ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)
Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ЗабИЖТ ИрГУПС)

ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы V Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)

Том 1

Чита
2021

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)
Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ЗабИЖТ ИрГУПС)

ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы V Всероссийской
научно-практической конференции
(с международным участием)

(г. Чита, 7 октября 2021 г.)

Том 1

Чита
2021

УДК 378
ББК Ч 48
О 23

Редакционная коллегия:

А.А. Ерёменко (главный редактор),
Д.А. Яковлев (ответственный за выпуск), А.С. Васильев,
А.В. Ларченко, В.Г. Литвинцев, Л.В. Виноградова, Т.В. Иванова,
К.А. Кирпичников, О.Л. Быстрова, С.А. Филиппов, М.И. Коновалова,
Е.А. Ларченко (ответственный секретарь)

О 23 ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО : материалы V Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), 7 октября 2021 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2021. 223 с.

ISBN 978-5-6042846-7-4

В сборнике представлены статьи V Всероссийской научно-практической конференции «ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО».

УДК 378
ББК Ч 48

ISBN 978-5-6042846-7-4

© Иркутский государственный университет
путей сообщения (ИрГУПС), 2021
© Забайкальский институт железнодорожного
транспорта (ЗабИЖТ), 2021
© Авторский коллектив, 2021

Уважаемые участники конференции !

В этом году V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Наука. Образование. Производство» имеет особое значение, поскольку посвящена 65-летнему юбилею Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Целью мероприятия является обмен опытом по новейшим достижениям в области строительства, ремонта и эксплуатации железнодорожного пути, подвижного состава, системы обеспечения движения поездов, организации перевозок и управления движением поездов, экономики, управления и развития кадрового потенциала, охраны труда, экологической и промышленной безопасности. Особая роль в конференции отведена актуальным вопросам организации образовательной деятельности при реализации Федеральных государственных стандартов.

Проводимая конференция предполагает проведение научных семинаров, мастер-классов и круглых столов, на которых будут заслушаны доклады участников конференции.

Убеждён, что последние достижения научных коллективов и практический опыт ведущих специалистов, представленные на конференции, будут способствовать дальнейшему совершенствованию производственной и образовательной системы.

Надеемся, что участники мероприятия смогут установить новые контакты для будущих совместных проектов, представить свои концепции и обсудить возможности эффективного сотрудничества.

От имени организационного комитета выражаю благодарность лекторам докладов за желание делиться научными знаниями и опытом.

Искренне желаю всем участникам научно-практической конференции дальнейшей плодотворной работы, интересных научных результатов и выработки перспективных идей.

Директор Забайкальского института
железнодорожного транспорта (ЗабИЖТ),
канд. экон. наук, доцент

А.А. Ерёменко

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛЕКТРОВОЗЫ, ТЕПЛОВОЗЫ И ВАГОНЫ)……..... 8

А.Н. Астафьева, Е.А. Рожкова
Автоматизация технологического процесса ремонта колесной пары……. 8

Е.Д. Балашов
Аналитика использования импульсного регулирования для электровозов……. 16

Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко
Усовершенствование системы ослабления возбуждения тяговых электродвигателей электровозов переменного тока за счет применения силовой электроники……... 20

Р.Р. Дубинин, В.В. Степанов
Оптимизация транспортно-логистических операций на ВРД Чита.. 25

И.Ю. Ермоленко
Методы оценки надежности грузовых вагонов в эксплуатации средствами АСУ ЖТ…….. 30

Е.А. Ларченко, А.А. Ерёменко, Р.А. Исмиева
Выбор методологии управления основными бизнес-процессами в железнодорожной организации……. 35

Д.А. Чернигов, Е.А. Рожкова
Моделирование напряженно-деформированного состояния цельнокатанных колес различных профилей…….. 41

С.В. Четвериков, В.В. Ходанович
Перспективы внедрения цифровых технологий в локомотивной хозяйственной отрасли…….. 48

В.А. Ядыкин, В.В. Степанов
Реконструкция цеха для организации кузовного ремонта полувагонов на ВРД Чита……. 53

РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ…… 58

А.А. Губина, А.Е. Хабарова, Н.С. Логинов
Устранение одной из неисправностей изостыка……. 58

Е.С. Ефремова, В.Г. Рахчеев
Способ повышения эффективности и качества шлифования рельсов на скоростных магистралях…… 60

О.А. Климухин, Д.Д. Посыпин, Ф.Р. Ахмадуллин, А.О. Шилин
Модификация 3-х-проводной схемы управления стрелочным электроприводом для внедрения на малых станциях……. 66
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ…….. 72
М.В. Башаркин, А.Г. Исайчева
Анализ токораспределения в тяговой рельсовой сети станции Безымянка Куйбышевской железной дороги……... 72
Е.М. Бушуев, П.М. Трегубенко
Повышение температуры дроссель-трансформаторов и последствия при пропуске обратного тягового тока……... 76
М.В. Востриков, Л.А. Муравейко, Е.А. Морозов
Оценка влияния показателей качества электрической энергии на тягу поездов на примере участка Чита-I – Сохондо…….. 81
В.А. Груненко, Н.А. Рыжов, В.О. Колмаков
Влияние установок компенсации реактивной мощности на энергетические показатели системы тягового электроснабжения, пропускную способность……. 88
Д.М. Дорофеев, Е.Ю. Пузина
Логика защиты от подпитки со стороны контактной сети…… 92
В.Э. Дорош, Д.В. Десятков, А.О. Шилин
Анализ индуктивных связей в системе автоматической локомотивной сигнализации……. 98
А.Г. Емельянов, М.С. Емельянова
Анализ отказов систем автоматики и телемеханики, применяемых в СТЭ на полигоне ЭЧ-1 Забайкальской железной дороги, за период 2011-2020 гг……..... 102
А.С. Ефимова, Е.Ю. Пузина
Выбор уставок защит по направлению мощности от подпитки со стороны контактной сети……. 106
В.В. Зубков, Н.Ф. Сирина, П.Е. Раевская
Система снижения дополнительного сопротивления движению поезда…….. 112
К.В. Менакер, А.В. Домошонкин, Н.А. Щукин
Разработка устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха, текущей координаты и скорости движения поезда…….. 117
В.А. Надежкин, А.С. Хохрин
Анализ возможности применения предиктивной аналитики с использованием Data Science и Big Data на железнодорожном транспорте…….. 123

Н.Ф. Сирина, В.В. Зубков, П.Е. Раевская
Автоматизация процесса управления устройством снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа…….. 127
М.Э. Скоробогатов, А.В. Пультяков, В.В. Демьянов
Оценка запаса по коэффициенту формы сигнала узкополосного локомотивного фильтра…… 132
О.А. Соловьева, Р.С. Трифонов, В.П. Манчевская
Анализ участка Лесная – Сохондо с точки зрения показателей работы релейной защиты…….. 138
А.В. Строгова, Е.В. Быкова, Березов В.Э.
Модернизация релейных систем электрической централизации….. 143
С.А. Филиппов, С.В. Новиков, Е.В. Куликов
Характерные особенности эксплуатации схем электроснабжения районных электрических сетей…… 148
Д.С. Халиманов
Контроль доступности навигационных характеристик ГЛОНАСС/GPS для позиционирования объектов железнодорожного транспорта……. 154
РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА…… 161
Н.В. Быкова
Оптимизация автоматизированной технологии оформления грузовых документов……. 161
С.А. Верхотуров, А.А. Перевозчикова, И.Р. Филиппов
Инфраструктурные решения роботизации процессов обработки составов……... 166
М.И. Коновалова, И.С. Бусыгин
Совершенствование технологии работы станции при организации перевозок грузов в условиях автоматизации производственных процессов…….. 170
М.И. Коновалова, Е.В. Мартемьянова, С.В. Дружин, Н.Э. Фёдоров
Проблемы и пути решения по снижению количества технологических нарушений в границах Забайкальской железной дороги…….. 175
М.И. Коновалова, Е.В. Мясникова
Повышение провозной способности на участках железной дороги за счет использования инновационного подвижного состава……... 181

Н.А. Лимкина
Социальный портрет пассажира пригородного железнодорожного транспорта…….. 186
Е.В. Мартемьянова, М.И. Коновалова
Развитие пограничной станции Забайкальск для обеспечения перспективных объемов перевозок…….. 191
М.Е. Неделько, Н.Д. Шаванов, М.И. Коновалова
Анализ методов взвешивания контейнеров при росте контейнерных перевозок……. 196
И.А. Пакшина
Некоторые аспекты актуализации проблемы социальной ответственности бизнеса, государства и пассажиров пригородного железнодорожного транспорта в регионе……... 201
Н.В. Рыжук, А.А. Громченко
Логистика железнодорожного транспорта в период пандемии…… 205
Е.Н. Светлакова, Т.М. Мамонтова, А.А. Канин
Внедрение системы интервального регулирования движения поездов АБТЦ-МШ на Забайкальской железной дороге……... 211
И.А. Чубарова, А.Д. Доможирова
Реализация мероприятий АО «ФПК», проводимых в рамках стратегических приоритетов развития пассажирских перевозок…. 219

РАЗДЕЛ 1. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛЕКТРОВОЗЫ, ТЕПЛОВОЗЫ И ВАГОНЫ)

А.Н. Астафьева, Е.А. Рожкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта
г. Чита, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

В статье представлен анализ имеющегося и вновь спроектированного оборудования применяемого при автоматизации линии ремонта колесных пар.

Ключевые слова: оборудование, толкатель, станок, ремонт, автоматизированная линия, привод.

Введение. Эффективная работа вагоноремонтного комплекса зависит от технического оснащения, а так же уровня производства. Задача улучшения качества продукции, труда и производительности может быть решена внедрением автоматизированного оборудования.

Для успешной работы предприятия часто вводятся автоматизированные машины, которые в свою очередь становятся частью всего производственного процесса. Данные мероприятия оправданы и выгодны тем, что снижаются расходы на ремонт и повышается качество выпускаемого продукта.

Рис. 1. Автоматизированная линия ремонта колесных пар

При длительной эксплуатации колёсные пары теряют свои первоначальные свойства и нуждаются в ремонте.

Прибывшие в отделение ремонта колесные пары направляют на следующие операции: входной контроль, сухую очистку, наплавку, диагностику, монтаж и выходной контроль. Рассмотрим каждую из позиций.

Первоначально колесная пара поступает на входной контроль на установку ОМСД-03 (автоматизированный комплекс вибродиагностики буксовых узлов). Стенд вращения колёсной пары обеспечивает:

– ускорение колёсной пары до частоты 280 оборотов в минуту;
– замедление и остановку;
– измерение частоты вращения.

В установке исключено воздействие человеческого фактора. Режим автоизмерения, допускает производить весь цикл работ. В комплексе диагностики механизмов существует возможность измерения температуры буксовых узлов, это позволяет использовать бесконтактные пирометры, измерения которых учитываются в диагностике. При помощи толкателя колесная пара удаляется из установки.

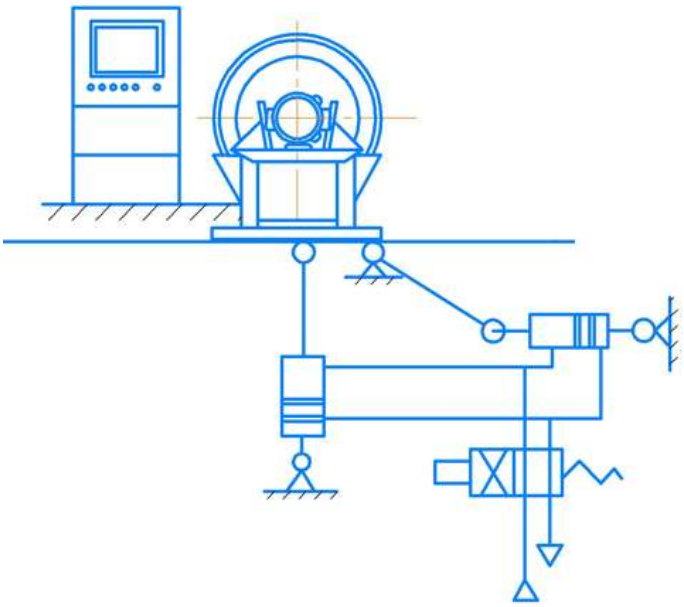


Рис. 2. Автоматизированный комплекс ОМСД-03

Далее колесная пара направляется на вторую позицию механической очистки. Через входную дверь колесная пара подаётся на ролики устройства вращения. Очищаются оси и поверхности катания колес при помощи щеток. Затем колёсная пара выталкивается толкателем из моечной машины. Время чистки колёсной пары варьируется от 12 до 14 мин.

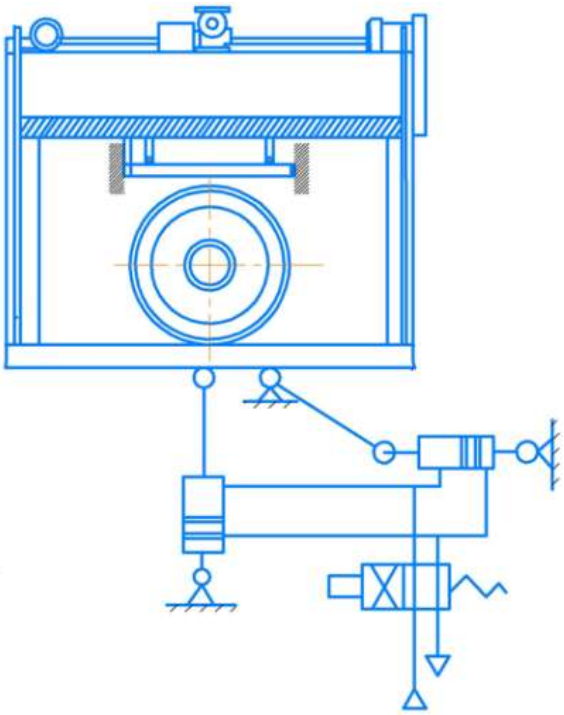


Рис. 3. Устройство сухой очистки колесных пар

Удаление колесной пары из камеры очистки производится толкателем, после, подъемник 1 устанавливает колесную пару на эстакаду 2 и становится на подъемно-поворотное устройство 3 первой позиции. За счет стенда демонтажа раскручиваются болты крышки буксы, стопорной планки и торцевой шайбы. Далее колесная пара подается на вторую позицию ожидания. Со второй позиции колесная пара поступает на третью позицию, где буксоподъемник снимает буксу с шейки оси колесной пары и подает на позицию выпрессовки. Колесная пара перемещается на опускатель 6, который убирает её с эстакады.

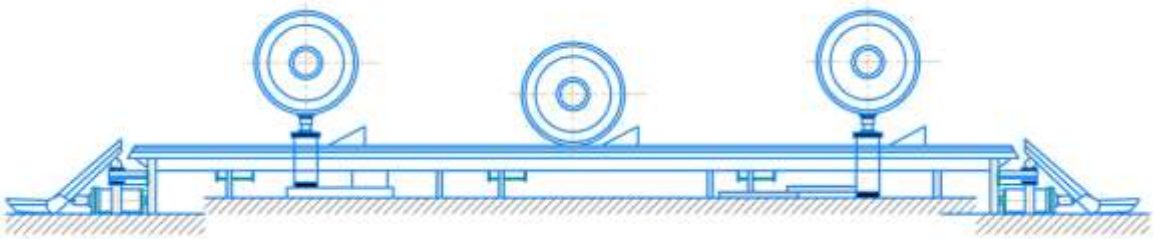


Рис. 4. Схема механизированной эстакады демонтажа и монтажа колесных пар

Оператор перемещает не очищенную колесную пару в машину для мойки. Обмывку производит машина МКП(л)88. По нажатию кнопки «мойка» механизмы машины приходят в работу в автоматическом режиме. Затем кожух камеры опускается и запускается ход мойки. Включаются двигатели насосов, привода вращения колесной пары, подпора и высокого давления. С помощью реле времени устанавливается длительность мойки. По окончании установленного времени электродвигатели отключаются, прекращается процесс вращения колесной пары. Кожух моечной машины поднимается, колесная пара перемещается на следующую позицию.

Колесная пара отправляется на позицию обточки поверхности катания на колесотокарном станке модели FN912F3, служащим для восстановления профилей колес с выкаткой из-под подвижного состава. Колесная пара устанавливается на станок при помощи грузоподъёмных механизмов.

Станок имеет следующие основные режимы работы:

– бесцентровое точение с креплением колесной пары за корпус буксы;

– обточка в центрах.

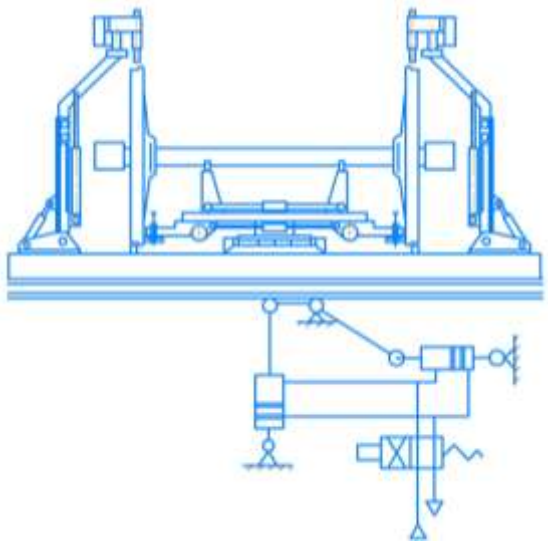


Рис. 5. Колесотокарный станок модели FN912F3

Измерительные датчики перед обточкой в автоматическом режиме производят измерения геометрических параметров колес – замер высоты и ширины гребня, формы профиля, для расчета параметров обточки. После измерения, полученные данные отображаются на мониторе операто-

ра, и измерительные датчики занимают исходное положение под защитными кожухами, оберегающими их от металлической стружки. В зависимости от выбранного профиля производится обточка колесной пары в автоматическом режиме.

После обточки толкатель направляет колесную пару на позицию дефектоскопии на установке неразрушающего контроля «РОБОСКОП ВТМ-3000». Машина выполняет операции измерительного, вихретокового, ультразвукового и импедансного контроля.

В режиме *вихретокового* контроля производит операции неразрушающего контроля деталей на выявление дефектов поверхности колесной пары, типа расслоений, закатов, неметаллических включений, трещин, раковин.

В режиме *лазерного* сканирования машина определяет расстояние от лазерного модуля до текущего положения светового пятна на объекте контроля путем бесконтактного сканирования узлов и деталей.

Режим *импедансного* контроля позволяет производить диагностику корпусных деталей и конструкций из сплошных композитных материалов на выявление расслоений и непроклеев. Контроль материалов в производственном потоке – основная область применения данной установки в текущем режиме.

Ультразвуковой режим производит операции неразрушающего контроля изделий, материалов, сварных соединений на выявление дефектов типа измерения амплитуд эхосигналов от дефектов, нарушения сплошности, измерения времени распространения ультразвуковых колебаний в материалах, определения координат дефектов.

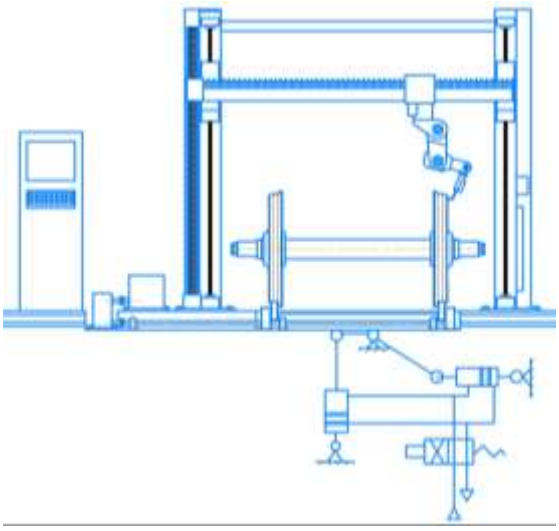


Рис. 6. Установка неразрушающего контроля «РОБОСКОП ВТМ-3000»

«РОБОСКОП ВТМ-3000» сохраняет результаты контроля в своем архиве с целью последующего их анализа.

После неразрушающего контроля колесная пара направляется на монтаж буксовых узлов. Для напрессовки лабиринтного кольца оператор должен:

– набрать на мониторе регулятора номер колесной пары;

– обозначить сторону напрессовки;

– на шток главного цилиндра установить выбранные кольца;

– после нажатия кнопки «Пуск» пресс начнет в автоматическом режиме напрессовывать кольца;

– подождать завершение напрессовки.

Шаг за шагом на экране отображается процесс напрессовки. Во время напрессовки лабиринтных колец на шейку оси, на мониторе СПК110 выстраивается диаграмма усилия напрессовки в тонн-силах от времени. График напрессовки необходим для оценки правильности процесса напрессовки и подбора «натяга» лабиринтных колец.

ГД-503М (система для управления прессом) архивирует данные построения графика на карту памяти. По надобности накопитель можно извлечь и данные перенести на компьютер для последующего анализа и хранения.

Каждая система включает в себя ГД-503М (пульт ручного управления прессом).

Данный пульт нужен для регулирования и управлениями основными механизмами пресса напрямую. Необходимость использования пульта возникает в случае, если детали вышли из строя на время их ремонта.

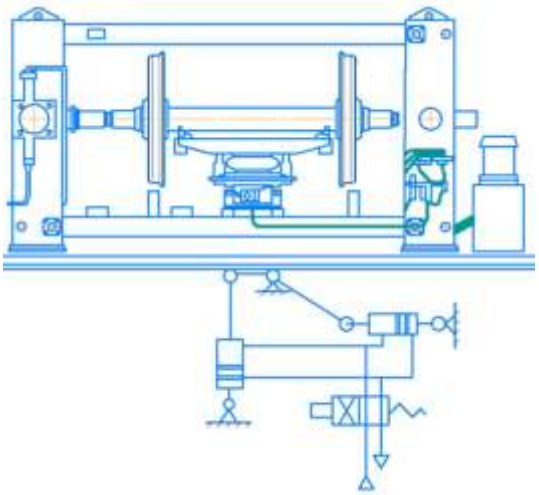


Рис. 6. Модель устройства для монтажа букс ГД-503м

Выходной контроль также осуществляется на установке ОМСД-03 (автоматизированный комплекс вибродиагностики буксовых узлов колесных пар).

При внедрении автоматизации в процесс производства значительно сокращается время, затрачиваемое на ремонт.

Таблица

Время на проведения ремонта колесной пары

Наименование операции	Время работы, ч	
	До автоматизации	После автоматизации
Входной контроль	0,083	0,083
Ручное перемещение	0,005	0,002
Механическая очистка	0,42	0,2
Перемещение	0,005	0,002
Демонтаж	0,68	0,57
Перемещение	0,005	0,002
Обмывка колесной пары	0,36	0,17
Перемещение	0,005	0,002
Обточка	0,8	0,48
Перемещение	0,005	0,002
Неразрушающий контроль	1,08	0,77
Перемещение	0,005	0,002
Монтаж буксового узла	1	0,91
Перемещение	0,005	0,002
Выходной контроль	0,2	0,1
Итого	4,658	3,297

Из данного сравнения можно сделать вывод, что при внедрении автоматизированного оборудования, время на выполнение ремонта колесной пары сократилось на 1,4 ч, использование таких систем позволит улучшить работу предприятия и уменьшить сроки ремонта вагона, а также сократить риски ошибок, которые могут произойти по вине человека.

