Челябинск : ВЕДА, 2022. - 528 с. - 1400.00 р., 1200.00 р. - Текст : непосредственный.

3 Проектирование систем железнодорожной автоматики и телемеханики / П. С. Ракул, Н. М. Беляев, С. С. Пресняк, Н. А. Никифоров //

Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 11. – С. 40-43. - Текст : непосредственный.

4 Султангазинов, С. К. Теоретические основы автоматики и телемеханики / С. К. Султангазинов. - Учебное пособия - Алматы, 2004. – 111с - Текст : непосредственный.

5 Тильк, И. Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта: учебное пособие для ВУЗов / И. Г. Тильк. - Екатеринбург: УрГУПС, 2010. -168 с. – ISBN 5-300745-10-7. - Текст : непосредственный.

УДК 621.316.925.1

ГРНТИ 44.29.31

**ОБЗОР НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

Д.А. Брюханов, Д.С. Иванов, К.Д. Рубцов

студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: А.Р. Христинич

канд. техн. наук, зав. кафедры «Системы обеспечения поездов»,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Автоматика и устройства релейной защиты (далее – УРЗА) за последние почти сотню лет довольно сильно преобразились: реализация функций защит, возникновение теории уставок, значительное увеличение степени интеграции. На данный момент стоит вопрос о применении унифицированного оборудования, позволяющего использовать его на разных классах напряжения одновременно. Опыт создания, конструирования и использования УРЗА дает возможность определить лидирующие направления в сфере обновления УРЗА, дополняя проверенные временем решения новой и имеющей большие возможности теорией.

Ключевые слова: релейная защита, микропроцессорная релейная защита, электромеханическая релейная защита, реле, микропроцессор, РЗА.

Лидирующее направление улучшения и совершенствования микропроцессорных систем УРЗА (далее – МРЗА) это применение большего числа измерительных органов (далее – ИО) добавляя элементы адаптации к ним.

В новых разработках использованы алгоритмы для распознавания и фильтрации входящей информации. [1]

Так же, хочется отметить, что немаловажными направлениями в сфере проектирования УРЗА, помимо вышеперечисленного, являются:

- проектирование полностью автоматизированных систем управления на базе микропроцессоров, и подразумевающие реализацию защит различных классов напряжений одновременно, а также устройств учета электроэнергии;
- интегральное оснащение оборудования подстанций различных классов напряжений 0,4/6-220 кВ системами МРЗА, повышающими их надежность.
- конструирование определенных инновационных конструктивных решений, тестирование, их интеграция и совершенствование в будущем.

Для достижения высочайшей точности, селективности, удобства в эксплуатации и сокращения времени обработки процессов в электроэнергетических системах, есть необходимость в применении фильтров с соответствующими методами. Например, один из таких методов - выделение основной гармоники электрической величины используя частотные фильтры.

Наиболее распространенные направления защиты в системах УРЗА продвигаются с помощью увеличения интеллектуальной открытости, включая элементы адаптации. Это открывает путь к развитию новаторских алгоритмов защитных устройств (далее - ЗУ), которые отличаются использованием процедур скоростной обработки входных сигналов, адаптивностью, вследствие и селективностью.

Не стоит забывать о недостатках УРЗА (таблица 1), которые могут исправить МРЗА, так, например, метод защиты неповрежденных фаз в определенном цикле однофазного АПВ с помощью сравнения токовых модулей имеет недостаток, в виде урезанных функций распознавания, вследствие чего в МРЗА он был заменен методом использования аварийных составляющих.

Рассмотрим преимущества и недостатки электромеханических релейных защит и МРЗА:

Таблица 1 – Преимущества и недостатки РЗ и МРЗА

Электромеханические УРЗА		Микропроцессорные УРЗА	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Высокая надежность	Сложность эксплуатации	Удобство эксплуатации	Возможность преднамеренных дистанционных воздействий с целью нарушения её работы
Низкая цена	Настройка реле по месту	Незначительные массогабариты	Требуют обновления программного модуля и ПО

Электромеханические УРЗА		Микропроцессорные УРЗА	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Малая подверженность электромагнитным возмущениям	Большое количество обслуживающего персонала	Позволяет передавать информацию удаленно	Высокая подверженность электромагнитным возмущений
Взаимозаменяемость элементов РЗ	Высокие массогабариты	Высокая чувствительность	Ложные срабатывания
Большой ресурс реле	Малые функции распознавания	Селективность	Высокая стоимость
Единые теоретические сведения		Быстродействие	Не являются взаимозаменяемыми
		Снижение числа обслуживающего персонала	Неремонтопригодность

Развитие УРЗА плавно подвело к упразднению использования некоторых методов, применяемых в аналоговых реле, не всегда соответствующих необходимым требованиям обнаружению аварийных ситуаций. Это привело к разработке новых методик, и интеллектуализации УРЗА, которые несут все больше смысла, так как подразумевают под собой создание новых, адаптивных, обучающихся систем МРЗА. Уже разработаны алгоритмы защиты, включающие в себя функции распознавания, с целью повышения чувствительности, за счет качественного обучения. Такие направления на предприятии отделены в области и используются для изучения возможностей конкретного алгоритма в различных типах защиты. [3]

Рассмотрим комплектацию доступных шкафов МРЗА, в данный момент времени, на примере шкафов защит линий от НПП «Бреслер»

Таблица 2 – Пример комплектов шкафов МРЗА от компании «Бреслер»

Наименование комплекта	Функции, входящие в комплект
Высокочастотная направленная защита линий	высокочастотная направленная защита; блокировка при качаниях и асинхронном ходе; блокировка при броске тока намагничивания (далее – БТН); блокировка при неисправностях цепей напряжения (далее – БНН); устройство резервирования при отказе выключателя (далее – УРОВ); функция модельного двухстороннего определения места повреждения.
Дифференциально-фазная защита линий	дифференциально-фазная защита; БТН; БНН; УРОВ; функция модельного двухстороннего определения места повреждения.

Наименование комплекта	Функции, входящие в комплект
Продольная дифференциальная защита линий	продольная дифференциальная защита; дистанционная защита; токовая направленная защита; токовая отсечка; блокировка при качаниях; БНН; БТН; УРОВ.

Как можно заметить, текущее развитие УРЗА нацелено на повышение функциональности и надежности ЗУ (таблица 2). Их микропроцессорная основа позволяет настроить параметры защиты под конкретные условия сети, что, как следствие, увеличивает их адаптивность под различные сценарии использования.

Для обеспечения надежной защиты практически повсеместно используется комбинация защитных систем: основных (далее – ОЗС) и резервных (далее – РЗС), в случае с МРЗА, включаемые в один блок-комплект [2]. На данный момент применяются четыре основные вариации комплектаций УРЗА в одном комплекте/шкафу, а именно:

- ОЗС и все ступени РЗС в одном цикле программы, что дает защиту без каких-либо задержек.
- Аналогично предыдущему, но РЗС активируются после вывода ОЗС из работы, то есть, создавая задержку перед активацией РЗС.
- ОЗС работает самостоятельно, РЗС активируется после отключения ОЗС, так же создавая задержку перед активацией РЗС.
- ОЗС и первые ступени РЗС работают в один цикл, но РЗС активируются с задержкой, что в свою очередь убирает задержки при активации РЗС.

Первый и последний варианты исполнения являются лучшими, поскольку дает возможность обеспечить безостановочную защиту без задержек при активации РЗС, что сказывается на бесперебойности работы энергосистем.

В мире электроэнергетики наступают перемены, и среди ключевых тенденций выделяется высокое внедрение МРЗА. Они имеют недостатки, которые вполне исчерпываемы, ведь прогресс не стоит на месте, и силы, направленные на развитие МРЗА увеличиваются. Данный переход будет обусловлен не только растущими требованиями к бесперебойности работы и эффективности электроэнергетических систем, но и возможностями, которые предоставляют современные технологии. Специалисты утверждают, что стратегия обновления и будущий переход на МРЗА становятся неизбежными, и будет расти в актуальности с большей скоростью.

Список используемых источников

1. Жумабаев А.Ж. Перспектива развития микропроцессорной релейной защиты // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. - Алматы: КазАТК, 2016. - С. 42-46.
2. И.М. Базыль, А.В. Верижников Тенденции развития микропроцессорных устройств релейной защиты // Известия тульского государственного университета. - Тула: Тульский государственный университет, 2018. - С. 186-189.
3. В.Г. Наровлянский, Современные методы предотвращения АР ЭЭС. - 2-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 2004. - 360 с.

УДК 629.064.5

ГРНТИ 44.29.29

**ПРИМЕНЕНИЕ И ОБЗОР РП-27,5 кВ С ЦЕЛЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ПИТАНИЯ И
СЕКЦИОНИРОВАНИЯ**

Д.С. Иванов, Д.А. Брюханов, К.Д. Рубцов, Д.А Сивов

студенты специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Д.Э. Кронгауз

канд. техн. наук, доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. *Распределительный пункт – это ключевой элемент инфраструктуры электроснабжения, который осуществляет функции по передаче и распределению электрической энергии от производителей. В данной статье рассматривается применение и обзор распределительных пунктов в системе электроснабжения, изучена их структура и принципиальные электрические схемы. Было произведено сравнение распределительного пункта и поста секционирования, а также рассмотрены ключевые достоинства и недостатки обеих электрических установок.*

Ключевые слова: *контактная сеть, электроэнергия, распределительный пункт, пост секционирования.*

Секционирование контактной сети (КС) – разделение КС на отдельные участки (секции), электрически изолированные один от другого изолирующими сопряжениями анкерных участков или секционными изоляторами.

Для обеспечения безопасности и эффективности работы контактной сети (КС) проводят ее секционирование. Это позволяет поддерживать стабильность

работы системы и облегчает проведение технического обслуживания. Секционирование подразумевает разделение КС на отдельные участки, изолированные друг от друга с электрической точки зрения.

Наличие нескольких условий касательно разделения КС является важным элементом его организации. В первую очередь, необходимо разделять КС от тяговой подстанции и поста секционирования (ПС). Кроме того, важно проводить разделение КС между перегонами и станциями для обеспечения бесперебойной работы системы.

В случае станций с несколькими парками или группами путей, каждый парк или группа путей выделяются в отдельные секции. Это позволяет локализовать и устранять неполадки на участке КС, не затрагивая работу всей системы. В результате, обеспечивается более удобное обслуживание и повышается общая надежность работы контактной сети.

В процессе проектирования электрифицированных железнодорожных линий создаются разрабатывают схему питания и секционирования КС, линий автоматической блокировки, а также систему продольного электроснабжения для каждого отдельного участка.

На перегонах секционирование КС осуществляют при помощи воздушных промежутков и нейтральных вставок., а на путях станций – с помощью специальных секционных изоляторов, которые врезают в провода контактной подвески. В случае аварийных ситуаций можно вносить изменения в принятую схему секционирования для нормальных условий, выполняя коммутационные включения и отключения секционных разъединителей.

Ключевые проблемы при реконструкции существующих или проектировании новых схем питания и секционирования заключается в следующем:

- во время нормального режима работы электрифицированного участка сети наблюдаются значительные потери напряжения и электроэнергии (ЭЭ);
- выход из строя или отключение секции КС, может привести к значительным отклонениям от установленного графика движения поездов;
- физическое устаревание и износ участков КС, а также не соответствие современным стандартам проектирования;
- неудобство обслуживания секций электрифицированных участков, связанных с неправильным разделением.

Распределительный пункт (РП) служит для эффективного электрического связывания различных секций КС на железнодорожных путях. Основные функции РП включают уменьшение энергетических потерь, которые возникают при работе железнодорожного электроподвижного состава, обеспечение

возможности быстрого отключения поврежденной секции КС для предотвращения дальнейших неисправностей.

Распределительный пункт (РП) служит для получения и дальнейшего распределения электроэнергии (ЭЭ) без изменения ее параметров, таких как напряжение в диапазоне 6–35 кВ промышленной частоты 50 Гц. ЭЭ сначала поступает на сборные шины внутри РП, после чего распределяется по линиям к конечным потребителям. В случае, когда РП получает ЭЭ непосредственно напрямую от энергетической системы, он именуется как центральный РП.

Размещение РП возможно в зданиях и сооружениях, в сборных бетонных корпусах, так и в отдельных конструкциях. В РП обычно устанавливают оборудование для релейной защиты и автоматики, а также щиты собственных нужд и телемеханики с оборудованием связи.

Кроме того, в РП предусмотрены специальные помещения для сотрудников, а также помещения для выполнения технического обслуживания и ремонтных работ оборудования и прочих необходимых операций. [1].

Можно выделить пять наиболее характерных типов присоединений (ячеек) РП [2]: ячейка ввода (питающей линии), ячейка отходящей линии, ячейка трансформатора напряжения, ячейка секционного выключателя, ячейка подключения силового трансформатора. Типичная схема главных цепей для каждого из указанных типов показана на рисунке 1 и 2.

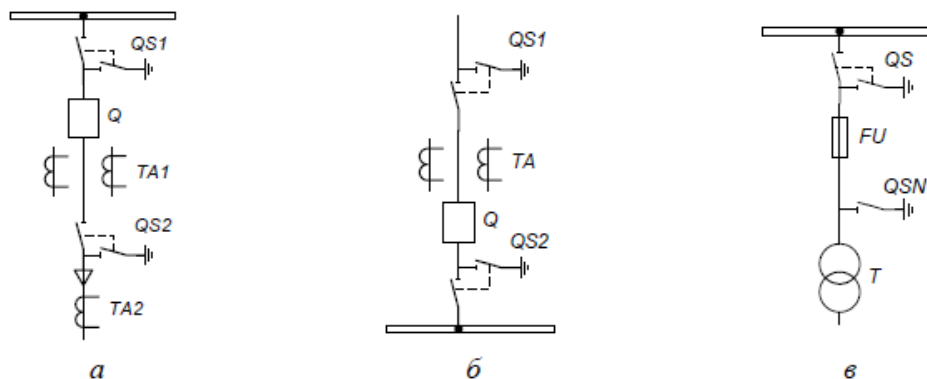


Рисунок 1 – Схема ячейки отходящей линии (а), ввода (б) и силового трансформатора (в) для РП

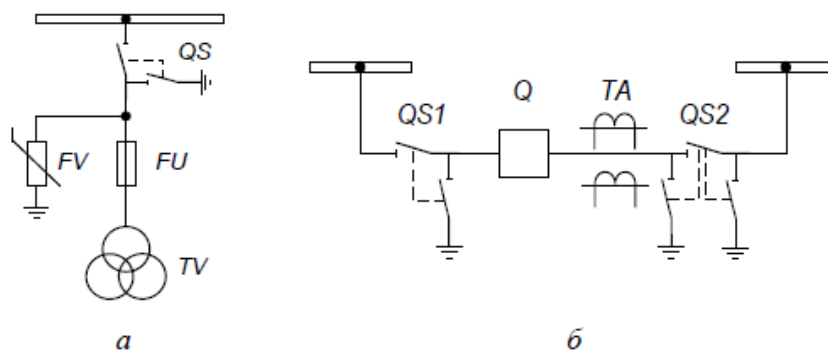


Рисунок 2 – Схема ячейки трансформатора напряжения (а) и секционного выключателя (б)

РП, как правило, располагают одну сборную шинную систему, разделенную на две секции. Для каждой секции требуется по одной ячейке ввода, одной ячейке трансформатора напряжения и одной ячейке трансформатора собственных нужд 0,4 кВ. Присоединение секционного выключателя будет выполнено по схеме рисунок 2, б.

Основными преимуществами РП являются:

1. Надежность работы системы. Предохранение от перегрузок.
2. Безопасность обслуживающего персонала.
3. Экономия ЭЭ. РП способен уменьшить расходы на энергопотребление благодаря применению устройств, которые позволяют регулировать нагрузку при изменении потребления ЭЭ.
4. Удобство эксплуатации. Установка РП позволяет разделить сеть на отдельные секции, что облегчает работу персонала на месте. Каждая секция может быть отключена без прерывания работы других секций.
5. Автоматическая система управления и контроля.

Недостатки РП:

1. Ограниченная мощность. РП может обслуживать ограниченное количество пользователей и потребителей ЭЭ.
2. Отказы и сбои. Работа распределительного пункта может быть нарушена из-за сбоев в электросети, что повлияет на поставку ЭЭ.
3. Потери ЭЭ. При передаче ЭЭ через РП происходят потери, которые могут привести к низкой эффективности системы электроснабжения.

Принципиальная электрическая схема РП показана на рисунке 3.

Для защиты секций КС от коротких замыканий (КЗ) и селективного отключения при повреждении предназначен ПС, который также помогает снизить потери электроэнергии. Путем выбора схемы питания межподстанционной зоны КС ПС способны перераспределять ЭЭ между соседними участками в зависимости от текущей нагрузки. [3]

Основными преимуществами ПС являются:

1. Увеличение надежности системы. ПС позволяет разбить систему на отдельные секции, что уменьшает вероятность перебоев в поставке ЭЭ. Если произошел отказ в одной секции, другие секции продолжают работать без сбоев.
2. Минимизация потерь ЭЭ. Секционирование позволяет уменьшить потери ЭЭ на секции с низким потреблением, так как вся ЭЭ может быть направлена на более нагруженные секции.
3. Управление нагрузкой.

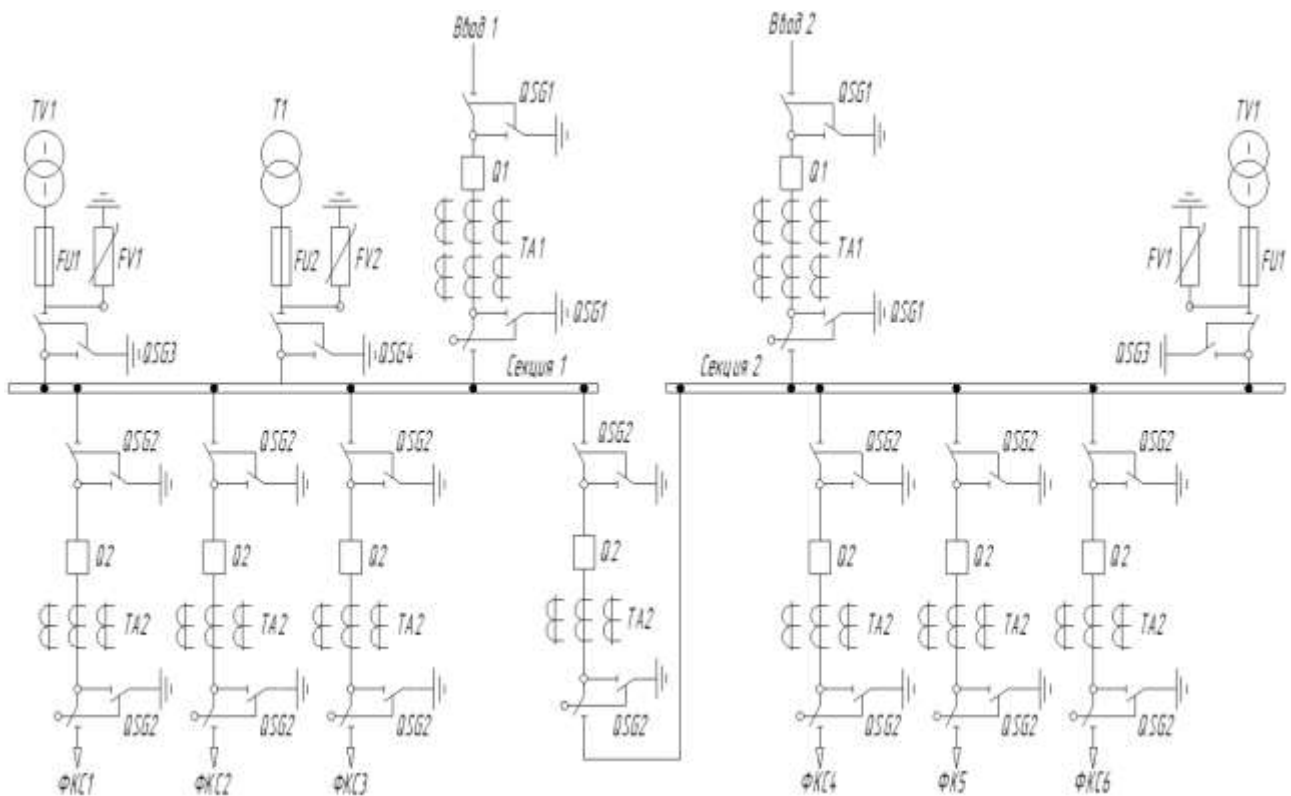


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема РП

4. Увеличение безопасности. ПС разделяет сеть на отдельные секции, что позволяет отключать часть сети без прерывания работы других секций. ПС обеспечивает возможность быстро и безопасно выключать под напряжением нагрузки, обеспечивая быстрое прекращение потока электроэнергии в случае аварийной ситуации. Также ПС обеспечивает контроль нагрузки, что позволяет избежать перегрузок и повреждения оборудования, а также защиту от коротких замыканий.

5. Увеличение гибкости. Секционирование позволяет быстро и эффективно переключаться между различными схемами работы.

6. Простота проектирования.

Недостатки ПС:

1. Высокая стоимость.

2. Ограниченный диапазон мощности. ПС работает в определенном диапазоне мощности.

3. Ограниченная функциональность. ПС не может обеспечить все функции, которые может предоставить более сложные электрические установки.

В рамках сетевой инфраструктуры РП играют значительную роль в организации эффективной работы системы электроснабжения. Были рассмотрены ключевые особенности данной электрической установки и сравнение с ПС. Применение РП позволяет решить большую часть недостатков

при реконструкции имеющихся схем питания и секционирования, а также при проектировании новых, где ПС уже имеется или где он отсутствует.

Список использованных источников

1. Распределительные пункты (РП) // JAUDA LB URL: <http://jaudalb.com/raspredelitelnye-punkty/6-10-kv-tok-shin-do-4000a> (дата обращения: 14.04.2024).
2. Крюков В.И. Обслуживание и ремонт электрооборудования подстанций и распределительных устройств: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1989. 367 с.
3. ОАО «Российские железные дороги» «Распоряжение о мерах по совершенствованию технической политики в области эксплуатации и проектирования защиты системы тягового электроснабжения от коротких замыканий и перегрузок» от 08.05.2018 № N 918/р 2018 г. – № СТО РЖД 07.021.5-2018. – с изм. и допол. в ред. от Дата введения 1 июля 2018 года.

УДК 621.314

ГРНТИ 44.33.29

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ОПЫТЕ ХОЛОСТОГО ХОДА ТРАНСФОРМАТОРА

И.С. Капошко

студент специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: С.М. Плотников

д-р техн. наук, профессор,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Предложена уточненная формула коэффициента оптимальной нагрузки трансформатора, полученная с учетом указанных в паспорте значений потерь короткого замыкания и потерь холостого хода. Формула учитывает переменные электрические потери в первичной обмотке в опыте холостого хода.

Ключевые слова: коэффициент оптимальной нагрузки, опыт холостого хода, электрические потери

С учетом того, что количество распределительных трансформаторов в России составляет около 5 млн., их работа с максимальным КПД имеет существенное значение для энергетики страны. Поэтому определение точного

значения оптимальной нагрузки для конкретного трансформатора имеет важное и актуальное значение.

Трансформатор работает с максимальным КПД при нагрузке, определяемой коэффициентом оптимальной нагрузки

$$\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{\text{эл}}}},$$

где P_0 – магнитные потери, состоящие из гистерезисного и вихретокового компонентов;

$P_{\text{эл}}$ – электрические потери, вызываемые протеканием тока по первичной обмотке.

В чистом виде значения P_0 и $P_{\text{эл}}$ определить технически сложно, поэтому в инженерных расчетах эти величины заменяют потерями короткого замыкания $P_{\text{к}}$ и потерями холостого хода $P_{\text{хх}}$ соответственно. Тогда коэффициент оптимальной нагрузки определяют по формуле

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{хх}}}{P_{\text{к}}}}, \quad (1)$$

Значения $P_{\text{хх}}$ и $P_{\text{к}}$ указаны в паспорте трансформатора.

Считается, что $P_{\text{хх}}$ – это постоянные магнитные потери, которые определяются опытом холостого хода и содержат поправки на отклонение частоты поданного на первичную обмотку напряжения, на несинусоидальность этого напряжения, на изменение температуры обмотки, на мощность, потребляемую измерительными приборами и т.д. [1]. В то же время в величине $P_{\text{хх}}$ не учтено влияние тока холостого хода I_0 (паспортное значение, которое для разных трансформаторов может составлять от 2% до 20% от номинального тока), Ток I_0 протекает в первичной обмотке в процессе проведения опыта холостого хода, в связи с чем потери $P_{\text{хх}}$ не являются постоянными магнитными потерями, т.к. они содержат электрическую составляющую, являющуюся переменной и выделяющуюся в виде джоулевого тепла [2-5]. В результате этого коэффициент оптимальной нагрузки трансформаторов, имеющих большое значение I_0 вычисляется по формуле (1) не точно.

В процессе опыта холостого хода трансформатор потребляет небольшой ток холостого хода I_0 , который создает электрические потери, зависящие от квадрата этого тока. В паспорте трансформатора данный ток обозначен как $I_0\%$ в процентах от первичного номинального тока, поэтому вызываемые этим током

электрические потери, составляют $\left(\frac{I_0\%}{100}\right)^2$ от потерь короткого замыкания $P_{\text{к}}$,

измеряемые на основании опыта короткого замыкания, проводимого при номинальном токе. Постоянные потери (потери в стали) с учетом электрических потерь в опыте холостого хода можно выразить в виде

$$P_c = P_{xx} - \left(\frac{I_0 \%}{100} \right)^2 \cdot P_k$$

Формула уточненного коэффициента оптимальной загрузки трансформатора

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_{xx} - \left(\frac{I_0 \%}{100} \right)^2 \cdot P_k}{P_k}} \quad (2)$$

Расчет более точного значения коэффициента оптимальной загрузки рассмотрим на примере трансформатора ТСЗИ-4 мощностью $P_n = 4$ кВА, имеющего следующие паспортные данные: $P_{xx} = 30$ Вт, $P_k = 130$ Вт, $I_0 = 16\%$.

Коэффициент оптимальной загрузки по формуле (1) $\beta_{\text{опт1}} = 0,480$, по формуле (2) – $\beta_{\text{опт2}} = 0,453$. В результате расчета установлено, что КПД трансформатора при номинальной нагрузке ($\beta=1$) и коэффициенте мощности 0,8 $\eta_n = 0,953$. Следует отметить, что КПД трансформатора при нагрузке 45,3% ($\beta_{\text{опт2}}=0,453$) и коэффициенте мощности 0,8 имеет значение $\eta_{\text{опт2}} = 0,957$, т.е. имеет большее значение.

Следовательно, при нагрузке исследуемого трансформатора до величины, найденной по выражению (2), КПД имеет наибольшее значение. Для трансформаторов небольшой мощности (для трансформатора лаборатории электрических машин КрИЖТ $I_0 = 20\%$) с большим током холостого хода коэффициент оптимальной нагрузки, рассчитанный по традиционной формуле (1), является завышенным.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ 3484-77 Трансформаторы силовые. Методы испытаний.
- 2 Плотников С.М. Определение потерь на вихревые токи и на гистерезис в магнитопроводах электрических машин // Измерительная техника. 2020. № 11. – С.54-58. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2020-11-54-58>
- 3 Плотников С.М., Колмаков О.В. Решение актуальных вопросов в теории трансформаторов // Изв. вузов, Электромеханика. 2021. Т. 64. №3. С.5-11. DOI:10.17213/0136-3360-2021-3-5-11
- 4 Плотников С. М. Анализ методов определения потерь в магнитопроводе трансформатора // Измерительная техника. 2022. № 1. С. 52–57.