Заключение

В заключении необходимо сказать, что внедрение автоматизации в процесс ремонта вагонов актуально, даже не смотря на некоторые недостатки. Автоматизированное оборудование является более точным, надежным, и быстрым аппаратом в ходе восстановления работоспособного состояния вагона. Автоматизация производства не имеет пределов, как в процессах обнаружения неисправностей, так и в улучшении качества обслуживания.

Библиографический список

1. Болотин М.М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / М.М. Болотин, В.Е. Новиков. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Маршрут, 2004. 310 с.

2. Болотин М.М., Осиновский Л.Л. Автоматизация производственных процессов при изготовлении и ремонте вагонов : учеб. для вузов ж-д. транспорта. М. : Транспорт, 1989

3. Болотин М.М. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов» для студентов специальности «Вагоны». М. : МИИТ, 2002. 51 с.

4. Блудов А.Н. Автоматизация процесса восстановления поверхностей катания колёс грузового железнодорожного транспорта // дис. канд. техн. наук : 2014. 155 с.

5. Быков Б.В., Пигарев В.Е. Технология ремонта вагонов : учеб. для средних специальных учебных заведений ж.-д. трансп. М. : Желдориздат, 2001. 559 с.: ил.

6. Полякова В.С. Разработка автоматизированной линии восстановления поверхности катания колесных пар / В.С. Полякова, Е.А. Рожкова // Наука и молодежь : сб. трудов Четвертой Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (апрель – май 2018 г.). Иркутск : ИрГУПС, 2018. С. 201-207

7. Пузанков А.Д. Методы расчёта и использования показателей надёжности в эксплуатации : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. М. : МИИТ, 2004. 112 с.

8. Рожкова Е.А. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов : метод. пособие по выполнению курсового проекта для студентов очной и заочной форм обучения специальности 190300.65 (23.05.03) «Подвижной состав железных дорог» специализации 2 «Вагоны» / Е.А. Рожкова, И.В. Ковригина. Чита : ЗабИЖТ, 2015. 102 с.

9. Рожкова Е.А. Информационные технологии и их роль в вагонном хозяйстве // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье : Образование – Наука – Производство : Материалы всероссийской научно-практической конференции, 7 декабря 2017 г. Чита, ЗабИЖТ, ИрГУПС, 2017. ISBN 978-5-9500770-6-7. С. 95-101

10. Рожкова Е.А. Модернизация системы диагностики ходовых частей подвижного состава // Всероссийская научно-практическая конференция «Образование – Наука – Производство». Чита, ЗабИЖТ, ИрГУПС, 2018

11. Садовов Г.Д. Анализ применения автоматизированного оборудования в технологическом процессе ремонта колесных пар / Г.Д. Садовов, Е.А. Рожкова // Наука и молодежь : сб. трудов третьей Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск : ИрГУПС, 2017. С. 130-135

12. Сергеев К.А. [и др.]; под ред. К.А. Сергеева. М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2009. 265 с.

13. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов : учеб. / М.М. Болотин, А.А. Иванов. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2016. 336 с.

14. Справочник технолога-машиностроителя / А.М. Дальский [и др.]. Т. 2. М. : Машиностроение-1, 2003. 944 с.

15. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учеб. / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. М. : Абрис, 2018. 565 с.

16. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оценка стоимости жизненного цикла полувагона по коэффициенту эксплуатационных затрат // Экономика железных дорог, 2015, № 4. С. 38-45

Е.Д. Балашов
Ростовский государственный университет путей сообщения
г. Ростов-на-дону, Россия

АНАЛИТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

В статье рассмотрены вопросы использования электровозов постоянного тока с реостатно-контакторной системой регулирования, а так же недостатков такой системы. Представлена оценка потерь электроэнергии на пусковых резисторах на основе данных вычислительного эксперимента. Анализирован исторический вклад в развитие импульсного регулирования и их положительных показателей, а так же сам принцип действия импульсно-транзисторного преобразователя.

Ключевые слова: постоянный ток, электровоз, ТЭД, электроэнергия, импульсно-транзисторный преобразователь, вычислительный эксперимент, пусковые резисторы, РКСУ, регулирование.

Введение

Сегодня за счет современной базы полупроводниковой силовой электроники представляется возможным создание импульсного регулирования, выполненного на тиристорах или же на силовых транзисторах IGBT, благодаря чему можно заменить традиционное реостатно-контакторное управление (сокр. РКСУ) двигателями постоянного тока имеющее ряд недостатков, таких как [1, 2]:

1. Потери электрической энергии на пусковых резисторах при разгоне, в первую очередь при инерционных нагрузках.

2. Ступенчатое регулирование силы тяги, при ограниченном (до 15 с учетом ослабления возбуждения ТЭД) числе ходовых позиций.

3. Сложность реализации рекуперативного торможения.

Сейчас электровозы постоянного тока, эксплуатируемые на железных дорогах Российской Федерации, число которых исчисляется чуть более 2000 тысячами и обеспечивающие почти полных девяносто процентов всеобщего объема меж и городских перевозок используют выше упомянутую систему РКСУ. Проведенный в одной из прошлых работ [2] анализ данных показывает, что в среднем, на пусковых резисторах электровоза постоянного тока теряется около 117 Вт·ч электроэнергии на один километр пробега (см. рис. 1). Среднее потребление электроэнергии из контактной сети одного электровоза составляет примерно 0,9 %, в то время как общее потребление электроэнергии меж и городского сообщения может достигать 26-27 %, что весьма значительно в рамках текущей ставке на электроэнергию для «ОАО РЖД» и составит немалых 231 млн. руб. годовых потерь.

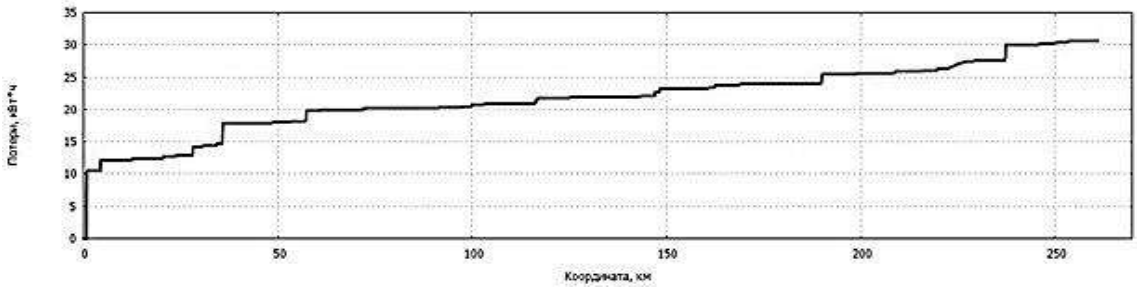


Рис. 1. Потери электроэнергии на пусковых резисторах

1 Аналитика использования импульсного регулирования

Представленная энергетическая проблема может решиться с помощью применения систем импульсно-транзисторного регулирования. Это

делает возможным не только исключение пусковых, а так же тормозных потерь, но и обеспечивает возможность качественного улучшения тягово-энергетических показателей электропоездов, существенно улучшая протекание переходных процессов силовых цепей и формируя более выгодные условия в процесс работы ТЭД.

В настоящее время возможности использования импульсных преобразований исследуются с теоретической точки зрения значительнее, в частности в вопросе протекания электромагнитных процессов в силовых цепях. Основной вклад в изучение данной области был внесен еще в конце 60-х начале 70-х годов СССР [5]. Тогда была выпущена опытная партия электропоездов ЭР12-6000 с тиристорно-импульсными тяговыми преобразователями. Анализ их эксплуатации показал, что применение плавного регулирования тягового тока дает 8-10 % экономии энергии на тягу, что позволило увеличить уставку пускового тока электропоезда с 160 до 220 Ампер и пусковое ускорение электропоезда с 0,5 до 0,71 м/с^2. И все же низкая надежность силовых полупроводниковых элементов того времени не позволило массово перейти на импульсное регулирование напряжения на тяговом подвижном составе постоянного тока.

Переход на импульсное регулирование приведет к наложению индивидуальных особенностей на выполнение элементов электрооборудования. При этом предусматривается решение не только комплексных, но и частных вопросов конкретных элементов оборудования для электропоезда, таких как преобразователи, переключатели, устройства защиты и сам тяговый электродвигатель.

2 Принцип действия импульсного регулирования

Импульсный преобразователь представляет собой последовательную схему, состоящую из необходимого минимума набора элементов, таких как замыкающий ключ, катушки индуктивности, а также блокировочного диода подключенного параллельно нагрузке (см. рис. 2). Работа ключа протекает в импульсном режиме за счет процесса широтно-импульсной модуляции (ШИМ) открывающего и закрывающего его. Ширина или длительность такого импульса определяется по формуле (1):

$$\tau = T * D \,, \tag{1}$$

где τ – ширина (длительность) импульса;

T – период следования импульсов;

D – коэффициент заполнения, изменяемый в интервале от 0 до 1.

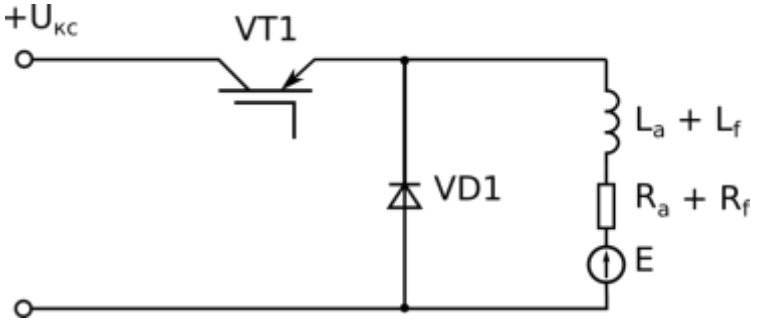


Рис. 2. Электрическая схема импульсно-транзисторного DC-DC преобразователя

Когда ключ преобразователя замкнут, ток проходит по контуру через катушку индуктивности, при этом происходит накопление в ней электрической энергии. После того как ключ будет разомкнут запасённая в катушке энергия, обеспечивает протекание через нагрузку и блокировочный диод электрического тока, уменьшающегося со временем, до тех пор, пока ключ снова не будет замкнут. Если в качестве нагрузки преобразователя выступает тяговый электродвигатель (ТЭД), роль индуктивного дросселя могут выполнять цепи его обмоток. Данная электрическая схема называется одноключевым понижающим импульсным преобразователем напряжения [3].

Заключение

Исходя из выше сказанного, эксплуатация электровозов с устаревшей системы РКСУ представляется неэффективной с точки зрения потерь электроэнергии на пусковых резисторах, так и, в большей степени, невозможности обеспечивать плавное регулирование тяги. Сегодняшняя силовая электроники предоставляет два варианта решения данной проблемы: увеличение выпуска электровозов постоянного тока с асинхронным тяговым приводом или же постепенное переоборудование уже эксплуатируемых электровозов с реостатно-контакторной системой с применением импульсных тяговых преобразователей напряжения, в рамках капитально-восстановительного ремонта с продлением срока службы.

Библиографический список

1. Балашов Е.Д., Притыкин Д.Е., Волков И.В. Математическое моделирование импульсно-транзисторного тягового преобразователя для электровоза постоянного тока

2. Балашов Е.Д., Притыкин Д.Е. Анализ потерь электрической энергии пусковых резисторах электровозов постоянного тока // Вестник РГУПС. 2020. № 3(79). С. 21-26

3. Володин В.Я. LTspice компьютерное моделирование электронных схем. СПБ : БВХ-Петербург, 2010. 392 с.

4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. М. : Высшая школа, 1986. 409 с.

5. Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза. М. : Транспорт, 1990. С. 105-106

Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В статье описаны способы регулирования скорости на электроподвижном составе. Наибольшее применение на отечественных электровозах нашел способ ослабления магнитного потока за счет подключения параллельно обмотки возбуждения тяговых двигателей реостатно-контакторной системы с индуктивным шунтом, выявлены её недостатки. В связи с развитием современной силовой электроники предлагается усовершенствованная система ослабления возбуждения тяговых двигателей на основе IGBT-транзисторов с плавным регулированием тока возбуждения тяговых двигателей, что позволит увеличить техническую скорость поездов не менее чем на 2,5 км/ч и снизить его пульсацию не менее чем на 80 %, что повысит коммутационную устойчивость тяговых двигателей.

Ключевые слова: система ослабления возбуждения тяговых электродвигателей, индуктивный шунт, IGBT-транзистор, плавное регулирование, относительная пульсация тока возбуждения.

В экономике Российской Федерации железнодорожный транспорт играет ключевую роль. Доля железнодорожных перевозок в общем грузообороте превышает 80 %, значение железных дорог особенно велико при перевозках грузов на дальние расстояния. Протяженность железных

дорог в России (87 тыс. км.) меньше чем в США и Канаде, но работа, которая выполняется ими, больше, чем в других странах мира, поэтому необходимо уделять особое внимание состоянию электроподвижного состава (ЭПС), а также качеству железнодорожных линий. Почти с самого начала эпохи железнодорожного строительства вопросы ускорения проследования грузопотоков и пассажиропотоков на основных магистралях транспортной сети являются актуальными.

Согласно Долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» до 2025 года, необходимо к 2025 году увеличить скорость движения грузовых поездов, что позволит повысить грузооборот по сети железных дорог. Одним из решений поставленной цели является совершенствование ЭПС [1].

Регулирование скорости электровозов может обеспечиваться следующими способами [2]: изменение напряжения, подведённого к тяговым электродвигателям (ТЭД); включение последовательно в цепь ТЭД добавочного резистора; изменение величины магнитного потока при неизменном токе якоря. Скорость электровоза определяется по формуле

$$V = \frac{U_Д - I \cdot r}{C_v \cdot Ф},$$

где $U_д$ – напряжение ТЭД, В; I – ток ТЭД, А; Ф – магнитный поток ТЭД, Вб; C_v – постоянная, зависящая от параметров ТЭД; r – сопротивление в цепи ТЭД.

Изменить величину магнитного потока при определённом значении тока якоря возможно только при уменьшении тока возбуждения по отношению к току якоря благодаря системы ослабления возбуждения ТЭД.

На электровозах переменного тока ослабление возбуждения ТЭД может осуществляться тремя способами: выключением части витков обмотки возбуждения (ОВ); шунтированием ОВ параллельной цепочкой; импульсным регулированием.

Способ регулирования ослабления возбуждения ТЭД за счет отключения части витков ОВ не нашел серийного применения на ЭПС. Так как недостатком данного способа является усложнение межкатушечных соединений внутри остова ТЭД и практически исключение возможности реализовать несколько ступеней ослабления возбуждения, вследствие необходимости одинакового изменения числа витков на каждом из полюсов ТЭД.

Наибольшее применение на отечественном ЭПС нашел способ шунтирования ОВ параллельной цепочкой, а именно резистором, сопро-

тивление которого регулируется с помощью переключения контакторов, и ИШ, который служит для защиты ТЭД при колебаниях напряжения в случае возникновения переходных процессов на ТЭД [7].

В настоящее время тяжеловесные составы с высокими скоростями позволяют водить современные электровозы серий 2,3,4ЭС5К «Ермак» с коллекторными ТЭД.

На этих электровозах после включения 4-й зоны регулирования выпрямительно-инверторного преобразователя (ВИП), при достижении максимального напряжения дальнейшее регулирование скорости в режиме тяги обеспечивается за счет подключения индуктивно-активной системы ослабления возбуждения ТЭД с тремя ступенями регулирования (70, 52 и 43 % тока возбуждения), рис. 1. Переключение с одной ступени регулирования на другую обеспечивается с помощью электропневматических контакторов (К1 – К3), включающих параллельно обмотки возбуждения (ОВ) резистор (R_1) и индуктивный шунт (ИШ) (далее типовая система ослабления возбуждения) [3]. Такое устройства системы ослабление возбуждения ТЭД имеют электровозы серий ВЛ85, ВЛ65, ЭП1 в/и, ВЛ80в/и.

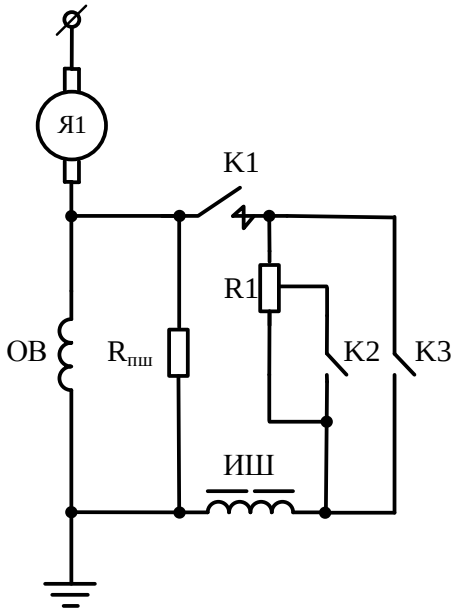


Рис. 1. Типовая система ослабления возбуждения ТЭД электровозов переменного тока

Впервые представленное устройство системы ослабления возбуждения ТЭД применялось на электровозе постоянного тока серии СС (Советский Сурамский) еще в 1932 г. и на сегодняшний день не претерпела

каких-либо значительных изменений. В настоящее время применение системы ослабления возбуждения ТЭД со ступенчатым регулированием является морально устаревшем, что приводит к дополнительным затратам на ремонт и обслуживание. К основным недостаткам типовой системы относится:

– ступенчатое регулирование тока возбуждения, что не позволяет поезду поддерживать максимально допустимую скорость движения на участке железнодорожного пути;

– наличие массогабаритного медесодержащего индуктивного шунта, который зачастую подвергается хищению, что приводит к нарушению работоспособности системы, а также значительное количество контакторов, что снижает надежность работы системы;

– значительная пульсация тока возбуждения, что ухудшает коммутационную устойчивость ТЭД, вследствие образования вихревых токов.

В связи с развитием силовой электроники наиболее эффективным способом ослабления возбуждения является импульсное регулирование. Поэтому резистор и ИШ заменяется на полупроводниковые ключи, которые имеют высокое быстродействие и позволяют плавно регулировать ток возбуждения.

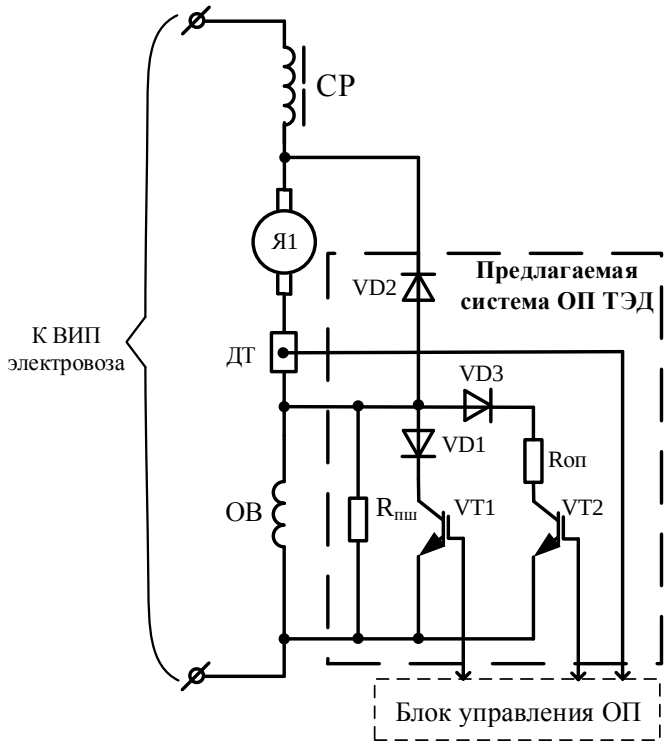


Рис. 2. Предлагаемая система ослабления возбуждения ТЭД электровоза на основе IGBT-транзистора

Предлагается система ослабления возбуждения ТЭД электровоза на базе современной силовой электроники IGBT-транзисторов, рис. 2. Принцип действия предлагаемого устройства заключается в следующем, для обеспечения ослабления возбуждения ТЭД до 43 %, поочередно включаются транзисторы (VT1-VT2) и регулируется ширина подаваемых на них импульсов, за счет чего обеспечивается плавное регулирование тока возбуждения, позволяющее увеличить техническую скорость движения ЭПС не менее чем на 2,5 км/ч [4-5].

Также за счёт того, что шунтирующая цепь на базе силовой электроники имеет незначительное активное сопротивление по сравнению с ОВ, практически вся переменная составляющая тока возбуждения пройдет именно по ней, что снизит пульсацию тока возбуждения не менее чем на 80 %, вследствие чего повысится ресурс работы ТЭД [6].

При возникновении аварийного режима подача импульсов не осуществляется, и работа схемы организуется в режиме полного поля.

Таким образом, предложенная усовершенствованная система ослабления возбуждения ТЭД с плавным регулированием тока возбуждения позволит увеличить техническую скорость поездов не менее чем на 2,5 км/ч, снизить пульсацию тока возбуждения ТЭД не менее чем на 80 %, упростить силовую электрическую схему электровоза, за счет исключения 24 контакторов и 12 ИШ с электровоза серии 3ЭС5К.

Библиографический список

1. Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года (утв. распоряжением Правительством РФ от 19.03.2019 г. № 466р)

2. Плакс А.В. Система управления электрическим подвижным составом : учеб. для вузов ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2005. 360 с.

3. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрофицированных железных дорог. М. : Транспорт, 1980. 470 с.

4. Повышение технической скорости электроподвижного состава за счет обеспечения плавного регулирования тока возбуждения тяговых электродвигателей / О.В. Мельниченко, С.Г. Шрамко, В.С. Томилов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / Иркутский гос. ун-т путей сообщения, Иркутск. 2020. № 3(67). С. 93-100

5. Волчек Т.В. Влияние плавного и ступенчатого регулирования ослабления возбуждения тяговых электродвигателей электровозов на скорость движения электроподвижного состава // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения / Уральский гос. ун-т путей сообщения. Екатеринбург. 2021. № 2(50). С. 99-105

6. Волчек Т.В. Возникновение трансформаторной эдс в секциях якоря тягового электродвигателя электровоза переменного тока в режимах полного и ослабленного поля и пути ее снижения / Т.В. Волчек, О.В. Мельниченко, С.Г. Шрамко, А.О. Линьков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2020. № 1. С. 41-49

7. Ларченко Е.А., Ларченко А.В. Сервисное обслуживание тягового подвижного состава на современном уровне // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 267-273

Р.Р. Дубинин, В.В. Степанов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ВРД ЧИТА

В работе представлен анализ эффективности использования производственных площадей и транспортно-логистических потоков на территории ВРД Чита, анализ по перемещению вагонов в ремонт с других станций, а также по транспортным потокам в участках, где производится ремонт вагонов. Предложены пути решения задач по оптимизации производственного процесса ремонта вагонов на ВРД Чита.