<https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-1-52-57>

5 Плотников С. М., Иксиль Н. Определение составляющих потерь в стали магнитопроводов электрических машин // Измерительная техника. 2023. № 9. С. 53–58. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2023-9-53-58>

УДК 621.314

ГРНТИ 44.33.29

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
В ОПЫТЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА**

К.А. Байкалов

студент специальности 23.05.05,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: С.М. Плотников

д-р техн. наук, профессор,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В статье получена формула коэффициента оптимальной нагрузки трансформатора, учитывающая номинальные значения потерь в стали и потерь в меди. Формула учитывает постоянные магнитные потери в при проведении опыта короткого замыкания, которые определяются отношением вихревых потерь и гистерезисных потерь. Установлено, что для трансформаторов с высоким напряжением короткого замыкания коэффициент оптимальной нагрузки, рассчитанный по традиционной формуле, является заниженным.

Ключевые слова: коэффициент оптимальной загрузки, опыт короткого замыкания, плотность магнитного потока

Трансформатор достигает наивысшей эффективности при нагрузке, соответствующей коэффициенту оптимальной нагрузки. Точный расчет этого коэффициента важен для выбора подходящей мощности при проектировании трансформаторов, что позволяет сократить потери в сетевых и распределительных системах, поэтому тема статьи является крайне важной.

Классическое выражение коэффициента оптимальной нагрузки

$$\beta_{opt} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{эл}}},$$

где $P_{эл}$ – переменные электрические потери;

P_0 – постоянные магнитные потери.

В технических расчетах эти потери заменяют на потери короткого замыкания и холостого хода, а коэффициент оптимальной нагрузки вычисляют по упрощенной формуле

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{хх}}}{P_{\text{к}}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{хх}}$ – представляет постоянные магнитные потери, а $P_{\text{к}}$ – переменные электрические потери.

Эти значения получают на основе испытаний холостого хода и короткого замыкания, с учетом различных поправок, включая частоту, форму напряжения, температуру обмоток и мощность, потребляемую измерительными приборами. [1]. Однако в потерях короткого замыкания не учитывается небольшой магнитный компонент, что делает значение коэффициента оптимальной нагрузки, рассчитанное по этой формуле, неточным. В ходе эксперимента при пониженном первичном напряжении $U_{\text{к}}\%$ (в процентах от номинального напряжения), ваттметр фиксирует общие потери, включая электрические и магнитные. Магнитные потери состоят из потерь на вихревые токи $P_{\text{в}}$ и гистерезис $P_{\text{г}}$. При постоянной частоте питающего напряжения потери на гистерезис зависят от плотности магнитного потока в степени 1,6, а потери на вихревые токи зависят от квадрата плотности магнитного потока [2-5].

Суммарные (полные) магнитные потери зависят от плотности магнитного потока с показателем степени α , который определяется соотношением потерь на гистерезис и вихревые токи. Значение показателя степени α может варьироваться в зависимости от типа стали и других факторов. То есть если потери в стали вызваны только гистерезисом, то $\alpha=1,6$, а если только вихревыми токами, то $\alpha=2$. Функция α , с которой плотность магнитного потока влияет на общие потери холостого хода, показана на рисунке 1.

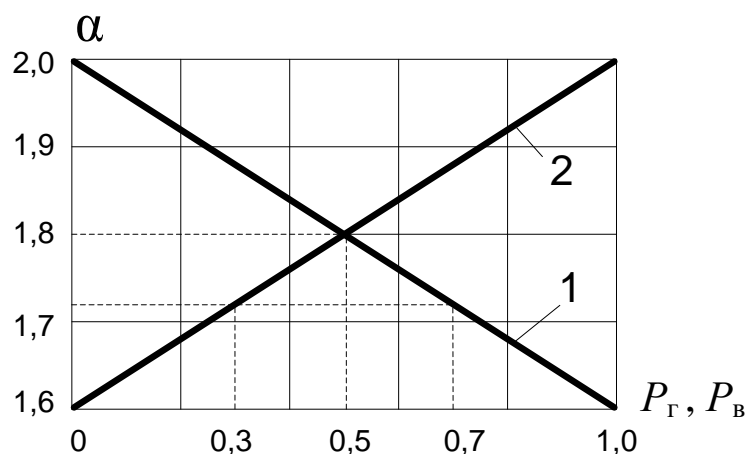


Рисунок 1 – Зависимость степени α от отношения компонентов потерь

Здесь линия 1 представляет гистерезисные потери P_{Γ} , линия 2 – вихретоковые потери $P_{\text{в}}$. Согласно [1], при индукциях в магнитопроводе более 1,2 Тл для горячекатаной электротехнической стали отношение потерь составляет $P_{\Gamma}=0,7$, $P_{\text{в}}=0,3$ ($\alpha=1,72$), а для холоднокатаной стали – $P_{\Gamma}=0,5$, $P_{\text{в}}=0,5$ ($\alpha=1,80$). По рисунку 1 можно определить коэффициент α .

Амплитуда плотности магнитного потока пропорциональна первичному напряжению, поэтому потери в стали при низком напряжении $U_{\text{к}}$ в $\left(\frac{U_{\text{к}} \%}{100}\right)^{\alpha}$ раз меньше, чем при паспортном напряжении. Электрические потери, представленные в виде джоулевого тепла, без учета постоянной магнитной составляющей, определяются из выражения

$$P_{\text{эл}} = P_{\text{к}} - \left(\frac{U_{\text{к}} \%}{100}\right)^{\alpha} \cdot P_{\text{хх}}.$$

Тогда более точное выражение коэффициента оптимальной нагрузки находим из выражения

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{хх}}}{P_{\text{к}} - \left(\frac{U_{\text{к}} \%}{100}\right)^{\alpha} \cdot P_{\text{хх}}}}. \quad (2)$$

Пример определения более точного значения коэффициента оптимальной нагрузки: для трансформатора ТСЗИ-4 с паспортной мощностью $P_{\text{н}} = 4$ кВА, потерями холостого хода: $P_{\text{хх}} = 30$ Вт, потерями короткого замыкания $P_{\text{к}} = 130$ Вт, напряжением короткого замыкания $U_{\text{к}} = 17\%$ и магнитопроводом из холоднокатаной электротехнической стали ($\alpha=1,8$).

Коэффициент оптимальной нагрузки, рассчитанный по формуле (1), составляет $\beta_{\text{опт1}} = 0,480$, по формуле (2) – $\beta_{\text{опт2}} = 0,484$. Расчеты показывают, что при номинальной нагрузке ($\beta=1$) и коэффициенте мощности $\cos\varphi_2=0,8$, КПД трансформатора $\eta_{\text{н}} = 0,953$. КПД трансформатора при загрузке на 48,4% ($\beta_{\text{опт2}}=0,484$) и $\cos\varphi_2=0,8$ составляет $\eta_{\text{опт}}^{\text{I}} = 0,957$.

Пример расчета для трансформатора с определенными характеристиками показывает, что при загрузке, соответствующей уточненному коэффициенту оптимальной нагрузки, КПД трансформатора максимален. Это подчеркивает важность использования уточненных расчетов для определения оптимальной нагрузки, особенно для трансформаторов с высоким напряжением короткого замыкания.

Таким образом, загрузив данный трансформатор до значения, определенного из выражения (2), получим максимально возможный КПД. Для трансформаторов с высоким напряжением короткого замыкания коэффициент оптимальной нагрузки, рассчитанный по традиционной формуле (1), является заниженным.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ 3484-77 Трансформаторы силовые. Методы испытаний.
- 2 Плотников С.М. Определение потерь на вихревые токи и на гистерезис в магнитопроводах электрических машин // Измерительная техника. 2020. № 11. – С.54-58. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2020-11-54-58>
- 3 Плотников С.М., Колмаков О.В. Решение актуальных вопросов в теории трансформаторов // Изв. вузов, Электромеханика. 2021. Т. 64. №3. С.5-11. DOI:10.17213/0136-3360-2021-3-5-11
- 4 Плотников С. М. Анализ методов определения потерь в магнитопроводе трансформатора // Измерительная техника. 2022. № 1. С. 52–57. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-1-52-57>
- 5 Плотников С. М., Иксиль Н. Определение составляющих потерь в стали магнитопроводов электрических машин // Измерительная техника. 2023. № 9. С. 53–58. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2023-9-53-58>

УДК 620.9

ГРНТИ 44.29.29

ФАКТОРЫ, НЕ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Д.А. Мурашкин

студент специальности 23.05.05.,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Н.А. Рыжов

Ассистент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной научной статье рассматриваются различные факторы, негативно влияющие на качество электроэнергии. Используя научные методы анализа и оценки, авторы данной статьи проводят всестороннее исследование этих факторов и их влияние на работу всей энергетической системы, так и на само оборудование в частности. В частности, данная статья фокусируется на определение причин возникновения этих факторов и

разработке методов по их устранению или минимизации для обеспечения стабильного, а главное надёжного электроснабжения потребителя.

Ключевые слова: переменный ток, электрическая энергия, качество электроэнергии, неуправляемый выпрямитель, электрический приемник.

Все сферы жизнедеятельности человека зависят от электрической энергии, и она имеет свои уникальные характеристики и напрямую связана с производством других продуктов, влияющих на их качество. Качество электроэнергии отличается от качества других товаров. С каждым годом наблюдается тенденция ужесточения контроля качества к выпускаемой продукции на многих промышленных отраслях. Это связано с растущей потребностью требований к качеству электрической энергии.

В начале 2014 года в Российской Федерации был введен новые ГОСТ 32144-2013 отвечающие за контроль качества в точках передачи электрической энергии потребителям высокого, среднего и низких напряжений в систему общего назначения переменного тока и частотой 50 Гц [1]. В том же году введены в действие ГОСТ 30804.4.7-2013 и ГОСТ 30804.4.30-2013 на методы измерений показателей качества электроэнергии [2,3].

Качество электроэнергии является важным показателем эффективности и стабильности работы электрических систем. Качество электроэнергии определяется рядом параметров, таких как напряжение, частота, гармоники, перенапряжения и прочие. Несоответствие этих показателей установленным стандартам может привести к недопустимым последствиям как для оборудования, так и для потребителей. Причинами могут быть:

- техническая особенность оборудования;
- низкая надёжность сети (проблема с проводами, трансформаторами и др.);
- погодные условия;
- отсутствия квалифицированного персонала для обслуживания технических оборудования.

Технологические процессы диктуют определенный тип электрического приемника (потребителя), что приводит к не синусоидальности, не симметрии, колебаниям и отклонениям напряжения, приписываемым определенному типу электрического приемника. Отклонение напряжения и частоты вызывает изменение производственной нагрузки в производственном процессе, что может привести к не благоприятным последствиям [4].

Одна из причин несоответствия показателем качества электроэнергии. Это нелинейные вольт-амперные нагрузки, сегодня они получили широкое распространение на крупных перерабатывающих предприятиях. К таким

нелинейным нагрузкам относят электротехнические комплексы систем частотно-регулируемые электроприводы. В системе электроснабжения промышленных предприятий возникают несинусоидальные режимы и нелинейные искажения, что приводит к развитию высших гармонических составляющих (ВГС), искажений и помех в системе электроснабжения.

Используя регулятор напряжения постоянного тока (DC / DC) и алгоритм управления ключами питания автономного инвертора напряжения, управление напряжением достигается за счет изменения полуволнового открытия транзисторов. Начало роста амплитуды регулятора напряжения из-за этой вышеупомянутой технологии обычно приводит к снижению гармонического состава напряжения, поскольку регулятор переменного тока в конечном итоге несет результат ухудшения гармонического состава напряжения.

На рисунке 1 представлена схема частотного преобразователя.

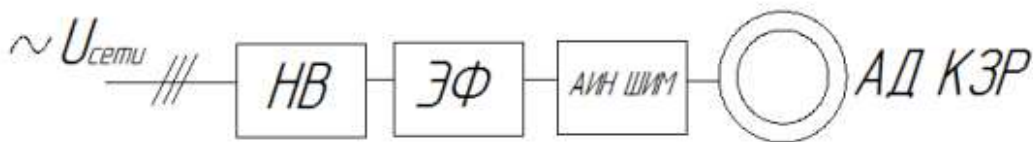


Рисунок 1 – Структурная схема статического преобразователя частоты

Силовая часть статического преобразователя частоты содержит:

НВ – неуправляемый выпрямитель,

ЭФ – электрический фильтр,

АИН ШИМ – автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией,

АД КЗР – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

В настоящее время в основе всех частотных преобразователей используются различные типы выпрямителей. В большинстве используемых электроприводах имеющей функцию регулировки используют диодный выпрямитель, подключенный по схеме Ларионова.

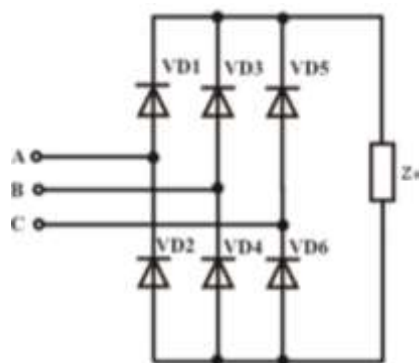


Рисунок 2 – Двухполупериодная схема выпрямления

Данный не управляемый выпрямитель преобразует переменное трёх фазное напряжение в нерегулируемое постоянное напряжение. После прохождения переменного тока и напряжения через двухполупериодную схему выпрямления и преобразование его в постоянный, то можно увидеть на осциллографе пульсирующую форму, представленную на рисунке 3.

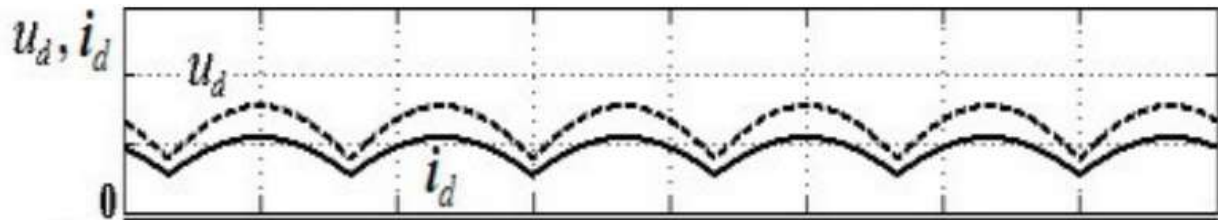


Рисунок 3 – Ток и напряжение на выходе выпрямителя (Ларионова)

Ток, идущий на выход неуправляемого выпрямителя, будет иметь несинусоидальную форму и состоять из периодической последовательности импульсов разной полярности, как показано на рисунке 4.

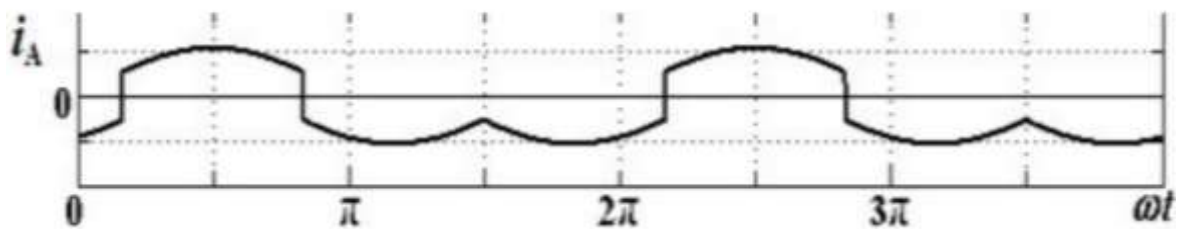


Рисунок 4 – Фазный ток на осциллографе

Такой циклический последовательный ряд импульсных токов может быть представлен как гармонический ряд, включающий в себя основную гармонику и ряд высокочастотных гармонических компонентов (ВГС).

В результате анализа данных можно сделать вывод о том, что причина несоответствия стандартам качества электроэнергии заключается во влиянии различных факторов, таких как колебания напряжения, искажения формы синусоиды и др. Для улучшения ситуации необходимо принять меры по совершенствованию системы контроля и регулирования качества электроэнергии. Поэтому необходимо применять и разрабатывать всё более совершенные фильтрокомпенсирующие устройства для сглаживания синусоидальной кривой напряжения.

Список использованных источников

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014.

2. ГОСТ 30804.4.7-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. – М.: Стандартинформ, 2013

3. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. – М.: Стандартинформ, 2014

4. Зимин Р.Ю. Повышение качества электроэнергии в электротехнических комплексах предприятий нефтедобычи гибридными фильтрокомпенсирующими устройствами: дис. канд. Электротехнические комплексы и системы наук: 05.09.03. - Санкт-Петербург, 2020. - 146 с.

УДК 620.9; 621.311

ГРНТИ 44.29.29

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОПЕРЕЧНОЙ ЁМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩЕГО ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

К.Д. Рубцов, Д.А. Сивов, Д.А. Брюханов, Д.С. Иванов

*студенты специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: Л.И. Жуйко

*канд. техн. наук, доцент,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Аннотация. В данной статье проводится сравнительный анализ различных типов мобильных устройств поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности. Рассматриваются технические характеристики, преимущества и недостатки КУ, а также особенности эксплуатации. На основе проведённого сравнительного анализа авторами статьи делается вывод о наиболее подходящем типе устройства для конкретного участка железной дороги.

Ключевые слова: реактивная мощность, поперечная компенсация, передвижные установки, электрическая энергия, энергоэффективность.

Реактивная мощность является основным фактором, влияющим на качество электрической энергии и эффективность работы электрических сетей. Поперечная ёмкостная компенсация реактивной мощности широко используется для улучшения качества электрической энергии и снижения потерь в

энергосистеме [1]. В последние годы активно применяются мобильные (передвижные) устройства поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности, которые обеспечивают гибкость и адаптируемость к различным условиям эксплуатации [2].

Поперечная ёмкостная компенсация реактивной мощности активно внедряется для улучшения качества электрической энергии в электрических сетях Красноярской железной дороги. Суть поперечной ёмкостной компенсации в том, что конденсаторы подключаются параллельно нагрузке. В свою очередь, конденсаторы компенсируют часть реактивной мощности, которая возникает при работе устройств на железной дороге (например, трансформаторов).

Ёмкостная компенсация позволяет снизить потери электрической энергии, улучшить качество электрической энергии, повысить эффективность работы электрических сетей железной дороги.

При этом активно применяются нерегулируемые компенсирующие устройства (НКУ) и регулируемые компенсирующие устройства (РКУ). Основными производителями данных установок являются НИИЭФА-ЭНЕРГО и РУДРАЙВ.

Для сравнительного анализа будут проанализированы 2 участка железной дороги: Кемчуг – Кача, Ачинск-I – Чернореченская.

На расчётном участке Кемчуг – Кача применяется двухсторонняя параллельная схема питания контактной сети (КС) и включающая в себя одну межподстанционную зону (МПЗ) между двумя тяговыми подстанциями (ТП) ТП Кемчуг и ТП Кача, на которой установлен пост секционирования (ПС) Зелеево и два пункта параллельного соединения (ППС) Бадаложная и Водораздел. Питание тяговой нагрузки осуществляется от двух трансформаторов типа ТДТНЖ-40000/100-У1 ($u_{кз} = 10,2\%$, $S_{ном.тр} = 40$ МВА). Первый трансформатор предусмотрен для работы на тяговую нагрузку, а второй является резервным и включается в особо тяжёлых режимах работы. Районная нагрузка отсутствует. $S_{кз.Кем} = 1431$ МВА, $S_{кз.Кач} = 1264$ МВА.

На расчётном участке Ачинск-I – Чернореченская также применяется двухсторонняя параллельная схема питания контактной сети (КС). Данный участок включает в себя 2 тяговые подстанции (ТП), 1 пункт параллельного соединения (ППС), 1 пост секционирования (ПС). Данный участок имеет двухстороннее питание от ЛЭП 110 кВ от РП Ачинск-I и РП Чернореченская. Питание тяговой нагрузки осуществляется от двух трансформаторов типа ТДТНЖ-40000/100-У1. Первый предусмотрен для работы на тяговую нагрузку, а второй является резервным и включается в особо тяжёлых режимах работы.

На рисунках 1 и 2 представлены схемы участков Кемчуг – Кача и Ачинск-I – Чернореченская.

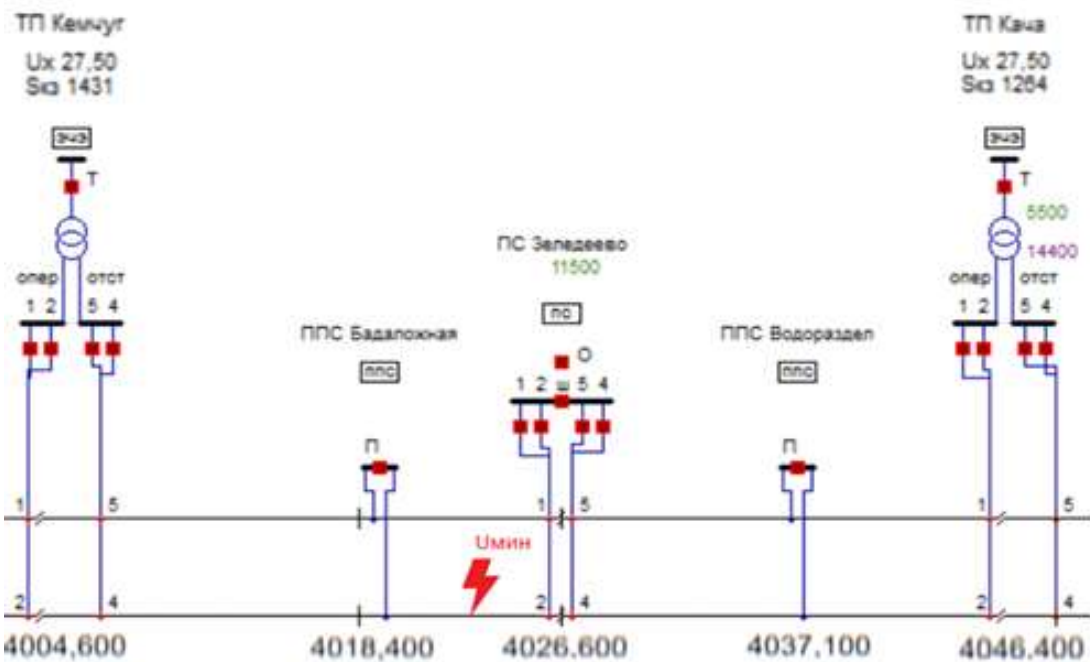


Рисунок 1 – Схема участка Кемчуг – Кача с установленным КУ на ПС

На ТП Кача установлены следующие компенсирующие устройства (КУ): КУ мощностью 5,5 МВАр, включённое в отстающую фазу правого плеча и УПК мощностью 14,4 МВАр и номинальным током 2,4 кА, установленное в фазу С. На участке Ачинск-I – Чернореченская компенсирующих устройств (КУ) не установлено.

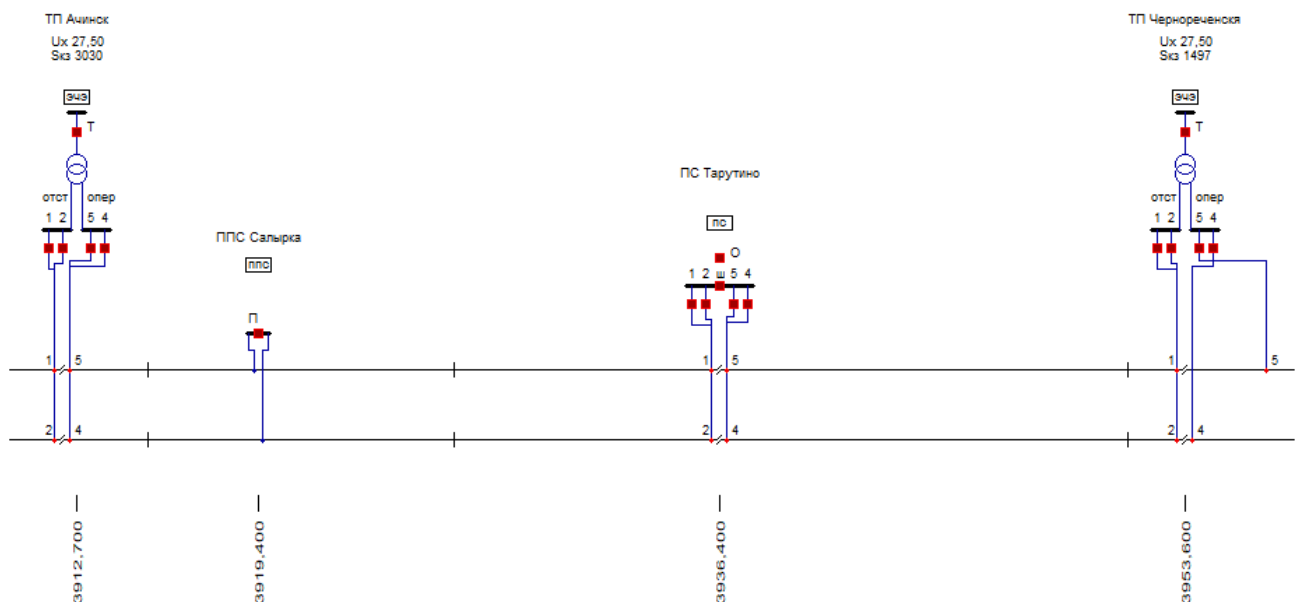


Рисунок 2 – Схема участка Ачинск-I – Чернореченская

В таблице 1 приведены уровни напряжения на расчётных участках Кемчуг – Кача и Ачинск-I – Чернореченская.

Таблица 1 – Уровень напряжения на расчётных участках Кемчуг – Кача и Ачинск-I – Чернореченская

Способ усиления	Путь	Напряжения, кВ		Ордината точки мин. напряжения, км
		U _{min}	U _{3мин}	
1	2	3	4	5
Кемчуг-Кача				
Исходная схема	1-й	20,72	20,86	4015,12
	2-й	20,45	20,55	4023,52
НКУ 9,3 МВАр	1-й	21,61	21,76	4015,12
	2-й	21,51	21,60	4023,52
РКУ 11,6 МВАр	1-й	21,85	22,00	4015,12
	2-й	21,79	21,88	4023,52
Два трансформатора	1-й	22,17	22,33	4024,22
	2-й	22,02	22,13	4024,33
НКУ 9,3 МВАр + Два трансформатора	1-й	23,05	23,20	4015,12
	2-й	22,85	22,98	4024,33
РКУ 11,6 МВАр + Два трансформатора	1-й	23,26	23,37	4015,12
	2-й	23,08	23,20	4024,33
Ачинск-I - Чернореченская				
Исходная схема	1-й	21,73	22,22	3930,72
	2-й	22,03	22,45	3937,89
НКУ 9,3 МВАр	1-й	22,51	22,99	3930,72
	2-й	22,79	23,02	3937,89
РКУ 11,6 МВАр	1-й	22,89	23,07	3930,72
	2-й	22,99	23,13	3937,89
Два трансформатора	1-й	22,17	22,33	3938,70
	2-й	22,02	22,13	3938,70
НКУ 9,3 МВАр + Два трансформатора	1-й	23,12	23,20	3930,72
	2-й	23,02	23,07	3938,70
РКУ 11,6 МВАр + Два трансформатора	1-й	23,58	23,69	3930,72
	2-й	23,32	23,50	3938,70

Согласно данным, приведённым в таблице 1, повышение уровня напряжения при использовании НКУ составляет примерно 1 кВ, при использовании РКУ 1,24 кВ, для двух трансформаторов 1,53 кВ, для двух трансформаторов с использованием НКУ и РКУ 2,39 и 2,58 кВ соответственно (для участка Кемчуг – Кача).

Для участка Ачинск-I – Чернореченская повышение уровня напряжения при использовании НКУ составляет примерно 1 кВ, при использовании РКУ 1,16 кВ, для двух трансформаторов 1,63 кВ, для двух трансформаторов с использованием НКУ и РКУ 2,25 и 2,48 кВ соответственно.

Таким образом, выбор конкретного типа устройства поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к системе электроснабжения дистанции.

Для современных систем электроснабжения требуется сочетание высокой эффективности, надёжности, гибкости управления. Поэтому, для Красноярской

дистанции электроснабжения (в частности, участки железной дороги Кемчуг-Кача, Ачинск-I – Чернореченская) наиболее оптимальным вариантом является использование НКУ и РКУ.

В результате расчётов по поддержанию минимально допустимого уровня напряжения на токоприёмниках ЭПС на участке Кемчуг – Кача при проследовании тяжёловесных поездов с заданным графиком движения, не ниже 21 кВ необходима установка компенсирующего устройства (КУ) номинальной мощностью 11,5 МВАр на ПС Зелеево. Также на участке железной дороги Ачинск-I – Чернореченская при проследовании тяжёловесных поездов с заданным графиком движения, не ниже 21 кВ необходима установка компенсирующего устройства (КУ) номинальной мощностью 11,5 МВАр на ПС Тарутино.

Данные усиления устройств тягового электроснабжение позволит осуществить пропуск пакетов тяжеловесных поездов заданной массы с минимальным межпоездным интервалом для чётного направления в 12 минут, нечётного – 10 минут (участок Кемчуг – Кача); с минимальным межпоездным интервалом для чётного направления в 15 минут, нечётного – 12 минут (участок железной дороги Ачинск-I – Чернореченская). Дальнейшее усиление расчётного участка возможно при помощи за счёт включения в параллельную работу второго трансформатора на ТП Кемчуг и ТП Кача, а также на ТП Ачинск-I и ТП Чернореченская.

Список использованных источников

1 Рубцов, К. Д. Применение продольной и поперечной компенсации на станции Манино / К. Д. Рубцов, П. О. Чинков // Молодежная наука : труды XXVI Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 22 апреля 2022 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 138-141. – EDN FFZQBR.

2 Вальянов, Д. П. Повышение пропускной способности на участке Кемчуг - Кача за счёт установки поперечной ёмкостной компенсации реактивной мощности / Д. П. Вальянов, А. А. Науменко, К. Д. Рубцов // Молодежная наука : Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 20 апреля 2023 года / Редколлегия: В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский

государственный университет путей сообщения", 2023. – С. 39-44. – EDN NKTEHJ.

3 Левицкая, В. А. Повышение экономической эффективности и корректировка реактивной мощности от подключения к тяговой подстанции батарей конденсаторов / В. А. Левицкая, К. Д. Рубцов, П. О. Чинков // Молодая наука Сибири. – 2022. – № 2(16). – С. 368-381. – EDN ZTDCNC.

4 Рубцов, К. Д. Определение граничных мощностей переключения параллельно работающих трансформаторов серии ТМ / К. Д. Рубцов, П. О. Чинков // Молодежная наука : Труды XXV Международной студенческой научно-практической конференции, Красноярск, 22–24 апреля 2021 года. Том 1. – Красноярск: КРАСНОЯРСКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2021. – С. 133-137. – EDN MDTFYX.

5 Герман Л. А. Регулируемые установки ёмкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог : учебное пособие / Л. А. Герман, А. С. Серебряков. – Москва : УМЦ ЖДТ, 2015 – 316 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-89035-799-1. – Текст : непосредственный.

СЕКЦИЯ «ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ МЕСТ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Е.В. Ефимова

Студент 5 курса,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье освещаются вопросы разработки проекта лечения больных мест земляного полотна. Программа лечения для пациентов с заболеваниями мест земляного полотна на железной дороге имеет важное значение для обеспечения безопасности и здоровья работников и пассажиров.

Ключевые слова: земляное полотно, дефекты, дренаж, насыпь, пучины.

Болезни земляного полотна земляное полотно является основанием для железнодорожных путей и подвергается воздействию различных факторов, таких как влажность, температурные колебания и механические нагрузки. Под воздействием этих факторов могут возникать различные болезни земляного полотна, которые приводят к его деформации. К основным болезням земляного полотна относятся: Пучины - вспучивание грунта из-за замерзания и оттаивания воды в его порах, осадки - постепенное опускание земляного полотна под собственным весом или под действием внешних нагрузок, оползни - сползание грунта по склонам под действием гравитации и других сил, обвалы - отрыв и падение крупных масс грунта, осыпи - отрыв и падение мелких частиц грунта с откосов. Балластные корыта и ложа - понижения поверхности земляного полотна под шпалами и рельсами в результате деформации балласта. Грязевые мешки – скопления воды и размягченного грунта в нижней части земляного полотна.

Мы рассматриваем различные виды оздоровления земляного полотна.

Преимущества способа прокладки дренажных труб перед песчаными прорезями. Способ прокладки дренажных труб обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным методом устройства песчаных прорезей для оздоровления земляного полотна. Эти преимущества включают в себя:

1. устранение трудностей при устройстве сплошных прорезей так как способ прокладки труб позволяет избежать сложностей, связанных с созданием непрерывных прорезей, и не требует полного среза насыпи;

2. сохранение целостности земляного полотна так как способ прокладки труб позволяет сохранить первоначальную структуру земляного полотна, не нарушая его устойчивость;

3. прокладка труб значительно сокращает сроки выполнения работ по сравнению с устройством песчаных прорезей;

4. прокладка труб требует меньших трудозатрат, чем создание прорезей. Способ прокладки дренажных труб показан на Рисунке 1.

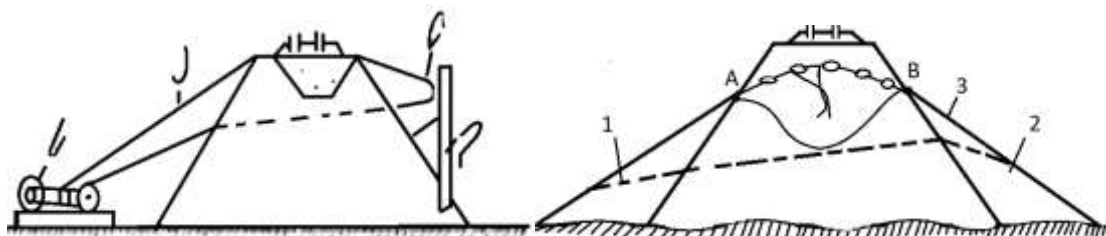


Рисунок 1 – Способ прокладки дренажных труб

Результатом способа является повышение эффективности машин для оздоровления основной площадки земляного полотна на железнодорожном пути. Предлагаемая машина содержит раму, на которой установлены ходовые тележки. На раме также находится устройство для вырезки щебеночного балласта, дробилка для щебня и бункер для приготовления смеси. Смесь включает в себя размельченный щебень, полученный из дробилки, и предназначена для отсыпки защитного подбалластного слоя. Использование заявленной машины позволяет снизить неравномерность осадки грунта земляного полотна, повысить прочность и защиту от проникновения влаги и загрязнителей основной площадки земляного полотна, а также повысить несущую способность железнодорожного полотна. Машина для оздоровления основной площадки земляного полотна показана на рисунке 2.

Секция «Транспортные системы»

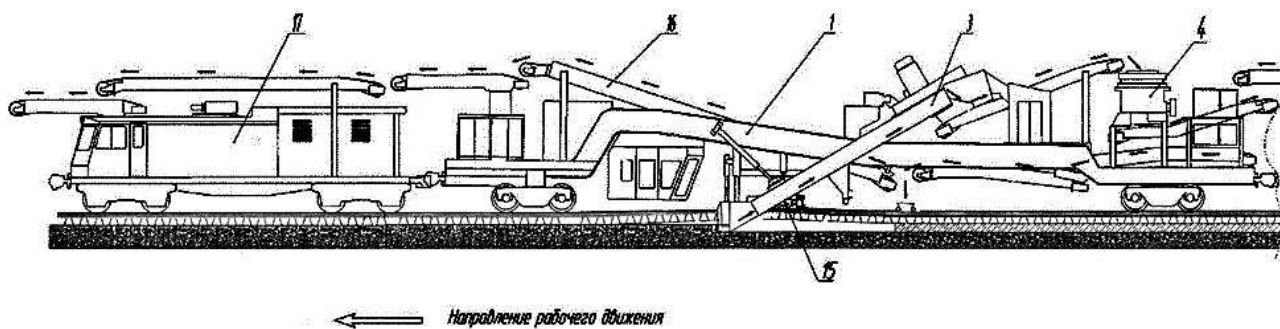


Рисунок 2 – Машина для оздоровления основной площадки земляного полотна

Заключение

Таким образом существующие способы предполагают вырезку дефектных мест и усиления защитного подбалластного слоя. Так же основным мероприятием для лечения больных насыпей является устройство дренажных прорезей для обеспечения отвода воды из балластного корыта самой насыпи, осушения тела насыпи до фазы усадки недопущения притока воды из балластных корыт выемок в балластные корыта насыпи.

Список использованных источников

1 Самойленко, А.Б. Технология лечения земляного полотна / А.Б. Самойленко. – № 2. – Москва : Динамика систем, механизмов и машин, 2009. – С. 431-433. с.

2 Купко, Р.С. Физические методы лечения земляного полотна / Р.С. Купко. – Т. 1-2.. – Москва : Безопасность регионов - основа устойчивого развития, 2014.. – С. 367-371. с.

3 Кузнецова, С.А Устойчивость земляного полотна / С.А Кузнецова, И.Г. Хорошайлова. – Под редакцией Н.В. Пшениснова. – Москва : В сборнике: Современное состояние и тенденции развития железных дорог. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, 2017. – С. 112-116. с.

4 Подольский, В.П нетрадиционные технологии лечения болезней земляного полотна / В.П Подольский, В.И Алферов, М.Я. Крицкий. – № 2. – Москва : Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Дорожно-транспортное строительство, 2004. – С. 90-97. с.

5 Хорошайлова, И.Г мероприятия по продлению срока службы и длительной эксплуатации земляного полотна / И.Г Хорошайлова, А.А. Бабина. – № 3 (6).. – Москва : Актуальные проблемы современного транспорта., 2021.. – С. 21-28. с.

6 Таштандинова, Т.А., Анализ влияния подбалластного слоя из асфальтобетона на условия работы железнодорожного пути / Т.А.,

Таштандинова, Е.И Шалахова. – Красноярск : В сборнике: Молодежная наука. труды XXVI Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС., 2022. – С. 267-270 с.

7 Патент № Патент на изобретение RU 2509837. Устройство для вырезки балласта : № 2012125728/11 : заявл. 19.06.2012 : опубл. 20.03.2014 / Курочкин В.А., Масяйкина Т.С. – 2 с.

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВКИ РЕЛЬСОВЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

О.А. Рыжаков

Студент 5 курса

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Соединитель рельсовый стыковой – это электропроводный соединитель на стыке рельсов для стабилизации электрической проводимости рельсового стыка. Для лучшей передачи сигналов рельсовой нити, используемые в качестве проводов рельсовой линии, должны обладать по возможности малым электрическим сопротивлением. Рельсовые нити в стыках рельсов соединены накладками. Если внутренняя поверхность накладок или рельсов покрывается ржавчиной, то стык будет иметь повышенное сопротивление. Для обеспечения устойчивой работы рельсовых цепей на стыках устанавливаются стальные или медные рельсовые стыковые соединители, стабилизирующие сопротивление стыка.

Ключевые слова: рельсовый соединитель, технология установки, повышение надежности, отказы, рельсовые цепи.

В рельсовой цепи ненадежными элементами являются изолирующие стыки, элементы изоляции стрелок и стыковые соединители. Обрыв или повышение сопротивление цепи, а также уменьшение сопротивление изоляции может вызвать повышенное затухание в рельсовой цепи. Поэтому необходимо проводить профилактическое обслуживание, оперативно восстанавливать после отказа и улучшать эти элементы.



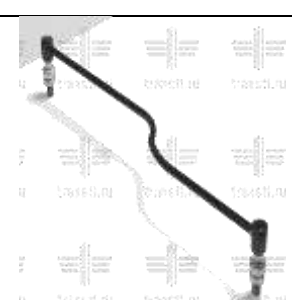
Наиболее часто встречающимися отказами рельсовых цепей являются: обрыв соединителя, обрыв перемычек, неисправность изоляции изолирующего

Секция «Транспортные системы»

стыка и изоляции на стрелке, понижение сопротивления балласта, замыкание различными элементами, влияние посторонних источников питания и изломы рельсов. Предотвращение и устранение отказов является одной из важнейших задач для повышения надежности рельсовых цепей.

Рассмотрим существующие рельсовые соединители, которые сейчас применяются и обслуживаются сотрудниками ОАО «РЖД», в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика рельсовых соединителей, применяемых в ОАО «РЖД»

Вид соединителя	Назначение	Стоимость	Срок службы	Конструкция	Изображение
Соединитель штепсельный СШСМ	Обеспечивают электрическое соединение рельсовых звеньев между собой, необходимое для функционирования рельсовых цепей СЦБ и АЛС.	от 600 до 2500 руб. за шт.	не менее 6 лет	Две оцинкованных стальных проволоки диаметром 5 мм, приваренные по концам к головкам штепселей.	
Соединитель стыковой приварной СРСМ6-01	Для электрического соединения отдельных звеньев рельсов и отдельных частей стрелочных переводов на участках железных дорог	от 600 до 1000 руб. за шт.	не менее 6 лет	Три скрученные между собой проволоки 2,2 мм или из две скрученные проволоки 2,5 мм, 2,8 мм или 3,0 мм марки БСМ	
Соединитель стрелочный герметизированный	Обеспечивают электрическое соединение рельсов и отдельных частей изолированных стрелочных переводов.	от 500 до 1500 руб. за шт.	до 5 лет	Стальной оцинкованный канат, заключенный в специальную герметичную оболочку.	

У рельсовых соединителей могут быть следующие причины отказов: коррозия, повреждения при путевых работах и другие факторы. Из-за обрыва соединителя на месте его приварки к рельсу и технологических недостатков и неполадок контакта между тросом и наконечником часто возникают отказы стыковых соединителей приварного типа. К недостаткам штепсельных соединителей можно отнести нестабильное сопротивление в контактной паре штепсель-рельс, зависящее от состояния контактирующих поверхностей и плотности контакта. Основными неисправностями являются: износ и коррозия материалов, неправильная установка или фиксация, трещины и повреждения, неправильное использование или эксплуатация, износ рельсов, разные температурные условия, несовместимость старых и новых рельсов, а также соединение между разными типами рельсов.

Для повышения надежности и упрощение технологии установки, контроля технического состояния и замены рассмотрим новый рельсовый стыковой соединитель, представлен на рисунке 1.

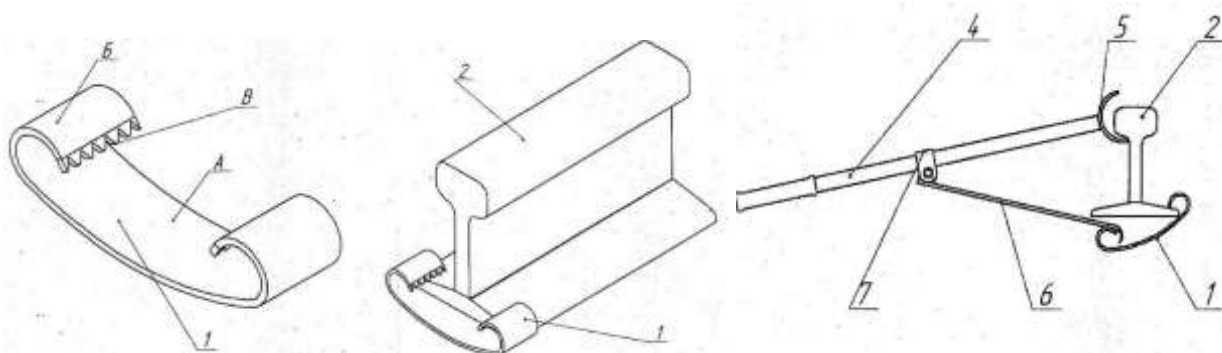


Рисунок 1 – Предлагаемый новый рельсовый соединитель и ключ для его установки

Соединитель состоит из металлической пластины с различными радиусами поверхностей в средней и концевых частях, а также контактными выступами на концах. Установка и снятие соединителя осуществляется специальным ключом, содержащим рычаг, упор, захват и кронштейн. Соединитель крепится к подошве рельсов на их стыке, обеспечивая надежность работы рельсов. В процессе эксплуатации рельсы могут деформироваться, но соединитель позволяет поддерживать необходимый контакт с рельсами. Ключ используется для установки и снятия соединителя, обеспечивая надежное соединение рельсов в стыке.

Список использованных источников

1. Патент № 82712. Рельсовый соединитель и устройство для его установки: № 2008141432/22: заявл. 14.10.2008: опубл. 10.05.2009 / В.А. Курочкин; заявитель, патентообладатель ИрГУПС. – 3 с. – Тест : непосредственный.

2. Об утверждении правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: приказ от 23.06.2022 № 250 / Министерство транспорта РФ

3. Гринь, Е.Н. [Планирование капитального ремонта пути по показателям надёжности и уровней риска элементов путевой инфраструктуры](#) / Е.Н. Гринь // [Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство](#). – 2018. – Т. 12. – № 12 (12). – С. 170-174.

4. Любимов С.В. Процессная модель ремонтов пути / С.В. Любимов // Путь и путевое хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 22-25.

5. Андрончев И. К. и др. Влияние неисправного состояния сборных токопроводящих стыков на работу рельсовых цепей // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – №. 6. – С. 40-45.

6. Бошкарёва Т. В. Совершенствование конструкции токопроводящего рельсового стыка в системе тягового электроснабжения : дис. – Самарский государственный университет путей сообщения, 2011.

7. Правила назначения ремонтов железнодорожного пути / утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 17.12.2021 г. № 2888/р

УДК 656

ГРНТИ 73.29.11

**НАПЛАВКА РЕЛЬСОВЫХ КОНЦОВ И КРЕСТОВИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ТРАНСЛАМАТИК»**

В.А. Тюмерекоев

Студент 5 курса

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье освещаются вопросы разработки проекта по наплавке рельсовых концов и крестовин с использованием автоматического наплавочного комплекса при ремонте железнодорожного пути. Организация ремонта пути с применением автоматического наплавления имеет важное значение в решении задач по контролю и обслуживанию участков железнодорожного пути с минимальными затратами и высокой производительностью.

Ключевые слова: наплавка рельсовых концов, ремонт пути, износ рельса, крестовина, производительность, эксплуатация, качество, экономия

Ремонт и частичная замена железнодорожных рельсовых путей, вызванные их износом, представляют собой значительные расходы для любой железной дороги. Приблизительно 40% общей стоимости верхнего строения пути приходится на сами рельсы. Следовательно, любая методика, которая продлевает срок службы рельсов, приводит к значительной экономии. Наплавочные работы являются наиболее трудоемкими и менее механизированными среди всех видов работ, применяемых в путевом хозяйстве железных дорог России.

В настоящее время основным методом восстановления изношенных поверхностей элементов верхнего строения пути (концов рельсов, острижков, крестовин и др.) на железнодорожных путях России является ручная электродуговая наплавка. Ручная наплавка является универсальным, легким в применении и экономически эффективным способом. Однако ее рекомендуется использовать при небольших объемах работ и ограниченных размерах восстанавливаемых дефектов (длина износа не более 100 мм, глубина не более 4 мм).

При увеличении длины и глубины износа возрастает объем работы и временные затраты, что может привести к появлению дефектов в наплавленном металле из-за частой смены электрода и усталости сварщика. Поэтому при значительных износах элементов верхнего строения пути более целесообразно использовать механизированные и автоматические методы наплавки. Это позволяет повысить производительность, культуру производства и качество работ в путевом хозяйстве железных дорог. Непрерывный процесс сокращает расход сварочных материалов, улучшает качество наплавленного металла, обеспечивает более ровную поверхность, что в конечном итоге уменьшает время на последующие работы по обработке и, соответственно, общие затраты на ремонт.

Фирма J. SAURON S.A. разработала современный автоматический наплавочный комплекс «Трансламатик». Он предназначен для наплавки самозащитных порошковых проволок на поверхностные дефекты элементов верхнего строения пути в автоматическом режиме. Длина рабочей зоны составляет до 1250 мм, а ширина — до 350 мм. Комплекс включает в себя исполняющий модуль, микропроцессорный блок управления, проволокподающее устройство, генератор.

«Трансламатик» устраняет местные дефекты и признаки износа на поверхности катания рельсов, рельсовых стыках, изношенных боковых поверхностях рельсов, марганцовистых крестовинах стрелочных переводов.

Блок управления позволяет программировать и автоматически контролировать различные этапы наплавки, имеет простой, доступный

интерфейс. Также важно отметить, что он фиксирует весь процесс восстановления элементов верхнего строения. Эта информация может быть перенесена в компьютер или распечатана на принтере. Оператор задает направляемую область при помощи стрелок на пульте и в реальном времени контролирует перемещение сварочной головки, а также имеет возможность регулировать время начала сварки, изменять ее направление, производить наплавку с бордюром или без, продольную или поперечную, с необходимым количеством слоев в зависимости от износа.

Комплекс оборудования для автоматической электродуговой наплавки состоит из:

- наплавочный автомат TRANSLAMATIC;
- инверторный источник сварочного тока PLUTONARC P250GM;
- сварочная головка Pull Gun;
- бокс для хранения и размотки проволоки в процессе сварки Roll N' Roll 0515;
- электрогенератор PLUTONARC;
- самоходный модуль TRANSHYDRO 600.

Комплекс наплавочного оборудования характеризуется мобильностью и энергонезависимостью от наличия электрической сети.

Наплавочный автомат TRANSLAMATIC – сварочный робот, предназначенный для ремонта элементов верхнего строения пути автоматической электродуговой наплавкой самозащитной порошковой проволокой.

Трансламатик осуществляет перемещение сварочной головки по осям x и y. Совместное или раздельное перемещение по осям x и y позволяет выполнять наплавки различной формы.

Трансламатик легким движением устанавливается на рельс. Две поддерживающие опоры позволяют, при помощи регулировки, изменять угол положения на рельсах различных типов. Оборудован специальными креплениями для установки, как на рельс, так и крестовину. Зубчатые тиски и подвижные губки тисков способствуют установке аппарата на железнодорожных путях всех видов.

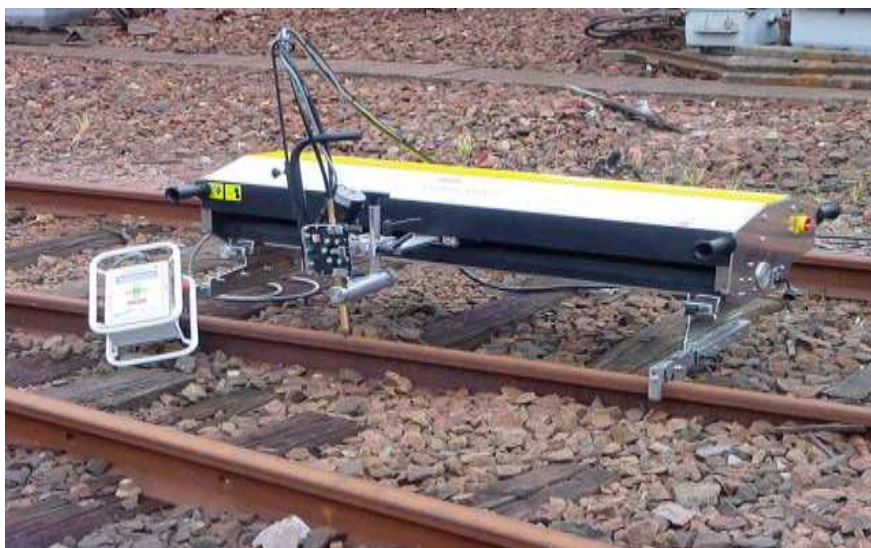


Рисунок 1 – Трансламатик вариант установки для наплавки рельсовых концов



Рисунок 2 – Трансламатик вариант установки для наплавки крестовин

Автоматическая наплавка позволяет значительно повысить производительность труда, культуру производства и качество наплавочных работ в путевом хозяйстве железных дорог. Так как процесс является непрерывным, количество дефектов в наплавленном металле и околошовной зоне уменьшается, значительно сокращается расход сварочных материалов, уменьшается время на шлифовальные работы восстановленного наплавкой участка рельса, и, таким образом, сокращается общее время и стоимость ремонта. Кроме того, комплекс оборудования, имеющий независимое энергоснабжение, позволит проводить ремонтные работы в пути без остановки движения поездов с ограничением скорости движения до 40 км/час.

Целесообразность применения автоматической наплавки оправдана еще тем, что сварщик не может долгое время вести наплавочные работы в зоне с повышенной температурой, что также сказывается на качестве работы. Кроме того, при наплавке крестовин, сварщик не способен наплавлять параллельные узкие сварочные швы длиной 400-600 мм.

Заключение

Таким образом, при внедрении комплекса трансламатик, значительно сократятся и производственные расходы. Одной бухты проволоки хватит для наплавки на пять крестовин. Отличительной особенностью выполнения работ комплексом является отсутствие микротрещин под наплавляемым слоем. Это продлевает срок службы рельса и других элементов стрелочных переводов.

Список использованных источников

1 Патент на полезную модель № 86128 U1 Российская Федерация, МПК В23К 9/04, E01В 31/17. установка для автоматической электродуговой наплавки железнодорожного рельсового пути : № 2009119583/22 : заявл. 26.05.2009 : опубл. 27.08.2009 / Н. Н. Грищенко. – EDN ВРОРDX.

2 Казанцев, А. С. Сварка и наплавка рельсов и других металлических элементов пути / А. С. Казанцев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки : Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 23–24 ноября 2017 года. – Москва: Издательство "Перо", 2017. – С. 336-339. – EDN YRLBET.

3 Дегтев Д. Н. и др. Организация и планирование технического обслуживания и ремонта с применением современных технологий //Высокие технологии в строительном комплексе. – 2018. – №. 2. – С. 14-16.

4 Патент № 2185266 С2 Российская Федерация, МПК E01В 29/42, В23К 9/038, В23К 9/09. Способ и система для сварки рельсов для железнодорожных путей : № 99121338/28 : заявл. 06.10.1999 : опубл. 20.07.2002 / М. Д. Морлок ; заявитель ЛИНКОЛЬН ГЛОБАЛ, ИНК.. – EDN HGRXLO.

5 Курочкин В.А., Еремин А.А. Контроль качества уплотнения балластного слоя\\ в сборнике Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2013. Т. 1. С. 556-559.