Ключевые слова: реконструкция, ремонт, перемещение вагонов, оптимизация, производственный процесс.

Железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы Российской Федерации. Он призван своевременно и качественно обеспечивать во внутреннем и в международном железнодорожном сообщениях потребность в перевозках и услугах. Согласно стратегии развития ОАО «РЖД» до 2030 г планируется увеличение пропускной способности и скоростных параметров. Рост грузооборота увеличится в 1,7 раза. Одним из основных факторов, определяющих выполнение поставленных задач, является обеспечение надежности подвижного состава поддержание его технического состояния на должном уровне. Для этой цели ОАО РЖД производит реконструкцию вагоноремонтных предприятий, в том числе и ВРД Чита. В 2021 году в рамках гранта ОАО РЖД на кафедре «Подвижной состав железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта был выполнен и защищен дипломный проект на тему «Оптимизация производственного процесса

ремонта и модернизации грузовых вагонов в ВРД Чита, от момента поступления вагона на станцию до его подачи после ремонта на выставочные пути с применением инструментов Бережливого производства».

В период с мая 2020 по апрель 2021 года производился анализ эффективности использования производственных площадей и транспортно-логистических потоков на территории ВРД Чита, анализ по перемещению вагонов в ремонт с других станций, а также по транспортным потокам в участках, где производится ремонт вагонов. В результате было выявлены негативные факторы в организации производственного процесса, существенно влияющие на снижение эффективности производственного процесса.

Нет чёткого графика поставки вагонов в ремонт от собственников. Прибывающие в ремонт вагоны вначале оправляются на отстой на выставочные пути соседних станций, иногда находящихся о ВРД Чита за десятки километров, где могут находиться неопределенное время. Вследствие этого дестабилизируется работа этих станций.

На территории ВРД ежедневно наблюдается большое скопление вагонов, как на выставочных путях, так и перед производственными корпусами (рис. 1). Общее количество вагонов на территории достигает 130 единиц, в т.ч. на путях перед производственными корпусами от 6 до 12 единиц.

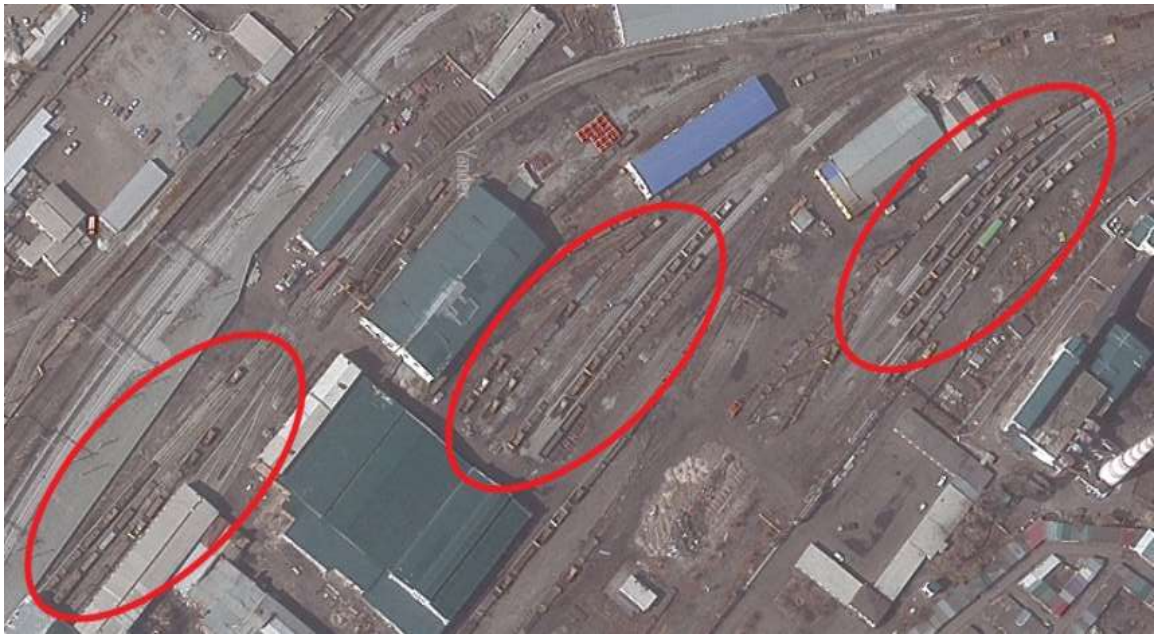


Рис. 1. Скопление вагонов на ВРД Чита

Подобное скопление вагонов многократно усложняет транспортные операции по постановке вагонов на ремонтные позиции и выкатки их после ремонта.

При обследовании механического участка было выявлены конфликты встречных материальных потоков вагонов и тележек. Вагоны, поступающие в ремонт на шесть ремонтных позиций, разбираются, и, впоследствии, собираются после ремонта на одном и том же подающем пути. Таким образом, производительность механического участка априорно снижается в несколько раз.

Вагонный производственный участок является участком тупикового типа. На ремонтных путях имеется по две позиции для ремонта вагонов. Вагоны в участок должны подаваться и убираться парами. Возникает неудобство: первый вагон будет находиться в цеху, пока не отремонтируют второй. Кроме того возникают сложные логистические операции по перемещению отремонтированных и прибывших в ремонт вагонов, т.к. используется один маневровый локомотив.

В результате проведённого анализа были сформулированы следующие цели и задачи реконструкции.

1. Организовать работу с собственниками вагонов, классифицировать вагоны по годам постройки и осуществлять мониторинг их технического состояния, так как вагоны могут попасть в ремонт раньше своего нормированного срока, а также установить график подачи вагонов от собственников, равным недельным запасом**.** Для этого необходимо создать собственную электронную базу мониторинга состояния вагонов.

2. В целях обеспечения программы ремонта вагонов необходимо организовать поточное производство.

3. Необходимо выделить один вспомогательный путь, вместимостью не менее 71 условной единицы, где будут временно храниться вагоны, поступающие в ремонт. Накопление вагонов, поступающих в ремонт необходимо организовать по четкому графику поставок, который должен предусматривать наполнение количества вагонов, не превышающего недельной производительности ВРД.

4. Необходимо организовать подачу вагонов в ремонт на ВРД Чита в объемах, не превышающих суточной производительности ВРД.

5. Для исключения накопления отремонтированных вагонов на территории ВРД необходимо организовать дополнительный путь для накопления отремонтированных вагонов вне территории ВРД.

6. В механосборочном участке необходимо разделить транспортные потоки узлов и изделий, поступающих в ремонт и на сборку готовых вагонов.

7. В вагонном производственном участке необходимо синхронизировать подачу вагонов в соответствии с тактом выпуска пакетом из двух вагонов на ремонтные пути.

8. В целях оптимизации работы маневрового локомотива применить альтернативные методы осуществления маневровых работ.

В дипломном проекте предложены пути достижения целей и произведено обоснование технических решений поставленных задач.

В целях обеспечения оперативной подачи вагонов в ремонт, прибывающие в ремонт вагоны должны отстаиваться в пределах границ читинского железнодорожного узла. Среди доступных вариантов рассматривались ПМС пути ПТО Чита-1 и станция Кадала. Было отмечено, что все пути активно используются данными подразделениями, что не позволяет здесь организовать парк отстоя вагонов. Было выдвинуто предложение использовать для накопления вагонов станцию Кадала. Длину накопительных путей необходимо установить такой, чтобы там могли находиться вагоны, поступающие в ремонт, в количестве равном недельной производительности ВРД.

В целях сокращения количества вагонов, находящихся на путях в пределах территории ВРД необходимо построить железнодорожную ветку за пределами ВРД на пустыре по улице Ломоносова (рис. 2). Данное решение позволит сразу удалять отремонтированные вагоны, что существенно упростит транспортные операции. Длина пути 223 м, что позволяет накапливать отремонтированные вагоны в количестве до 14 единиц, что сравнимо с суточной теоретической производительностью ВРД.

Рис. 2. Железнодорожная ветка для накопления отремонтированных вагонов

В целях ликвидации конфликта встречных материальных потоков на механическом участке предлагается разделить позиции разборки и сборки вагонов. Для этого необходимо на двух ремонтных позициях № 1 и № 2 организовать позиции сборки отремонтированных вагонов. Для чего необходимо продлить два пути из пристройки и поставить подъемники (рис. 3).

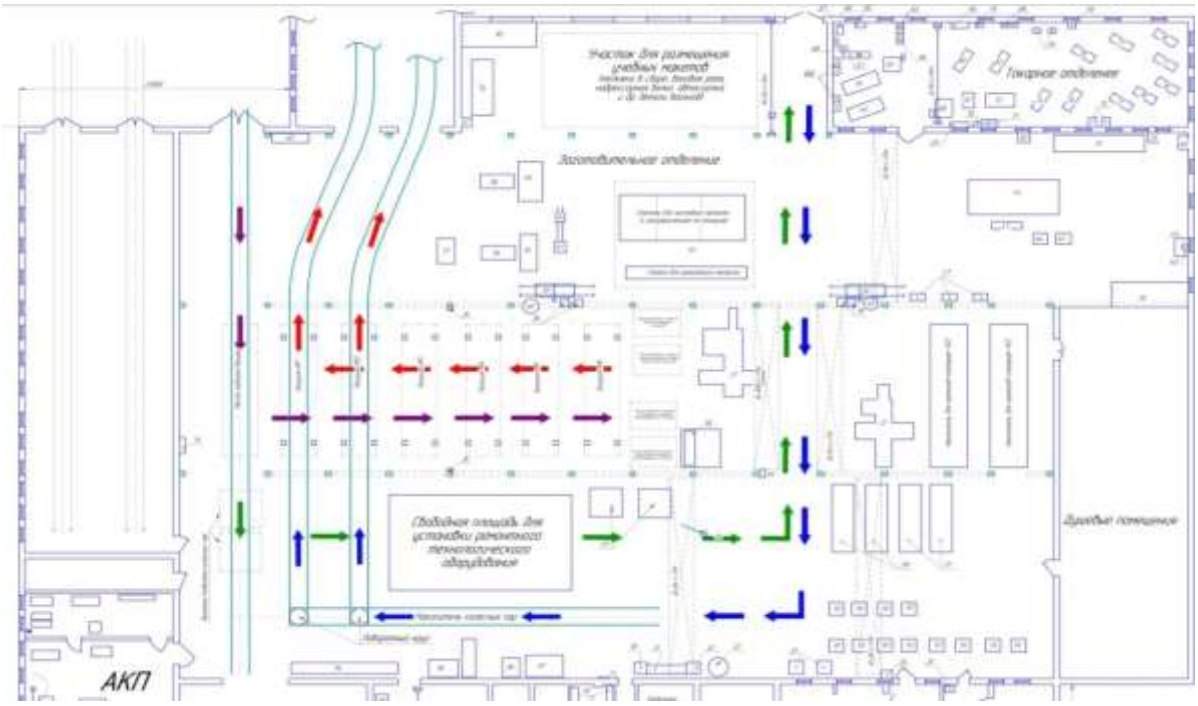


Рис. 3. Схема транспортных потоков на механическом участке после реконструкции

Таким образом, разборка вагонов и выкатка тележек в ремонт будет производиться на подающем пути, а сборка на позициях сборки. Тележки в ремонт вывозятся авто транспортом, а на сборку подаются по проложенным путям.

В вагонном производственном участке необходимо организовать подачу вагонов в ремонт парами и технологический процесс следует разработать из расчета одновременного ремонта двух единиц. Кроме этого, в целях оптимизации процесса перемещения вагонов, предложено использование локомобиля, для чего перед вагонным производственным участком произвести реконструкцию и уложить настил из железобетонных блоков.

Предложенные в дипломном проекте мероприятия позволят устранить «узкие» места в производственном процессе и реализовать принципы организации поточного производства.

Библиографический список:

1. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оценка стоимости жизненного цикла полувагона по коэффициенту эксплуатационных затрат // Экономика железных дорог, 2015, № 4. С. 38-45
2. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оптимизация назначенного срока службы полувагона по критерию безубыточности эксплуатации // Экономика железных дорог. 2015. № 11. С. 60-68
3. Ларченко Е.А., Ракевич Н.Г., Быстрова О.Л. Управление качеством процессов на железнодорожном транспорте // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 423-427
4. Ларченко Е.А., Ларченко А.В. Система менеджмента качества при производстве и ремонте подвижного состава. В сб. : Стандартизация и сертификация : опыт стран Европейского союза и перспективы сотрудничества для России. Материалы Международной научно-практической конференции / отв. ред. И.А. Волкова. 2018. С. 335-338
5. Степанов В.В., Дубинин Р.Р. Расширение функциональных возможностей глуходонного полувагона для перевозки крупнотоннажных контейнеров. В сб. : Образование – Наука – Производство. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 61-63

И.Ю. Ермоленко
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВАМИ АСУ ЖТ

В статье рассматриваются вопросы надежности грузовых вагонов в эксплуатации при использовании автоматизированных систем управления. Представлен алгоритм расчета эксплуатационных характеристик вагона. Определены основные понятия оценки надежности технических систем вагонного хозяйства.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, вагонная модель, надежность, вагонное хозяйство

Построение многоуровневой иерархической системы интеллектуального управления транспортом и адекватного механизма ее реализации в виде автоматизированной системы управления (АСУ) является крупным проектом ОАО «РЖД» [1-3].

Целью интеллектуального управления транспортом является повышение качества услуг и оптимизация технологий функционирования транспорта на высоком уровне.

В качестве носителя этой системы принимается вагонное хозяйство, занимающее уникальное в определенном смысле место в структуре транспорта. Во-первых, ни одно хозяйство не поставлено в такие необычные и тяжелые условия с точки зрения обеспечения приемлемого соотношения «качество – стоимость» для своей продукции – отремонтированных вагонов (из-за отсутствия их постоянной приписки к определенным ремонтным предприятиям). Во-вторых, остальные хозяйства, в сущности, обеспечивают своевременное наполнение вагонов грузами и их доставку к месту назначения, т.е. их работа реализуется в продукции через вагон. Эти обстоятельства подтверждают целесообразность построения интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом на основе интеллектуальной системы управления вагонным хозяйством (ВХ) [4-5].

В зависимости от изменений цен на потребляемые ресурсы и конъюнктуры на рынке перевозок грузов система управления должна обеспечивать переход ВХ из текущего состояния в оптимальное по отношению к минимуму издержек компании «РЖД» на единицу производимых ею услуг.

С помощью информации, полученной из автоматизированной системы оперативного управления перевозками (АСОУП) и других дорожных информационных источников, применив к ней специальные алгоритмы расчета эксплуатационных параметров, получаем возможность обеспечить дополнительные сведения о безопасной эксплуатации подвижного состава.

Упрощенная модель получения эксплуатационной надежности вагона на основе имеющейся информации в системе передачи данных (СПД) ОАО «РЖД» представлена на Рисунке.

Выделенные серым цветом блоки подразумевают введение новых алгоритмов обработки информации в АСОУП. Под дополнительными (альтернативными) источниками информации о вагоне (блок 3’) подразумеваются новые виды диагностического оборудования или дополнительные приспособления, применимые на линейных предприятиях, способные стать источником исходных данных для расчета требуемых параметров вагона. В блоке 6 выполняется сложный алгоритм расчета эксплуатационных параметров (например, ситуационной надежности вагона), результаты дополняют вагонную модель, что впоследствии дает возможность проследить динамику изменения параметра и принять решение о заблаговременном исключении ненадежного узла.

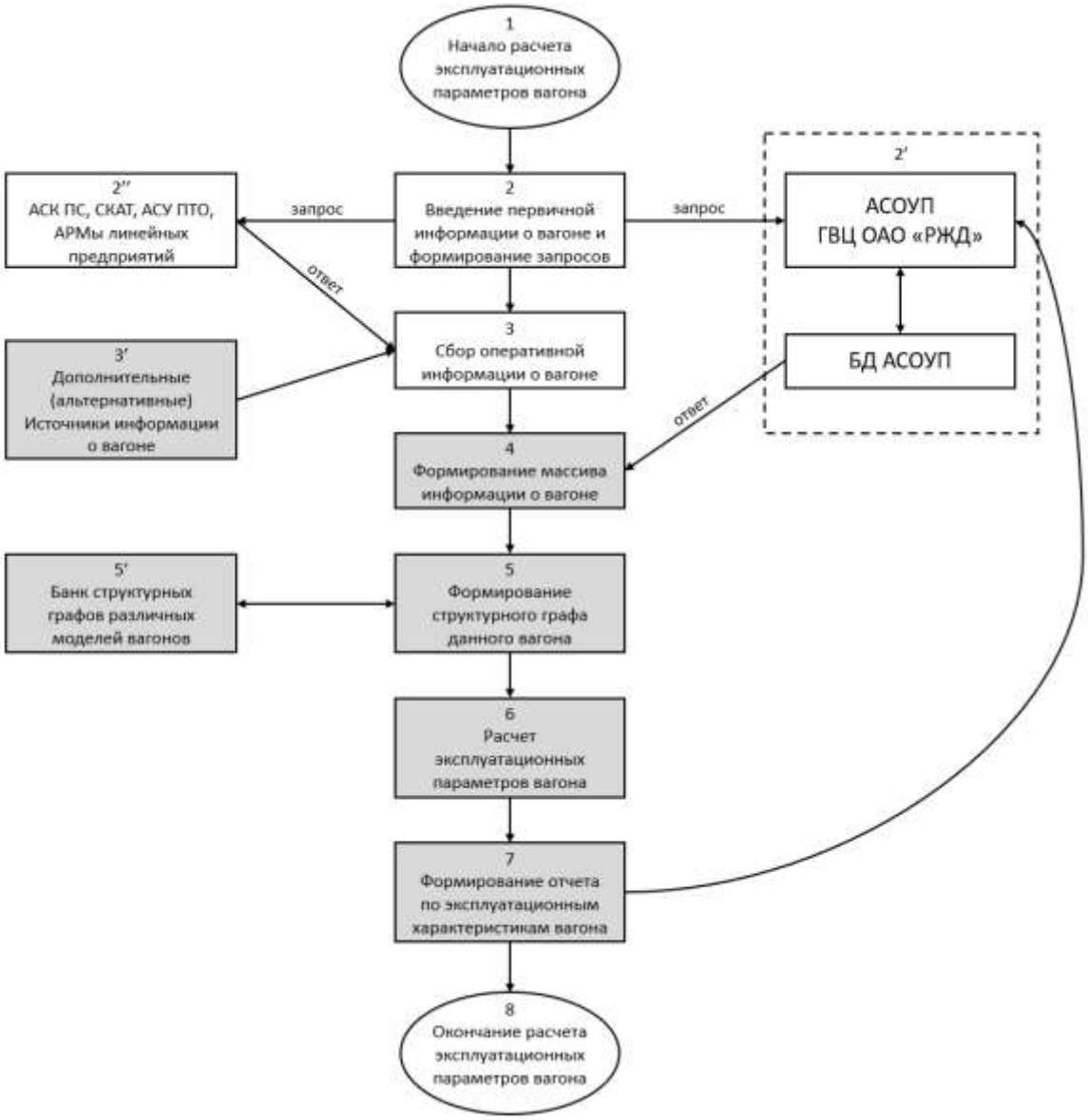


Рисунок. Алгоритм расчета эксплуатационных характеристик вагона

В процессе эксплуатации грузового вагона в современных условия целесообразно оперативно оценивать надежность грузовых вагонов для своевременного отстранения технически неисправных единиц от перевозочного процесса.

Важными понятиями для оценки надежности технических систем вагонного хозяйства в соответствии со стандартом отрасли СТО РЖД 1.02.005 [6] являются: эксплуатационный показатель безопасности функционирования технического средства и эксплуатационный показатель риска возникновения опасного отказа у технического средства.

Эти понятия увязаны между собой формулой

$$P_a(T_c) = 1 - Q_a(T_c), \tag{1}$$

где $P_a(T_c)$ – эксплуатационный показатель безопасности функционирования технического средства вида «а» на полигоне испытаний за сеанс T_c, показывающий вероятность того, что при проследовании в составе поезда участка пути длинной 1 км у этого технического средства не возникнет опасный отказ;

$Q_a(T_c)$ – эксплуатационный показатель риска возникновения у технического средства вида «а» опасного отказа при проследовании им по участку пути длинной 1 км на полигоне испытаний за сеанс T_c.

$$Q_a(T_c) = \frac{N_{ao}(T_c)}{N_a(T_c)} \tag{2}$$

где $N_{ao}(T_c)$ – количество опасных отказов технических средств вида «а» на полигоне испытаний, зафиксированных за сеанс T_c.

$N_a(T_c)$ – количество эксплуатационных испытаний технических средств вида «а» на полигоне испытаний, зафиксированных за сеанс T_c.

$$N_a(T_c) = \sum_{i=1}^{N_{aв}} N_{ai}(T_c) \tag{3}$$

где $N_{aв}$ – количество технических средств вида «а», перемещавшихся по полигону эксплуатационных испытаний в течении сеанса T_c.

N_{ai} – количество километров, преследованных i-м техническим средством вида «а» в пределах полигона эксплуатационных испытаний за сеанс T_c.

Для показателя безопасности рассчитывается значение нижней границы доверительного интервала. Для показателя риска рассчитывается значение верхней границы доверительного интервала.

Верхняя граница доверительного интервала уровня q рассчитывается по формулам

$$\overline{Q}_a(T_c) = 1 - \exp\left[\frac{-\chi^2_{1-q}(2N_{ao}(T_c)+2)}{2K_2(N_a(T_c), N_{ao}(T_c)+1)}\right], \text{ если } N_{ao}(T_c) \le \frac{N_a(T_c)}{2}; \tag{4}$$

$$\overline{Q}_a(T_c) = \exp\left[\frac{-\chi^2_q(2N_a(T_c) - 2N_{ao}(T_c))}{2K_2(N_a(T_c), N_a(T_c) - N_{ao}(T_c))}\right], \text{ если } N_{ao}(T_c) > \frac{N_a(T_c)}{2} \tag{5}$$

где $\chi_q^2(m)$ – квантиль q распределения хи-квадрат с m степенями свободы (рекомендуется принимать q = 0,95).

Нижняя граница доверительного интервала уровня q рассчитывается по формуле

$$\underline{P}_a(T_c) = 1 - \overline{Q}_a(T_c) \qquad (6)$$

В качестве эксплуатационных определительных испытаний технических средств могут рассматриваться реальные режимы эксплуатации объектов вагонного хозяйства, а полигоном этих испытаний выступать отдельная дорога или группа дорог [8]. Сведения для определения эксплуатационных показателей при этом собираются из различных информационных систем железнодорожного транспорта, обзор которых приведен выше. Так, например, сведения об отказах и техническом состоянии грузовых вагонов черпаются из системы ДИСПАРК, характеристики вагонов – из АСОУП с помощью сообщений-запросов в виде справок по узлам и деталям (2730) и паспортов вагонов (ВУ-4М). Для статистического обеспечения расчетов также необходимы сведения о протяженности полигона определительных испытаний и количестве объектов вагонного хозяйства, осуществляющих работу на полигоне. Эти и многие другие сведения обеспечивает информационная система СИРИУС.