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

ПРИБОР ДОРОЖНОГО МАСТЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

А.А. Ковалев

Студент 5 курса,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье освещается проблема необходимости точного мониторинга рельсовой колеи. Также, анализируются основные проблемы, с которыми сталкиваются дорожные мастера при проведении инспекций и контроля колеи. Особое внимание уделяется новому прибору, который позволит эффективно измерять и контролировать параметры рельсовой колеи. Эта статья будет полезна специалистам в области железнодорожного транспорта и дорожному мастеру для повышения эффективности его работы на путях.

Ключевые слова: дорожный мастер, ширина колеи, план, измерение, эксплуатация.

В современных экономических условиях одним из способов повышения надежности путей и ходовых частей подвижного состава является изучение системы «колесо-рельс». Повышенный износ элементов этой системы может быть вызван нестабильностью ширины колеи, которая может изменяться в процессе эксплуатации из-за различных причин, таких как поломки скреплений, боковой износ рельсов, изменение профиля рельса и другие факторы. Для поддержания нормативной ширины рельсовой колеи необходимо понимать, как она изменяется в зависимости от конструкции и условий эксплуатации.

Дорожный мастер, отвечающий за техническое состояние своего участка железнодорожного пути, имеет в своем арсенале из средств измерения и контроля только путевой шаблон типа ЦУП, ПШ 1520 и нивелир.



Рисунок 1 – Путевой шаблон ЦУП

При использовании ЦУП дорожный мастер может определять лишь высоту рельса и ширину колеи, что ограничивает его возможности контроля не только колеи, но и всего верхнего строения пути. Если при диагностике пути путеизмерителем выявляются отклонения от нормативов по различным параметрам, таким как уклон рельса или неровности в плане, у дорожного мастера отсутствуют средства измерения этих параметров и возможности контроля их инструментами. Это усложняет работу дорожного мастера, и при последующем контрольном проходе путеизмерителя могут быть обнаружены новые отклонения от норм с другими значениями.

Сотрудники Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС) разработали прибор дорожного мастера, который включает в себя

функции традиционного путевого шаблона типа ЦУП, а также новые функции, ранее не использовавшиеся в приборах дорожного мастера. Внешний вид прибора дорожного мастера (ПДМ) показан на рисунке 2, в транспортном положении – на рисунке 3.

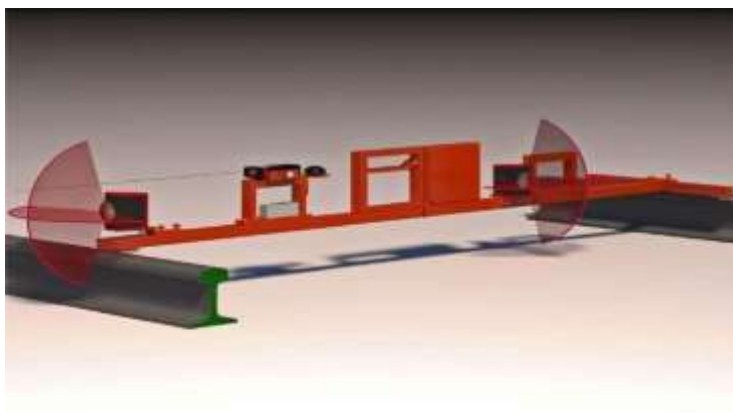


Рисунок 2 – Прибор дорожного мастера (ПДМ)



Рисунок 3 – ПДМ 1 в транспортном положении

Устройство ПДМ 1 содержит корпус, выполненный из алюминиевого сплава, включающий подвижную и неподвижные части с упорами, соединенные пружиной; в корпусе размещены датчики для измерения возвышения рельса, ширины колеи, подуклонки, промышленный лазерный дальномер, портативный построитель плоскости, спутниковый миниатюрный приемник, контролер и портативный компьютер или мобильный телефон. Прибор дорожного мастера (ПДМ) обеспечивает следующие функциональные возможности:

- измерение ширины колеи;
- измерение возвышения рельса;
- определение неровности пути в плане (рихтовка);
- определение неровности пути в профиле (просадка);
- вынос высотной отметки в натуру,
- автоматизированную привязку данных в линейной эксплуатационной системе координат (Км + Пк + м).

При этом неровности в плане определяются как на 20-метровой, так и на 100-метровой хорде, что значительно расширяет возможности при определении длинных неровностей (завадин) и лощин.

Технические характеристики

- 1 Пределы допустимой погрешности измерения ширины колеи, мм – 1.
- 2 Пределы допустимой погрешности измерения возвышения рельса, мм – 1.
- 3 Пределы допустимой погрешности определения подуклонки – 1/200.
- 4 Предел допустимой погрешности определения стрелы изгиба на хорде 20 м, мм – 1.
- 5 Предел допустимой погрешности определения стрелы изгиба в профиле на хорде не более 10 м, мм – 1.
- 6 Предел допустимой погрешности выноса высотной отметки с головки рельса в натуру на удалении 10 м, мм – 5.
- 7 Предел допустимой погрешности привязки данных (п. 1–6) в линейной эксплуатационной системе координат, м – 2.

Масса прибора – 3,2 кг, рабочий температурный диапазон – 10 + 40 °С.

Заключение: подводя итоги, нужно сказать, что использование современных технологий и приборов в железнодорожной отрасли играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности работы. Новый прибор измерения ширины рельсовой колеи представляет собой важное средство для точного контроля ее параметров, что позволит оперативно выявлять и устранять дефекты на пути. Его применение будет способствовать повышению надежности и безопасности движения поездов, а также сокращению времени и затрат на проведение инспекций и ремонтных работ. Таким образом, новый прибор является важным инструментом для дорожных мастеров и специалистов железнодорожного транспорта, обеспечивая оптимальные условия для работы и обслуживания железнодорожных путей.

Список использованных источников

- 1 Матвеев В. И. и др. Особенности измерения и содержания рельсовой колеи на железобетонных шпалах //Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2007. – №. 17. – С. 100-106.
- 2 Щербаков В. В., Щербаков И. В., Астраханцев В. Д. Прибор дорожного мастера (ПДМ) для контроля геометрии рельсовой колеи //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 1. – №. 1. – С. 71-76.
- 3 Галлямов Д. И., Овчинников Д. В. Влияние подуклонки рельсов на контактные напряжения и давления в системе «колесо—рельс» //Вестник

Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВЕСТНИК ВНИИЖТ). – 2023. – Т. 82. – №. 1. – С. 9-17.

4 Киселев А. А. и др. Влияние геометрических параметров железнодорожного пути на величину эквивалентной коничности колесной пары //Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2019. – Т. 16. – №. 2. – С. 202-211.

5 Николаенко А. А., Третьяк П. А., Быстров А. В. Повреждения и отказы рельсов на Западно-Сибирской железной дороге //Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2015. – №. 3 (34). – С. 13-

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

**МАШИНИЗИРОВАННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПУТИ:
УЛУЧШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Е.А. Мазурова

студент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: А. Н. Жестовский

старший преподаватель

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Данная статья посвящена организации планово-предупредительного ремонта пути. Рассмотрены правила и условия производства работ, график планово-предупредительных работ по выправке пути с применением комплекса машин в технологическое "окно", комплекс машин, используемых при данном ремонте.

Ключевые слова: *планово-предупредительный ремонт, организация работ, технологическое «окно».*

Планово-предупредительная выправка (ППВ) является профилактическим мероприятием, направленным на предотвращение аварий и отказов оборудования. Планово-предупредительная выправка на железной дороге — это система обслуживания и ремонта железнодорожного транспорта, направленная на обеспечение безопасности движения поездов, надежности и эффективности работы инфраструктуры.

ППВ на железной дороге применяется для:

1. технического обслуживания и ремонта локомотивов, вагонов, путей, сигнализации и других элементов инфраструктуры;

2. мониторинга состояния оборудования и инфраструктуры для выявления потенциальных проблем и предотвращения аварий;

3. планирования и проведения профилактических мероприятий для обеспечения бесперебойной работы железнодорожного транспорта.

Достоинства планово-предупредительной выправки на железной дороге включают:

- повышение безопасности движения поездов и пассажиров;
- увеличение надежности и долговечности железнодорожного оборудования;
- снижение риска возникновения аварий и задержек в движении поездов;
- оптимизацию расходов на обслуживание и ремонт оборудования.

ППВ на железной дороге играет важную роль в обеспечении эффективного функционирования железнодорожного транспорта и содействует созданию безопасной и надежной инфраструктуры для перевозки пассажиров и грузов.

В комплекс работ по планово-предупредительной выправке входят:

- очистка рельсов и креплений от грязи;
- удаление загрязнителей из-под подошвы рельсов и с поверхности балластной призмы;
- удаление из-под подошвы рельсов накопившихся регулировочных прокладок при железобетонных шпалах с отдельным креплением или из-под подкладок пучинных карточек при деревянных шпалах с костыльным креплением;
- замена в небольших количествах дефектных элементов верхнего строения;
- сплошная смазка, закрепление клеммных, закладных болтов и стыковых болтов;
- добивка костылей, закрепление ослабших и замена негодных противоугонов;
- сплошная выправка пути и пополнение балласта в шпальных ящиках;
- планировка балластной призмы и обочин земляного полотна;
- очистка и планировка кюветов и других водоотводных сооружений.

Данные мероприятия необходимы для обеспечения безопасности движения поездов и устойчивой работы железнодорожного транспорта. Для выполнения таких работ часто привлекаются укрупненные бригады, состоящие из высококвалифицированных специалистов и оборудования, что позволяет эффективно и оперативно решать поставленные задачи. Регулярное проведение планово-предупредительных работ и координация усилий укрупненных бригад является важной составляющей обеспечения надежной работы железнодорожного транспорта и повышения его эффективности.

Укрупненные бригады на железной дороге включают в себя группы рабочих, которые занимаются различными видами работ, такими как ремонт и укладка рельсов, ремонт путей, установка сигнальных систем и т.д. Эти бригады обычно выполняют свою работу вручную, используя ручные инструменты.

Машинизированный комплекс включает в себя специализированную технику, такую как железнодорожные краны, специальные машины для укладки и ремонта рельсов и путей, а также другие машины и оборудование, предназначенные для выполнения различных видов работ на железной дороге. Этот комплекс обычно используется для больших проектов и более сложных задач, где требуется использование тяжелой техники.

Качество выполнения работ машинизированным комплексом и укрупненными бригадами на железнодорожной инфраструктуре зависит от множества факторов, включая навыки и опыт рабочих, состояние оборудования и инструментов, а также соблюдение стандартов безопасности и профессиональных норм.

Машинизированный комплекс обычно обеспечивает более высокую производительность и эффективность выполнения работ за счет использования специализированной техники и автоматизированных процессов. Однако, необходимым условием для высокого качества работ является правильное обслуживание и регулярное обновление оборудования. Планово-предупредительную выправку с применением комплексов машин выполняют в "окна" продолжительностью не менее 4 часов.

Для обеспечения безопасности и плавности движения поездов на железнодорожном транспорте необходимо поддерживать путь в отличном техническом состоянии. Одним из важнейших элементов поддержания пути является его выправка, целью которой является устранение отклонений пути от установленных норм. Традиционно выправка пути осуществлялась вручную, что требовало значительных трудозатрат и времени. Однако в последние годы все большее распространение получает плановая (машинизированная) выправка пути с использованием специализированных машин.

Укрупненные бригады обладают повышенным потенциалом гибкости и приспособляемости к выполнению разноплановых задач на полотне железной дороги вследствие ручного характера выполняемых работ, что обеспечивает более высокую точность при выполнении определенных видов работ. Однако, для обеспечения высокого качества необходим опыт и профессионализм рабочих. Не всю работу возможно проверить на факт выполнения, а только визуально и на слух. То есть из-за недостаточного опыта работника может возникнуть сложность с выполнением работы, что может быть следствием некачественного ремонта укрупненной бригады. В отличие от выполнения работ

вручную, механизированный комплекс обеспечивает стабильно высокие результаты выправки пути без погрешностей, вызванных человеческим фактором, и существенно экономит время.

Плановая выправка пути имеет ряд преимуществ перед ручной выправкой. Во-первых, она позволяет обеспечить более высокую точность и качество выправки, что способствует продлению срока службы пути и снижению эксплуатационных расходов. Во-вторых, плановая выправка более эффективна в плане производительности, что позволяет выполнять работы по выправке большего объема пути за меньшее время. В-третьих, плановая выправка является более безопасной, поскольку исключает риск травмирования работников, выполняющих работы вручную. Переход к плановой выправке пути позволит железнодорожным компаниям повысить качество содержания пути, снизить затраты на его эксплуатацию и повысить безопасность перевозочного процесса.

Список использованных источников

1. Технические условия на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути, утверждённые МПС РФ № ЦПТ-53 от 30.09.2003, в редакции распоряжения ОАО "РЖД" № 2538р от 25.11.2011.

2. Распоряжение ОАО "РЖД" от 29.11.2019 N 2675/р "Об утверждении Положения об организации комплексного обслуживания объектов инфраструктуры хозяйства пути и сооружений"

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИН НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ПРИ РЕМОНТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Д.И. Зарецкая

Студент 5 курса,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В данной статье освещаются вопросы разработки предложений механизации работ с применением машин на комбинированном ходу на локальных участках при текущем содержании и ремонте пути

Организация ремонта пути с применением таких машин имеет важное значение в решении задач по контролю и обслуживанию участков железнодорожного пути с минимальными затратами и высокой производительностью.

Ключевые слова: *машины на комбинированном ходу, ремонт пути, мобильность, производительность, эксплуатация.*

Одним из актуальных направлений развития путевой техники является создание машин на комбинированном рельсо-пневмоколесном ходу. Такой подвижной состав обеспечивает высокую мобильность и универсальность в эксплуатации, поскольку приспособлен к использованию различного технологического оборудования и может быстро заходить на путь и сходить с него в нулевых местах, где имеется доступ, благодаря чему не создает препятствий движению поездов.

Машины на комбинированном ходу имеют широкий спектр применения при организации ремонта пути. Они объединяют в себе несколько функций и позволяют эффективно выполнять несколько задач одновременно.

Одно из главных применений таких машин – это замена и ремонт железнодорожных переводов. Эти машины оснащены специальными устройствами для снятия старых переводов, укладки новых и проведения необходимых работ по устройству и обновлению балласта. Они позволяют значительно сократить время, затрачиваемое на ремонт переводов, и увеличить производительность работ.

Также машины на комбинированном ходу могут использоваться для укладки и ремонта балласта – слоя щебня, который находится под железнодорожными путями. Они оснащены специальными устройствами для распределения, укладки и уплотнения балласта, а также для его обновления и очистки от загрязнений.

Для решения задач по контролю и обслуживанию небольших участков железнодорожного пути существуют специализированные технологические машины на комбинированном ходу на базе внедорожников и автомобилей повышенной проходимости отечественного и зарубежного производства. Эти машины позволяют на малых скоростях проводить контроль и диагностику небольших участков пути, выполнять целый спектр маневровых работ на станциях и подъездных путях, оперативно доставлять на места восстановительных работ ремонтные бригады с необходимым оборудованием. Кроме того, с помощью этих машин на малодеятельных и станционных участках пути стала возможна лубрикация рельсов. Благодаря системе комбинированного хода с пневматическим управлением, машины могут передвигаться как по

автомобильным дорогам (шоссе, бездорожье), так и по железнодорожной колее. Их также объединяет наличие уникальной системы обеспечения безопасности движения и способность переходить в течение 10 минут с автомобильного на железнодорожный ход и обратно. Их можно эксплуатировать в любое время года и суток при воздействии осадков в виде дождя и снега в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Современные требования к мобильности, многофункциональности и эффективности техники путевого хозяйства и дорожно-строительного комплекса выдвигают задачи по созданию машин, предназначенных для использования в качестве мобильного энергонасыщенного носителя оборудования по содержанию и ремонту как железнодорожных путей, так и автомобильных дорог.

Решение данных задач возможно посредством разработки навесного оборудования на шасси комбинированного хода, а также агрегатирования с пневмоколесными энергонасыщенными транспортными средствами различного сменного оборудования: блоков рихтовки пути, перегонки шпал по меткам и разгонки стыковых зазоров, одиночной замены шпал; плужного или роторного снегоочистителя, автосцепных устройств, дополнительной пневмосистемы питания тормозных механизмов подвижного состава, системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) или комплексного локомотивного устройства безопасности (КЛУБ).

Для решения задач, связанных с локальными работами, предлагается универсальная путевая машина УПМ-1 на базе колесного трактора Т-158 (ХТА-200). Базовый тягач комплекса предназначен для монтажа съемных навесных блоков, их доставки к месту работ и обратно, а также для рабочего перемещения и управления рабочими процессами, выполняемыми этими блоками. С этой целью трактор оборудован комбинированным железнодорожным ходом, что позволяет его использовать с дополнительно смонтированным навесным оборудованием, таким как: навесной блок для подъёмки и подбивки железнодорожного пути; навесной блок для очистки рельсошпальной решетки; навесной блок для перегонки шпал по метке и разгонки стыковых зазоров; навесной блок для смены шпал; снегоочиститель навесной плужный; снегоочиститель роторный. Предлагаемая машина показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Универсальная путевая машина УПМ-1

Заключение

Таким образом, разработка на базе пневмоколесных машин специализированной техники посредством установки комбинированного рельсо-пневмоколесного хода и дополнительного оборудования для ремонта и содержания элементов пути, выполнения погрузочно-разгрузочных работ, благоустройства территорий, обслуживания мостовых и тоннельных сооружений, как на автомобильных, так и железнодорожных коммуникациях, а также ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций различного характера, позволяет значительно снизить экономические затраты при производстве путевых, поездных и маневровых работ, расширить область применения существующего оборудования, что в сегодняшних экономических условиях является важным перспективным направлением.

Список использованных источников

1. Андреев А.В., Дьяков В.А., Шешко Е.Е. Транспортные машины и автоматизированные комплексы открытых разработок. – М., «Недра», 1975. 464 с.
2. Краснов Ю. О. Универсальная путевая машина УПМ-1 / Ю. О. Краснов, Л. М. Николаев. – М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 1990. – 435 с.
3. Бочкарев, Д.И. Моделирование взаимодействия машины на комбинированном ходу с верхним строением пути / Д. И. Бочкарев, О.В. Козунова, Е. А. Сигай. // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие

технологии. В 2-х ч.: материалы межд. научно-технич. конференции. Могилев, 21-22 апреля 2011 г. Ч.2 / М-во образования РБ; Белорусско-Российский ун-т. - Могилев.: Белорусско-Российский у-т, 2011 -С.91-92

4. Васильев М.В. Комбинированный транспорт на карьерах. – М., «Недра», 1975. 360 с.

5. Курочкин В.А. Устройство для измерения габаритов пассажирских платформ //В сборнике: Активизация интеллектуального и ресурсного потенциала регионов. Материалы секции 11-й международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию БГУ и 45-летию ИрГУПС. Иркутск, 2021. С. 65-68.

УДК 625.1

ГРНТИ 73.29.11

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ С РАЗДЕЛЬНОЙ УКЛАДКОЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

В.А. Нюренберг

*Строительство железных дорог/управление техническим состоянием пути,
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск*

Научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Проанализированы существующие технологии и машины для укладки бесстыкового пути. Разработан прицепной укладчик для раскладки шпал и плетей бесстыкового пути. Оценена возможная производительность укладчика.

Ключевые слова: капитальный ремонт, верхнее строение пути, отдельный способ.

Способ отдельной укладки верхнего строения пути (ВСП) при строительстве, реконструкции (модернизации) и капитальном ремонте является наиболее распространённым на большинстве зарубежных железных дорог. К преимуществам этого способа укладки ВСП следует отнести отсутствие необходимости выполнения ряда работ, например, дистанционной сборки звеньев новой рельсошпальной решётки (РШР), замены старых рельсовых плетей инвентарными рельсами, а инвентарных рельсов – новыми рельсовыми плетями.

Цель работы – сокращение трудовых затрат при строительстве и капитальном ремонте с укладкой бесстыкового пути.

Задачи:

- проанализировать существующие технологии и применяемые машины;
- разработать конструкции машины для отдельной укладки бесстыкового пути;
- оценить функциональность предлагаемой машины.

Внедрение в эксплуатацию получили комплексы отдельной укладки пути Р-95 и ТСМ-60 фирмы Matisa (Швейцария).

В качестве примера рассмотрим технологию отдельного капитального ремонта ВСП комплексом Р-95 швейцарской фирмы Matisa (рисунок 1).



Рисунок 1 – Комплекс Р-95 Matisa

В условиях закрытого перегона основные технологические операции с участием Р-95: доставка и выгрузка рельсовых плетей на обочины, перевод рельсовых скреплений в монтажное положение, вырезка балласта, планирование и уплотнение среза балластной призмы, раскладка новых шпал, надвигка новых рельсовых плетей и их закрепление, погрузка старых рельсовых плетей, балластировка и выправка пути, ввод рельсовых плетей в расчётный температурный интервал и сварка до длины перегона, окончательная выправка и отделка пути. На участке отдельного капитального ремонта (на новых материалах) длиной 8 км совокупное время работ – около 4,75 суток. Отечественная технология звеньевым способом капитального ремонта пути с использованием комплекта собственных путевых машин, выполнением глубокой очистки балласта щебнеочистительными машинами с погрузкой засорителей на состав за то же время 4,75 суток позволяет выполнить работы на участке длиной 10 км (таблица 1).

Таблица 1 – Сопоставление производительности работ по капитальному ремонту пути на новых материалах при различных технологиях

Параметры	Разновидности технологии		
	Комплекс Р-95 фирмы Matisa (Швейцария)	Отечественная технология	Комплекс ТСМ-60 фирмы Matisa (Швейцария)
Особенности технологии	Закрытый перегон	Закрытый перегон	Закрытый перегон
Фронт работ	8 км	10 км	8 км
Продолжительность работ	4,75 суток	4,75 суток	5,5 суток
Рабочая скорость комплекса	70,2 м/ч	87,7 м/ч	60,6 м/ч
Производительность средняя	350 м/ч	700 м/ч	350 м/ч
Производительность максимальная	550 м/ч (при скреплении Pandrol-350)	850 м/ч (независимо от скреплений)	550 м/ч (при скреплении Pandrol-350)

Недостатки отдельной укладки пути:

– низкая часовая производительность по сравнению с отечественной технологией звеньевым способом (укладочными кранами).

– необходимость создания и обустройства строительных площадок. В отдельных случаях – невозможность их создания.

– низкая производительность комплекса при работе со скреплениями АРС (невозможность автоматизации).

– трудности в реализации логистических процессов поставок.

– отсутствие условий для быстрого восстановления движения при возникновении аварийной критической ситуации.

– проблемы при зимней укладке.

7. Неизбежность больших инвестиций (закупка, ремонт и т.п.).

8. Необходимость создания инфраструктуры для хранения и реновации старогонных материалов.

9. Сезонная занятость персонала.

10. Увеличение количества сварных стыков в полевых условиях.

Преимущества отдельной укладки пути:

– отсутствие участков сборки РШР и складирования элементов верхнего строения пути на базах ПМС;

– укладка плетей бесстыкового пути без инвентарных рельсов;

– механизированная укладка элементов ВСП;

– укладка пути в кривых малого радиуса;

– меньшее количество персонала;

– сокращение количества хозяйственных поездов.

Имеющиеся материалы по сопоставлению как технических, так и стоимостных показателей технологии раздельного капитального ремонта пути на примере комплекса Р95 фирмы Matisa и технологии звеньевоего способа с использованием отечественного комплекта путевых машин показывают, что на данный момент технология раздельного капитального ремонта является неконкурентоспособной для условий Российской Федерации.

Однако при решении насущных проблем модернизации отечественного парка путевых машин заслуживает внимания и технология раздельного капитального ремонта, получившая широкое распространение на большинстве зарубежных железных дорог. Она может стать эффективным дополнением к имеющейся отечественной технологии звеньевоего способа. Необходимы лишь исследования с целью найти сферы наиболее целесообразного применения этого способа строительства и ремонта железнодорожных путей с учётом организационных особенностей перевозочного процесса, а также климатических и географических характеристик нашей страны.

Список использованных источников

1. Хайтин С. Л., Папков Н. А., Клецкий Ю. К., Плоткин Е. В. Укладка пути: сегодня и завтра // Путь и путевое хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 10–13.
2. Рубан А. Г. Зарубежные технологии в путевом хозяйстве российских железных дорог // Путь и путевое хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 26–27.
3. Курочкин В.А. Комплекс раздельной укладки бесстыкового пути// В сборнике: Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах. Редколлегия: В.А Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Красноярск, 2021. С. 212-216.

УДК 625.1

ГРНТИ 73.29.11

ИЗУЧЕНИЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ РЕЛЬСА НА КОШУРНИКОВСКОЙ ДИСТАНЦИИ ПУТИ (ПЧ – 10)

Д. А. Пятков, В. В. Спирюхов

Студенты специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Д. А. Науменко

Ст. преподаватель,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Температура рельсов является одним из важных параметров, который влияет на безопасность движения поездов. В данной статье произведен сравнительный анализ нормативных значений наибольшей и наименьшей годовых температур рельса с данными реальными наблюдений на Кошурниковской дистанции пути (ПЧ – 10).

Ключевые слова: бесстыковой путь, температура воздуха, температура рельсов, наибольшая температура рельсов, наименьшая температура рельсов.

Возможность эксплуатации бесстыкового пути планируется в зависимости от оптимальной температуры закрепления. В этом случае годовая амплитуда колебаний температуры рельса, определяемая с высокой точностью по результатам многолетних наблюдений, становится решающим фактором безопасной эксплуатации. Однако, современные данные об экстремальных температурах не находят отражения в регламентирующей документации ОАО «РЖД», при том, что исследования показывают, что за последние десятилетия происходят заметные отклонения максимальных и минимальных температур от указанных в справочной литературе, делаются предположения об изменении климата. Поэтому задача нашего исследования заключена в выявлении тенденций к изменению экстремальных температур на примере одной из станций ОАО «РЖД». Кошурниковская дистанция пути (ПЧ – 10) выбрана нами как имеющая одна из наибольших разбросов между справочными и фактическими минимальными температурами.

Получив данные с двух температурных стендов ПЧ – 10 расплужённых на 490 км в сторону пгт. Курагино и на 564 км станции Кошурниково, и проанализировав за период 2015 – 2024 года, получили следующие предельные значения температур (см. рис 3 – 6).

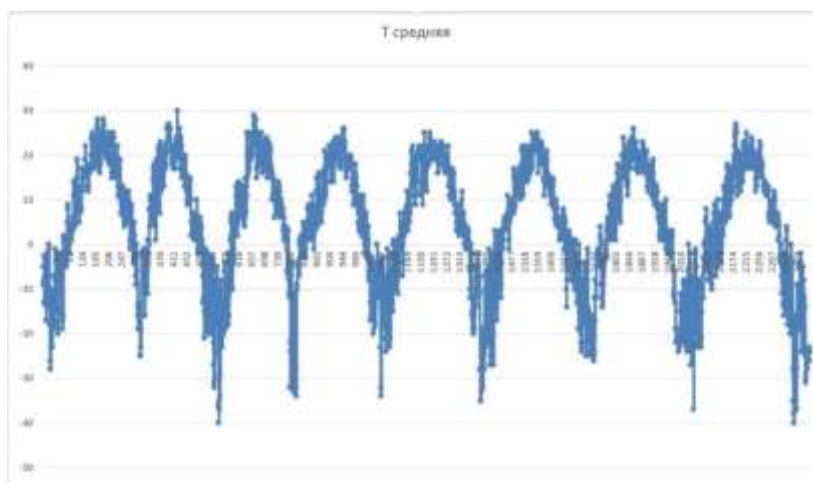


Рисунок 3 – Температура воздуха на 490 км

Секция «Транспортные системы»

По рисунку 3 видно, что максимальная температура воздуха составила $+30^{\circ}\text{C}$, а минимальная составила -40°C .

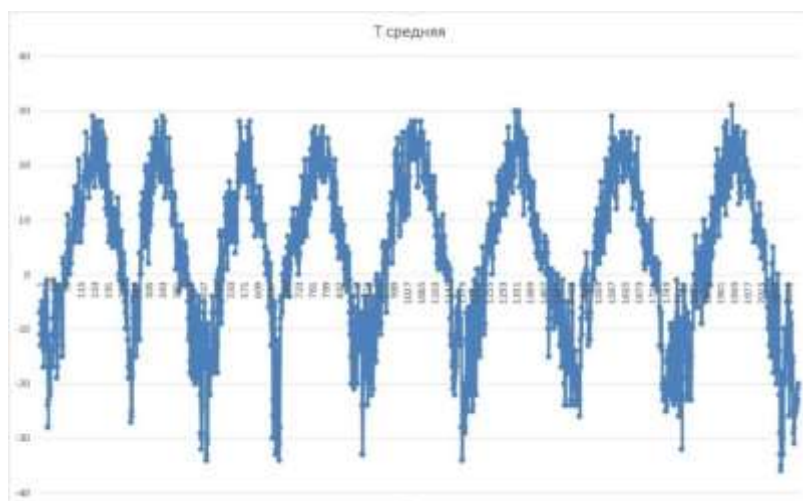


Рисунок 4 – Температура рельса на 490 км

По рисунку 4 видно, что максимальная температура рельса составила $+31^{\circ}\text{C}$, а минимальная составила -36°C .

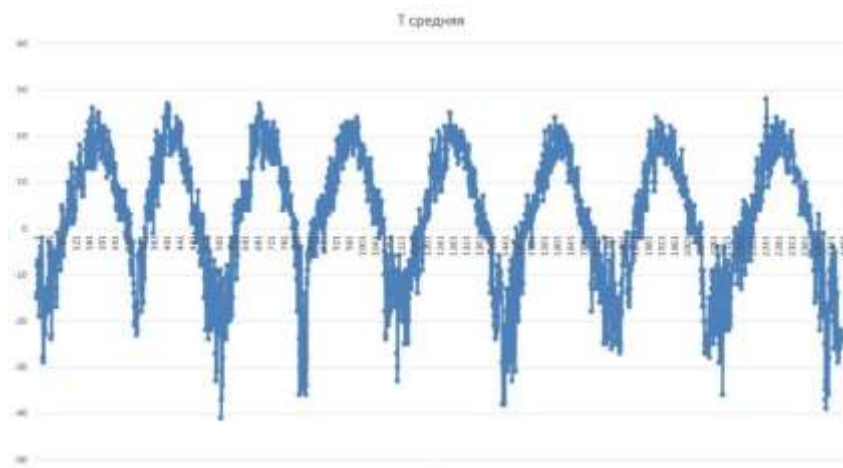


Рисунок 5 – Температура воздуха на 564 км

По рисунку 5 видно, что максимальная температура воздуха составила $+28^{\circ}\text{C}$, а минимальная составила -41°C . Максимальная температура не характерна для данной местности, что говорит о том, что температурный стенд установлен с нарушением технологических требований (в тени и продуваем), либо данный стенд имеет техническое нарушение (сломан).

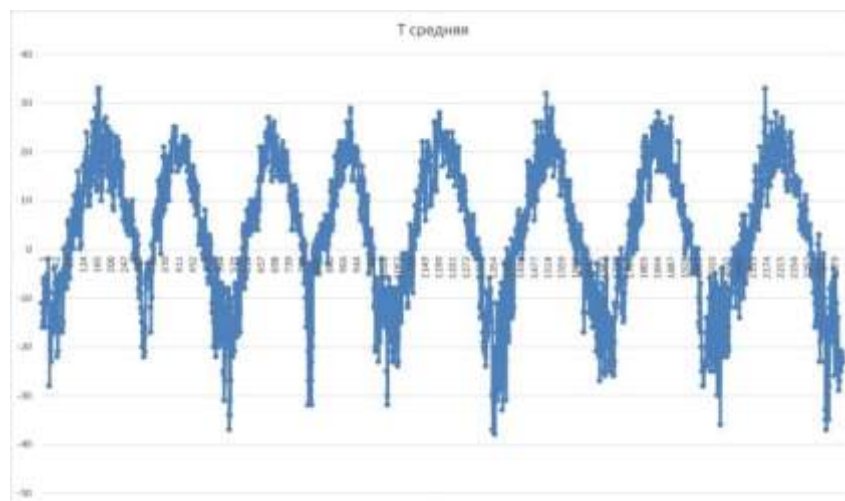


Рисунок 6 – Температура рельса на 564 км

По рисунку 6 видно, что максимальная температура рельса составила $+33^{\circ}\text{C}$, а минимальная составила -38°C .

Однако в Инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути в Приложении 10 (Расчетные температуры рельсов для сети железных дорог России) для железнодорожной станции Кошурниково указаны следующие предельные значения температур рельсов: максимальная температура $+56^{\circ}\text{C}$, минимальная -50°C .

Результаты вышепредставленного анализа проявляют тенденцию к изменению экстремальных температур, что доказывает об изменении климата, что в свою очередь влечет полное рассмотрение Приложения 10 в инструкции по бесстыковому пути.

Список использованных источников

1 Капишонов, В. С. Соответствие температур рельса данным реальных наблюдений / В. С. Капишонов, К. С. Мисорина // Молодежная наука Сибирского региона : Труды XXIII Межвузовской научно-практической студенческой конференции КрИЖТ ИрГУПС, в 2-х т., Красноярск, 24 мая 2019 года / отв. ред. В.С. Ратушняк. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2019. – С. 71-82. – EDN JTGXIM.

2 Науменко, Д. А. Анализ наибольших и наименьших температур рельса, наблюдавшихся на Красноярской железной дороге / Д. А. Науменко, П. В. Новиков // Цифровизация транспорта и образования : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию железнодорожного образования в Сибири, Красноярск, 09–11 октября 2019 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО

«Иркутский государственный университет путей сообщения», 2019. – С. 394-398. – EDN FPJQLT.

3 Науменко, Д. А. Анализ наибольших и наименьших температур рельса, наблюдавшихся на Красноярской железной дороге / Д. А. Науменко, П. В. Новиков // Цифровизация транспорта и образования : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию железнодорожного образования в Сибири, Красноярск, 09–11 октября 2019 года. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», 2019. – С. 394-398. – EDN FPJQLT.

4 Значения солнечного нагрева на Красноярской железной дороге / Е. В. Горбатов, Д. В. Дудкин, Д. А. Науменко [и др.] // Политранспортные системы : Материалы XII Международной научно-технической конференции. В 3-х частях, Новосибирск, 21–22 сентября 2022 года. Том Часть 3. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 77-80. – EDN VLPJTC.

5 Формирование температуры рельса при отрицательных температурах воздуха / Д. А. Науменко, Е. В. Горбатов, Д. В. Дудкин [и др.] // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXVI Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 03 ноября 2022 года. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2022. – С. 223-226. – EDN KYBYNE.

6 Жестовский, А. Н. Принудительный ввод плети с существенно разной температурой рельса / А. Н. Жестовский, Д. А. Науменко // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах, Красноярск, 28–30 октября 2021 года / Редколлегия: В.А Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 2. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 208-212. – EDN CMPWZS.

7 Спирюхов, В. В. Анализ изменения экстремальных температур / В. В. Спирюхов // Молодежная наука : Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 20 апреля 2023 года / Редколлегия: В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 1. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования "Иркутский государственный университет путей сообщения", 2023.
– С. 189-192. – EDN MSZLJK.

УДК 621.789

ГРНТИ 81.09.03

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДВЫБРОСНОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

А.Ю. Повлюченко, М.П. Илющенко

студенты специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

научный руководитель: В.А. Курочкин

канд. техн. наук, доцент кафедры СЖД,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В публикации затрагивается тема об определении предвыбросного состояния железнодорожного пути. В настоящее время одной из актуальных проблем в хозяйстве пути является выброс железнодорожного пути. Данная проблема является сезонной и наиболее проявляется в период повышения температур, а также в период высоких температур.

Ключевые слова: Выброс пути, деформация рельсов, нагрузки.

Выброс пути представляет серьезный риск для безопасности движения железнодорожных поездов и может привести к авариям, повреждению инфраструктуры и угрозе для пассажиров и персонала. По этой причине инфраструктура железнодорожного движения активно следит за состоянием путей и рельсов, проводит регулярную техническую экспертизу и обслуживание, чтобы предотвратить возможные случаи выброса пути.

Выброс пути в железнодорожной инфраструктуре может происходить по разным причинам и обычно является результатом нештатных ситуаций или ошибок в обслуживании и эксплуатации.

Некоторые из причин выброса пути в железнодорожной инфраструктуре включают в себя:

1. Деформация рельсов: причиной может быть и износ рельсов, и различные воздействия, такие как температурные изменения, вибрации от проезжающих поездов и другие факторы, которые могут вызвать деформацию рельсов.

2. Несбалансированные нагрузки: неправильная расстановка грузов на вагонах, перегрузка, или неравномерное распределение груза в поезде могут вызвать нежелательные нагрузки на колеса и рельсы, что в свою очередь может привести к выбросу пути.

3. Износ колес: износ или повреждение колес железнодорожных транспортных средств также может стать причиной выброса пути.

4. Несоответствие техническим требованиям: недостаточное техническое обслуживание инфраструктуры и транспортных средств, а также несоответствие нормативам и стандартам безопасности могут создать условия для возникновения выброса пути.

Определение предвыбросного состояния пути в железнодорожной инфраструктуре подразумевает проведение инспекций и технического обследования с целью выявления возможных проблем, которые могли бы привести к выбросу пути в будущем. Эти инспекции проводятся для обеспечения безопасности движения поездов и пассажиров, а также для предотвращения возможных повреждений инфраструктуры.

Наиболее сложным вопросом является определение напряжений в плетях бесстыкового пути при температурах отличных от температуры закрепления рельсов.

В качестве гипотезы было предположено, что напряжения могут коррелироваться с частотой волны звука при ударе по рельсу.

$$\delta = \left(\frac{V \cdot 2l \cdot \sqrt{\rho}}{n} \right)^2, \quad (1)$$

где l – длина струны;

V – частота колебаний;

ρ – плотность материала струны;

n – натуральное число.

Измерения частоты звука проводились с помощью приложения для мобильного телефона «Анализатор спектра звука».

Для получения истинных значений параметров с заданным доверительным интервалом необходимо определенное число повторностей опыта. Обычно достаточно принять доверительный интервал

$$\varepsilon(\bar{y}) = (0,05 \dots 0,1) \bar{y}$$

и доверительную вероятность $P=0,90 \dots 0,99$. Для определения числа повторностей проводится серия опытов, по результатам которых рассчитывается экспериментальная оценка дисперсии:

$$S_y^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_k - \bar{y})^2 \quad (2)$$

где m – число повторностей в пробной серии опытов;

y_k – значение показателя в k – ом опыте;

\bar{y} - среднее значение показателя.

Первоначально была проведена серия экспериментов в количестве 10 и определено требуемое число повторностей опытов для получения результатов с вероятностью 0,95 и доверительным интервалом 0,1 \bar{y} . В результате было установлено, требуется 7 повторностей в серии опытов.

На экране анализатор звука показывал следующие данные (рисунок 1)

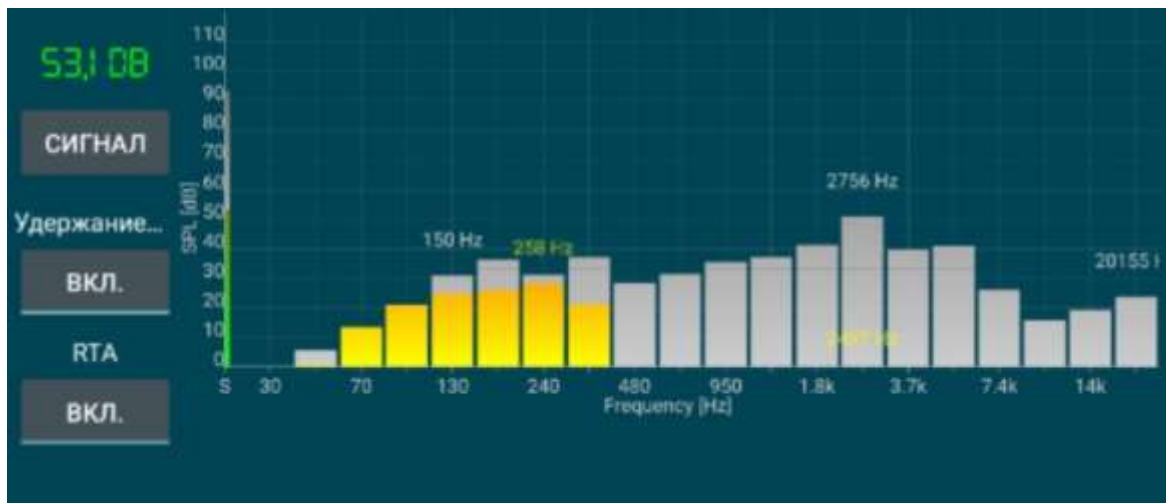


Рисунок 1 – Значения частот звука для 3-х гармоник

В результате измерения при температурах от -4° до $+10^{\circ}$ С были получены результаты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

№	Температура	Частота 1-ой гармоника	Частота 2-ой гармоника	Частота 3-ей гармоника
1	-4	150	2756	20155
2	-2	147	2759	20151
3	0	144	2761	20144
4	+3	136	2768	20139
5	+10	129	2777	20133

Список использованных источников

1 Инфразвук и ультразвук- неслышимые звуки // Школьная энциклопедия: ency.info – 2020 – URL: <http://ency.info/materiya-i-dvigenie/akustika/350-infrazvuk-i-ultrazvuk-neslyshimye-zvuki>

2 Инфразвук. Работа и применение. Особенности и влияние // Электросам.ру: electrosam.ru – 2022 – URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/infrazvuk/>

3 Хель И. 10 невероятных научно-технических применений звука // Hi-News.ru : hi-news.ru/science – 2015 – URL: <https://hi-news.ru/science/10-neveroyatnyx-nauchno-texnicheskix-primenenij-zvuka>

4 Гостев Г.А., Курочкин В.А. Исследование влияния угла наклона поверхности катания рельса на амплитуду донного сигнала при ультразвуковом контроле // Вестник транспорта Поволжья. 2018. № 4 (70). С. 47-52.

УДК 69.034.95

ГРНТИ 73.29.11

РАСЧЕТ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

Р.А. Нестеров, В.А. Рочева, В.В. Медведева

студенты специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Е.А. Хорошавин

канд. техн. наук, доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. В статье рассматривается железобетонная водопропускная труба прямоугольной формы, также упоминаются их разновидности, и материалы из которых они изготавливаются. При расчетах данной трубы использовался современный программный комплекс SCAD. Он позволяет рассчитать конструкцию данного искусственного сооружения.

Сооружение водопропускной трубы существенно влияет на надежность, долговечность, бесперебойную эксплуатацию и безопасность движения железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: водопропускная труба, SCAD, нагрузки и воздействия, расчет на прочность.

Водопропускные трубы могут служить в качестве тоннельных путей, обеспечивать безопасный проход скота для предотвращения аварий на железных дорогах или обеспечивать эффективный дренаж земляной насыпи. Водопропускные трубы также могут быть использованы для перенаправления потока небольшой реки или для отвода дождевой или талой воды.

Водопропускные трубы на железных дорогах являются отличной альтернативой мостам, особенно когда дорожная насыпь имеет небольшую высоту. Выбор в пользу железобетонных конструкций обуславливается следующими факторами:

- труба не нарушает целостность железнодорожного полотна и верхнего земляного слоя, не портит визуальное восприятие ландшафта;
- эксплуатация и возможные ремонтные работы трубы требуют меньше расходов, по сравнению с ремонтом моста;

– для снижения износа конструкции высота засыпки грунтом должна составлять минимум 2 метра.

На сегодняшний день существует широкий спектр водопропускных сооружений различных форм и размеров. По форме поперечного сечения трубы бывают круглыми, прямоугольными, арочными (полукольца), горизонтального и вертикального эллипса. По материалам изготовления — железобетонные, металлические (в том числе и гофрированные), из полимерных материалов.

Требования к водопропускным трубам, так же как и к другим элементам дорожной инфраструктуры, включают в себя обязательства по обеспечению надежности, долговечности, бесперебойной эксплуатации и безопасности движения железнодорожного транспорта. Гарантирование соблюдения этих критериев осуществляется на этапе проектирования с использованием соответствующих технологий строительства.

Система водопропускных труб имеет простую структуру, включающую основное звено, входной и наружный оголовки. Благодаря легкости установки и доступной цене, эти изделия считаются наиболее экономически целесообразным решением для обеспечения эффективного стока воды с полотна дороги [2].

В статье рассматривается железобетонная труба прямоугольной формы 1,25 х 1,5 м. Конструкция трубы принята согласно рабочим чертежам шифр 2119РЧ «Трубы водопропускные железобетонные прямоугольные для железных и автомобильных дорог».

Для построения расчетной схемы в ПК SCAD использовался стержневой конечный элемент пространственного вида. Конструкция водопропускной трубы разбивалась на 16 конечных элементов. Для учета взаимодействия водопропускной трубы с грунтом в расчетную схему введено шесть конечных упругих элементов, моделирующих опоры (рисунок 1).

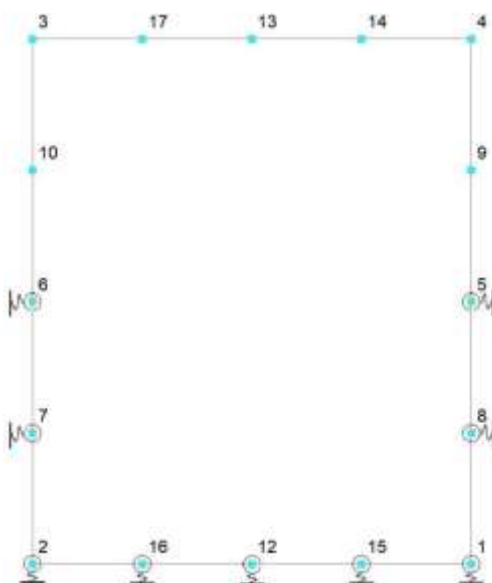


Рисунок 1 – Расчетная схема

Секция «Транспортные системы»

В таблице 1 приведены горизонтальные и вертикальные нагрузки, действующие на водопропускную трубу.

Таблица 1 – Горизонтальные и вертикальные нагрузки

№	Загружения	Тип загрузки	Вид нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке	Величина, т/м
1	Грунт вертикальный	Постоянные нагрузки	Грунты насыпные	1,15	28,46
2	Подвижной состав	Кратковременные нагрузки	Нагрузки от подвижного состава железных дорог	1,3	30,49
3	Грунт горизонтальный	Постоянные нагрузки	Грунты насыпные	1,15	16,07
4	Собственный вес	Постоянные нагрузки	Вес бетонных (плотность более 1.6т/м3), железобетонных, каменных, деревянных конструкций	1,1	1,25

На рисунке 2 представлены результаты расчета.

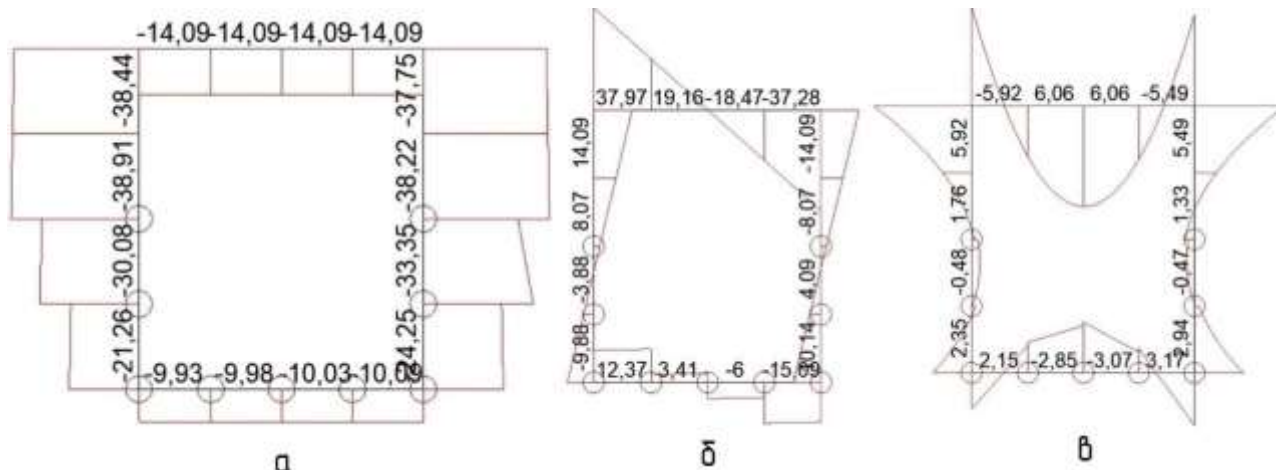


Рисунок 2 – Этюры: а) Этюра N; б) Этюра Q; в) Этюра M.

Конструкции должны удовлетворять требованиям расчета по двум группам предельных состояний: по несущей способности — первая группа предельных состояний; по пригодности к нормальной эксплуатации — вторая группа предельных состояний [1].

Для расчета была проведена проверка по первой группе предельных состояний, проверяется условие прочности.

Условие прочности: $N_{пред} \geq N$.

Рассчитываем эксцентриситет приложения нагрузки по формуле (1)

$$e = \left| \frac{M}{N} \right| \quad (1)$$

где M — изгибающий момент, т·м;

N — продольное усилие, т;

e — эксцентриситет, м.

При расчете сечений возможно два варианта:

- случай малых эксцентриситетов;
- случай больших эксцентриситетов.

Случай малых эксцентриситетов, если условие соблюдается: $e \leq 0,45h$, где h — высота сечения, 0,5 м.

Тогда предельное значение продольного усилия вычисляем по формуле (2)

$$N_{\text{пред}} = m_1 \cdot b \cdot (h - 2 \cdot e) \cdot R_b \quad (2)$$

где $N_{\text{пред}}$ — продольное усилие, т;

b — расчетное сопротивление бетона сжатию, 1557 т/м²;

h — высота сечения, 0,5 м;

b — ширина сечения, 1 м;

m_1 — коэффициент, учитывающий неточность назначения расчетной схемы, $m_1 = 0,9$.

Случай больших эксцентриситетов, если условие не соблюдается: $e > 0,45h$

Тогда предельное значение продольного усилия вычисляем по формуле (3)

$$N_{\text{пред}} = \frac{1,75 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot b \cdot h \cdot R_{bt}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 0,8}, \quad (3)$$

где R_{bt} — расчетное осевое сопротивление растяжению, 109,8 т/м;

m_2 — коэффициент, учитывающий понижение прочности бетона при отсутствии наружной гидроизоляции на обводненных участках, $m_2 = 0,9$.

Проведем проверку на прочность сечения водопропускной трубы между узлами 3 и 10, сечение является опасным, так как в нем возникает максимальный изгибающий момент.

Исходные данные:

$N_1 = -38,44$ т; $M_1 = -5,92$ т·м; $h = 0,5$ м; $b = 1$ м; $R_{bt} = 109,8$ т/м; $R_b = 1557$ т/м².

Рассчитываем эксцентриситет приложения нагрузки по формуле (1):

$$e = \left| \frac{M}{N} \right| = \left| \frac{5,92}{38,44} \right| = 0,15 \text{ м}$$

Проверяем условие: $e = 0,15 \text{ м} \leq 0,45h = 0,45 \cdot 0,5 = 0,225 \text{ м}$

Секция «Транспортные системы»

Условие соблюдается.

Тогда предельное значение продольного усилия вычисляем по формуле (2)

$$N_{пред} = m_1 \cdot b \cdot (h - 2 \cdot e) = 0,9 \cdot 1 \cdot (0,5 - 2 \cdot 0,15) \cdot 1557 = 280,26 \text{ т}$$

$$N_{пред} = 280,26 \text{ т} > N_1 = 38,44 \text{ т}$$

Условие выполняется.

Проведем проверку на прочность сечения водопропускной трубы между узлами 13 и 14, сечение является опасным, так как в нем возникает максимальный изгибающий момент.

Исходные данные:

$$N_1 = -14,09 \text{ т}; M_1 = -6,06 \text{ т}\cdot\text{м}; h = 0,5 \text{ м}; b = 1 \text{ м}; R_{bt} = 109,8 \text{ т/м}; R_b = 1557 \text{ т/м}^2.$$

Рассчитываем эксцентриситет приложения нагрузки по формуле (1):

$$e = \left| \frac{M}{N} \right| = \left| \frac{6,06}{14,09} \right| = 0,43 \text{ м}$$

Проверяем условие: $e = 0,43 \text{ м} \leq 0,45h = 0,45 \cdot 0,5 = 0,225 \text{ м}$

Условие не соблюдается.

Тогда предельное значение продольных усилий вычисляем по формуле (3)

$$N_{пред} = \frac{1,75 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot b \cdot h \cdot R_{bt}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 0,8} = \frac{1,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 109,8}{\frac{6 \cdot 0,43}{0,5} - 0,8} = 17,85 \text{ т}$$

$$N_{пред} = 17,85 \text{ т} > N_2 = 14,85 \text{ т}.$$

Условие выполняется.

По результатам расчета в программном комплексе SCAD проверки показали, что труба удовлетворяет условиям прочности по первой группе предельных состояний.

Список использованных источников

1 Чевская Е.А. Расчет железобетонных конструкций по двум группам предельных состояний. - Братск: ГОУ ВПО «Братский государственный университет», 2010. - 68 с.

2 Мосты и трубы : СП 46.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 (с Изменениями N 1-5). 175с.

3 Левтринский В.В., Этин П.Ю. Проектирование водопропускных железобетонных и бетонных труб под насыпями железных дорог : пособие. М-ВО трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 56 с.

4 ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования (Переиздание). Применяется с 01.07.2013 взамен ГОСТ25192-82
5 Программа SCAD. Версия 21.1.9.11 14.09.2021г. SCAD Office

УДК 629.02-027.45:624.13

ГРНТИ 38.65.19

**МЕРЫ БОРЬБЫ С МОРОЗНЫМ ПУЧЕНИЕМ И НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЕМ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

Ю.С. Шелковникова

Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений в суровых природно-климатических условиях Сибири (08.04.01.11)

Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Научный руководитель: С.Л. Крафт

кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры АДГС

Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Аннотация. В статье рассматривается проблема морозного пучения и образования наледей при строительстве автомобильных и железных дорог в районах Сибири и Северных территорий Красноярского края. В суровых климатических условиях образование льда и пучение грунта при замерзании обуславливают изменение механических свойств грунтов, и как следствие этого – деформацию подстилающих слоев дорожного полотна.

Ключевые слова: морозное пучение, наледеобразование, вечномерзлые грунты, многолетнемерзлые грунты (ММГ), суровые природные климатические условия.