Важное значение для определения эксплуатационных показателей надежности грузовых вагонов имеет возможность автоматизации сбора информации и расчета показателей. Изучение механизмов сбора информации линейного уровня и алгоритмов работы автоматизированных систем железнодорожного транспорта с применением методов менеджмента риска и менеджмента качества, позволяет определить источники недоброкачественной первичной информации, предпринять меры по улучшению качества этой информации и, тем самым, повысить достоверность расчета эксплуатационных показателей безопасности функционирования технических средств вагонного хозяйства.

Библиографический список

1. Кинаш С.А. Унификация архитектурных решений для АСУ РЖД // Журнал «Автоматика, связь, информатика». 2007, № 7. С. 20-21

2. Устич П.А. Концепция интеллектуального управления / П.А. Устич, А.А. Иванов, В.Б. Митюхин // Журнал «Мир транспорта». 2008, № 3. С. 4-11

3. Быстрицкий Д.В. Проблемы интеграции АСУ // Журнал «Автоматика, связь, информатика». 2007, № 8. С. 27-31

4. Сидорова Е.Н. Автоматизированные системы управления в эксплуатационной работе. М. : Маршрут, 2005. 560 с.

5. Ададуров С.Е. Интеллектуальный железнодорожный транспорт // Автоматика, связь, информатика. 2011, № 6. С. 4-8

6. СТО РЖД 1.02.005-2006. Расчет эксплуатационных показателей безопасности функционирования технических средств вагонного хозяйства. М. : ОАО «РЖД», 2006. 17 с.

7. Рожкова Е.А., Ковригина И.В. Автоматизированная система управления сортировочной станцией (АСУ СС). Достоинства и недостатки // Транспортная инфраструктура сибирского региона : материалы Десятой междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Иркутск : ИрГУПС, 2018. 160 с.

8. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оценка стоимости жизненного цикла полувагона по коэффициенту эксплуатационных затрат // Экономика железных дорог. 2015, № 4. С. 38-45

Е.А. Ларченко, А.А. Ерёменко, Р.А. Исмиева
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВЫБОР МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В статье представлены результаты оценки основных бизнес-процессов управления техническим обслуживанием и ремонтом в локомотивном сервисном депо. В настоящее время имеются множество программных продуктов для моделирования деятельности организации, они нужны для проектирования бизнес-процессов и бизнес-архитектуры компании. В ОАО РЖД для моделирования применяют ARIS eEPC, которая расшифровывается как Architecture of Integrated Information Systems.

Ключевые слова: бизнес-процесс, ремонт, техническое обслуживание, сервисное депо, железная дорога, процессное управление.

Уже давно известно о том, что в управлении организацией необходимо чётко определять цели, целесообразно планировать и организовывать работу, измерять, анализировать и улучшать текущую деятель-

ность. Иногда в работе случаются сбои, например, очень часто встречается проблема в противоречивых требованиях к входу текущего процесса, тогда необходимо решать эту проблему путём проведения полной оценки этого процесса. Необходимо провести консультации с внутренними и внешними сторонами, имеющими отношение к этой проблеме.

Ресурс бизнес-процесса – это материальный или информационный объект, который постоянно используется для выполнения работы.

В ОАО «РЖД» основная деятельность связана в перевозке грузов и пассажиров. Техническое обслуживание и ремонты обеспечивают поддержку основной деятельности и связаны с затратами материальных и трудовых ресурсов. Поэтому правильный выбор цели, стратегии управления ремонтной организации, точное формирование бизнес-процессов, будут в конечном итоге влиять на финансовый результат предприятия.

В настоящее время, каждое предприятие старается найти правильную стратегию и лучшие решения для того, чтобы экономно расходовать свои ресурсы, но при этом увеличивать прибыль. Для достижения этой цели необходимо разработать план управления ремонтами и техническим обслуживанием в ремонтной организацией.

Для оперативного выполнения плана и контроля технического обслуживания и ремонта должны быть чётко определены следующие компоненты:

– периодичность ремонта – интервал между окончанием данного вида ремонта или технического обслуживания, и началом следующего ремонта;

– продолжительность ремонта – интервал времени от момента начала ремонта подвижного состава и его окончания;

– трудоёмкость ремонта – трудозатраты на проведение данного вида ремонта, выраженные в человеко-часах.

Процессы ремонта и технического обслуживания необходимо задокументировать, это нужно для поддержки результативной и эффективной работы. Например, для выполнения ремонта какого-нибудь агрегата необходимо составить технологические карты ремонта – документы, которые содержат перечень технологических операций при выполнении технического обслуживания и ремонта. На основании нормативно-справочной документации составляется план-график проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования, чтобы в процессе работы не было их отказов.

Система ППР представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий для обеспечения работоспособности и исправности оборудования в течение всего срока его службы.

Правильная оформленная документация способствует результативной и эффективной работе, стандартизации в работе, в установлении критерий в проведении проверки на соответствие требованиям нормативных документов, проводить аудит процессов, и на основании данных можно провести анализ, пересмотр и улучшение процессов.

На основании графиков ППР выполняется планирование материальных ресурсов, туда входит материально-техническое обеспечение, которое включает в себя снабжение запасными частями, материалами и средствами ТО и ремонта, обеспечение трудовыми ресурсами, необходимыми для выполнения технологической операции.

Производственный процесс на железнодорожном предприятии должен рассматриваться как единая и согласованная сеть совокупности процессов, где бизнес-процесс – это логичный, последовательный, взаимосвязанный набор мероприятий, который потребляет ресурсы, создаёт ценность и выдаёт результат.

Практическое применение процессного подхода предусматривает детальный анализ и описание производственного процесса, его регламентирующих документов, использованных ресурсов в виде единой и согласованной сети, с учётом всех компонент, необходимых для качественного функционирования каждого из составляющих этапа процесса.

При этом необходимо определить чёткую цель и основное содержание каждого процесса, установить владельца процесса, нормативную, регламентирующую документацию, соотнести риски. Анализ риска необходимо проводить для того, чтобы оценить последствия вероятных отказов или недостатков процессов, какие расходы может понести организация.

Также необходимо выявить, что будет являться входом и выходом процесса, какие будут использоваться ресурсы для этого процесса. Нужно определить оцениваемые параметры и показатели результативности и эффективности работы, а также составить полное описание операций, поставщиков и потребителей.

Практическое применение процессного подхода предусматривает детальный анализ и описание производственного процесса предприятия в виде единой и согласованной сети процессов с учётом всех выше расписанных компонент.

Она включает в себя следующие бизнес-процессы управления деятельностью по техническому обслуживанию и ремонтам верхнего уровня (рис. 1.)

Современное предприятие состоит из множества процессов, для того чтобы оперативно и грамотно управлять ими широкое распростране-

ние получили специализированные автоматизированные информационные системы.

Рис. 1. Бизнес-процессы управления деятельностью по техническому обслуживанию и ремонтам ПС верхнего уровня

Ремонтные организации, решившие описать свои бизнес-процессы, кроме стандартов и разных инструкций, должны использовать технологические карты с нормами времени и применяемым оборудованием, они должны составить карту процесса и его блок-схему или, наконец, разработать собственный формат описания. Выбор методологии описания процессов должен базироваться на понимании их возможностей и недостатков, чёткого понимания целей использования создаваемых моделей бизнес-процессов.

Например, при вертикальном описании бизнес процессов показывают только работы и их иерархический порядок в дереве бизнес-процессов. В этом случае отображаются только вертикальные связи между родительскими и дочерними работами, но нет взаимосвязи между соседними подразделениями, пример таких связей представлен на рис. 2.

Методология горизонтального описания бизнес-процесса предусматривает систематизацию работ, их взаимосвязь и их последовательность выполнения.

В этом случае в модели бизнес-процесса появляются горизонтальные связи между различными работами процесса (рис. 3).

Рис. 2. Пример бизнес процесса при вертикальном описании

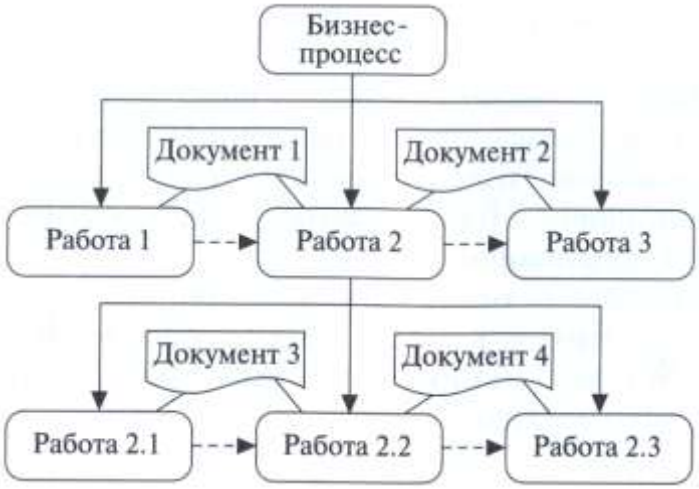


Рис. 3. Пример бизнес процесса при горизонтальном описании

В настоящее время имеются множество программных продуктов для моделирования деятельности организации, они нужны для проектирования бизнес процессов и бизнес-архитектуры компании. В ОАО РЖД для моделирования применяют ARIS eEPC, которая расшифровывается как Architecture of Integrated Information Systems.

Достоинством ARIS является то, что эта методология обеспечивает интегрированный подход к анализу и проектированию больших систем (рис. 4). Описание бизнес-процессов организации осуществляется с различных точек зрения – с точки зрения организационной структуры, с точки зрения функций, с точки зрения данных. Кроме того, существует взгляд на управление, сочетающий в себе все эти три направления.

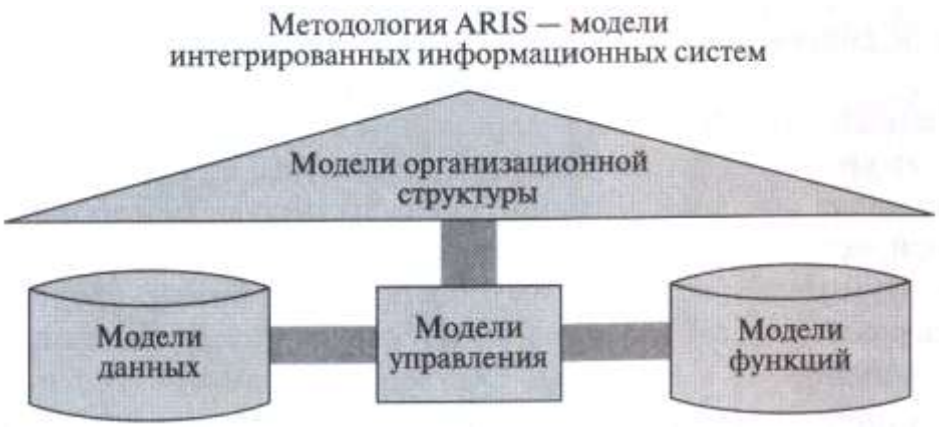


Рис. 4. Методология ARIS

Организационная структура этой методологии состоит из моделей, с помощью которых она описывается, а также включает другие элементы внутренней инфраструктуры компании (рис. 5).

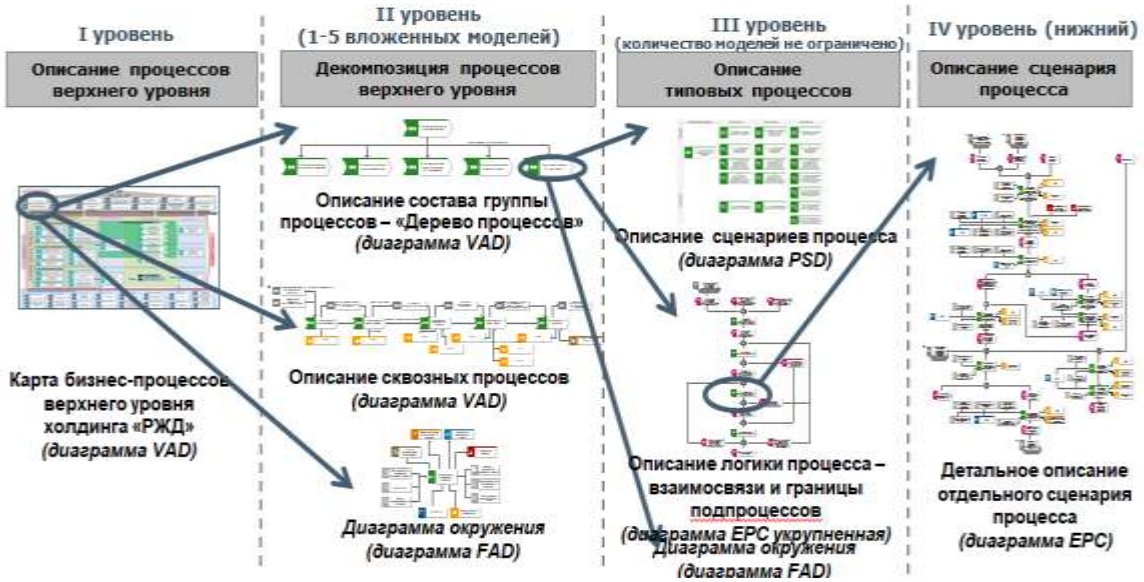


Рис. 5. Уровни моделирования процессов

Организационная структура представляется в виде иерархии организационных подразделений, должностей, конкретных сотрудников организации, групп сотрудников, создаваемых для достижения определенных целей.

Одна из существенных составляющих внедрения процессного управления в ремонтном сервисном депо – контроль результативности рабочих процессов, а также автоматизации сбора отчётов по исполнению периодических процессов.

В данный момент времени в ремонтных подразделениях ремонтного депо, большую часть времени персонал тратит на выяснение очерёдности собственных действий, согласования, возникающие в процессе ремонта, дополнительные заказы запасных частей и прочие, и другие потери времени не добавляющие ценности действия. Помимо потерь времени, в результате подобной ситуации зачастую страдает качество ремонта, подобная ситуация вызвана отсутствием процессного подхода к управлению предприятием.

Библиографический список

1. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. М. : Транспорт, 2012

2. Гусаков В.И. [и др.]. Организация, планирование и управление производством подвижного состава. М. : Транспорт, 2017

3. Дмитриев В.А. Экономика железнодорожного транспорта. М. : Транспорт, 2007

4. Кирисов С.В. Теория и практика применения процессного подхода к управлению качеством деятельности организации : моногр. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009

Д.А. Чернигов, Е.А. Рожкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕЛЬНОКАТАННЫХ КОЛЕС РАЗЛИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Статья посвящена моделированию напряженно-деформированного состояния цельнокатаного колеса с разными профилями методом конечных элементов в программе «КОМПАС-3D V20». Представлена ме-

тодика создания 3D модели цельнокатаного колеса различных профилей, приложения нагрузок и закреплений. Произведен расчет нагрузок с учетом разной толщины обода: 22, 47 и 70 мм соответственно.

Ключевые слова: НДС, профиль колеса, моделирование, напряженно-деформированное состояние.

Введение

Самыми нагруженными элементами железнодорожного транспорта являются железнодорожные колёса, в связи с тем, что на них действуют значительные статические и динамические нагрузки. Колёсная пара должна надёжно работать в сложнейших эксплуатационных условиях, от нее напрямую зависит безопасность движения. Как известно во время эксплуатации на колёсную пару действуют вертикальные и горизонтальные силы. Изменяющиеся во времени, и по величине, но основной составляющей сил является вертикальная нагрузка.

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации [1] до 2030 года предусматривает разработку специализированных вагонов для маршрутных поездов с осевыми нагрузками до 30 тс, увеличение наработки грузового вагона на отказ на 30…40 %, а также увеличение осевых нагрузок локомотивов до 27…30 тс.

Методология

Математическую модель для определения напряжённо-деформированного состояния колеса (НДС колеса) строили с учётом действия на него вертикальных нагрузок. Основной методикой был выбран метод конечных элементов (МКЭ) [3]. Весь расчёт состоит из следующих основных этапов:

1) колесо необходимо поделить на определённое число i-ых элементов;

2) полученные элементы будут иметь общие узлы, но их перемещения нам неизвестны;

3) определяются функции, которые устанавливают зависимости перемещения узлов и передвижения точек внутри элементов;

4) по данным функциям определяем деформации внутри элементов.

В свою очередь, деформации, возникающие внутри элементов, с учётом механических характеристик, позволяют посчитать напряжённое состояние в каждом элементе и на его границах.

Для наглядности мы решили произвести расчет МКЭ для разных профилей колес. В данной статье рассмотрим 2 профиля: плоскоконичное и с S-образным диском.

За основу мы приняли колесо с плоскоконичным диском по ГОСТ 10791-2011.

Для определения НДС необходимо построить 3D модели колес. Расчет производили в программе «КОМПАС-3D V20». Для расчетов методом конечных элементов, использовалась встроенная библиотека – APM FEM.

Расчет НДС

Чтобы определить какой профиль колес наиболее предпочтителен для эксплуатации на жд, смоделируем разную толщину обода: 22 – предельно изношенное, 47 – среднее значение и 70 – новое колесо, мм. Первым этапом будет построение эскиза. Выбираем вкладку создания 3D моделей, задаем необходимую плоскость (отображение плоскостей «изометрия»), входим в окно построения эскиза. Обращаемся к рисунку А.1,2 ГОСТ 10791–2011 вычерчиваем эскиз колеса (рис. 1). Далее, для создания модели необходимо применить операцию вращения или выдавливания по траектории (для этого необходимо задать направляющую в другой плоскости). Выполнив вышеперечисленные действия, получим 3D модель цельнокатаного колеса.

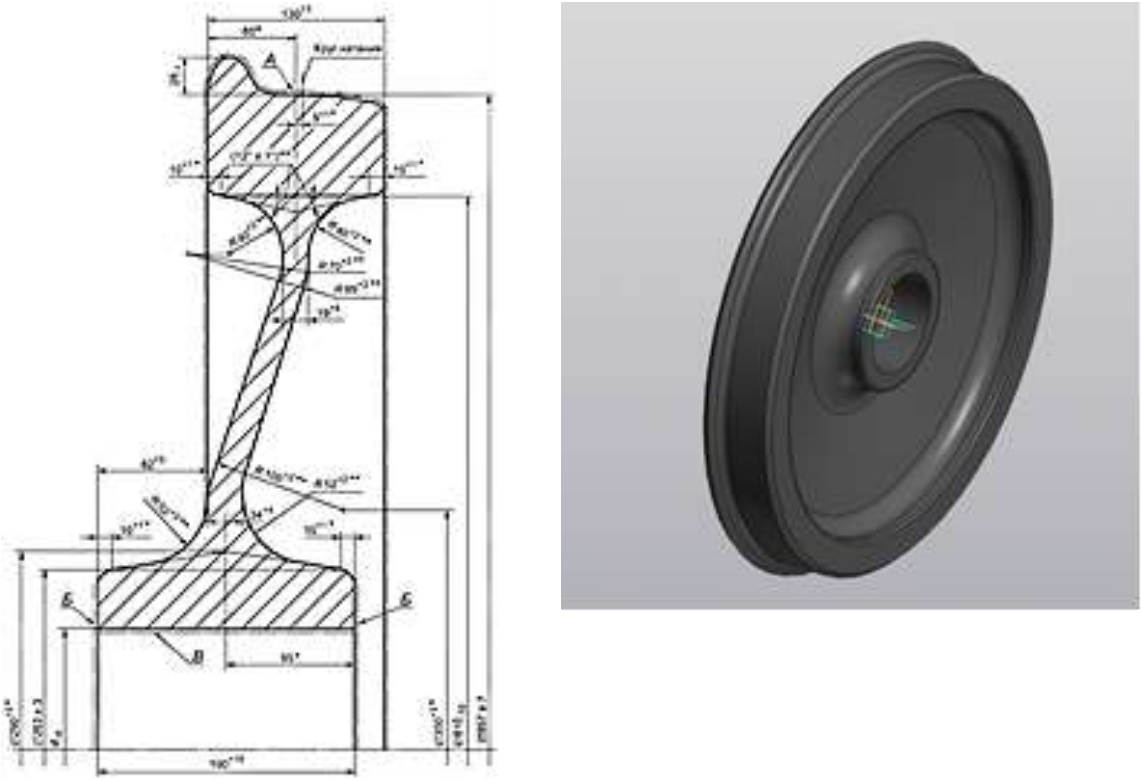


Рис. 1. Эскиз колеса по ГОСТ 10791-2011; 3D модель цельнокатаного колеса

Перед началом расчета, необходимо задать параметры материала, приложить нагрузку и указать программе закрепления.

Выбор материала. Зададимся сталью 2. Перед расчетом, программе необходимо задать следующие параметры: удельная масса $\rho = 7{,}854$ г/см^3; модуль Юнга $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона $\mu = 0{,}28$. [5]

В студенческой версии данная сталь не доступна, поэтому мы выберем сталь, которая максимально похожа по всем характеристикам – сталь 55 ГОСТ 1050-2013 (рис. 2).

Название материала: **Сталь 55 ГОСТ 1050-2013**

Предел текучести [МПа]	380
Модуль упругости нормальный [МПа]	210000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/м^3]	7820
Температурный коэффициент линейного расширения [1/С]	0.000011
Теплопроводность [Вт/(м*С)]	55
Предел прочности при сжатии [МПа]	650
Предел выносливости при растяжении [МПа]	315
Предел выносливости при кручении [МПа]	163

Рис. 2. Характеристики стали 55 ГОСТ 1050-2013

Закрепление. Представим, что в нашем случае колесо условно неподвижно и закреплено на оси. Поэтому, накладываем ограничения на перемещения по всем осям («Создать закрепление») на поверхность ступицы колеса. Появления «зеленых осей» – это сигнализатор правильной установки ограничений, также можно указать их масштаб (для удобства).

Приложение нагрузки. Так основной составляющей сил, действующих на колесо, в нашем конкретном случае, является вертикальная нагрузка, приложим ее в i-ю площадку поверхности катания колеса. Для этого, необходимо создать площадку на поверхности обода. Создаем эскиз в виде сектора на профильной плоскости колеса. С помощью библиотеки «Каркасы и поверхности», разбиваем поверхность катания выбранным эскизом и получаем нужную i-ю площадку. Далее необходимо приложить нагрузку. Зададимся максимальной нагрузкой 25 и 30 тс при

самых неблагоприятных условиях. Выбираем вкладку «Давление», в открывшемся меню мы имеем возможность выбрать единицы измерения и природу возникающей силы, выбираем ньютоны, указываем необходимую поверхность (площадка на поверхности катания), вводим величину силы в ньютонах. Над площадкой появляется группа красных векторов, сигнализирующих о приложенной нагрузке.

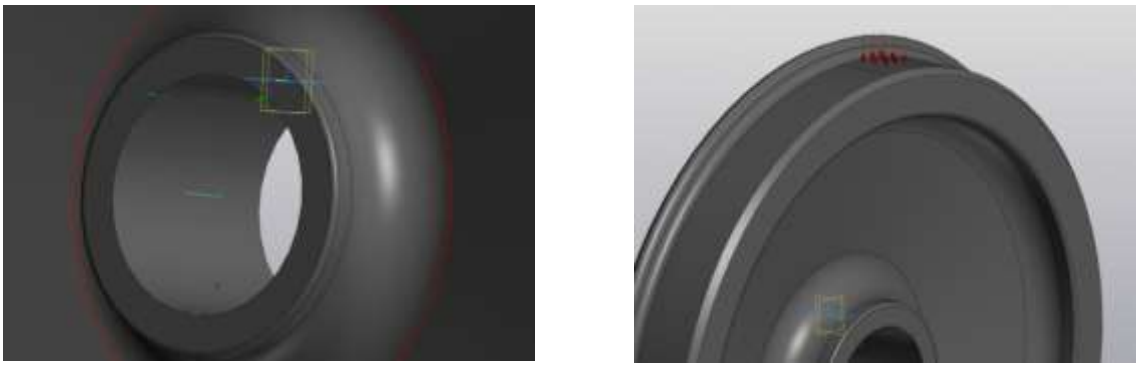


Рис. 3. Закрепление и приложенная нагрузка

Создание сетки конечных элементов. При создании сетки необходимо указать вид тетраэдров (4-ех или 10-ти узловые), плотность распределения и максимальную длину стороны элемента. Выбираем команду – «Создать сетку КЭ», после создания выбираем команду «Расчет». При расчете полагается, что каждый из элементов подвергается сложным нагрузкам по всем поверхностям, поэтому переходят к эквивалентным напряжениям по Мизесу, то есть сложнонапряженное состояние элемента, заменяется простым напряжением растяжения-сжатия.

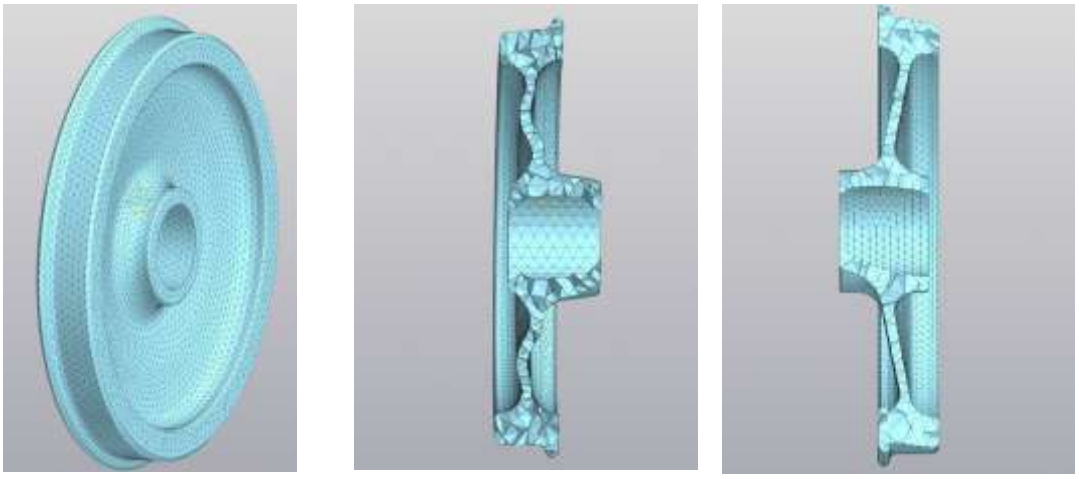


Рис. 4. Сетка конечных элементов разных профилей катания

Карта результатов. Для определения максимальных нагрузок необходимо выполнить статический расчет. На это потребуется время, напрямую зависящее от мощности вашей вычислительной машины. По окончании расчетов, мы можем посмотреть карту результатов, где отражены следующие параметры: эквивалентные напряжения по Мизесу, суммарное линейное перемещение, коэффициент запаса по текучести, коэффициент запаса по прочности (рис. 5). Компас позволяет сформировать отчет в формате .html.

А) эквивалентные напряжения по Мизесу,
места концентрации напряжений

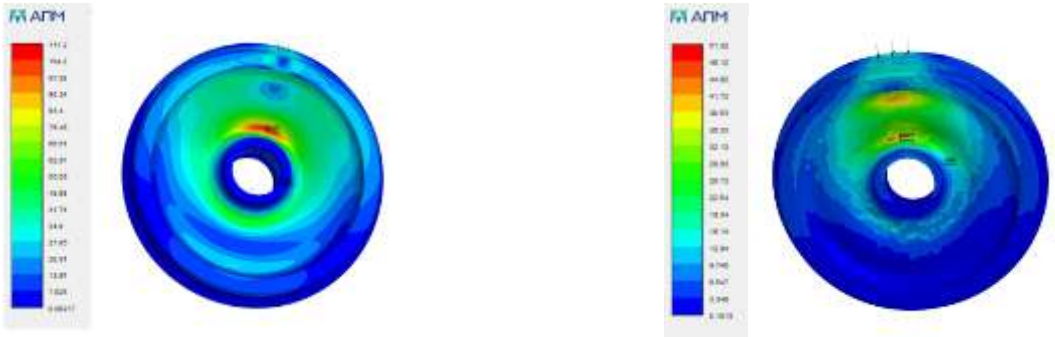


Рис. 5. Результаты расчетов

По карте результатов видно, что у колеса с плоскоконичным диском основными местами концентраторами напряжений у колес с толщиной обода 47 и 70 мм являются предступичная часть колеса (103-111 Мпа). У колес же, имеющих толщину обода 22 мм еще и в приободной части (130 МПа). У колес же с S-образным диском основными концентраторами напряжений являются криволинейные элементы, места воспринимающие упругие деформации. Однако величина максимальных напряжений, возникающих под действием нагрузок у колеса с S-образным диском сравнительно меньше, по сравнению с плоскоконичным. Усталостная прочность у таких колес в 1.5 раза больше. Не трудно прийти к выводу, что чем меньше толщина обода, тем больше напряжения в опасном сечении при постоянной силе.

Заключение

В заключение необходимо сказать, что использование современного программного обеспечения необходимо при изучении таких дисциплин как «Конструирование и расчет вагонов», «Основы механики подвижно-

го состава». Это обуславливается наглядностью процесса и большим уровнем мотивации к обучению.

Массовое применение колес с различными криволинейными профилями, позволит ОАО «РЖД» увеличить объемы грузоперевозок, при этом не увеличивая парк вагонов, тем самым снижая расходы на эксплуатацию и ремонт ПС [8].

Библиографический список

1. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «РЖД» в 2009 году / ОАО «РЖД», Департамент безопасности движения. М., 2010. (Утв. Вицепрезидентом ОАО «РЖД» А.Г. Тишаниным 25.02.10)

2. Богданов А.Ф., Чурсин В.Г. Эксплуатация и ремонт колёсных пар вагонов. М. : Транспорт, 1985. 270 с.

3. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. М. : Транспорт, 1986. 559 с.

4. Ковригина И.В., Чернигов Д.А. Оценка безопасности движения по целевым показателям Забайкальской дирекции инфраструктуры. Образование – Наука – Производство : науч. журн. 2020. Т. 1, 29 с.

5. Чернигов Д.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния цельнокатаного колеса [Электронный ресурс] / Д.А. Чернигов, Е.А. Рожкова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. 2021, № 1 (11). Режим доступа : http://mnv.irgups.ru/toma/111-2021, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

6. Annual report, Safety statistics [Электронный ресурс] / Federal Railroad Administration. USA. 2004. Режим доступа : http://www.fra.dot.gov

7. Шадур Л.А. Расчет вагонов на прочность / С.В. Вершинский, Е.Н. Никольский, Л.Н. Никольский, А.А. Попов, Л.А. Шадур. М. : Машиностроение, 1971. 432 с.

8. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оптимизация назначенного срока службы полувагона по критерию безубыточности эксплуатации // Экономика железных дорог. 2015, № 11. С. 60-68

С.В. Четвериков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

В.В. Ходанович
ЛокоТех-сервис,
г. Чита, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОКОМОТИВНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Анализ эксплуатационной надежности электровозов демонстрирует низкие показатели на определенных этапах жизненного цикла локомотива, наблюдается рост неплановых ремонтов, факты перепростоя в ходе текущего ремонта в сервисных локомотивных депо.

Результаты существующего положения дел свидетельствуют о необходимости создания нового подхода к ремонту и сопровождению надежности локомотивов. Необходимо создание человеко-заменяющих управляющих систем, внедрение барьерных функций и функций контроля на всех этапах ремонта локомотива: от постановки на ремонтную позицию до выпуска на пути общего пользования после ремонта. Также необходимо создание единого цифрового пространства, объединяющего массивы данных о комплектности локомотивов, истории его эксплуатации и статистике выхода из строя оборудования и составных частей. Для решения таких задач создан проект «Цифровое депо».

Ключевые слова: цифровая железная дорога, цифровые технологии, АС ЭП, ЕК АСУТ, доверенная среда, АС ЭРТО, УРП

На современном этапе российские железные дороги целенаправленно ориентированы на цифровизацию и автоматизацию производственных мощностей, выраженную в реализации ряда проектов[1]. Одним из востребованных и перспективных является «Цифровое депо», разработанное группой компаний «ЛокоТех».

Целью внедрения проекта «Цифровое депо» является повышение эффективности обслуживания и ремонта ТПС в масштабах всей страны, включающее:

– минимизацию воздействия человеческого фактора на качество процесса ремонта локомотивов и его составных частей;

– обеспечение автоматической идентификации локомотивного оборудования в течение всего его жизненного цикла и контроля допуска локомотивов на инфраструктуру после ремонта;

– совершенствование производственных процессов и цифровую трансформацию технологии обслуживания и ремонта локомотивного парка ОАО «РЖД»;

– оптимизацию затрат и повышение качества производимых работ;

– повышение надежности обслуживаемого парка локомотивов;

– создание среды постоянного роста эффективности процессов обслуживания и ремонта ТПС;

– формирование информационной экосистемы локомотивного комплекса.

Основной задачей проекта «Цифровое депо» является переход на цифровую платформу с использованием новых подходов в информационных и управленческих технологиях, использование которых позволит обеспечить выполнение всех видов текущих ремонтов локомотивов (ТР-1, ТР-2, ТР-3) безусловное соблюдение потоков ремонта (технологию), исключение подмены оборудования или использования контрафактной продукции.

Для реализации проекта необходимо решить следующие задачи:

– сбор и обработка информации перед заходом локомотива в депо;

– разработка единого информационного пространства организации депо для идентификации локомотивов и оборудования;

– автоматизация выполнения технологических операций при ремонте локомотива, включая диагностику;

– исключение возможности искажения информации в ходе оформления результатов ремонта и испытаний;

– использование средств объективного контроля (создание барьерных функций) на каждом этапе ремонта для исключения нарушений технологии ремонта;

– использование перспективных технологий (интернета вещей (IoT), больших данных (BigData) и технического зрения);

– создание единого информационного пространства для контроля оборудования и запасных частей от заводов-изготовителей и поставщиков комплектующих и интеграция баз данных комплектующих для ТПС;

– создание и применение доверенной среды в информационном пространстве;

– минимизация человеческого фактора при выполнении ремонтных работ в депо;

– оптимальное управление товарно-материальными ценностями;

– разработка нормативной базы, в частности отраслевого стандарта, описывающего архитектуру и требования к «Цифровому депо»;

– выбор унифицированных интерфейсов для объединения технологического стендового оборудования и испытательных станций, а также иных устройств и систем «Цифрового депо»;

– разработка унифицированной программной и аппаратной платформ, протоколов обмена данными, необходимых для управления «Цифровым депо» для взаимодействия с другими проектами Цифровой железной дороги;

– определение перечня необходимых изменений в инфраструктуре (в частности в депо, как объекте транспортной инфраструктуры) и технологии технического обслуживания и текущего ремонта тягового подвижного состава.

Ожидаемым эффектом от реализации проекта «Цифровое депо» будет являться повышение коэффициента готовности к эксплуатации локомотива с 0,93 до 0,97, что будет включать в себя:

– повышение качества обслуживания и ремонта ТПС с сокращением времени его нахождения на ремонтных позициях;

– использование цифровых средств контроля выполнения технического обслуживания и текущих ремонтов в строгом соответствии проектной документацией, а также результатов объективной диагностики технического состояния локомотива;

– оптимизацию системы управления товарно-материальными ценностями;

– автоматизацию большей части ремонтно-восстановительных операций и процесса нанесения, считывания идентификационных параметров, верификации оборудования и определения его технического состояния с минимизацией человеческого фактора при выполнении ремонтных работ в депо;

– возможность предоставления цифровых сервисов внешним клиентам;

– контроль и верификация применяемых ТМЦ за счет использования перспективных технологий в режиме онлайн.

Так же была спроектирована и введена в строй универсальная ремонтная позиция, позволяющая сократить время ремонта до 16 часов и менее за счёт исключения необходимости манёвров локомотива: выкатка колёсно-моторных блоков, обточка колёсных пар и другие работы по циклу ТР-1 на 3-секционной машине производятся без перестановки секций по цехам.

Оборудование ремонтной позиции позволяет напрямую передавать снимаемые данные в автоматизированную систему управления.

Рисунок. Универсальная ремонтная позиция

Проект «Цифровое депо» концептуально связан с аналогичными проектами типа «Умный локомотив», «Цифровая модель инфраструктуры», «Интеллектуальная Система Управления Железнодорожным Транспортом», автоматизированными системами предприятий, с которыми имеется технологическое взаимодействие в перевозочном процессе (Цифровой склад, АСУ Сетевой график, Электронный паспорт производства), и рядом других проектов, реализуемых в рамках концепции «Цифровая железная дорога» [2,3,4].

Также проект в режиме реального времени взаимодействует с автоматизированной системой «Электронный паспорт локомотива», связан с концепциями «Единой корпоративной автоматизированной системы управления локомотивным комплексом» (ЕК АСУТ), «Доверенная среда локомотивного комплекса», и является составной частью информационной экосистемы локомотивного комплекса.

Интеграция автоматизированных систем сервисных компаний и создание универсальной базовой информационной платформы (Доверенная среда локомотивного комплекса) с учетом унифицированных интерфейсов для доступа к данным (ЕК АСУТ и АС ЭП) обеспечит качественное информационное взаимодействие участников в едином информационном пространстве посредством электронного документооборота и даст возможность консолидировано и оперативно управлять качеством

технического обслуживания и текущего ремонта локомотивов, надежностью тягового подвижного состава и влияющими на это рисками [5,6,7]:

1) Обеспечение унифицированного сбора информации из различных источников, в том числе, информации с технологического стендового оборудования и испытательных станций;

2) Обеспечение надежного хранения данных разного типа (структурированные и неструктурированные) в течение всего жизненного цикла объектов локомотивного комплекса в распределенной инфраструктуре с учетом логики взаимозависимостей данных;

3) Реализация ключевых инструментов обеспечения доверия:

– логического контроля получаемых данных;

– контроля изменений данных;

– синхронизации данных в распределенных хранилищах с учетом достижения взаимодействия.

Библиографический список

1. Ефанов Д.В., Осадчий Г.В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий // Автом., связь, информ. 2018. № 5. С. 20-23

2. Розенберг Е.Н., Батраев В.В. О стратегии развития цифровой железной дороги // Бюл. объедин. ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 1. С. 9-27

3. Розенберг И.Н. Цифровая экономика и цифровая железная дорога // Транспорт Российской Федерации. 2017

4. Розенберг Е.Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее // Автом., связь, информ. 2016. № 10. С. 4-7

5. Ларченко Е.А. Технико-экономическое обоснование требуемого уровня надежности локомотивов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы 7 международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2016. С. 92-96

6. Ларченко Е.А. Расчет стоимости жизненного цикла на отдельные узлы подвижного состава железнодорожного транспорта // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 2. С. 374-378

7. Ларченко Е.А., Ракевич Н.Г., Быстрова О.Л. Управление качеством процессов на железнодорожном транспорте // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 423-427

В.А. Ядыкин, В.В. Степанов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЦЕХА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ КУЗОВНОГО РЕМОНТА ПОЛУВАГОНОВ НА ВРД ЧИТА

В работе представлен вариант реконструкции производственного участка ВРД Чита для организации ремонта кузовов полувагонов. Произведен анализ имеющихся площадей и оборудования. Определены задачи, предложены технические решения, предложено использование современного высокопроизводительного оборудования.

Ключевые слова: ремонт, кузов грузового вагона, реконструкция, полувагон, оптимизация

Вагоноремонтное депо Чита является структурным подразделением Забайкальской дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД». Основной задачей вагоноремонтного депо является проведение плановых видов ремонта вагонов приписного парка ОАО «РЖД», изготовление инструмента и оснастки, необходимой для дирекции инфраструктуры. В структуре деповского ремонта большую часть времени занимает ремонт кузовов, в том числе кузовов полувагонов. В связи с этим, в целях повышения производительности труда и возможности организации поточного производства, на отдельных участках необходимо организовать специализированное ремонтное подразделение по кузовному ремонту полувагонов, оснащенное современными устройствами и механизмами для выправки, средствами для механизации и автоматизации ручного труда. На ВРД Чита на настоящий момент нет специализированного участка по ремонту кузовов полувагонов.

На кафедре «Подвижной состав железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта в рамках дипломного проектирования был разработан и защищен проект на тему «Проект реконструкции производственного корпуса ВРД Чита под ремонт кузовов грузовых вагонов». В качестве площадки для организации цеха по ремонту кузовов полувагонов взят участок № 24. Схема производственного участка № 24 приведена на рис. 1. Производственный участок № 24 расположен в непосредственной близости основными цехами (колесным № 7 и вагоноремонтным № 5), что позволит сократить время на транспортировку деталей и узлов. На данный момент в цехе расположены тупико-

вые пути для постановки вагонов в ремонт, дополнительные пути для технологических тележек. Имеются две кран-балки на подкрановых путях грузоподъёмностью по 1 т каждая, два комплекта домкратов УДС-160 и сварочный выпрямитель ВДУ-506. Участок обеспечен ручным слесарным инструментом.

Расположение путей и перечисленное оборудование не в состоянии обеспечить поточного производства, поскольку пути являются тупиковыми, а оборудование не в состоянии обеспечить весь спектр технологических операций по ремонту кузовов и, соответственно, высокую производительность

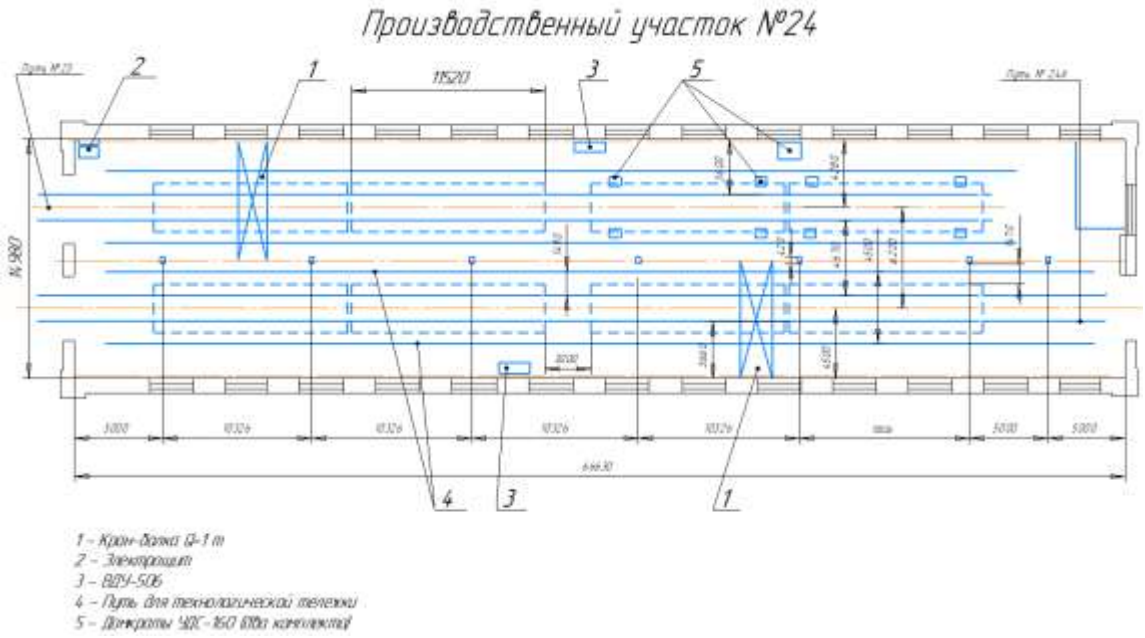


Рис. 1. Схема производственного участка № 24

В результате проведенного анализа конструктивных особенностей и оснащенности производственного участка № 24 было установлено следующее.

В настоящее время за производственным участком № 24 не закреплено постоянно действующих технологических процессов. Первоначально план цеха предполагал наличие сквозных рельсовых путей с воротами под габарит подвижного состава, в данный момент они заложены, что затрудняет перемещению материальных потоков. Тупиковое расположение путей не позволяет осуществлять независимую выкатку тележек для отправки в ремонт. Требуется восстановление заложенных кирпичом дверных проёмов и продление путей для выкатки тележек во двор.

В качестве основного энергоносителя рассматривались варианты использования пневматического и гидравлического инструмента. В данном случае более предпочтителен гидравлический инструмент, потому при сравнительно малых размерах гидроцилиндра он способен развивать примерно в 2 раза большее усилие, чем пневмоцилиндр таких же размеров. В настоящее время на ВРД Чита имеется модульная компрессорная станция: 2 модуля производительностью по 33,4 $м^3$/мин каждый. Производительности одних только модульных компрессорных для нужд ВРД при полной загрузке не хватает, поэтому приходится дополнительно включать устаревшие компрессора 2М-150/8. Таким образом, использование пневмоинструментов для ремонта кузовов является проблематичным.

В результате анализа перечня технологических операций при выправке кузова было определено, что оптимальным является использование установки для правки деформаций верхней обвязочной рамы УП-2М завода гидравлического оборудования «Русгидравлик». Установка предназначена для правки всех видов деформаций, общих и местных уширений и сужений верхней обвязочной рамы полувагона. Установка позволяет устранить как общие деформации на раме, так и локальные без ее предварительного нагрева. Для работы на установке при исправлении деформации верхней обвязочной рамы полувагонов достаточно одного специалиста. Со своего рабочего места с помощью пультов выполняются все технические операции. Для подъема установки УП-2М на верхнюю обвязочную раму требуется кран-балка грузоподъёмностью не менее 3 т, в связи с чем требуются усиленные подкрановые пути.