При строительстве дорог в суровых климатических условиях Сибири и Северных территорий часто возникает проблема морозного пучения грунтов, в связи с чем возникают дополнительные напряжения и деформации подстилающих слоев дорожного полотна, и как следствие этого – деформация самого дорожного полотна. Для борьбы с этими явлениями разработаны определенные мероприятия, направленные на устранение или ограничение поступления грунтовых и талых вод в слои грунта, находящиеся на уровне и под уровнем отметки дороги. Морозное пучение грунтов приводит к выпучиванию из пород деятельного слоя на поверхность крупных твердых тел, находящихся в слое сезонного промерзания [1]. Морозное пучение воздействует в двух направлениях: нормального и касательного.

Нормальная составляющая сил пучения возникает при образовании линзы льда под фундаментом зданий, опорных стоек, столбов электропередач. Мерами предотвращения этого явления может служить заглубление подошвы фундамента сооружения, опорных стоек и столбов ниже подошвы слоя сезонного промерзания на 0,25 м.

Касательная составляющая сил пучения возникает вследствие смерзания фундаментов и столбов с засыпаемым в пазухи котлованов грунта, обычно более влажного, чем основной массив грунта. При этом развиваются силы морозного пучения вдоль боковых граней столбов и опор. Водонасыщенные мерзлые пески имеют большую прочность, а щебенистые галечниковые и гравелистые грунты имеют наименьшую силу смерзания. Следовательно, мерами борьбы с таким пучением могут служить: выбор соответствующих грунтов для засыпки пазух котлованов и отверстий, а также обработка заглубленных поверхностей фундаментов и опор водоотталкивающими составами.

Мероприятия по предотвращению морозного пучения и летних просадок дорожного полотна сводятся к следующему:

- 1) исключение миграции воды к фронту промерзания путем перекрытия капиллярного подъема воды;
- 2) отвод талых и подземных вод от полотна дороги посредством дренажа через кюветы, канавы, перепады, быстротоки и лотки;
- 3) устройство шлаковой подушки под дорожное полотно в качестве замены пучинистых грунтов основной площадки;
- 4) досыпка и укрепление конусов мостов после сезонных изменений контуров сооружений.

В дополнение к указанным мерам борьбы с морозным пучением грунтов целесообразно использовать метод противопучинной мелиорации [2], который включает в себя четыре группы мер:

- 1) механические (обработка, изменяющая состав и плотность грунтов);
- 2) теплофизические (изменение температурно-влажностного режима грунтов);
- 3) физико-химические (переработка грунтов: искусственное засоление грунтов, внесение неорганических соединений, электрохимическая обработка), они являются более эффективными;
- 4) комплексные (совокупность всех мер).

Кроме морозных пучин в дорожном строительстве не меньшей проблемой является образование наледей. Наледи создают затруднение при эксплуатации дорожного полотна и инфраструктуры дороги. Наледи воздействуют практически на все элементы верхнего строения пути. Образование льда между подкладками, пучинными карточками и шпалами приводит к неравномерному

поднятию рельсов [1]. Все виды наледей по происхождению делятся на поверхностные: речные, ключевые, грунтовые, наледи от таяния снега в зимний период; а также подземные: гидролакколиты и торфяные бугры пучения.

Наряду с природными факторами образования наледей существенную роль играют техногенные. Так, в районах Сибири и Дальнего Востока 50-80 % всех наледей возникает из-за того, что при строительстве земляного полотна автомобильных и железных дорог, мостов происходит уменьшение мощности утепляющего слоя грунтов или вскрытие подземных вод [1]. Так же устройство насыпей приводит к уплотнению грунтов основания, что в свою очередь приводит к уменьшению коэффициента фильтрации грунтов, и как следствие – возникновение преград для движения подземных вод.

Не менее важно уделить внимание в борьбе с наледью на малых искусственных сооружениях. Наледь на водопропускных трубах чаще всего появляется из-за перепадов температур в демисезонные периоды. Статичная вода скапливается и превращается в лед, образуя наледь. В статье [3] предлагаются следующие пути решения данной проблемы: химический (обработка труб химическими составами, которые приводят к оттаиванию), механический (углубление, спрямление и расчистка русел водотоков), также возможно изменить уклон трубы. Данные способы не являются экономически выгодным, поэтому самым эффективным методом авторы считают: применение новой методики расчета водопропускной способности на этапе проектирования, что будет способствовать снижению затрат на содержание сооружения.

Мероприятиями для устранения наледообразования являются:

- 1) перемещение трассы в обход наледных участков;
- 2) повышение уровня проезжей части;
- 3) уширение выемки;
- 4) устройство дренажа местности;
- 5) создание мерзлотных поясов;
- 6) противоналедное каптажное устройство;
- 7) возведение мерзлотных поясов поперек направления водного потока.

Кроме морозного пучения и наледообразования в районах Сибири, Дальнего Востока и Северных территорий возникает еще одна проблема в связи с колебаниями температуры. При сезонном повышении температуры деятельный слой грунта оттаивает и на дорогах могут появиться просадки. Чаще всего они возникают на участках с высотой пучения до 50 мм и под действием нагрузки на полотно дороги. Кроме этого, имеет место выпирание растаявшего переувлажненного грунта из основной площадки дорожного полотна. Для устранения таких последствий необходимо при строительстве использовать крупнообломочные грунты (щебень, гравий, галечник, крупнозернистый песок),

не загрязненные глинистыми частицами, так как глины, суглинки и супеси являются пучинистыми грунтами, они хорошо впитывают влагу.

В целях замедления распространения фронта промерзания-оттаивания можно использовать мох и торф, которые в сухом состоянии служат хорошими теплоизоляторами, а при насыщении влагой в мерзлом состоянии они способствуют понижению среднегодовой температуры на 1-3 °С, в связи с чем необходимо предусматривать мероприятия по отводу талых и грунтовых вод.

В борьбе с промерзанием и оттаиванием ММГ авторы патента [4] предлагают использовать полые теплоизоляционные плиты. Предполагается, что плита будет изготавливаться из полимерных материалов с циркулирующим в ней охладителем и трубками, сообщающимися с атмосферным воздухом. В зимний период происходит циркуляция холодного воздуха, а в летний – трубки закрываются заглушками, что способствует аккумуляции в полости плиты холодного атмосферного воздуха. Тем самым можно взять под контроль тепловые процессы грунта, что приведет к возведению термостойкого дорожного полотна.

Таким образом, при возведении автомобильных и железных дорог, а также сопутствующих сооружений важно управлять тепловыми процессами внутри грунта.

Список использованных источников

1 Инженерная геология для строителей железных дорог: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Д.И. Шульгин, В.Г. Гладков, А.Н. Никулин, В.А. Подвербный; под ред. Д.И. Шульгина, В.А. Подвербного. – М.: Желдор издат, 2002. – 514 с.

2 Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие. Москва: изд. «Высшая школа», 1973. – 448 с.

3 Меренцова Г. С., Медведев Н. В. Образование наледей и борьба с ними на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. №3. С. 7.

4 Патент 2777801 С1 Российская Федерация, МПК Е 01 С 3/06 (2006.01). Способ устройства основания при возведении термостойкого дорожного полотна на вечномерзлых грунтах и теплоизоляционная плита основания / Преснов О. М., Толочко О. Р; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет». №2022104104: заявл. 16.02.2022: опубл. 10.08.2015, Бюл. №22. 10 с.

СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ

В.А. Смертина

студент специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Ж. М. Мороз

канд. физ.-математ. наук, доцент, заведующий кафедрой «СЖД»

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

***Аннотация.** В этой статье изучаются современные системы безопасности, используемые на железнодорожных переездах в разных странах мира. Рассматриваются основные компоненты таких систем, такие как светофоры, шлагбаумы, звуковые сигналы, предупреждающие знаки и инновационные технологии. Основное внимание уделяется техническим аспектам и эффективности различных подходов, а также контекстным различиям в применении систем безопасности. Анализ собранных данных позволяет определить лучшие практики и тенденции в этой области, что может улучшить существующие системы и разработать новые решения для повышения уровня безопасности на железнодорожных переездах.*

***Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, железнодорожные переезды, безопасность, шлагбаумы, звуковые сигналы, эффективность, международные примеры.*

Железнодорожные переезды играют важную роль в транспортных сетях, обеспечивая пересечение путей поездов и автомобилей. Однако они также являются зонами повышенной опасности, где нарушение правил может привести к серьёзным авариям и травмам. В разных странах разрабатываются и внедряются различные системы безопасности для обеспечения безопасности на железнодорожных переездах.

Мы рассмотрим основные компоненты таких систем, включая светофоры, шлагбаумы, звуковые сигналы, предупреждающие знаки и инновационные технологии для предотвращения аварий. Примеры систем будут взяты из разных стран, что позволит изучить технические особенности и эффективность различных подходов к обеспечению безопасности на железнодорожных переездах. Анализ и обзор представленных данных помогут определить лучшие практики и тенденции в области безопасности на железнодорожных переездах, что может способствовать улучшению существующих систем и разработке новых решений для обеспечения безопасности пассажиров и участников дорожного движения.

Железнодорожные переезды представляют собой критически важные точки в транспортной инфраструктуре, где происходит пересечение железнодорожного и дорожного движения. Для обеспечения безопасности на этих переездах различные страны мира применяют разнообразные технологии и системы.

В данной статье мы рассмотрим несколько примеров современных систем безопасности, используемых на железнодорожных переездах. В различных странах применяются разнообразные технологии для обеспечения безопасности на железнодорожных переездах. Например, в Соединенных Штатах широко распространены системы светофоров и шлагбаумов. Светофоры предупреждают водителей о приближении поезда, а шлагбаумы блокируют проезд дороги перед поездом. В Великобритании много внимания уделяется автоматическим системам управления, использующим инфракрасные датчики для обнаружения транспортных средств на переезде. Каждая система безопасности на железнодорожных переездах имеет свой собственный комплекс защиты со своими плюсами и минусами.

В работе Ахмедзянов, Г. Г. Международные данные по безопасности движения на железнодорожных переездах / Г. Г. Ахмедзянов, Д. Н. Алексеичева, А. А. Дмитриев, К. Е. Деменюк.[1] был проведен анализ безопасности на железнодорожных переездах и железнодорожных переходах, где было выявлено: в США и странах Евросоюза наибольшие показатели безопасности. В то же время Россия и Турция имеет относительно низкие показатели. Это может связано с тем, что в этих странах происходит много дорожно-транспортных происшествий при относительно низком уровне развития дорожной и автомобильной инфраструктуры. Исходя из этих данных рассмотрим системы безопасности на примере стран Евросоюза и Соединённых Штатов Америки.

В Англии в рамках реконструкции магистрали Западного побережья в районе Ковентри вместо переездов построили путепроводы. Также продолжается кампания по закрытию переездов в Швеции. Это радикальное решение является дорогостоящим и поэтому не подходит для массового распространения. Поэтому компания Network Rail сохранит на железных дорогах Великобритании 8188 переездов.

Большая часть пересечений в одном уровне (около 6500) приходится на неохранные переезды, используемые для пропуска сельскохозяйственного транспорта, пешеходов и так далее. Однако и на охраняемых переездах происходят происшествия.

В Великобритании эксплуатируется около 1600 охраняемых переездов, ограждённых шлагбаумами половинной или полной длины и системами видеонаблюдения. В ближайшее время планируется модернизация переездов со

световыми сигналами, но без шлагбаумов. Таких переездов в Великобритании немного (140), но на них приходится до 20% риска возможных происшествий. В Нидерландах реализуется стратегия полного оснащения всех подобных переездов шлагбаумами, в Великобритании действующие нормы не допускают открытия новых переездов, ограждённых только световыми сигналами.

Охраняемые переезды на британских железных дорогах являются сложной структурой, интегрированной в систему сигнализации. Они должны защищать от поездов, приближающихся с любого направления по любому пути, и для этого на каждом из них используется не менее 6 рельсовых цепей, 8 изолированных стыков, 12 путевых педалей, 4 блока определения местоположения и около 5 км кабельной сети. Кроме того, такие переезды оснащены шлагбаумами с соответствующими приводными механизмами, мигающими сигнальными огнями и бетонными или резиновыми панелями дорожного покрытия для проезда через пути автомобильного транспорта.

Обычные переезды в Великобритании считаются относительно дорогими по сравнению с другими странами. В отличие от многих переездов на североамериканских железных дорогах, где стандартные элементы настила уложены поперёк пути и безопасность автомобилистов зависит от их внимания, британские переезды можно считать требующими чрезмерных затрат, но при этом заметно снижающими риск происшествий, особенно с учётом принятой в стране культуры поведения за рулём.

Если предположить, что предполагаемый срок службы аппаратуры сигнализации составляет около 30 лет, переоснащение 1600 переездов должно происходить со скоростью более 50 единиц в год, чтобы избежать отставания в реализации необходимых объёмов реконструкции. Однако Network Rail ежегодно реконструирует не более 12 переездов из-за высоких затрат. Поэтому задача заключается в поиске вариантов, требующих меньших затрат. Предлагаемые варианты улучшения безопасности на железнодорожных переездах включают использование предикторов, систем с радиосигналами, контроль со стороны Network Rail и панели дорожного покрытия.

Политика Американских железных дорог в отношении переездов включает два основных направления: сокращение количества переездов и повышение безопасности и снижение эксплуатационных расходов на оставшиеся переезды.

Однако ситуация с безопасностью остаётся напряжённой: с января по сентябрь 2001 года в результате ДТП на переездах погибло 690 человек. Несмотря на работающие проблесковые огни и шлагбаумы, половина аварий произошла именно на переездах.

Железные дороги первого класса реализуют программу обследования основных транспортных коридоров для выявления возможностей закрытия

переездов, их реконструкции или замены пересечениями в разных уровнях. Например, BNSF планирует обследовать 40 коридоров и закрыть от 15 до 25% переездов в течение трёх лет.

Рассмотрение каждого переезда как элемента комплексной транспортной системы повышает гибкость политики закрытия. Власти штатов и местные власти поддерживают закрытие или модернизацию переездов, предлагая альтернативные маршруты и улучшая сигнальные устройства и дорожное покрытие.

Большинство железных дорог продолжают закрывать переезды и модернизировать оборудование, используя современные технологии.

BNSF закрыла в 2001 году 470 переездов и планирует закрыть ещё 510 в 2002 году.

NS считает 2001 год успешным, планируя закрыть более 400 переездов к концу года, что больше, чем в 2000 и 1999 годах. В 2002 году конкретные цифры по закрытию переездов ещё неизвестны, но NS предполагает сохранить бюджет по переездам на уровне предыдущего года.

Kansas City Southern также концентрирует усилия на ликвидации переездов, планируя закрыть более 60 переездов в ближайшее время.

Малые железные дороги также активно работают над уменьшением числа переездов и повышением безопасности. Indiana Rail Road ликвидировала один переезд в Блумингтоне и планирует закрыть ещё несколько в 2002 году.

Однако малые железные дороги сталкиваются с противодействием местных властей, которые имеют другие приоритеты. Wisconsin & Southern Railroad сосредоточила усилия на повышении безопасности и завершила трёхлетнюю программу установки новой сигнализации на 451 переезде.

Железные дороги, которые не могут или не хотят закрывать переезды, улучшают системы сигнализации, ограждения и обслуживания переездов.

Компания Canadian National (CN) долгое время изучала влияние соли, используемой в северных регионах для удаления снега и льда с дорожного покрытия, на работу электронной сигнализации. В 2001 году она начала исследование новой системы напольных датчиков для предотвращения сбоев из-за погодных условий.

Компания Carmanah Technologies (провинция Британская Колумбия, Виктория) работает с железными дорогами над созданием новой системы переездной сигнализации для использования в Канаде. Корпорация завершила первый этап разработки национального стандарта светодиодной сигнализации, заключив контракт с компанией Transport Canada в 2001 году. Вместе с Transport Canada, железными дорогами CN и Canadian Pacific (CP) компания провела

испытания светодиодных сигнальных устройств пяти типов в сентябре 2001 года и планировала опубликовать окончательные рекомендации по этому вопросу.

Заключение

Важность качественных защитных и безопасных мер на железнодорожных переездах неоспорима, так как они обеспечивают безопасность всех участников дорожного движения. В разных странах существуют свои эффективные способы решения проблем с безопасностью на железнодорожных переездах, такие как оснащение переездами дополнительными устройствами и регулярное техническое обслуживание. Изучение опыта передовых стран и международных статистических баз данных может способствовать повышению безопасности на железнодорожных переездах.

Список использованных источников

1. Ахмедзянов, Г. Г. Международные данные по безопасности движения на железнодорожных переездах / Г. Г. Ахмедзянов, Д. Н. Алексейцева, А. А. Дмитриев, К. Е. Деменюк. — Текст : непосредственный//Молодой ученый.— 2023.—№40(487).—С.5-7.
2. Баранов, А. М. Повышение безопасности дорожного движения на нерегулируемых железнодорожных переездах / А. М. Баранов, А. В. Литвинов, А. Н. Зубарев. // Современные материалы, техника и технологии.—2018.— №6(21).—С.120–125.
3. «Network Rail Enhancing level crossing safety 2019-2029» режим доступа-[Network Rail – we run, look after and improve Britain's railway] (дата обращения 18.04.2024)

УДК 620.179.16

ГРНТИ 81.09.81

СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСКАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЕФЕКТОСКОПИИ РЕЛЬСОВ

И.Р. Петров

студент специальности 08.02.10

филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)

в г. Алатыре, г. Алатырь

Научный руководитель: А.Н. Букин

преподаватель спец. дисциплин

филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)

в г. Алатыре, г. Алатырь

Аннотация. Данная научно-исследовательская работа рассматривает различные искательные системы для мобильных средств неразрушающего контроля рельсов и производится их сравнение для определения наиболее эффективной из них.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, колесная искательная система, искательная система скольжения, пьезоэлектрические преобразователи, рельсы.

Колесная искательная система

Как отмечается в обзоре доктора технических наук А. А. Маркова [1] и в работе Б. Крокера [2], в колесной искательной системе применяются ультразвуковые НЭП, смонтированные в упругих полиуретановых колесах, заполненных иммерсионной жидкостью.

В колесной искательной системе применяются ультразвуковые НЭП, смонтированные в упругих полиуретановых колесах, заполненных иммерсионной жидкостью. В процессе работы ПЭП неподвижно размещены в колесе, а вращается только его упругая полиуретановая оболочка. Ультразвуковые колебания, проходя через иммерсионную жидкость (специальный раствор), через оболочку и тонкую пленку контактной жидкости вводятся в металл рельса под разными углами - $0, 37, 70^\circ$ или др.

Оболочка плотно прилегает к поверхности катания, в том числе при контроле рельсов со значительным износом головки. В зависимости от степени износа рельса, изменяя давление в колесе и силу его прижатия к рельсу, регулируется размер зоны поверхности катания, через которую вводится ультразвук. Это обеспечивает стабильный акустический контакт между колесом и рельсом.

В результате полное время пробега ультразвука из излучателя через рельс и обратно в приемник при использовании колесной системы в 2 раза больше, чем требуется для преобразователей, используемых в системе скольжения. Так как максимально реализуемая скорость сканирования связана с частотой посылок зондирующих импульсов, максимальная скорость контроля с помощью колесной искательной системы минимум в 2 раза меньше скорости контроля с применением системы скольжения.

Искательная система скольжения

Вариант искательной системы скольжения [3] содержит несущий узел и размещенный в его нижней части акустический узел, включающий блок ультразвуковых ПЭП, установленный с обеспечением возможности контактирования его рабочей поверхности с поверхностью катания головки рельса рисунок 1.

Секция «Транспортные системы»

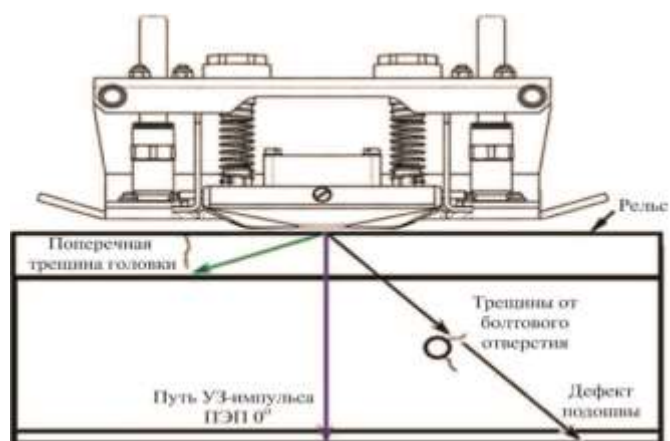


Рисунок 1 – Контроль системой скольжения

Искательная система скольжения включающая несколько блоков ультразвуковых ПЭП, установлена на вагонах-дефектоскопах типа «СПРИНТЕР» и высокоскоростных диагностических комплексах АО «Фирма ТВЕМА» и испытана на скоростях движения до 140 км/час в различных эксплуатационных условия. Высокую эксплуатационную эффективность искательного устройства. Пропуски дефектов рельсов не зафиксированы. Следящая система скольжения выполнена в виде подвесной центрирующей балки, закрепленной на двух параллелограммных механизмах, на концах которой размещены два силовых цилиндра подъема-опускания искательной системы рисунок 2.

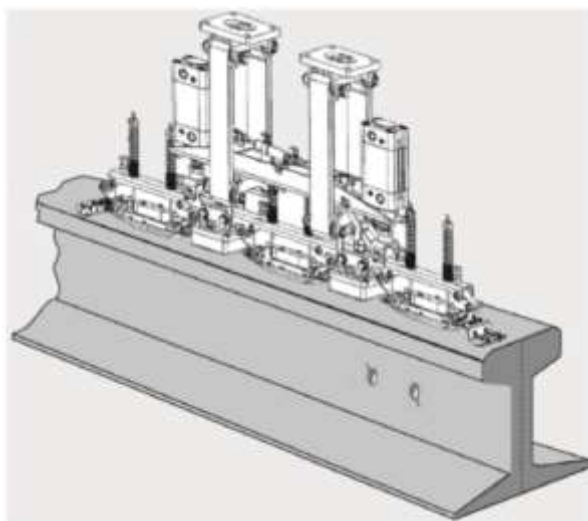


Рисунок 2 – Совмещенная система контроля рельсов

Важной функцией высокоскоростных систем неразрушающего контроля рельсов, является центрирование искательных систем. Для повышения эффективности работы автомотрисы была предложена бесконтактная магнитная центрирующая система (МЦС) рисунок 3. Преимуществами МЦС являются исключение механического контакта с рельсом, приводящего к снижению ее ресурса, минимизация зависимости точности центрирования от состояния

рабочей грани головки рельса (бокового износа), предотвращение нарушения акустического контакта и возможность повышения скорости контроля [4]. Магнитная центрирующая система была размещена непосредственно на одной из ходовых тележек, что позволило исключить специализированную дефектоскопную тележку.

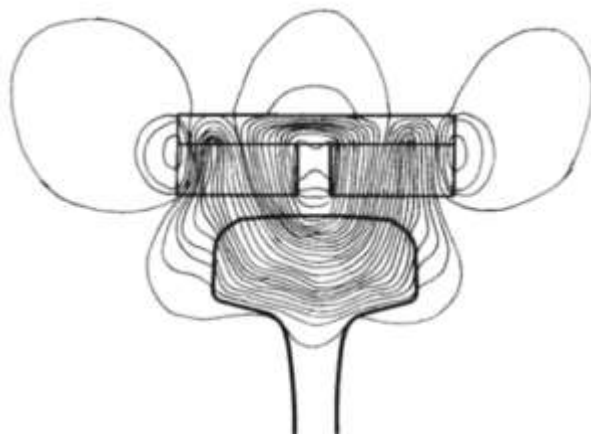


Рисунок 3 – Схема магнитных полей МЦС

Система бесконтактного измерения параметров пути предназначена для высокоскоростного измерения геометрических параметров рельсовой колеи, а также профиля рельсов бесконтактным способом. В работе изделия используются оптические датчики совместно с навигационной системой. Такая комбинация способна работать в одном сечении и проводить высокоточные измерения на скорости до 350 км/ч. Для борьбы с дождем, снегом, пылью и т.д. перед стеклами оптических профилометров под давлением подается предварительно очищенный воздух.

Сопоставление искательных систем

В пекинском метрополитене оборудования производства АО «Фирма ТВЕМА» с искательной системой скольжения эксплуатировалась автотриса производства фирмы Sperry, оснащенная колесной искательной системой.

Учитывая значительную задержку времени распространения упругих волн внутри колеса, приводит к увеличению периода излучения и приема упругих волн [5]. В следствие такие опасные и быстроразвивающиеся дефекты, как поперечные трещины подошвы рельса, не выявляются. Такое же ограничение накладывается на контроль головки.

Искательная система, работающая на принципе скольжения, включает акустический блок с расположенными в нем НЭП, возбуждающими продольные волны в протекторах, выполненных преимущественно из полимерного материала. Применение искательной системы скольжения на автотрисах производства АО «Фирма ТВЕМА», в том числе и в метрополитене Пекина, обеспечивает полное прозвучивание рельса, включая подошву рельса.

Для сравнения положение колесной и скользящей искательных систем в кривых участках пути с подуклонкой и на рельсе с износом доказано.

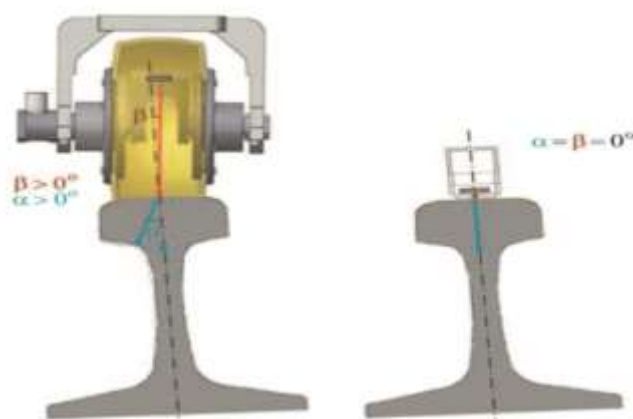


Рисунок 4 – Искательные системы при ультразвуковом контроле рельсов в кривом участке

При прохождении искательными системами кривых участков пути рисунок 4 угол падения для колесной системы на границу раздела след колесо - рельс отличен от нуля, соответственно угол преломления также изменяется, что приводит к отклонению акустической оси.

При ультразвуковом контроле рельсов с боковым износом рисунок 5 для колесных искательных систем также наблюдается нарушение условий ввода ультразвуковых колебаний, что приводит к отклонению ультразвукового луча в сторону боковой грани и его рассеянию в связи с переотражениями в рельсе. В этом случае применяется ручная регулировка углового положения колеса [6]. То же происходит при входе в кривую другого направления и выходе из нее. По этой причине для управления проездом автомотрисы, оборудованной колесной искательной системой, в обязанности одного из двух членов экипажа входит регулировка поперечного и углового положений искательных колес.