В качестве напольного оборудования выбран передвижной пост гидрофицированного инструмента ПРМ-Д ЗАО «Энерпром-инженерные решения», предназначенный для ремонта кузовов грузовых вагонов в условиях депо. Многофункциональность поста обеспечивается входящими в его состав устройствами и приспособлениями (более десяти наименований). Для перемещения поста ПРМ-Д требуется выравнивание цеховых полов.

В результате проведенного анализа были сформулированы цели и задачи реконструкции производственного участка № 24.

1. Организовать поточное производство по ремонту кузовов полувагонов в производственном участке № 24.

2. Разобрать заложенные дверные проёмы и установить в них ворота; продлить пути для постановки вагонов в ремонт.

3. Применить высокопроизводительный и энаргонасыщенный гидрофицированный инструмент и установки.

4. Произвести замену подкрановых путей для размещения кран-балки грузоподъёмностью более 3 т.

5. Выровнять цеховые полы.

В результате решения поставленных задач был разработан план реконструкции. На рис. 2 приведена планировка производственного участка № 24 после реконструкции.

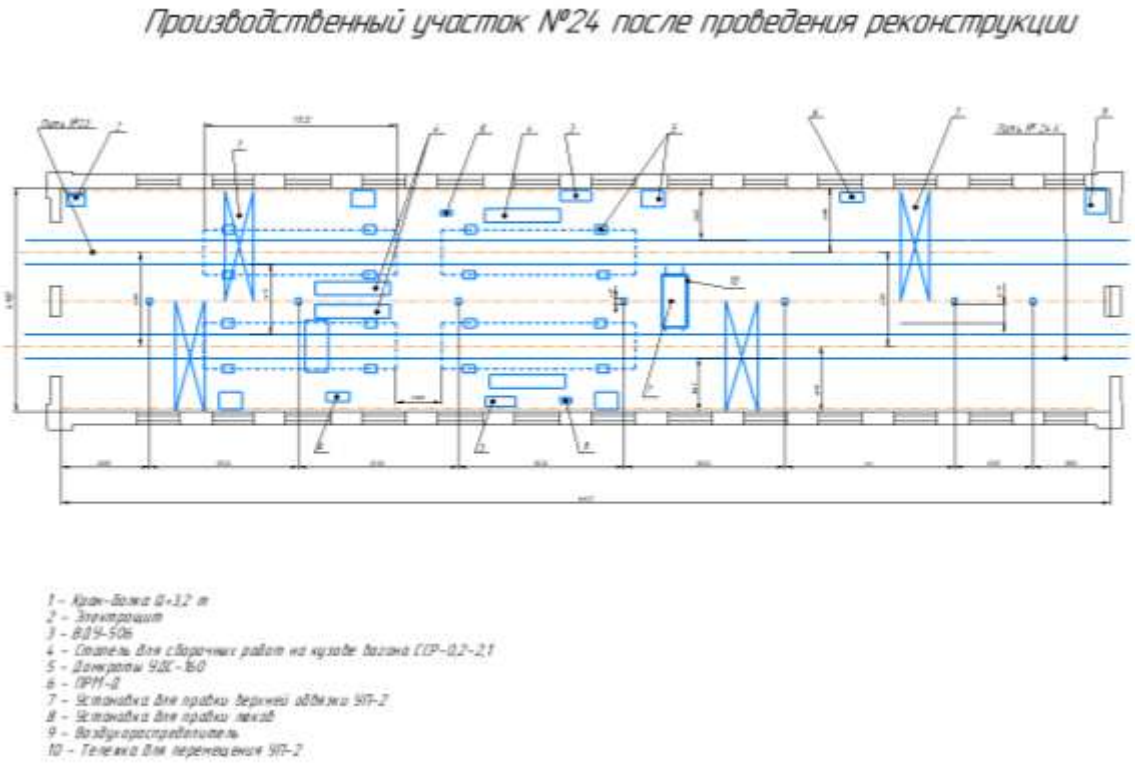


Рис. 2. Производственный участок № 24 после реконструкции

Предложенный вариант организации производственного процесса позволяет интенсифицировать исполнение технологических операций, на основе внедренного высокопроизводительного оборудования и создания оптимальных транспортно-логистических операций.

Составленный сетевой график ремонта полувагона с введённым в эксплуатацию специализированным цехом для ремонта кузовов показал, что время ремонта кузова сократилось с 3,2 раза благодаря использованию современного технологического оборудования.

Библиографический список

1. Степанов В.В., Дубинин Р.Р. Расширение функциональных возможностей глуходонного полувагона для перевозки крупнотоннажных контейнеров // В сб. : Образование – Наука – Производство. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 61-63

2. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оценка стоимости жизненного цикла полувагона по коэффициенту эксплуатационных затрат // Экономика железных дорог. 2015, № 4. С. 38-45

3. Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Ларченко Е.А. Оптимизация назначенного срока службы полувагона по критерию безубыточности эксплуатации // Экономика железных дорог. 2015, № 11. С. 60-68

4. Степанов В.В., Овсейчик С.З., Дубинин Р.Р. Дистанционное обнаружение усталостных трещин в боковых рамах тележек грузовых вагонов методом анализа затухающих колебаний // В сб. : Образование – Наука – Производство. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Чита, 2019. С. 61-66

РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

А.А. Губина, А.Е. Хабарова, Н.С. Логинов
Читинский техникум железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

УСТРАНЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ИЗОСТЫКА

В статье рассматриваются анализ неисправности изолирующих стыков вызванных наличием металлической стружки на поверхности катания рельсов, что является причиной перекрытия показания разрешающего сигнала светофора на запрещающий и способ их устранения.

Ключевые слова: обеспечение безопасности движения поездов, состояние изолирующих стыков, неисправности, магнитное поле, неодимовый магнит.

Для обеспечения безопасности движения поездов на участках оборудованных автоблокировками и электротягой, для исключения неисправности сигнализации путевых светофоров на участках Забайкальской железной дороги был проведён анализ состояния изолирующих стыков на перегоне и станции.

Анализ изолирующих стыков показал, что 30 % неисправности состояний изолирующих стыков вызваны наличием металлической стружки на поверхности катания рельсов в изолирующем стыке, что явилось причиной перекрытия показания разрешающего сигнала светофора на запрещающий, что соответственно приводит к задержке поездов.

В зависимости от нахождения изолирующих стыков на перегоне от планового профиля пути эта неисправность влечёт за собой неисправности верхнего строения пути из-за возникающих нагрузок подвижного состава.

В результате чего это приводит к угону пути и буксировке колёс, перекрытию пути и торможению подвижного состава, износ рельс кривого участка. Для того чтобы устранить эту неисправность нужно уменьшить магнитное поле в зоне изолирующего стыка.

Для этого в метре от стыка мы устанавливаем неодимовые магниты с обеих сторон рельса, тем самым создавая искусственное магнитное поле, для сбора металлической стружки и при этом исключая её попадания в изолирующий стык.

Неодимовый магнит представляет собой сверхмощную магнитную структуру, созданную на основе сплавов железа, бора и неодима.

У неодимовых магнитов присутствуют так же достоинства и недостатки.

К достоинствам относятся:

– сила создаваемого ими магнитного поля многократно превышает тот же показатель для обычного магнита.

– это изделие доступно как в промышленных масштабах, так и для частного пользователя;

– его естественное размагничивание очень невелико (за 10 лет он "теряет" всего 1-2 %);

– области применения этих изделий очень разнообразны.

К недостаткам таких магнитов относят:

– при неправильном обращении они могут повредить элементы металлических конструкций и нанести вред здоровью человека;

– сцепленные магниты расцепить удается с большим трудом, что в определенных ситуациях представляется как недостаток;

– создаваемое ими магнитное поле способно нанести вред расположенным поблизости электронным приборам и устройствам.

– кроме того, хрупкость материала магнитов делает их очень чувствительными к механическим нагрузкам. А при превышении температурой окружающей среды определенного значения эти изделия теряют свои магнитные свойства.

С учётом всех преимуществ и недостатков магнит может быть использован для обеспечения безопасности движения поездов, а именно устранение такой неисправности как намагничивание торцов рельсов в изолирующем стыке.

Для этого на расстоянии трёх-четырёх шпальных ящиков от изолирующего стыка в просверленные отверстия шпалы устанавливаем неодимовый магнит. Он своим магнитным полем будет собирать металлические частицы от колёс подвижного состава, образующиеся от воздействия колёсных пар и рельса (износ в кривых участках пути) и воздействия тормозных колодок на колёсную пару, соответственно на себя.

Не допуская возможности попадания металлической стружки в зону изолирующего стыка, этим мы исключим такую неисправность как замыкание изолирующего стыка металлическими стружками.

Кроме этого магнит применяется достаточно широко.

Самый простой бытовой пример – неодим с крючком для подвешивания кухонных предметов или более тяжелых вещей.

Рисунок. Неодимовый магнит

Установка неодимового магнита:

Установка неодимового магнита происходит на железнодорожном пути в железобетонных шпалах, монтеры пути выезжают на путь и смотрят, через какое расстояние просверливать отверстие в шпале, делая метку, после этого мы помещаем в него изготовленный нужных размеров неодимовый магнит.

Итак, сфера использования неодимового магнита безгранична. Учитывая положительные качества, применение неодимового магнита на транспорте, в промышленности, на производстве и т.д. позволит упростить, и в некоторых случаях удешевить производственный процесс.

Библиографический список

1. Электронный ресурс. [Режим доступа] : https://supermagnit.net/wa-data/public/blog/img/2-75.jpg [16.09.2021]

Е.С. Ефремова, В.Г. Рахчеев
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ШЛИФОВАНИЯ РЕЛЬСОВ НА СКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЯХ

В статье рассматривается новый способ шлифования рельсов на скоростных магистралях РЖД и за рубежом, основанный на одновременном шлифовании обоих рельсов одним абразивным кругом с прерыви-

стой рабочей поверхностью, а также приведены предполагаемые результаты от применения данной модели. Способ позволяет уменьшить воздействие колёс подвижного состава на железнодорожный путь, а следовательно, и износ структурных элементов, также увеличивает период проведения капитального ремонта железнодорожного пути. Таким образом, компания РЖД сможет в разы сократить расходы на содержание железнодорожного пути и повысить комфортность движения поездов.

Ключевые слова: абразивная обработка, шлифование рельсов, железнодорожный путь.

Современные условия диктуют новые требования, предъявляемые к железнодорожному пути. Для повышения скоростей движения поездов на железных дорогах РФ и создания высокоскоростных магистралей со скоростями движения поездов до 200 км/ч, требуется проведение ряда мер, которые позволили бы снизить силу, действующую на железнодорожный путь от колёс подвижного состава, за счёт снижения величины неровностей на поверхности рельсов. Наиболее эффективным и производительным методом восстановления служебных свойств рельсов, на данный момент, является профильное шлифование рельсошлифовальными поездами.

В работе [1] отмечена эффективность использования одновременного шлифования обоих рельсов одним абразивным кругом диаметром 1600 мм. Также приведена модель круга нового образца. В данной работе возникла необходимость уточнения этой модели. Более полная модель технологии шлифования рельсов РШП представлена на рис. 1.

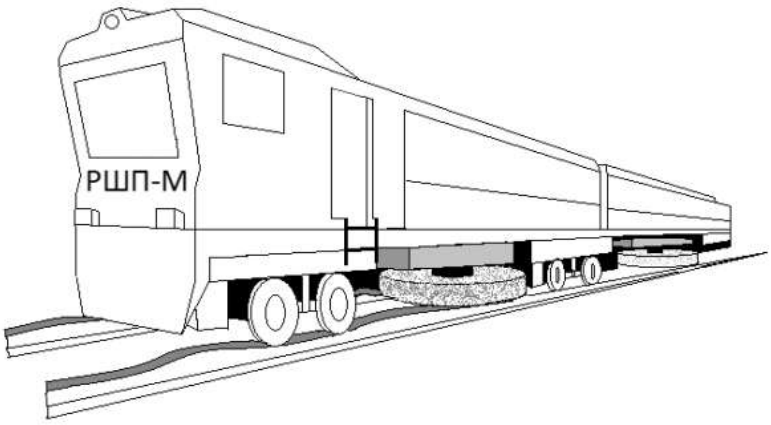


Рис. 1. Модернизированный рельсошлифовальный поезд

Обеспечение синхронизации износа абразивного круга – одна из главных задач данного исследования. Установлено, что основным фактором, от которого зависит синхронизация – это толщина слоя металла, снимаемого зерном и ширины поверхности, контактирующей с поверхностью круга. Наиболее производительным способом шлифования является плоское шлифование торцом круга при поступательной подаче рельса (рис. 2).

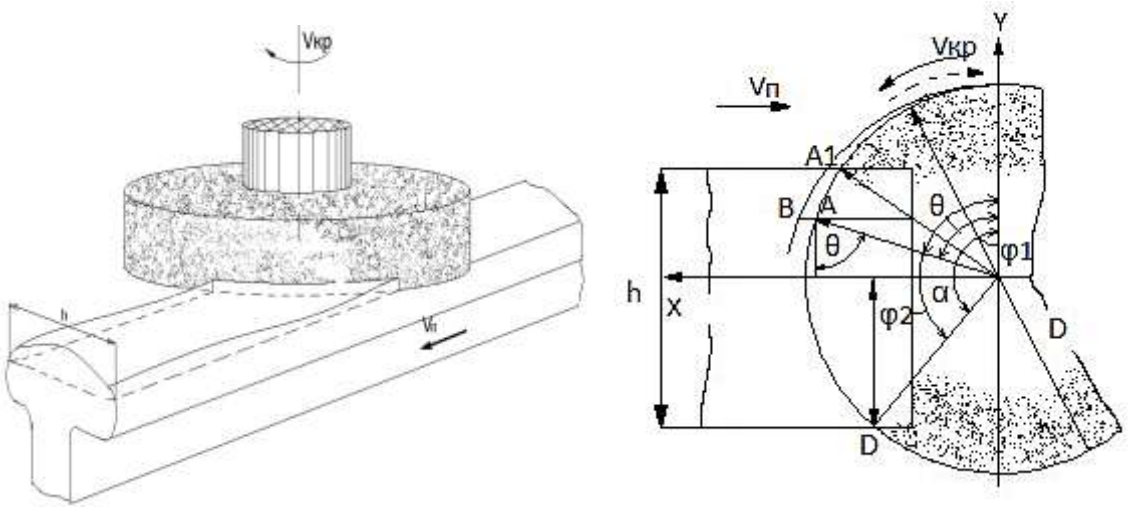


Рис. 2. Схема плоского шлифования при поступательной подаче рельса

Для данного случая составим систему уравнений, определяющих траекторию микрорезания шлифующим зерном круга:

$$\begin{cases} x = R\sin\theta \pm \overrightarrow{AB} \\ y = R\cos\theta \end{cases} \quad (1)$$

Величину отрезка $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$ определим из соотношения:

$$\frac{\overrightarrow{\mathrm{AB}}}{R\theta} = \frac{V\text{п}}{60 * V\text{кр}} \text{ , откуда } \overrightarrow{\mathrm{AB}} = \frac{V\text{п}}{60 * V\text{кр}} * R\theta$$

Полученное значение $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$ подставляем в выражение (1):

$$\begin{cases} x = R\left(sin\,\theta \pm \frac{V\text{п}}{60 * V\text{кр}}\theta\right) \\ y = R\cos\theta \end{cases} \quad (2)$$

Элементарная длина дуги контакта равна:

$$d\,L\text{т} = \sqrt{dx^2 + dy^2} = R\sqrt{(\cos\theta \pm \frac{V\text{п}}{60 * V\text{кр}})^2 + \sin\theta^2\,d\theta} =$$

$$= R\sqrt{1 \pm \frac{V\text{п}^2}{(60 * V\text{кр})^2}}$$

$$* \sqrt{1 \pm \frac{2\frac{V\text{п}}{60 * V\text{кр}}}{1 + \frac{V\text{п}^2}{(60 * V\text{кр})^2}}}\cos\theta\,d\theta \qquad (3)$$

Получаем полную длину дуги контакта:

$$\text{Lт} = R\sqrt{1 + \frac{V\text{п}^2}{(60*V\text{кр})^2}} * \int_{\varphi 2}^{\varphi 1}\sqrt{1 \pm \frac{2\frac{V\text{п}}{60*V\text{кр}}}{1+\frac{V\text{п}^2}{(60*V\text{кр})^2}}}\cos\theta\,d\theta \qquad (4)$$

Данный интеграл решается приближенно, путем разложения подынтегральной функции в ряд Ньютона. Причем достаточная точность достигается при вычислении первых двух членов ряда. При b1=b2 после преобразований имеем:

$$\text{Lт} = \text{R}\alpha\sqrt{1 + \frac{V\text{п}^2}{(60*V\text{кр})^2}} \qquad (5)$$

Изучая условия взаимодействия колёс подвижного состава с поверхностью рельсов, установлено, что контакт колёс с рельсами происходит по узкой полосе 20мм <h <30 мм (рис. 3).

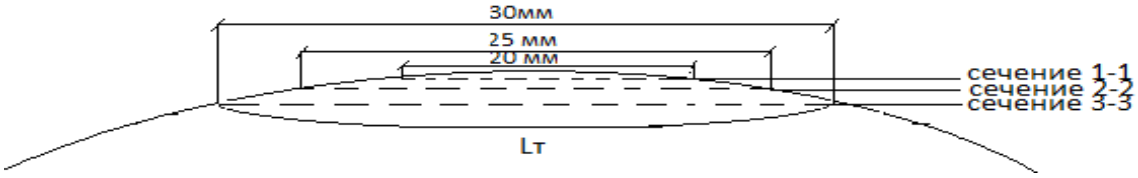


Рис. 3. Зона контакта колес подвижного состава с головкой рельса

Подставляя значения Vп= 6 м/с ; Vкр= 40 м/с ; R = 800 мм получаем следующие результаты (см. Таблицу):

Таблица

h, мм	Lт, мм
20	572,9745
21	601,6248
22	630,2754
23	658,9262
24	687,5773
25	716,2286
26	744,8802
27	773,5322
28	802,1844
29	830,8369
30	859,4897

Исходя из полученных выше результатов, можно сказать, что длина дуги контакта зависит главным образом от ширины шлифуемой поверхности, так как угол α тем больше, чем больше ширина. Скорость поезда ввиду её небольшой величины по сравнению со скоростью круга Vкр влияет на длину дуги контакта незначительно.

Сейчас компания РЖД для обработки рельсов применяет профильное шлифование торцами абразивных кругов, вращающимися вокруг своей оси. При продольной подаче поезда вдоль рельса, кругами срезается полоска металла определенной ширины. Этот метод имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, низкая эффективность, которая обуславливается выделением большого количества тепла, при трении круга об обрабатываемую поверхность. Высокие температуры приводят к изменению структуры круга, так как некоторая часть снимаемой стружки размещается в порах шлифовального круга и по мере поступления шлифовальные зерна врезаются в металл все с большим и большим усилием из-за затупления зерна.

Для повышения эффективности шлифования рельсов предлагается применять абразивный круг с прерывистой рабочей поверхностью, представленный на рис. 4.

В [2] установлено, что абразивные круги с прерывистой рабочей поверхностью обеспечивают некоторое повышение производительности и стойкости круга, в результате снижения сил и температуры резания.

Шлифование абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью позволяет, во-первых, увеличить скорость рельсошлифовального поезда, во-вторых, не применять охлаждающие средства и в разы уменьшить количество прижогов на поверхности рельсов. 3D Модель абразивного круга нового образца представлена на рис. 5.

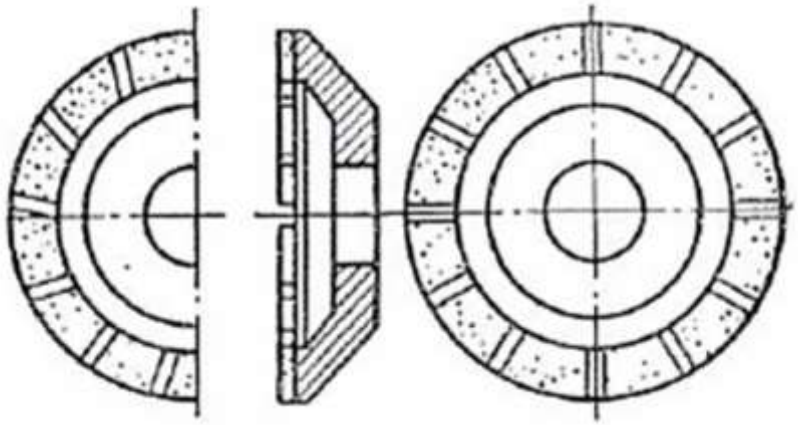


Рис. 4. Абразивные круги с прерывистой рабочей поверхностью

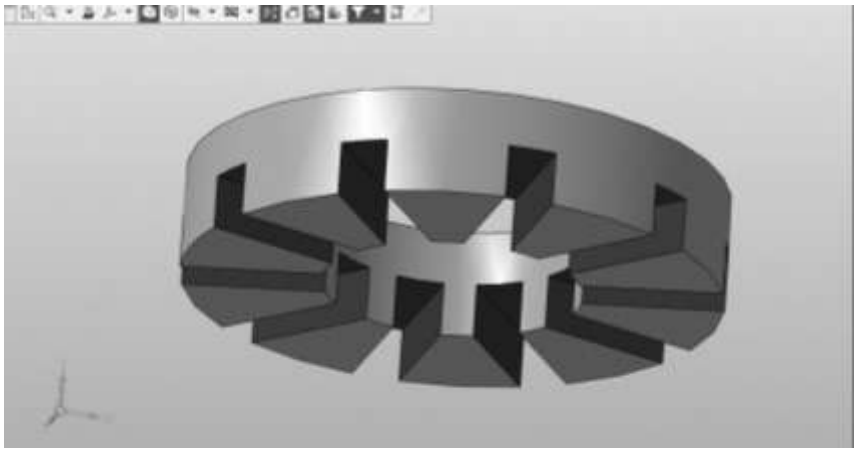


Рис. 5. Модель абразивного круга, выполненная в программе KOMPAS-3D.

Таким образом, применение новой модели абразивного круга позволит повысить эффективность шлифования рельсов. В 2 раза уменьшаются средние волны, в 1,5 раза уменьшаются длинные волны и совсем исчезают короткие. Износ колесной пары подвижного состава и железнодорожного пути уменьшается в 1,7 раза, за счёт этого периодичность капитального ремонта увеличивается на 1,5 года. Предполагаемая технология уменьшает динамическую силу, с которой колёса подвижного состава воздействуют на железнодорожный путь, и повышает комфортность движения поездов.

Библиографический список

1. Ефремова Е.С. Технология шлифования рельсов на высокоскоростных магистралях / Е.С. Ефремова, В.Г. Рахчеев, И.С. Максимов // Научные исследования высшей школы. 2019. С. 29-31

2. Альбрехт В.Г. [и др.]. Профильная обработка рельсов шлифовальными поездами с активными органами : моногр. М. : ТЕХИНФОРМ, 1999. 93 с.

О.А. Климухин, Д.Д. Посыпин, Ф.Р. Ахмадуллин, А.О. Шилин
Самарский государственный университет путей сообщения»,
г. Самара, Россия

МОДИФИКАЦИЯ 3-Х-ПРОВОДНОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОЧНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НА МАЛЫХ СТАНЦИЯХ

В статье рассматриваются принципиальные особенности трехпроводной схемы управления стрелочным электроприводом оборудование схемы, возможности упрощения эксплуатации, положительные эффекты от внедрения. Подробно рассмотрено сравнение двухпроводной и трехпроводной схем.

Ключевые слова: ЭЦ, трехпроводная схема управления стрелочным электроприводом, стрелочный перевод, реле, безопасность движения поездов.

В системах электрической централизации одними из наиболее важных с точки зрения обеспечения безопасности движения являются схемы управления стрелочными электроприводами.

С целью соблюдения и исполнения указанных в правилах технической эксплуатации [1:7] условий и требований к схемам управления стрелочными электроприводами применяются три основные цепи:

– контрольная;
– управляющая (пусковая);
– рабочая.

В большинстве случаев в схемах управления стрелочными электроприводами используются контрольные цепи постоянного тока с полярной и схемной избирательностью.

С целью уменьшения вероятности появления опасных отказов в схемах предусматриваются следующие особенности построения контрольных цепей:

– при крайних положениях стрелки контрольная цепь должна постоянно обтекаться током. В этом случае отказ любого элемента цепи немедленно обнаруживается, а схема переходит в состояние защитного отказа;

– напряжение к контрольным реле должно подаваться со стороны датчика (автопереключателя), что исключает их возбуждение при сообщениях между проводами одной и той же цепи;

– в контрольной цепи должно быть ее двухполюсное размыкание, т. е. отключение контрольных приборов от всех полюсов источника питания.

В случае занятия подвижным составом или замыкания в маршруте стрелочного путевого участка, управляющая (пусковая) цепь исключает возможность перевода стрелки при получении команд на перевод от дежурного по станции или от автоматических систем. Контроль состояния стрелочной секции производится контактом путевого реле СП.

Отсутствие замыкания стрелки в маршруте проверяется контактом замыкающего реле З. Для сохранения возможности управления стрелкой при поврежденной рельсовой цепи включается контакт вспомогательной кнопки В (нормально запломбирована) параллельно контакту реле СП или контакт реле СА, являющееся повторителем кнопки аварийного перевода стрелки.

К управляющим цепям предъявляются следующие основные требования:

– независимость срабатывания пускового реле от длительности импульса тока, т.е. пусковое реле должно вставать под ток от кратковременного нажатия на кнопку или переводе рукоятки стрелочного коммутатора;

– обеспечение завершения перевода стрелки при вступлении подвижного состава или при отключении питания РЦ в момент перевода стрелки;

– должна обеспечиваться возможность возврата остряков стрелочного перевода из промежуточного состояния в одно из крайних положений вне зависимости от состояния контрольной цепи.

После срабатывания пускового реле, необходимо, его удержание под током до окончания перевода стрелки за счет рабочего тока, протекающего в цепи электродвигателя. Этим фиксируется подключение электродвигателя к источнику питания и факт перевода стрелки. В случае если ток рабочей цепи через обмотку пускового реле не протекает, оно должно выключиться и разомкнуть цепь двигателя для исключения возможности перевода стрелочного перевода под составом.

Расширение функциональных возможностей схем управления стрелочными электроприводами достигается включением в их структуру различных дополнительных цепей, обеспечивающих:

– двойное (центральное и местное) управление стрелками;

– автоматическое выключение электропривода при его длительной работе с перегрузкой;

– двукратный перевод стрелки на станциях диспетчерского управления;

– автоматическое возвращение стрелки в прежнее (исходное) положение;

– электрический обогрев контактной системы электропривода;

– пневматическую очистку стрелок от снега и др.

Описание работы и оборудования предлагаемой схемы

Трехпроводная схема для управления одиночным стрелочным электроприводом переменного тока релейной электрической централизации (ЭЦ):

– электропривод СЭП;

– блоки резистора конденсатора (РК) и резистора диода (РД),

– размещенные в кабельной муфте УПМ-24;

– типовой фазоконтрольный блок ФК;

– реле контроля плюсового (ПК) и минусового (МК) положения стрелки;

– пусковой стрелочный блок ПСТ-ИМ;

– трансформатор TV [6];

– конденсаторы С1, С2;

– предохранители FU1-FU3

– резисторы 8,2 Ом (только для стрелок, находящихся на удалении от поста ЭЦ менее 380 м при жиле кабеля диаметром 1 мм и менее 320 м при жиле кабеля диаметром 0,9 мм)

– управляющие и контрольные контакты релейной ЭЦ ВК, СП, 3, ПУ1, МУ1. [12: 9]

При использовании блока ПСТ-ИМ в системе микропроцессорной ЭЦ (ЭЦ-ЕМ) к управляющему вычислительному комплексу соответственно подключаются выходы блока.

Всё необходимое для работы схемы оборудование при необходимости внедрения в БМРЦ или в целях упрощения эксплуатации возможно разместить в блоке, разработанном на базе блока ВД-И.Р ТУ32ЦШ3320-89.

Одной из главных особенностей трехпроводной схемы является то, при её проектировании используются более совершенные реле серии РЭЛ [13:74]. Габаритные размеры этих реле меньше, чем у реле типа

НМШ это, соответственно, повышает количество приборов, которые можно расположить на стативах и в блоках.

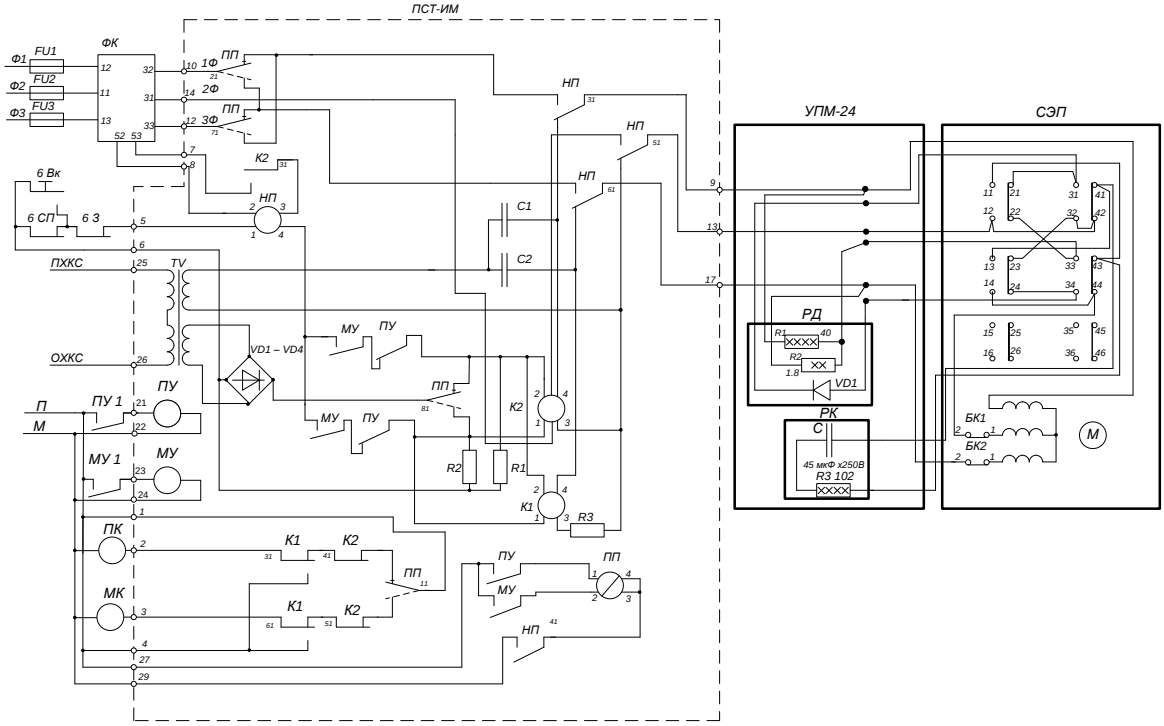


Рисунок. Трехпроводная схема для управления одиночным стрелочным электроприводом

Средний срок службы блока в трехпроводной схеме может составлять до нескольких десятков лет. Достигается такая высокая надежность путем отказа от комбинированных реле типа КМШ, ресурс которого ограничен в среднем в двести тысяч срабатываний. Во всех реле, используемых в трехпроводной схеме якоря закреплены на призмах благодаря чему среднее число срабатываний до появления отказных и пред отказных состояний может доходить до пятидесяти миллионов.

При сравнении двухпроводной схемы постоянного тока [13: 389] с трехпроводной схемой, применение последней экономически более целесообразно из-за отсутствия напольного реверсирующих реле и путевого ящика необходимого для его установки.

В трехпроводной схеме возможность получения ложного контроля исключена при перепутывании подключения линейных проводов. Кроме этого, также обеспечивается возможность модернизации станции путем замены двухпроводной схемы постоянного тока без прокладки дополнительного кабеля в действующей электрической централизации только за

счет переоборудования части постовых устройств и замены электродвигателя в стрелочном переводе.

При плановых работах по переоборудованию малых станций, на которых, применяются двухпроводные схемы управления стрелочными электроприводами экономически, а также с точки зрения повышения безопасности движения целесообразно внедрять трехпроводную схему. Так при замене двухпроводной схемы на трехпроводную, нет необходимости в дополнительной прокладке кабеля. Для внедрения схемы необходимо переоборудовать некоторую часть постовых устройств, в стрелочном электроприводе – заменить электродвигатель.

В краткосрочной перспективе уменьшаются затраты на оплату человеко-часов при переоборудовании ЭЦ, меньшее количество линейных проводов позволяет сократить расходы, связанные с закупкой кабеля. В долгосрочной перспективе позволяет сократить издержки, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом систем, так как срок службы постовых устройств приближен к сроку службы всей схемы.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утв. Приказом Минтранса России от 21 декабря 2010 г. № 286 с изменениями от 30.03.2015 г.

2. Технологический процесс ремонта и проверки приборов сигнализации, централизации и блокировки. Указание ЦШ ОАО «РЖД» от 25 января 2005 г. № ЦШЦ-37/7

3. Инструкция по охране труда для электромеханика и электромонтера устройств сигнализации, централизации и блокировки в ОАО «РЖД». Распоряжение от 3 ноября 2015 г. № 2616р

4. Правила по монтажу устройств СЦБ ПР 32 ЦШ 10.02-96. М., 1997

5. ГОСТ 18685-73. Трансформаторы тока и напряжения. Термины и определения

6. ГОСТ 1983-2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия

7. ГОСТ 2.749-84. Элементы и устройства железнодорожной сигнализации и блокировки

8. Хохрин А.С. Анализ способов организации управления движением при СИРДП-е / А.С. Хохрин, Н.Д. Ежов, А.С. Сахипкиреева // Образование – Наука – Производство. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высше-

го профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 281-285

9. Надежкин В.А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В.А. Надежкин, А.С. Хохрин, В.Б. Тепляков // Образование – Наука – Производство. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 169-173

10. Ворона В.К. Условные графические обозначения устройств СЦБ : учеб. иллюстрированное пособие. М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2007

11. Кольцов И.В. Микросхема фазового регулятора КР1182ПМ1 // Схемотехника. 2001, № 10

12. Офенгейм Х.Г. Трехпроводная схема управления стрелкой в блочном исполнении / Х.Г. Офенгейм, А.А. Красногоров, А.З. Крупицкий, С.А. Татиевский // Автоматика, связь, информатика. 2014. С. 7-10

13. Кислицын А.В. Трансформаторы : учеб. пособие по курсу «Электромеханика». Ульяновск : УлГТУ, 2001

14. Михайлов А.Ф. Электроснабжение устройств автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта / А.Ф. Михайлов, Л.А. Частоедов. М. : Транспорт, 1980

15. Петров П.Р. Алгоритм работы устройства контроля электромеханического состояния изолирующих стыков / П.Р. Петров, А.С. Хохрин, Н.С. Шорохов // Наука и образование транспорту. 2018, № 1. С. 217-219

16. Сороко В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики / В.И. Сороко, Е.Н. Розенберг. М. : Планета, 2000

17. Сергеенков Б.Н. Электрические машины : трансформаторы : учеб. пособие для электромех. спец. вузов / Б.Н. Сергеенков, В.М. Киселёв, Н.А. Акимова; под ред. И.П. Копылова. М. : Высш. шк., 1989

18. Лизунова С.Д. Силовые трансформаторы. Справочная книга / под ред. С.Д. Лизунова, А.К. Лоханина. М. : Энергоиздат, 2004

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

М.В. Башаркин, А.Г. Исайчева
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

АНАЛИЗ ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТЯГОВОЙ РЕЛЬСОВОЙ СЕТИ СТАНЦИИ БЕЗЫМЯНКА КУЙБЫШЕВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В статье описаны результаты эксперимента, основная цель которого – определение путей протекания тягового тока на участке тяговой рельсовой сети, расположенном в границах рельсовых цепей 125–137 СП и 119 СП станции Безымянка Куйбышевской железной дороги. На основании данных, полученных в ходе эксперимента, определена эффективность элементов тяговой рельсовой сети при пропуске тягового тока, а также составлены рекомендации, которые позволят обеспечить функционирование тяговой рельсовой сети станции Безымянка с заданным качеством в условиях тяжеловесного движения.

Ключевые слова: тяговая рельсовая сеть, токораспределение, тяжеловесное движение, асимметрия тягового тока, мониторинг тягового тока.

Рост грузооборота на сети железных дорог ОАО «РЖД» приводит к увеличению массы и длины обращающихся поездов. В связи с этим необходимо не только пересматривать полезную длину приёмоотправочных путей, но и комплексно модернизировать объекты инфраструктуры, подвергающиеся значительным нагрузкам.

С целью оценки готовности тяговой рельсовой сети (ТРС) станции Безымянка Куйбышевской железной дороги к канализации повышенных тяговых токов, проведен анализ токораспределения по элементам ТРС в «узких» местах.

Одним из таких мест является участок ТРС, расположенный в границах рельсовых цепей (РЦ) 125–137 СП и 119 СП, дроссель-трансформаторы (ДТ) приемных концов которых соединены междупутной перемычкой (МПП). В качестве основной причины сбоев в работе обозначенных РЦ рассматривается асимметрия тягового тока, что может говорить о нарушении пропуска тягового тока по МПП [1].

Стоит заметить, что ДТ анализируемого участка ТРС рассчитаны на пропуск тягового тока 1000 А по каждой из полуобмоток и способны

выдерживать ток асимметрии до 360 А [2]. Однако, из-за повышенного сопротивления, доля тока, протекающего по МПП, становится меньше эффективного значения, вследствие чего возрастает как тяговый ток в рельсовых нитях, так и ток асимметрии.

Согласно методике [3], эффективный ток для МПП определяется по формуле:

$$I_{\text{эфМПП}} = k_{\text{эф}II} \cdot I_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{эфМПП}}$ – эффективный ток для МПП,

$k_{\text{эф}II}$ – коэффициент эффективного тока в рельсах для зоны пониженных токовых нагрузок,

$I_{\text{п}}$ – ток поезда.

Для вычисления $I_{\text{эфМПП}}$ примем коэффициент $k_{\text{эф}II}$ = 1.4, а ток поезда $I_{\text{п}}$ = 2000 А, что соответствует максимальному длительному тяговому току, на пропуск которого рассчитаны ДТ исследуемого участка. гда $I_{\text{эфМПП}}$ = 1.4 · 2000 = 2800 А. При этом, рассматриваемая МПП состоит из двух медных проводов сечением 70 мм^2 (2х70 мм^2), а эффективный ток для нее составляет $I_{\text{эфМПП}}$ = 480 А.

Для определения фактических значений, протекающих по рельсовым нитям и МПП, проведен эксперимент, который заключался в следующем: к МПП и дроссельным перемычкам РЦ 119 СП подключались токоизмерительные клещи марки Fluke-355 (госреестр № 42449-09), диапазон измерения постоянного тока которых находится в пределах от 0 до 2000 А, при величине погрешности не более 1,5 %. На дроссельные перемычки РЦ 125–137 СП устанавливалось устройство УМ-ТТ, разработанное на кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» СамГУПС при непосредственном участии авторов статьи [4-6]. На рис. 1 представлена структурная схема подключения измерительных приборов при проведении эксперимента.

Устройством УМ-ТТ сняты значения тягового тока, на основании которых получен график зависимости тягового тока в рельсовых нитях и коэффициента асимметрии от времени (рис. 2).

Величина асимметрии тягового тока не превысила 6 %, что соответствует установленной для электрифицированных железных дорог постоянного тока норме [7, 8].

Зафиксированные значения тока, протекающего в МПП, достигали 310,9 А при допустимом токе 480 А (рис. 3).

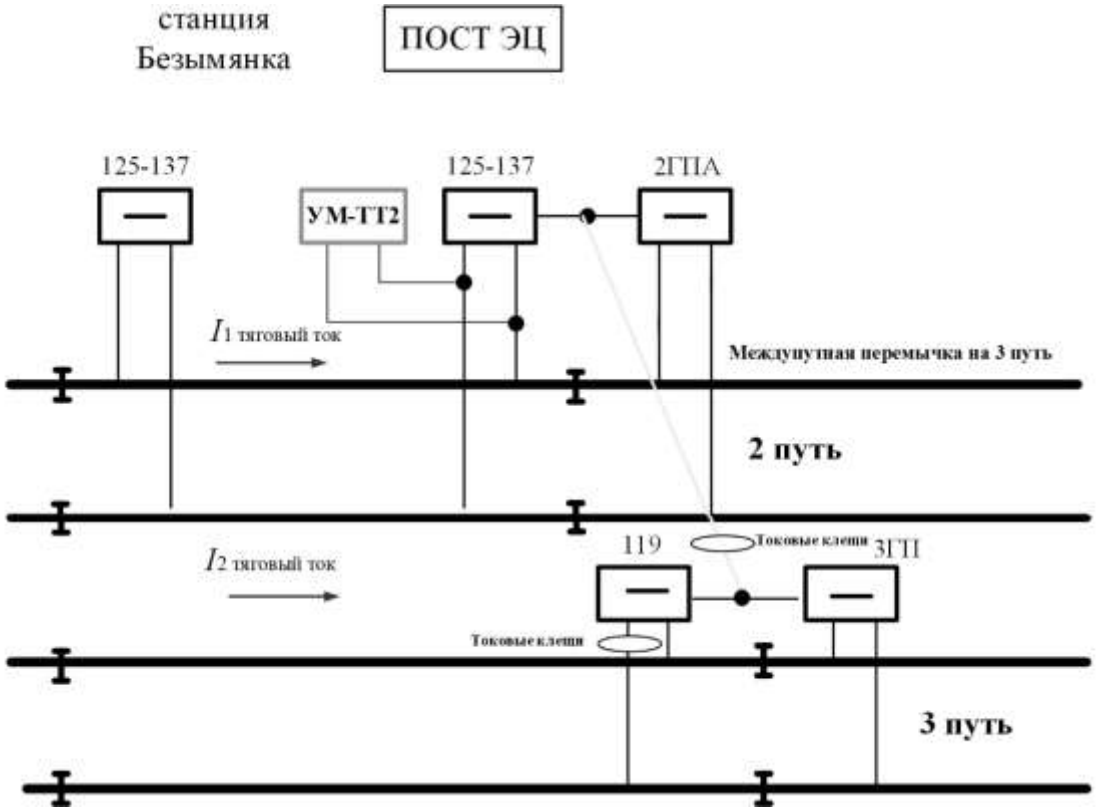


Рис. 1. Структурная схема подключения измерительных приборов при проведении эксперимента

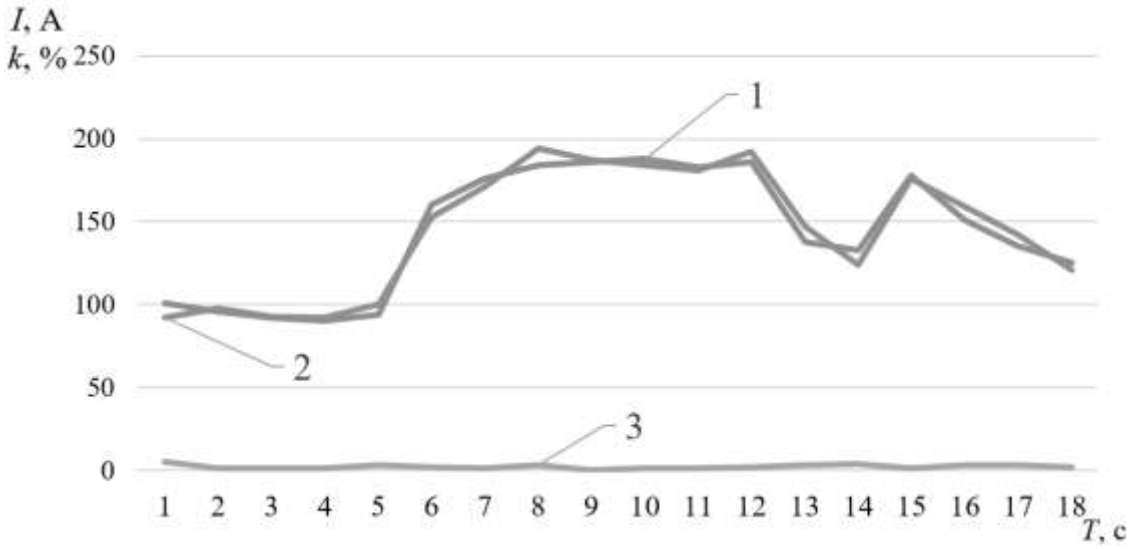


Рис. 2. Зависимость тягового тока и коэффициента асимметрии от времени: 1 – значение тока в первой рельсовой нити, 2 – значение тока во второй рельсовой нити, 3 – расчетный коэффициент асимметрии

Рис. 3. Значения тока асимметрии в междупутной перемычке

Проведенный эксперимент показал, что при суммарном токе, не превышающем 500 А, подтверждается эффективность ТРС станции Безымянка. Однако, в случае пропуска по станции тяжеловесных поездов, ток потребления которых достигает значений 3000 А, необходимо производить усиление элементов ТРС. Предлагается заменить медную МПП 2х70 мм^2 на сталемедную, состоящую из 4-х проводов сечением 120 мм^2 (4х120 мм^2), поскольку выбранная конфигурация позволит обеспечить длительный пропуск тока величиной до 2200 А.