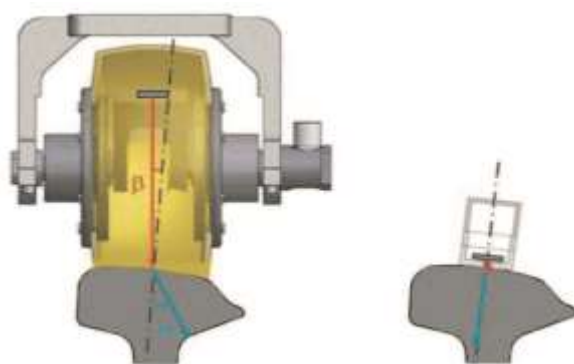


Рисунок 5 – Ультразвуковой контроль рельсов с износом

Наиболее совершенные средства автоматизированной коррекции наклона колеса при скорости 50 км/ч обеспечивают корректировку наклона с задержкой порядка 5... 10 м. Это приводит к тому, что при входе в каждую кривую и выходе

из нее неизбежно останутся непроконтролируемые участки пути. Введенный в действие в 2017 г. в КНР новый стандарт на дефектоскопную технику на базе моторных тележек включены особые требования к регулировке положения колесной искательной системы. К недостаткам колесной системы также относятся сложная конструкция, низкая ремонтпригодность, слабая защищенность при эксплуатации в условиях низких температур и механических воздействий, ограничения возможности эксплуатации на высоких скоростях, сложная юстировка и в целом сложность технического обслуживания.

Заключение

1. Одним из основных требований, предъявляемых к искательным системам, является сведение к минимуму влияния на работу блоков ультразвуковых пьезопреобразователей внешних факторов - особенностей строения рельсового пути (стрелочные переводы, кривые участки пути и др.), отклонения геометрических параметров рельсов от нормы внешних динамических факторов, состояния окружающей среды.

2. Выполнен сопоставительный анализ характеристик искательных систем вагонов-дефектоскопов и дефектоскопных автомотрис, предназначенных для скоростного ультразвукового контроля рельсового пути. Отмечается, что в практике применяются искательные системы двух типов колесная система и система скольжения.

3. Достоинством колесной искательной системы является стабильный акустический контакт между колесом и рельсом при условии параллельности оси колеса и поверхности ввода ультразвука - поверхности катания рельса в диапазоне скоростей сканирования до 60 км/ч.

4. К недостаткам колесной системы относятся: сложная конструкция, низкая ремонтпригодность, слабая защищенность при эксплуатации в условиях низких температур и механических воздействий, ограничения возможности эксплуатации на высоких скоростях, сложная юстировка и сложность технического обслуживания, необходимость ручной корректировки в режиме реального времени положения колесной искательной системы при прохождении кривых участков пути и рельсов с боковым износом головки.

5. Преимуществами искательной системы скольжения являются: снижение влияния колебаний климатических условий и конструктивных особенностей железнодорожного пути на результаты контроля, расширение номенклатуры выявляемых дефектов рельсов, повышение скорости контроля, в том числе при прохождении кривых участков нуги и стрелочных переводов, стабильность параметров контроля благодаря бесконтактной центрирующей системе.

Список использованных источников

- 1 Марков А.А. Зарубежные системы контроля рельсов. Зарубежная техника. Путь и путевое хозяйство. №9 2010. – 40 с.
- 2 Гурвич Б. П., Довнар В. Б. Неразрушающий контроль рельсов при их эксплуатации и ремонте. Москва: Транспорт, 2013.- 318 с.
- 3 Шур Е.А. Повреждения рельсов. Москва: Интекст, 2012. – 192 с.
- 4 Руководство по дефектоскопии рельсов мобильными средствами контроля. Учебное пособие. Барандис М.П. [и др.] Кишинев: S.n., 2015. -207 с.
- 5 Марков А.А., Шпагин Д.А. Регистрация и анализ сигналов ультразвукового контроля рельсов. Энциклопедия рельсовой дефектоскопии. Санкт Петербург: «Образование – Культура», 2023. – 230 с.
- 6 Лысюк В.С., Бугаенко В.М. Повреждения рельсов и их диагностика. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2018. – 638 с.

УДК 624.21/8

ГРНТИ 67.13.51

**ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ
И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

Е.С. Евдокимова

*Студент специальности 08.02.10,
филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)
в г. Алатыре, г. Алатырь*

Научный руководитель: А.И. Иванов

*Преподаватель,
филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)
в г. Алатыре, г. Алатырь*

Аннотация. *Статья посвящена изучению вопроса дефектов и разрушений на искусственных сооружениях. Представлен краткий обзор видов деформаций и разрушений. Приведены данные о ремонте искусственных сооружений.*

Ключевые слова: *дефекты, железобетонные искусственные сооружения, композитные материалы.*

Введение

На сети железных дорог в России за последние годы сложилась тяжёлая ситуация с состоянием железобетонных искусственных сооружений - мостов, путепроводов и т.д., возникшая в связи с частичным разрушением бетона и

коррозией арматуры в результате длительной эксплуатации без проведения эффективных профилактических и капитальных ремонтов. Исходя из этого, проблема ремонта и усиления железобетонных конструкций искусственных сооружений приобретает серьезное значение путевого хозяйства.

В данной работе я рассмотрела основные дефекты железобетонных искусственных сооружений, а также методы их устранения.

В ведомстве ОАО «РЖД» функционирует более 80 тысяч железобетонных сооружений разнообразных типов конструкций. Сведения о структуре и техническом состоянии этих сооружений извлекаются из базы данных «Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой ИССО» сокращённо ЕКАСУИ ИССО [1].

Цель проекта: Рассмотреть основные дефекты железобетонных искусственных сооружений, применяемые методы для их устранения и проблемы использования современных технологий.

Объект исследования: Методы устранения дефектов железобетонных искусственных сооружений.

Исходя из цели исследования, передомной стояла задача, рассмотреть основные дефекты железобетонных искусственных сооружений, методы их устранения, а также проблемы применения данных методов.

Основные дефекты железобетонных искусственных сооружений

Для того что бы определить подвижную нагрузку и условия пропуска поездов по железобетонным искусственным сооружениям, их классифицируют по грузоподъёмности, согласно требованиям правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [2].

При отступлении от технологий строительства таких сооружений, предусмотренных в проектах, часто приводит к разрушению конструкций. При эксплуатации железобетонных искусственных сооружений в экстремальных условиях, особенно в уровне переменного горизонта воды, неизбежны их повреждения, что зачастую приводит к ухудшению конструкций и опасности их дальнейшей эксплуатации.

К наиболее распространённым дефектам железобетонных опор мостов относятся:

- Пустоты в теле конструкции
- Разрушение бетона при воздействии низких температур
- Сколы бетона
- Выщелачивание бетона
- Трещины бетона
- Разрушение бетона в зоне омоноличивания

Способы устранения дефектов железобетонных искусственных сооружений

На сегодняшний день, увеличение прочности и устойчивости железобетонных конструкций является достаточно распространенной практикой в строительстве, которая позволяет значительно продлить срок эксплуатации элементов и сооружений в целом. Операции, которые направлены на повышение прочности и долговечности железобетонных конструкций, проводятся с целью улучшения их несущих характеристик и продления срока эксплуатации[3].

Одним из методов ремонта железобетонных конструкций является их усиление железобетонной обоймой. Но усиливать выгодно только бетонные фундаменты опор и пролётные строения мостов, так как их замена стоит значительно дороже. Наиболее часто разрушению железобетонных конструкций происходит в областях наиболее подверженных попеременному замораживанию и оттаиванию в таких местах интенсивно разрушается бетон.

Этот метод имеет ряд существенных недостатков:

- большая трудоемкость;
- увеличение веса и габаритов усиливаемой конструкции;
- необходимо проведение мероприятий по защите конструкции от агрессивного воздействия внешней среды;
- при производстве работ требуется большое количество оборудования – краны, мощные сварочные и сверлильные системы и пр. [4].

Альтернативным способом усиления или восстановления железобетонных конструкций является использование современных полимерных композиционных материалов. К таким материалам относятся:

- Мигрирующие ингибиторы коррозии арматуры;
- Специальные латексные эмульсии для надёжного сцепления со "старым" бетоном;
- Особо прочные полимерцементные составы для восстановления конструкций;
- Гидрофобные покрытия для защиты от агрессивного воздействия внешней среды.

Использование современных прогрессивных материалов и технологий их нанесения помогает предотвратить развитие разрушительных процессов, высокую прочность, водонепроницаемость, морозо и химическую стойкость отремонтированных конструкций.

Усиление железобетонных конструкций искусственных сооружений осуществляется путем внешнего армирования высокопрочными стекло- и углепластиковыми накладками. Армирующие накладки наносятся путем наклейки на отремонтированную поверхность нескольких слоев

композиционных материалов. При нанесении данных материалов используются специальные эпоксидные составы, которые обеспечивают надежное сцепление с основанием. В зависимости от количества наклеенных слоев углеродной ткани несущая способность конструкций может быть полностью восстановлена в изначальном объеме, либо существенно увеличена.

Заключение

Исходя из проделанной мною работы, я сделала вывод, что ремонт железобетонных искусственных сооружений композитными материалами во многом уступает стандартным методам.

Применение высокопрочных быстроотвердевающих полимерцементных смесей для ремонта железобетонных конструкций и углепластиковых материалов для их усиления позволяют проводить работы без вывода сооружений из эксплуатации, что особенно важно для объектов железнодорожного транспорта. Углепластиковые материалы обладают высокой прочностью (до 3500 МПа), коррозионной стойкостью, нет размерных ограничений по их применению, при выполнении работ не требуется какое то сложное оборудование и оснастка. Внешнее армирование может быть применено и для усиления строительных конструкций из дерева, кирпича, металла. Ещё к плюсам данного метода можно отнести то, что в некоторых случаях производство данных композитных материалов происходит из переработанного пластика, тем самым положительно влияя на экологию.

Но, несмотря на все плюсы данного метода, есть и ряд минусов, а именно: недостаточное количество специалистов, отсутствуют качественные учебные программы для подготовки квалифицированных кадров и, конечно же, цена – один из основных показателей в современном мире. При ремонте конструкций с применением композитных материалов итоговая стоимость конечного продукта может быть значительно выше, чем при использовании стандартных материалов. Надеюсь что в будущем, появится больше квалифицированных специалистов, а так же изобретут способы удешевляющие производство данных материалов, что позволит беспрепятственно их использовать, ведь преимущество данных материалов на лицо.

Список использованных источников

1. Об утверждении концепции развития систем диагностики и мониторинга объектов путевого хозяйства на период до 2025 года.: Распоряжение ОАО «РЖД» N 777р от 27 апреля 2016. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. ОАО "РЖД" скорректировало программу развития тяжеловесного движения. [Электронный ресурс]: интернет-журнал «Gudok.ru» / М. изд. дом

«ГУДОК». Режим доступа: <http://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1302199/> (дата обращения: 05.03.2024).

3. Ремонт мостовых сооружений: официальный сайт Penetron. – 2024.- URL: <https://penetron.ru/sushchestvuyushchie-konstruktsii/transport-infrastruktura/remont-mostovih-sooruzheniy> (дата обращения: 28.02.2024). - Текст: электронный.

4. Лаврентьева, В. Ю. Реконструкция мостов с использованием композитных материалов с целью повышения грузоподъемности / В. Ю. Лаврентьева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 20 (154). — С. 43-46. — URL: <https://moluch.ru/archive/154/43532/> (дата обращения: 13.03.2024).

УДК 656.085.5

ГРНТИ 73.29.17

**КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА БИОСФЕРУ**

К.В. Злобина

*студент специальности 08.02.10,
филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)
в г. Казани, г. Казань*

Научный руководитель: И.Ю. Крошечкина

*Доцент, канд. техн. наук., заведующий отделением, филиал Самарского государственного университета путей сообщения (СамГУПС)
в г. Казани, г. Казань*

Аннотация. В статье рассматривается экологическое состояние почвенных горизонтов предприятий железнодорожного транспорта и их территорий, а также степень токсичности элементов балластной призмы. Определена категория опасности отработанного балластного щебня на примере типичного для железнодорожной инфраструктуры участка. Предложены варианты по снижению загрязненности прилегающих к железной дороге территорий.

Ключевые слова: биотестирование, загрязнения, железнодорожный транспорт, фитотоксичность, водоотводные каналы, поверхностный сток

В настоящее время вопросы обеспечения экологической безопасности являются актуальными в любой отрасли, в том числе и транспортной. Железнодорожный транспорт, выполняя важные функции в развитии любого государства не может развиваться без взаимодействия объектов техносферы с

природными комплексами и социальной инфраструктурой. Это подтверждает тот факт, что в большинстве случаев, многопрофильные производства по обеспечению ритмичной работы железных дорог (производственные участки) являются градообразующими в системе крупных или малых городских поселений, а непосредственно транспортные магистрали затрагивают как природные, так и урбанизированные территории [5], их производственная деятельность оказывает прямое или косвенное воздействие на все объекты биосферы, в особенности почву.

Реализация основных задач железнодорожного транспорта в области обеспечения перевозки пассажиро- и грузопотоков невозможна без тягового и нетягового подвижного состава, а самое главное, без поддержания единиц данной транспортной техники в технически исправном состоянии. Согласно современным реформам, структурным реорганизациям и реализации политики кадровой оптимизации в ОАО «РЖД», участки по ремонту тягового и нетягового подвижного состава выделены в самостоятельные производственные единицы и аккумулированы по сети железных дорог на крупных транспортных узлах. При этом сохраняется ориентированность политики ОАО «РЖД» на создание достойного уровня экологической безопасности железнодорожных перевозок и сохранение экосистем [2,5].

Актуальность темы подтверждает тот факт, что в ОАО «РЖД» вопросам снижения негативного воздействия на природную среду уделяется значительное внимание. Так в «Экологической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2030 года» [2] сформировано 8 задач в области экологической безопасности, четыре из них имеют непосредственное отношение к деятельности участков по подготовке и обслуживанию подвижного состава. Необходимо отметить, что данные участки являются типичными для сети железных дорог РФ по видам и объемам производства, уровню и направлениям воздействия технологических операций на природные объекты биосферы.

Данная постановка проблемы позволила сформулировать цель исследования: провести экспериментально-теоретическое исследование уровня загрязнения отработанного балластного щебня, как элемента верхнего строения пути и почвенных горизонтов, прилегающих к железнодорожной магистрали и предложить рекомендации по снижению уровня миграции загрязняющих веществ с ливневыми водами в объекты биосферы.

Верхнее строение пути предназначено для направления движения подвижного состава, восприятия нагрузки от колес движущихся поездов и передачи ее нижнему строению пути (земляному полотну и искусственным сооружениям). Верхнее строение пути представляет собой комплексную конструкцию, элементы которой в зависимости от выполняемых ими функций и

необходимой несущей способности выполнены из разнородных материалов. К этим элементам верхнего строения пути относятся: стальные высокопрочные рельсы и стрелочные переводы, деревянные и железобетонные шпалы, мостовые и переводные брусья, металлические рельсовые скрепления, балластный слой [3].

Балластный слой – это слой сыпучих материалов (щебня, отходов асбестового производства, гравия, крупно- и среднезернистого песка, ракушки) в виде трапеции на основной площадке земляного полотна. На железных дорогах Российской Федерации в качестве материала для балластной призмы бесстыкового пути применяют щебеночный или асбестовый балласт. Асбестовый балласт по экологическим требованиям применять не рекомендуется. При усиленном капитальном и капитальном ремонтах пути в настоящее время асбестовый балласт заменяется на щебеночный.

Источниками загрязнения верхнего строения пути и прилегающих территорий является прежде всего непосредственно процесс эксплуатации тягового и нетягового подвижного состава, перевозимые грузы, естественные природные процессы, технологические процессы, связанные с обслуживанием железнодорожного пути и других объектов железнодорожной инфраструктуры.

Весомый вклад в уровень загрязнения придорожных территорий вносит система защиты от растительности пути и других объектов производственной инфраструктуры, реализуемая в настоящее время в ОАО «РЖД», особенно в аспекте значимости железнодорожного транспорта, выполняющего свыше 84% перевозок грузов обслуживающего свыше 940 тыс. га земельных участков полос отвода в границах сельскохозяйственных, лесных и других земель. Известно, что растительность, рост которой не регулируется, может ухудшить видимость пути, создать опасность пожара или произвести замыкание верховой контактной сети с соответствующими задержками поездов. При этом меры по предотвращению распространения вредоносной растительности должны обеспечивать выполнение требований Земельного и Лесного кодекса РФ, Федерального закона «О карантине растений» от 21.07.2014 № 206-ФЗ, а также Порядка установления и использования полос отвода и охранных зон железных дорог (утв. Постановлением Правительства РФ от 12.10.2006 г. № 611) и Правил противопожарного режима в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390) [5].

Проведенный анализ источников загрязнения верхнего слоения пути и прилегающих к нему почвенных горизонтов позволил определить основные направления исследования: определение токсичности, фитотоксичности и микробиологического загрязнения в тестируемых объектах. Отбор образцов проводили на типичном для ОАО «РЖД» двупутном участке железной дороги,

на котором осуществляется как пассажирское, так и грузовое движение на основе тепло и электротяги.

Оценка степени опасности загрязнения отработанного щебеночного балласта комплексом тяжелых металлов проводится по суммарному показателю загрязнения Z_c , который отражает дифференциацию загрязнения почвогрунтов городов [1], и соотносится с оценочной шкалой.

Более точно определить степень токсичности отходов позволяют методы биотестирования, так как они учитывают взаимное влияние всех компонентов отходов на тест культуру. В нашем случае редис [4]. Принцип методики заключается в оценке влияния водного экстракта тестируемого объекта на интенсивность прорастания семян. Исследования показали, что присутствие в балласте загрязнений подавляет рост и развитие растений и отрицательно сказывается на всхожести семян.

Определение микроорганизмов в отсеке отработанного балласта проводили с помощью специального справочника-определителя. Определитель Берджи [4] систематизирует все известные бактерии по нашедшим в практической бактериологии наибольшее распространение принципа идентификации бактерий, основанным на различиях в строении клеточной стенки и отношении к окраске по Граму.

При помощи стандартной колонки сит провели рассеивание 10 кг отработанного щебня на фракции с целью выделения мелких засорителей. Дальнейшие исследования проводили с фракцией менее 0,5 мм. При оценке степени опасности по показателю Z_c установлено, что отсек относится к категории чрезвычайно опасной ($Z_c = 168,4$).

Установлено, что фитотоксичность увеличивается по мере уменьшения фракции засорителя (таблица 1).

Анализ влияния загрязнений показал, что их присутствие в балластном слое в значительной мере ингибирует рост и развитие растений и отрицательно сказывается на всхожести семян и длине проростков.

Ранее было установлено, что твердые каменистые субстраты не являются местом колонизации микроорганизмов [7], поэтому наличие активных (жизнеспособных) форм микроорганизмов возможно лишь на биопленках, покрывающих такие объекты, либо на остатках органического вещества.

Таблица 1 – Фитотоксичность исходного и отработанного балластного щебня

Варианты в опыте	Число посеянных семян, шт.	Число проросших семян, шт.	Средняя длина проростков, мм	T, %
Водная вытяжка (исходный щебень)	30	20	10 ± 1,3	-

Секция «Транспортные системы»

Водная вытяжка (отработанный щебень менее 1 мм)	30	8	4,8 ±0,3	60
Водная вытяжка (отработанный щебень более 5 мм)	30	11	7,1±0,5	45

С другой стороны, малую численность колоний болезнетворных микроорганизмов можно объяснить присутствием в балластном слое тяжелых металлов, подавляющих жизнедеятельность микроорганизмов. Проведенный микробиологический анализ щебня менее 1 мм показывает присутствие патогенных и условно-патогенных бактерий, а также микроскопических грибов, которые способны вызывать ряд серьезных заболеваний у человека (результаты приведены на 1 г отсева щебеночного балласта).

В типовых конструкциях земляного полотна для отвода поверхностных вод предусмотрены водоотводные устройства и сооружения. При этом, наиболее распространенными для регулирования стока дождевых и талых вод являются водоотводные каналы и лотки (рисунок 1 в,г,д).

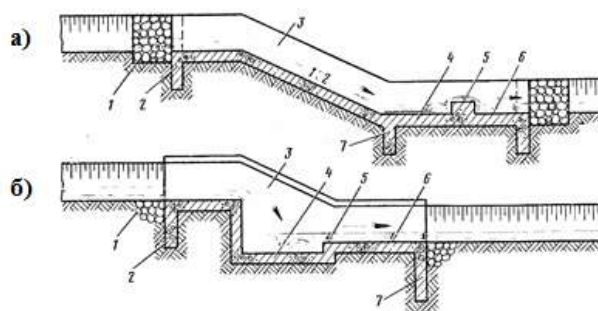
Таблица 2 – Микробиологические показатели отсева балластного щебня, фракции менее 1 мм

Показатели	Количество и видовой состав загрязнителя
Общее микробное число в 1 г (ОМЧ), кол.	40·10 ⁸
Количество бактерий, кол.	25·10 ⁸
Количество миксомицетов, кол.	2·10 ⁴
Виды микроскопических грибов	Fusarium, Aspergillus niger,
Виды патогенных бактерий	Представлены различными видами рода Bacillus
Виды условно – патогенных бактерий	Представлены бактериями группы кишечной палочки Escherichia coli - 7·10 ³

Их размеры определяют расчетом в зависимости от притока воды и водопоглощающих свойств грунта. На стыках этих участков, в местах наиболее крутых частей склона устраивают быстротоки, перепады, сбросы (рис. 1 а, б) [3].



в



Секция «Транспортные системы»



г



д

1 — мощение камнем; 2 — шпора у входа; 3 — боковые стенки; 4 — водобойный колодец; 5 — водобойная стенка; 6 — выходной лоток; 7 — шпора у выхода, а — бетонный быстроток; б — железобетонный перепад; в, г, д - варианты водосточных лотков

Рисунок 1 – Быстротоки и перепады [3]

При необходимости устройства уклона, на дне лотков укладывается бетон, создающий проектный уклон. Во избежание засорения дренажных лотков они закрываются крышками. Канавы и лотки в некоторых случаях дополнительно могут оснащаться устройствами быстроток и перепада. На выходе из быстроток и перепадов устраиваются гасители энергии быстротекущей воды и скорости ее течения в виде водобойных стен, колодцев и др. В большинстве случаев поверхностные стоки сбрасываются на рельеф местности без очистки.

Проведенные исследования уровня загрязнения балластного щебня и почвогрунтов позволяют предположить, что в составе поверхностного стока могут присутствовать химические соединения и микроорганизмы, что подтверждают исследования состава поверхностного стока с полотна железной дороги, проведенные в Самарском государственном архитектурно - строительном институте [6]. С целью защиты объектов биосферы и снижения степени воздействия железнодорожного пути на почву придорожных территорий, можно рекомендовать применение природных сорбентов, таких как бентонит, шунгит или глауконит в качестве дренажных материалов на выходе из водоотводных систем либо на дне сборных водоотводных колодцев.

Данные сорбенты имеют ряд преимуществ, значимыми из которых является то, что они относятся к группе природных материалов и обладают способностью внутрикристаллического набухания.

Так, бентониты относятся к группе различных по происхождению глинистых пород смектитового состава (сорбционная емкость $43,33 \pm 4,16$ мг·экв/100), шунгиты - к природным минералам, представляет собой породу, содержащую углерод (сорбционная емкость $68,88 \pm 6,81$ мг·экв/100), глауконит также является глинистым материалом обладающим сорбционной емкостью $45,00 \pm 4,37$ мг·экв/100.

Результативность применения данных сорбционных материалов для детоксикации загрязнений участков железнодорожного пути подтверждается

анализом широкого спектра исследовательских работ, в которых отмечена эффективность очистки стоков и почвенных горизонтов от нефтепродуктов, возможность их многократного использования, экологичность и экономическая эффективность [6,7].

Список использованных источников

1. Приказ МПР РФ от 15.06.2001 № 511 Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды. Доступ из справ. правовой системы «КонсультантПлюс»

2. Экологическая стратегия ОАО "РЖД" на период до 2020 года и перспективу до 2030 года /утверждена распоряжением ОАО "РЖД" от 22.06.2016 N 1227р. Доступ из справ. правовой системы «КонсультантПлюс»

3. Учебное пособие для студентов 2 курса МДК 03.01. Устройство железнодорожного пути / Л.А. Фомина. Волгоград: ВТЖТ – филиал ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – 205с.

4. Зубрев Н.И., Крошечкина И.Ю. Предотвращение химического и бактериального загрязнения полосы отвода железных дорог. - М.: ИНФРА-М, 2013. 146 с.

5. Транспортная экология и устойчивое развитие: учебник / Под ред. И В Карапетьянц и Е И Павлова. Москва: Учебно-методический центр образования на железнодорожном транспорте, 2019. - 370 с.

6. Горшкалев П.А. Комплексная система определения качественны и количественных показателей поверхностного стока с железнодорожных путей: автореферат дис. на соиск. учен.степ. канд.тех. наук: 05.23.04 / Сам. гос. арх.-строит. институт. Самара, 2010. 20 с.

7. Крошечкина И.Ю. Комплексная оценка загрязнений почвы полосы отвода железнодорожного транспорта и рекомендации по ее восстановлению: автореферат дис. на соиск. учен.степ. канд.тех. наук: 03.02.08 / МИИТ. Москва, 2013. 24 с.

УДК 625

ГРНТИ 73.29.11

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С НОВЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Е.В. Минсафина, А.С. Герасимов

студенты специальности 23.02.01,

*Курганский институт железнодорожного транспорта –
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г.
Кургане (КИЖТ УрГУПС), г. Курган*

Научный руководитель: Л.В. Чайка

преподаватель, Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане (КИЖТ УрГУПС), г. Курган

***Аннотация.** В данной статье мы рассматриваем возможности использования новых материалов в производстве и ремонте железнодорожного подвижного состава и элементов железнодорожной инфраструктуры, разнообразие видов полимеров и их конкурентоспособность в сравнении с «традиционными» материалами, плюсы использования композитных материалов и детали, которые можно из них изготовить. Расскажем о возможности сочетания синтетических материалов с совершенно разными материалами иного характера, о возможности замены полимерами материалов «прошлого поколения». Статья содержит конкретные примеры разработок зарубежных учёных и учёных нашей страны.*

***Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, железнодорожная инфраструктура, новые материалы.*

Начало 20 века. Первые опыты внедрения полимерных материалов на железнодорожном поприще. Быть может, у читателя уже возникли в голове картины невероятно сложных аппаратов, созданных из смеси плазмы и синтетических соединений, но нет, речь идёт о простых резиновых шлангах и уплотняющих прокладках, которыми стали оборудовать тормоза на самом обычном подвижном составе. Эти робкие шаги в итоге привели нас к инновационному будущему, которое разворачивается прямо сейчас. К примеру, сегодня вполне реально встретить поезд, вагоны которого как и самые дорогие спорткары сделаны из углепластика! Огромное множество материалов, на первый взгляд совершенно не приемлемых для железной дороги, позволяет постоянно повышать её конкурентоспособность.

Одними из таких материалов стали ранее упомянутые полимеры. Они обладают малой плотностью, повышенной прочностью, долговечностью и, конечно, - большой коррозионной стойкостью. Ко всему прочему, производство вагонов на основе полимеров облегчает их, удешевляет и гарантирует меньшие затраты на эксплуатацию. За безопасность использования данных материалов в нестандартных ситуациях можно не переживать: так, чтобы композиционные материалы отвечали всем требованиям пожарной безопасности, в них в качестве связующего вещества добавляют пожаростойкие полиэфирные и эпоксидные полимеры. Хочется отметить, что из данных материалов сделано практически всё, что находится внутри пассажирского вагона: от спальной полки до столика.

Не стоит также забывать, что полимерные материалы используются при производстве крыш, облицовки корпусов вагонов (тут преимущественно используют стеклопластик – материал со стеклянным волокном в составе) и даже при создании щебёночной балластной призмы на которую затем кладут шпалы и рельсы.

Углепластик (углеродное волокно) – ещё один материал, который мы отметили выше. Он также является композиционным неметаллическим материалом за которым, по словам учёных и инженеров, стоит будущее. Изделия из углепластика способны выдерживать сильную влажность и прочие невзгоды окружающей среды, что, несомненно, важно для железной дороги. Детали из углеродного волокна (как, в прочем, и из полимеров) помогают значительно снизить вес конечной конструкции. Так, один килограмм материала, армированного углеродным волокном, способен заменить три килограмма стали в конструкции. Это влечёт за собой увеличение скорости, а также снижение энергетических затрат на перевозку пассажиров и грузов. Два года назад в университете Хаддерсфилда на испытательной установке HAROLD был протестирован прототип вагонной тележки, сделанной преимущественно из композитного материала на основе углеродного волокна. Пониженный вес образца показал, что энергии на приведение его в движение требуется существенно меньше.

Если же брать во внимание не сам подвижной состав, а инфраструктуру железной дороги в целом, то удачным примером использования углепластика станет опытный проект наших специалистов, реализованный на участке Адлер-Туапсе в нулевых годах этого столетия. ОАО «РЖД» совместно с учёными МГУПСа создали волноотбойную стенку для защиты железнодорожного пути от морской воды при волнах до 8 баллов на выше указанном участке. Что примечательно, время на возведение подобных сооружений удалось сократить в 2-3 раза, а прирост в сроке службы составил 70-100 лет.

Конечно, результаты применения новых материалов на железной дороге уже имеют достаточный успех, но на этом учёные не останавливаются. Довольно сложно создавать совершенно новые материалы, который до этого не было в природе и производстве – проще совместить два имеющихся. Именно это и сделали китайские инженеры в разработке сверхскоростных поездов. Лёгкие и прочные сэндвич-материалы на основе пенопластов Divinycell обладают хорошей устойчивостью к усталости и легче поддаются машинной обработке (причём, они гладкие и, по сути, не всегда нуждаются в этой самой обработке). Пенопласты Divinycell пришли на замену сотовым полимерным материалам и отлично сочетаются с стеклопластиком, алюминием и даже деревом. Из них изготавливаются внутренние компоненты, а также наружные изделия – в том

числе крыши. На вид, данные материал почти неотличимы от привычной нам окрашенной стали. В этом вы можете убедиться посмотрев на рисунок 1.



Рисунок 1 – Поезд, компоненты которого созданы на основе пенопласта Divinycell

Технический прогресс никогда не стоит на месте. С каждым годом наши средства передвижения становятся всё более быстрыми и комфортными и не всегда то, из чего ранее производили основные детали и конструкции может неизменно подстраиваться под новые реалии. Может быть, когда-нибудь железная дорога полностью откажется от использования стали, железа и прочих материалов которые стояли у её истоков.

Список использованных источников

1 Фёдорова Н.А. «Применение полимерных материалов на железной дороге». Международный педагогический портал, 2020. URL: https://solncesvet.ru/conf_cat/nauka21vek/primenenie-polimernyh-materialov-na-jeleznoy-doroge.126313/

2 «Мост из углепластика». Газета «Гудок», выпуск от 03.03.2010. URL: <https://gudok.ru/newspaper/amp/?ID=696578&archive=2010.03.03>

3 «Переработанное углеродное волокно на железных дорогах». Coatings Today 2020. URL: <https://coatings-today.com/pererabotannoe-uglerodnoe-volokno-na-zheleznyh-dorogah/>

4 «Применение углеродного волокна на железнодорожном транспорте». Tasuns 2020. URL: <https://ru.custom-composite.com/info/the-application-of-carbon-fiber-in-rail-transi-45656517.html>

5 «Использование сэндвич-материалов DIAB на железнодорожном транспорте». Композитный мир 2021. URL: <https://compositeworld.ru/articles/app/id6052659af93b950012bc00bd>

6 «Полимерные материалы на зарубежных ЖД – полимерные материалы в устройстве пути и сооружений». Lokomo.ru. URL: <https://lokomо.ru/podvizhnoy-sostav/polimernye-materialy-na-zarubezhnyh-zhd/Page-36.html>

УДК 624.15:37

ГРНТИ 67.11.29

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

А.Д. Дорошко

студент специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: О.М. Преснов

канд. техн. наук, доцент,

Сибирский федеральный университет, (СФУ), г. Красноярск

Аннотация. Реконструкция зданий является актуальной темой в сфере строительства и архитектуры. Основания и фундаменты зданий играют ключевую роль в успешной реализации проекта реконструкции. Данный исследовательский обзор направлен на изучение основных аспектов проектирования и укрепления оснований при реконструкции зданий. В работе рассматриваются различные методы и технологии, используемые для укрепления фундаментов, а также примеры успешных кейсов из практики. Особое внимание уделяется выбору оптимальных материалов и конструкций для обеспечения надежности и долговечности оснований зданий. Результаты исследования могут быть полезны как для специалистов в области строительства, так и для заказчиков, планирующих провести реконструкцию здания с учетом оснований и фундаментов.

Ключевые слова: реконструкция; основания; фундаменты; укрепление; методы; надежность.

При реконструкции зданий основания и фундаменты играют ключевую роль в обеспечении надежности и устойчивости сооружения. Они служат основой для всей конструкции здания, переносят нагрузки от строительных элементов и

обеспечивают его устойчивость к внешним воздействиям. В процессе реконструкции зданий особое внимание уделяется состоянию и качеству оснований и фундаментов, поскольку их состояние может существенно повлиять на долговечность и безопасность здания.

Основания здания – это часть земной поверхности, на которую передаются нагрузки от строительных конструкций. Они могут быть естественными (например, грунт) или искусственными (например, сваи). Фундаменты же представляют собой часть конструкции, которая обеспечивает равномерное распределение нагрузок от здания на основания и предотвращает деформации и разрушения.

При реконструкции зданий основания и фундаменты могут подвергаться изменениям в связи с модернизацией или увеличением нагрузок на здание. Это требует проведения специальных инженерных расчетов, выбора оптимальных методов укрепления и модернизации оснований и фундаментов, а также контроля качества выполнения работ. Надежность оснований и фундаментов является одним из важнейших аспектов безопасности и долговечности здания, поэтому необходимо уделить этому вопросу особое внимание при проведении реконструкции.

Основная часть. Основания и фундаменты здания являются одним из самых важных элементов, определяющих его надежность и долговечность. При реконструкции здания необходимо уделить особое внимание основаниям и фундаментам, поскольку любые недочеты или ошибки в их проектировании и строительстве могут привести к серьезным проблемам в будущем.

Основания здания выполняют следующие функции:

1. Передача нагрузок от здания на грунт. Основания должны быть спроектированы таким образом, чтобы равномерно распределять нагрузку от здания на грунт и предотвращать его деформации и осадку [1].

2. Предотвращение деформаций здания. Правильно выбранные и сконструированные основания позволяют предотвратить деформации здания при воздействии различных нагрузок [2].

3. Защита от действия внешних воздействий. Основания должны обеспечивать защиту здания от различных природных и человеческих воздействий, таких как землетрясения, наводнения, вибрации от транспорта и прочее [3].

Фундаменты здания выполняют следующие функции:

1. Поддержание оснований и всего здания. Фундаменты служат основой для установки оснований здания и обеспечивают им необходимую жесткость и устойчивость [3].

2. Распределение нагрузок от здания на основания. Фундаменты должны равномерно распределять нагрузки от здания на основания и грунт, предотвращая их деформацию и разрушение [1].

3. Защита от влаги и грунтовых вод. Фундаменты должны обеспечивать защиту здания от воздействия влаги и грунтовых вод, чтобы предотвратить разрушение строения [1].

При реконструкции зданий необходимо провести тщательный осмотр оснований и фундаментов, чтобы определить их состояние и необходимость проведения ремонтных работ [2]. В случае обнаружения дефектов или повреждений оснований и фундаментов их необходимо немедленно устранить, чтобы обеспечить надежность и долговечность здания.

При реконструкции зданий часто возникает необходимость укрепления и модернизации оснований и фундаментов. Это может быть связано с изменением нагрузок на здание, возрастом конструкций, изменением грунтовых условий и другими факторами. Укрепление и модернизация оснований и фундаментов является важным этапом при реконструкции здания, поскольку от этого зависит его долговечность и безопасность.

Существует несколько методов укрепления и модернизации оснований и фундаментов, которые могут быть применены в различных ситуациях. Одним из самых распространенных методов является усиление фундамента за счет добавления дополнительных опорных элементов, таких как сваи или блоков [4]. Это позволяет увеличить несущую способность фундамента и обеспечить равномерное распределение нагрузок.

Другим методом укрепления и модернизации оснований и фундаментов является использование специальных композитных материалов, таких как стеклопластик или базальтопластик [5]. Эти материалы обладают высокой прочностью и устойчивостью к воздействию окружающей среды, что делает их идеальным выбором для укрепления фундаментов.

Также существуют методы укрепления грунта под фундаментом, такие как инъекционное упрочнение или георешетки [6]. Эти методы позволяют улучшить несущие свойства грунта и предотвратить его оседание, что важно для сохранения стабильности здания.

Кроме того, при реконструкции можно использовать методы укрепления и модернизации фундаментов с применением инновационных технологий, таких как грунтовые анкеры или микропайки. Эти методы позволяют значительно увеличить надежность и прочность фундаментов при минимальных затратах и временных затратах.

В заключение, укрепление и модернизация оснований и фундаментов является важным этапом при реконструкции зданий. Выбор метода укрепления

зависит от конкретной ситуации и требует комплексного подхода. Применение современных материалов и технологий позволяет повысить надежность и долговечность здания, обеспечивая его безопасность и стабильность.

Выводы. В процессе реконструкции зданий основания и фундаменты играют важнейшую роль, поскольку они являются основой, на которой держится вся конструкция здания. Правильная оценка состояния и укрепление оснований и фундаментов необходимы для обеспечения надежности, устойчивости и долговечности здания после проведения реконструкции.

Методы укрепления и модернизации оснований и фундаментов при реконструкции разнообразны и могут быть выбраны в зависимости от конкретных условий и требований. От классических методов укрепления бетонных конструкций до применения новейших материалов и технологий - инженеры имеют широкий спектр возможностей для обеспечения безопасности и долговечности оснований и фундаментов здания.

Важно помнить, что основания и фундаменты здания являются ключевыми элементами его структуры, и любые изменения в них должны быть осуществлены с особой тщательностью и профессионализмом. Правильное укрепление и модернизация оснований и фундаментов в процессе реконструкции позволяют не только сохранить целостность здания, но и повысить его надежность и устойчивость на долгие годы.

Список использованных источников

1. Строительные нормы и правила СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты (утв. постановлением Госстроя СССР от 4 декабря 1987 г. N 280). Доступ из электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»
2. В. Е. Бородав, Основы реконструкции и реставрации. Реконструкция зданий и сооружений в 2 ч.: учебное пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ. Ч. 2: Инженерно-технические, конструктивные и строительно-монтажные вопросы реконструкции, 2017 г., 247 с.
3. Богословский Ю. К. Укрепление фундаментов зданий. М.: Инженерное дело, 2005, 442 с.
4. Гурков В. Г. Методы модернизации конструкций зданий. СПб.: Издательство Наука, 2010, 288 с.
5. Савельев П. Н. Укрепление оснований при реконструкции зданий. М.: Стройиздат, 2012, 205 с.
6. Федосеев А.С. Основания и фундаменты зданий. М.: Стройиздат, 2000, 126 с.

**ШПАЛЫ С УВЕЛИЧЕННОЙ ПЛОЩАДЬЮ ОПИРАНИЯ: ОСОБЕННОСТИ
КОНСТРУКЦИИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

Пятков Д. А., Спирюхов В. В.

Студенты специальности 23.05.06,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Научный руководитель: Мороз Ж.М.

Канд. физ.-математ. наук, доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация: Шпалы с увеличенной площадью опирания представляют собой инновационное решение для железнодорожного транспорта. Их использование позволит повысить стабильность пути, снизить износ материалов и улучшить экологические показатели железных дорог.

Ключевые слова: Шпала, нагрузка, верхнее строение пути, материал, железная дорога.

В настоящее время железные дороги продолжают развиваться и совершенствоваться для обеспечения более быстрой, безопасной и надежной перевозки пассажиров и грузов. Согласно программе научно-технического развития ОАО «РЖД» 2023 года одним из ключевых проектов такого развития, касающиеся инфраструктуры, является использование шпал с увеличенной площадью опирания.

В данной статье рассматриваются особенности таких шпал на примере Ш1–02, их преимущества, а также перспективы использования. Шпалы – это основной элемент верхнего строения пути, на который укладывается рельсошпальная решетка. Говоря об особенностях конструкции шпал с увеличенной площадью опирания необходимо отметить, что данные шпалы имеют большую опорную поверхность, которая позволяет распределить нагрузку от рельсов на большую площадь и уменьшить давление на балластный слой. Эта особенность позволяет обеспечивать стабильность положения рельсовой колеи и снижать вероятность возникновения деформаций. Чтобы повысить сопротивление сдвигу шпалы применяют разные способы: увеличение массы и опорной площади; повышение шероховатости нижней поверхности; увеличение площади торцов; устройство сбоку выступов или углублений и другие.

Преимуществом использования шпал с увеличенной площадью опирания является увеличение стабильности пути. Необходимо отметить, что шпалы с увеличенной площадью опирания обеспечивают лучшую стабильность пути за

счет равномерного распределения нагрузки на большую площадь. Это снижает вероятность возникновения деформаций, связанных с сезонными колебаниями температуры и влажности. Также большую роль играет и тот факт, что уменьшается износ материалов. За счет уменьшения давления на балласт, шпалы с увеличенной площадью опирания способствуют снижению износа материалов, что в свою очередь ведет к уменьшению затрат на техническое обслуживание пути и увеличению его срока службы. Эффект улучшения экологии также оказывает существенное влияние на необходимость разработки и внедрения данных изделий. Так за счет снижения износа материалов и уменьшения нагрузки на балласт снижается загрязнение окружающей среды, что является важным фактором для сохранения экологии.

Ниже на рисунке 1 представлена зависимость сдвига шпал в балласте от силы сопротивления P для пяти вариантов нахождения шпалы в балласте .



Рисунок 1 – Зависимость сдвига шпал в балласте S от силы сопротивления P , где:

- 1 – Ш1-02, полная балластная призма, 2 – то же, свободные торцы,
3 – ШЗ, полная балластная призма, 4 – то же, свободные торцы

Из зависимостей, представленных на рисунке 1 видно, что при полной балластной призме шпала Ш1-02 имеет в 2 раза больше силу сопротивления по сравнению со шпалой ШЗ, при одинаковом сдвиге шпалы в балластной призме. Также, можно сказать и про случай, когда концы шпал не засыпаны балластом, сила сопротивления шпалы Ш1-02 в 1,5 раза больше, чем у шпалы ШЗ. В общем и целом, данный график показывает перспективу применения и преимущества шпалы Ш1-02 по сравнению с ШЗ.

На сегодняшний день шпалы с увеличенной площадью опирания уже успешно используются на многих железных дорогах мира. Они применяются на

высокоскоростных и тяжеловесных магистральных, где особенно важно обеспечить стабильность пути и снижение износа материалов.

Таким образом, шпалы с увеличенной площадью опирания представляют собой инновационное решение для железнодорожного транспорта. Их использование позволит повысить стабильность пути, снизить износ материалов и улучшить экологические показатели железных дорог. В связи с этим, можно ожидать, что данная технология будет активно развиваться и применяться на железных дорогах в будущем. Также исходя из описания графика можно сделать несколько выводов:

- так как шпала Ш1-02 имеет большую силу сопротивления, а значит путь будет более устойчивым, и работникам ОАО «РЖД» придется намного реже делать разгонку и регулировку стыковых зазоров;

- шпала Ш1-02 имеет увеличенную площадь опирания, а значит увеличатся размеры шпалы, вследствие чего уменьшится эпюра шпал. Это положительно повлияет на затраты ОАО «РЖД» на строительные материалы.

Список использованных источников

1. БЭТ бетонные элементы транспорта : сайт. – URL: https://www.beteltrans.ru/info-splak/info-splak_714.html

2. Добшиц Л.М., Варвянский Р.И. Разрушение железобетонных шпал и основные причины их вызывающие // Инновации и инвестиции. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrushenie-zhelezobetonnih-shpal-i-osnovnyie-prichiny-ih-vyzyvayuschie>

3. Джумагалиева, А. А. Полимерные шпалы на железных дорогах мира / А. А. Джумагалиева, Д. И. Галлямов // Проблемы безопасности на транспорте : Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги. В 2-х частях, Гомель, 24–25 ноября 2022 года / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко. Том Часть 1. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2022. – С. 315-316. – EDN VJEEOG.

4. Гладунова, О. И. Композитные шпалы. Проблемы и перспективы / О. И. Гладунова // Композитный мир. – 2019. – № 3(84). – С. 48-57. – EDN COLLCT.

5. Мороз, Ж. М. Технология интервального регулирования движением поездов «виртуальная» сцепка, как элемент концепции цифровой железной дороги / Ж. М. Мороз, А. И. Васекин // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КРИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах, Красноярск, 28–30 октября 2021 года / Редколлегия: В.А Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 2. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 222-225. – EDN RYKLNK.

6. Мороз, Ж. М. Применение новых материалов в инфраструктуре железных дорог / Ж. М. Мороз, А. В. Черниченко // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXVII Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 03 ноября 2023 года. – Красноярск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 133-136. – EDN PUTMYL.

7. Объемная георешетка - укрепление старого балласта / Ж. М. Мороз, А. Н. Жестовский, С. Якимовец [и др.] // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Труды XXV Всероссийской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. В 2-х томах, Красноярск, 28–30 октября 2021 года / Редколлегия: В.А Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Том 2. – Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 216-222. – EDN HUEPIT.

8. Кондратюк, В. А. Исследование и разработка технологии получения композиционных железнодорожных шпал / В. А. Кондратюк, В. Н. Петров, И. В. Воскобойников // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2012. – № 8. – С. 141-145. – EDN PEUWDF.

УДК 656.22:37

ГРНТИ 73.29.11

**СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ
ОЧАГОВ РАЗРУШЕНИЙ НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Л.А. Иванова

канд. техн. наук., доцент,

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, г. Красноярск

Аннотация. Целью данной работы является исследования применения современных материалов повышенной надежности и долговечности, для локализации очагов разрушений при ремонте мостовых сооружений.

Ключевые слова: мостовые сооружения, современные материалы, дефекты, разрушения долговечность, надежность, прочность.

Мостовые сооружения в процессе эксплуатации подвергаются многократным статическим и динамическим воздействиям транспортных средств и значительному воздействию влажностного и температурного режима. Эти воздействия приводят к образованию большого количества разнообразных дефектов, вызванные деградационными процессами, механическим и химическим воздействием в период эксплуатации (силовые, усталостные трещины, сколы, выколы, расслоения, коррозия коррозионное растрескивание, протечки, выщелачивание, карбонизация бетона, повышенное содержание хлоридов в бетоне, повреждение антикоррозийного покрытия, размывы, просадки и др.).

Дефектом считают каждое отдельное несоответствие в мостовом сооружении установленным требованиям нормативно-технической или конструкторской (проектной) документации.

При классификации дефектов и оценке технического состояния мостовое сооружение рассматривают как сложный технический объект, состоящий из нескольких систем (конструкций), каждая из которых представляет собой совокупность элементов, конструктивно или функционально объединенных для выполнения некоторых требуемых функций [1]. Конструкции мостового сооружения разделяют на основные конструкции и неосновные. К основным конструкциям мостового сооружения относят мостовое полотно, пролетные строения, опорные части, опоры с их фундаментной частью и сопряжения мостового сооружения с подходами. При этом пролетные строения, опорные части, опоры, являются основными несущими конструкциями, воспринимающими усилия от постоянных и временных нагрузок.

К неосновным (вспомогательным) конструкциям мостового сооружения относят конструкции системы водоотвода, эксплуатационные обустройства, устройства для прокладки коммуникаций, защитные системы регуляционные сооружения, ледорезы, укрепления, антисейсмические обустройства, очистные сооружения и прочие системы.

Своевременная локализация очагов разрушения в процессе эксплуатации мостового сооружения является обязательным условием обеспечения надежности и долговечности конструкций [2]. Для качественного ремонта мостовых сооружений необходимо подобрать правильный ремонтный состав, который обладает высокой адгезией, устойчив к циклам замораживания и оттаивания, устойчив к коррозии, и имеет высокие прочностные характеристики. Способность этих материалов должна образовывать между собой прочное и надежное монолитное соединение, выдерживающее все усилия и напряжения, вызываемые эксплуатационными нагрузками.

В настоящее время одним из основных материалов, применяемых в строительстве, является бетон и как его производное — железобетон. Во время своей эксплуатации конструкции, выполненные с применением данного материала, подвергаются воздействию окружающей среды, а также постоянно возрастающих нагрузок. В связи с этим через некоторое время возникает необходимость их ремонта.

Широкие перспективы в этой области имеет технологическое направление с применением сухих строительных смесей заводской готовности.

Сегодня в России выпускается широкая номенклатура сухих смесей, используемых при строительстве и содержании мостовых сооружений.

Ремонтные смеси подразделяются на поверхностные и инъекционные. Поверхностные смеси применяются для восстановления геометрических и эксплуатационных показателей, путем поверхностной обработки конструкций, инъекционные, для устранения внутренних дефектов путем кольматации поровой и дефектной структуры.

Сухие строительные растворные смеси производятся на специализированных заводах, где минеральные вяжущие, заполнители и соответствующие добавки проходят процесс глубокого перемешивания.

Перечень строительных составов из сухих смесей, применяемых для ремонта мостовых сооружений постоянно увеличивается.

Промышленным выпуском сухих строительных смесей на основе собственных разработок и технологий занимаются российские компании

«Кальматрон», «Пальмира», «Альфа», «Siko» и т.д.

Сухие строительные смеси заводского приготовления доставляются на строительную площадку в упакованном виде (бункер, мешки). На строительной площадке производится только затворение сухих строительных смесей водой и использование их по назначению. Это позволит отказаться от традиционных составов рекомендованные нормативами и существенно расширить спектр технологий сухих строительных смесей, для ремонта и восстановления мостовых сооружений.

Такой состав, при затворении водой, позволяет приготовить безусадочную, пластичную, не расслаивающуюся растворную смесь с высокой водоудерживающей способностью и удобоукладываемостью при низком содержании воды затворения [3].

Современность ремонтных составов из сухих строительных смесей заключается том, что они обеспечивают прочное сцепление со старым бетоном, обладают высокой водонепроницаемостью и морозостойкостью, пониженной трещиностойкостью. Такой состав устойчив к воздействию агрессивных сред, содержащих сульфаты, сульфиды и хлориды, удобен в работе и экологически

безопасен. Требования к ремонтным смесям для объектов транспортного назначения приведены в [4] и таблице 1.

Таблица 1 – Требования к ремонтным смесям для объектов транспортного назначения

Назначение	Требования к основным показателям ремонтных смесей
Ремонт повреждений бетона, связанных с восстановлением защитного слоя бетона, разрушенного в результате коррозии арматуры или в процессе бетонирования конструкции (щебенистость, недостаточный защитный слой, непроработанный бетон, стыки бетонирования, полости), а также сколы и раковины.	Прочность сцепления с существующим бетоном на 28 сутки не ниже 2,5 МПа и не ниже 2,0 МПа после испытаний на циклическое воздействие знакопеременных температур применительно к бетонам дорожных и аэродромных покрытий для марки F 300; прочность на сжатие через 24 ч не ниже класса В 15 и на 28 сутки не ниже класса В 40; прочность на растяжение при изгибе через 24 ч не ниже 4 МПа и на 28 суток не ниже 8 МПа; морозостойкость не ниже марки F 300 применительно к бетонам дорожных и аэродромных покрытий; водонепроницаемость не ниже W 10.

Физико-механические свойства смесей разных производителей, для ремонта бетонных и железобетонных конструкций представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства смесей разных производителей, для ремонта бетонных и железобетонных конструкций

Наименование показателя	Требования к основным показателям ремонтных смесей [4]	Производители ремонтных составов из сухих строительных смесей			
		Рекс	Siko	Пенетрон	Эмако
Предел прочности сцепления с бетонным основанием в возрасте 28 суток не менее, МПа	2,5	2,5	2,5	2,5	4
Предел прочности на сжатие не менее, МПа в возрасте 24 часов	B15 B40		30	40	30

Секция «Транспортные системы»

в возрасте 28 суток		B30 B60	55	70,4	55
Предел прочности при изгибе не менее, МПа					
в возрасте 24 часов	4	5	10	10	10
в возрасте 28 суток	8	8	15	13.4	15
Марка морозостойкости не ниже	F300	F400	F300	F400	F300
Марка водонепроницаемости не ниже	W 10	W16	W20	W20	W20

Вывод: Как показывают представленные данные в таблице, сухие строительные смеси имеют ряд существенных преимуществ над нормативными ремонтными составами, высокую подвижность, низкое водоцементное отношение, отсутствие водоотделения, высокую компенсацию усадки в процессе твердения, что позволяет эффективно применять такие составы для быстрого и долговечного ремонта, восстановления несущей способности бетонных и железобетонных конструкций.

Список использованных источников

1 Бокарев С.А., Засухин И.В. К вопросу о долговечности массивных опор мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 5. С.185-197.

2 ОДМ 218.4.001-2008 Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Утвержден и введен в действие Распоряжением Росавтодора от 11.06.2008 № 219-р: введен впервые: дата введения 11.06.2008 / разработан Государственным Образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ). – Москва: - 75 с.

3 Горегляд, С. Ю. Использование модифицирующих добавок при производстве сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2001. №8. С.28-29.

4 СП46.13330. 2012 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-9. Утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635: дата введения 01.01.2013 / разработан - ОАО ЦНИИС. – Москва: Стандартиформ, 2018. -141 с.

Научное издание

МОЛОДЁЖНАЯ НАУКА

Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции
КрИЖТ ИрГУПС (г. Красноярск, 25.04.2024 г.)

ТОМ 1

Секция «Транспортные системы»
Секция «Инфраструктура железных дорог»»

Редакционная коллегия

Вячеслав Александрович ПОМОРЦЕВ (отв. ред.);
Алексей Романович ХРИСТИНИЧ, канд. техн. наук;
Оксана Юрьевна ДЯГЕЛЬ, канд. эконом. наук;
Жанна Михайловна МОРОЗ, канд. физ.-мат. наук;
Вячеслав Станиславович ТОМИЛОВ, канд. техн. наук;
Марина Валерьевна ФУФАЧЕВА, канд. техн. наук;
Виталий Олегович КОЛМАКОВ, канд. техн. наук;
Равиль Нургаянович ГАЛИАХМЕТОВ, канд. философ. наук;
Алексей Иванович ОРЛЕНКО, канд. техн. наук;
Елена Анатольевна ЧАБАН, канд. техн. наук

Подписано в печать 05.06.2024 г.

Формат бумаги 60×84/16

9,86 авт. л. 14,88 печ. л.

экз.

План издания 2024 г. № ^н/_п КрИЖТ ИрГУПС

Отпечатано в КрИЖТ ИрГУПС
Красноярск, ул. Л. Кецховели, 89