Библиографический список

1. Башаркин М.В. Возможность использования платы Arduino UNO в установке измерения напряжений // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018) : Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 14–16 апреля 2018 года / под ред. С.А. Прохорова. Самара : Самарский научный центр РАН, 2018. С. 773-774

2. Наумов А.В. Выбор параметров и правила построения обратной тяговой рельсовой сети на электрифицированных железных дорогах со

скоростным и тяжеловесным движением / А.В. Наумов, А.А. Наумов // М. : Интекст, 2006. 143 с.

3. Методика расчета эффективных токов в элементах обратной тяговой сети : указание ЦШТех-9-46 от 19-112001 г. 21 с. Внутренний документ

4. Патент на полезную модель № 188924 U1 Российская Федерация, МПК B61L 25/08, B61L 1/00. Информационно-измерительное устройство мониторинга тягового тока в рельсовой сети : № 2018141489 : заявл. 26.11.2018 : опубл. 29.04.2019 / М.В. Башаркин, А.Г. Исайчева, В.Г. Волик ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС)

5. Применение информационно-измерительного устройства мониторинга асимметрии тягового тока в рельсовой линии / А.Г. Исайчева, В.Б. Тепляков, М.В. Башаркин, Л.В. Корытин // Вестник транспорта Поволжья. 2019, № 5(77). С. 71-77

6. Исайчева А.Г. Устройство измерения тягового тока в процессе эксплуатации рельсовой сети / А.Г. Исайчева, С.А. Вельмин, М.В. Башаркин // Наука и образование транспорту. 2018, № 1. С. 210-212

7. Технические требования и нормы содержания «Устройства и элементы рельсовых линий и тяговой рельсовой сети». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 03.04.2012 № 651р

8. К вопросу мониторинга асимметрии тягового тока / А.Г. Исайчева, В.Г. Волик, М.В. Башаркин [и др.] // Наука и образование транспорту. 2019, № 1. С. 324-326

Е.М. Бушуев, П.М. Трегубенко
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДРОССЕЛЬ-ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИ ПРОПУСКЕ ОБРАТНОГО ТЯГОВОГО ТОКА

Рельсовые цепи являются важным фактором безопасности движения поездов. Развитие рельсовых цепей как и других устройств, проектируются математически. При работе дроссель-трансформаторов при повышенной температуре наблюдается изменение параметров

пропуска обратного тягового тока, а так же коэффициент преобразования сигнального тока рельсовой цепи.

Ключевые слова: Рельсовые цепи, системы пропуска обратного тягового тока, дроссель-трансформатор.

Безопасность и бесперебойность движения подвижных составов обеспечивает системы интервального регулирования движения поездов (ИРДП). Современные системы ИРДП основаны на работе рельсовых цепей. С увеличением грузоперевозок, а также масс подвижных составов необходимо сохранять бесперебойность в движении поездов. Понижение количества отказов систем ИРДП, приведет к повышению фактической пропускной способности перегонов с автоматической блокировкой железной дороги.

Система возврата тягового тока в основном использует рельсовые нити пути и дроссель-трансформаторы, которые обеспечивают пропуск обратного тягового тока к тяговой подстанции. При этом пропуск обратного тягового тока проходит не равномерно на двухпутных участках перегона из-за различности масс и потребления электроэнергии на различных участках относительно профиля пути.

Тяговое электроснабжение, эффективность которого зависит от нормируемых в узких значениях параметров, которое должно обеспечивать:

• высокую надежность работы устройств защиты от токов короткого замыкания в системе тягового электроснабжения и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, а также защиту от атмосферных перенапряжений;

• правильное функционирование устройств и систем СЦБ и сопутствующих устройств;

• нормируемые параметры электромагнитной совместимости электротяги и смежных устройств (волноводных, кабельных и воздушных линий связи и специальных цепей в виде усиливающих и экранирующих подвесных проводов на опорах контактной сети).

При этом нормальное функционирование систем электроснабжения не обеспечивает полную защиту и совместимость с устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики. Согласование устройств является важным фактором бесперебойного движения поездов.

Система пропуска обратного тягового тока является системой в которой важную роль играет электромагнитное согласование (ЭМС) со смежными устройствами СЦБ которое регламентируется ГОСТ Р 50656-2001 [1]. Согласно стандарту электромагнитное влияние на работу

устройств СЦБ должно быть не более 10 %, с учетом отсутствия возможного опасного отказа.

Разделение смежных рельсовых цепей с сигнальными токами частоты 25 и 50 Гц проводится с помощью изолирующего стыка. Изолирующий стык является изоляцией рельсовый нитей разный рельсовых цепей. Для пропуска обратного тягового тока в обход изостыка используется сдвоенный дроссель-трансформатор, который, так же выполняет следующие функции: подключение рельсовых цепей через согласующий трансформатор, выравнивание асимметрии обратного тягового тока между рельсами единого участка. ДТ имеет не стандартную работу при наличии асимметрии обратного тягового тока. При асимметрии наблюдается намагничивание сердечника частотой 50 Гц из-за не полной компенсации магнитных потоков обратного тягового тока в сердечнике, в результате на дополнительной обмотке дроссель-трансформатора, к которой подключается аппаратура рельсовой цепи, появляется ток асимметрии, который воздействует на аппаратуру рельсовой цепи, приводя к сбоям и отказам аппаратуры.

Сердечник ДТ рассчитан на намагничивание сигнального тока частотой 25 Гц. В результате отсутствия компенсации частот при асимметрии тягового тока, основная частота перемагничивания будет соответствовать частоте 50 Гц, т.е. частоте тягового тока, это приводит к повышению температуры сердечника дроссель-трансформатора прямо пропорционально коэффициенту асимметрии, при этом не линейно.

Применение тональных частот сигнального тока снижает количество дроссель-трансформаторов на перегоне, но не обеспечивает полное согласование, из-за асимметрии обратного тягового тока, которая стала проявлять себя на более длинных участках.

Определено, что при токе асимметрии в значении более 30 А сильно сказывается нелинейность характеристик дроссель-трансформатора, к которому подключена аппаратура рельсовых цепей. Вследствие чего увеличивается уровень гармоник тягового тока, применяемые фильтры ФП-25 и ФМ25/75 не могут отсечь промышленные частоты такой амплитуды сигнала, генерируя помеху сигнальному току рельсовой цепи и току автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН), или создавая перенапряжение приводящее к отказу устройств рельсовой цепи.

Исследования ВНИИЖТ проводились в 90-х годах и показали, что температурное влияние на работу дроссель-трансформатора невелико, при стандартных пакетах подвижных составов пропуск обратного тягового тока, наибольшая нагрузка на дроссель-трансформаторах наблюдается на точках подключения отсасывающих фидеров.

Методика по эксплуатации рельсовых цепей предполагает использование дроссель-трансформаторов и соединителей с большими допустимыми значениями тока, вблизи тяговых подстанций, где формируются наибольшие токи. В зоне небольших токовых нагрузок допускается применение ДТ с меньшими допустимыми значениями обратного тягового тока. При исключении движения тяжеловесных и сдвоенных подвижных составов.

Для анализа нагрева трансформаторов использовалась инерционная модель нагрева однородного тела

$$T(t) = T_0 \cdot e^{-\frac{t}{t_{cost}}} + T_{\text{уст}} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{t_{cost}}}) ,$$

где T_0 – начальное значение температуры;

t_{cost} – тепловая постоянная времени;

$T_{\text{уст}}$ – установившаяся температура объекта с учётом потерь.

При этом температурный режим работы ДТ имеет нелинейную характеристику, при небольших повышениях температуры незначительно уменьшается коэффициент передачи сигнального тока, при этом пропуск обратного тягового тока почти не изменяется. Изменение пропуска обратного тягового тока становятся более значительными при повышении температуры основных обмоток ДТ до 40 °С увеличивается и сопротивление обмоток примерно на 16 %. В связи с этим в более мощных дроссель-трансформаторах применяется более массивные медные шины пропуска обратного тягового тока. Теплопроводность масла и герметика примерно равны, поэтому их разницей можно пренебречь.

Конструкция предполагала работу устройств СЦБ согласно конструктивным значениям дроссель-трансформаторов, но аппаратура РЦ сбивалась при формировании сигналов. В последующем для создания резерва устойчивости работы рельсовых цепей значение асимметрии обратного тягового тока уменьшили вдвое [3] и составило порядка 4 % коэффициента асимметрии. На сегодняшний день ситуация не меняется, нормативные значения тока асимметрии ниже конструктивных значений в два и более раз [4]. Автоматические системы управления процессом пропуска подвижного состава напрямую зависят от работы рельсовых цепей и сигналов АЛСН, поэтому повышение эффективности работы ДТ является перспективным на данный момент.

Данная модель эффективна для расчетов, так как тепловыделение трансформаторов можно вывести через параметры потерь на холостом ходу и в режиме короткого замыкания трансформатора, и эти параметры

указаны в конструкторской документации. Вместе с тем данная модель имеет ряд недостатков:

− неоднородность трансформаторов и их элементов приводит к усложнению нахождения эквивалентной теплоемкости;

− интенсивность охлаждения зависит от константного значения коэффициента теплоотдачи среды, который зависит от температуры, установленной с внешней средой различными способами которые математически независимы, из-за комбинации различных типов теплоотдачи: конвекцией и излучением.

Для эффективного анализа тепловых характеристик при работе дроссель-трансформатора необходимо создание математических моделей построенных на решении систем дифференциальных уравнений процессов теплопередачи в дроссель-трансформаторе и между его элементами, а так же учитывать неоднородность среды. Изначальные данными модели должны быть значения обратного тягового тока, протекающие через основную обмотку дроссель-трансформатора, ток асимметрии обратного тягового тока, массы и габариты элементов в конструктивном исполнении ДТ, а так же условия охлаждения. Значения тока в рельсовой линии зависят от потребляемого тока локомотива, которые напрямую зависят от масс и профиля пути, а так же параметров токораспределения в рельсовой плети участка железной дороги. Недостатком данных моделей это составления своих уравнений для каждого типа дроссель-трансформатора, с учетом их габаритных и проводящих характеристик.

Учитывая, что влияние асимметрии обратного тягового тока нелинейно, при каждом уровне асимметрии коэффициенты в системе уравнений будут меняться, в связи с чем создание полноценной математической модели затруднено количеством неизвестных для различных участков.

В связи с усилением дроссель-трансформаторов на железнодорожных участках вопрос о перегреве их стоит не очень остро. Большей проблемой остается асимметрия обратного тягового тока. При этом методы компенсации снижают нагрев сердечника дроссель-трансформатора, но не исключают все отказы и сбои автоматических систем управления процесса движения поездов.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50656-2001. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства железнодорожной автоматики и телемеханики. Требования и методы испытаний. М. : Госстандарт России, 2002. 16 с.
2. Лунев С.А. [и др.]. Патент RU 2616221 «Сдвоенный дроссель-трансформатор» Заявка № 2015148903 от 13.11.2015 г.
3. Бушуев В.И. Рельсовые цепи : теоретические основы и эксплуатация / В.И. Бушуев, А.В. Бушуев, С.В. Бушуев // Екатеринбург : УрГУПС, 2014. 311 с.
4. Сороко В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики : справочник : в 2 кн. / В.И. Сороко, В.А. Милюков. Кн. 1. 3-е изд. М. : НПФ «ПЛАНЕТА», 2000. 960 с.

М.В. Востриков, Л.А. Муравейко, Е.А. Морозов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЧИТА-I – СОХОНДО

В системе тягового электроснабжения железных дорог переменного тока в настоящее время очень остро стоит вопрос качества электрической энергии. Согласно действующего ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» контролю и нормированию подлежат более десяти параметров, характеризующих режимы работы сети внешнего электроснабжения, тяговой сети, электроподвижного состава и обратной тяговой сети.

В статье приведено исследование показателей качества электрической энергии на примере участка Забайкальской железной дороги Чита-I – Сохондо, зафиксированы аварийные ситуации и выявлены показатели, по которым отмечается несоответствие. Также, с использованием имитационного моделирования, был проведен тяговый расчет для грузовых поездов разных масс, ведомых различными электровозами по исследуемому участку и оценены использования разных режимов ведения поездов, в том числе и использования рекуперации. Даны рекомендации по организационно-техническим мероприятиям, которые позво-

лят нормировать и оптимизировать показатели качества электрической энергии в системе тягового электроснабжения проблемных участков железных дорог.

Ключевые слова: качество электрической энергии, показатели, тяговый расчет, PQM-700, регистрация, рекуперация, эксперимент, система тягового электроснабжения, режимные карты, аварийные отключения.

В настоящее время в Российской Федерации основным документом, регулирующим сферу качества электрической энергии, является ГОСТ 32144-2013 [2], пришедший на смену ГОСТу 13109-97 [1]. Поскольку система тягового электроснабжения железных дорог переменного тока с точки зрения режимов работы электрических сетей и систем является нестандартным потребителем электроэнергии, к ней предъявляются повышенные требования в части соблюдения норм и требований федерального законодательства, государственных и отраслевых стандартов, технических регламентов и других нормативно-технических документов.

Так, к примеру по [1], необходимо непрерывно отслеживать состояние таких показателей качества электрической энергии, как:

– отклонение частоты;
– медленные изменения напряжения;
– колебания напряжения и фликер;
– одиночные быстрые изменения напряжения;
– несинусоидальность напряжения;
– гармонические составляющие напряжения;
– несимметрия напряжений;
– прерывания напряжения;
– провалы напряжения и перенапряжения;
– импульсные напряжения.

Для этих целей может быть использован анализатор качества электрической энергии PQM-700 фирмы «Sonel», внешний вид которого приведен на рис. 1.

В качестве экспериментального был выбран участок Чита-I – Сохондо Забайкальской железной дороги в силу сложнопеременного профиля пути (Яблоневый хребет) и разных типов электровозов, обращающихся на участке.

Рис. 1. Внешний вид и особенности конструкции анализатор качества электрической энергии PQM-700 фирмы «Sonel»

Для получения наиболее объективной информации было принято решение установить приборы на тяговой подстанции (ТП) Лесная, место установки приборов определено согласно рис. 2.

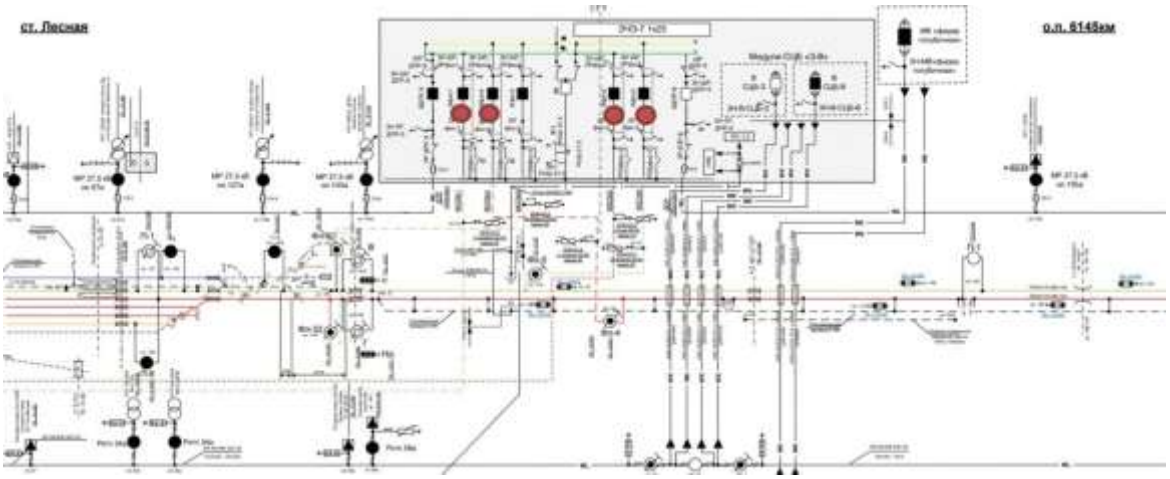


Рис. 2. Схема питания и секционирования контактной сети участка Домна–Лесная–Яблоневая и места подключения приборов PQM-700 фирмы «Sonel» (обозначены красным)

Приборы подключались к вторичным цепям измерительных трансформаторов тока и напряжения микропроцессорной релейной защиты (марки АЗм) фидеров контактной сети (ФКС), согласно схеме (рис. 3).

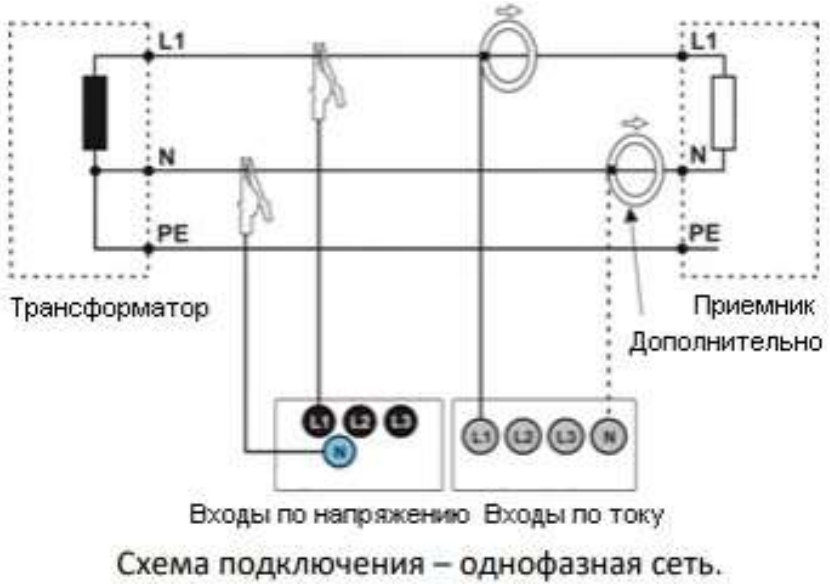


Рис. 3. Схема подключения приборов PQM-700 фирмы «Sonel» к вторичным измерительным цепям микропроцессорной релейной защиты ФКС ТП Лесная

Параметры проводимого эксперимента [3, 4]:

– дата начала эксперимента: **10.08.2021 г**., время начала эксперимента: 04.16 мск. времени;

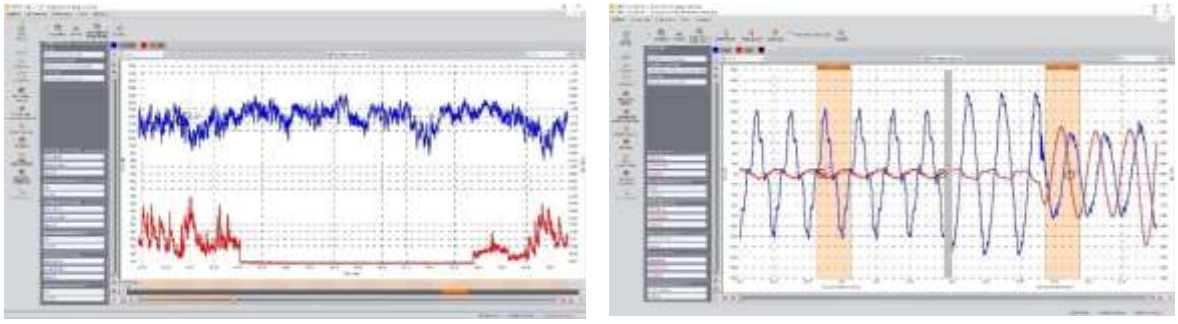
– место установки приборов: вторичные цепи измерительных трансформаторов тока и напряжения релейной защиты АЗм-27,5 (ФКС 1, ФКС 2, ФКС 4, ФКС 5);

– измерения в соответствии с: ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии класса S»;

– частота измерений параметров: 1 сек.;

– дата окончания эксперимента: 23.08.2021 г., время окончания эксперимента: 09.23 мск. времени.

Правилами проведения измерений установлено, что время записи параметров качества электрической энергии не должно быть менее семи дней. За это время были зафиксированы: аварийные отключения (рис. 4а), несинусоидальность и несимметрия (рис. 4б).



а) б)

Рис. 4. Аварийное отключение ФКС 1 (а),
несинусоидальность и несимметрия токов и напряжений ФКС 1 (б)

Произведенные измерения параметров качества электрической энергии показали, что практически по всем показателям имеются несоответствия с нормами, приведенными в ГОСТ-32144-2013.

Следующим этапом исследования выступил тяговый расчет для грузовых поездов с разными типами электровозов, обращающихся по исследуемому участку при различных режимах движения.

Исходные данные [5]:

– марка электровозов ВЛ 80с; 2ЭС5К (Ермак);
– масса поезда 14200 т. (четное направление);
– масса поезда 4500 т. (нечетное направление);
– ограничения скорости движения и организация пропуска поездов по режимным картам;
– схема питания и секционирования двухсторонняя, узловая;
– в работе на каждой тяговой подстанции два трансформатора.

Результаты тягового расчета при движении грузовых поездов в разных режимах в нечетном направлении приведены на рис. 5, 6 соответственно.

Таким образом, проанализировав данные, полученные в ходе выполнения тяговых расчетов, можно утверждать, что: использование режима рекуперации при движении поездов массой 14200 т. позволяет экономить почти 50 % электроэнергии, расходуемой на тягу на данном участке; повышения весов поездов ведут к увеличению тока, протекающего в контактной сети и к броскам тока в ней; рельеф местности, в том числе, влияет на температуру нагрева обмоток тяговых двигателей электровозов; использование электровозов серии «Ермак» позволяет снизить удельный расход электроэнергии на тягу поезда и снизить себестоимость перевозок.

Расход энергии: 27527.8 кВт·ч;
рекуперация **0.0 кВт·ч**;
Удельный расход:
активн. 7.9 Вт·ч/т·км;
полн. 9.3 В·А·ч/т·км
Техническая скорость:
48.5 км/ч
Макс. ток поезда **944 А** на km
6185.05
Макс. нагрев обмоток двиг.
88 °С (доп. 120 °С)

Рис. 5. Основные результаты тягового расчета грузового поезда массой 14200 т. с электровозом Ермак (без рекуперации) при движении по участку в четном направлении

Расход энергии: 27799.4 кВт·ч;
рекуперация **12444.5 кВт·ч;**
(44.8 %)
Удельный расход:
активн. 7.8 Вт·ч/т·км;
полн. 13.6 В·А·ч/т·км
Техническая скорость:
50.9 км/ч
Макс. ток поезда **1776 А** на km
6111.87
Макс. нагрев обмоток двиг.
69 °С (доп. 120 °С)

Рис. 6. Основные результаты тягового расчета грузового поезда массой 14200 т. с электровозом Ермак (с рекуперацией) при движении по участку в четном направлении

В целом же, подводя промежуточные результаты исследования, следует особо отметить следующий набор организационно-технических мероприятий, выполнение которых позволит оптимизировать параметры рабочих режимов системы тягового электроснабжения проблемных участков железных дорог при организации тяжеловесного и длинносоставного движения, а также улучшить показатели качества электрической энергии:

1. Использование режима рекуперации, в том числе, отрицательно влияет на параметры качества электрической энергии на участке Чита I – Сохондо;

2. Для улучшения показателей качества электрической энергии в системе тягового электроснабжения (СТЭ) участка необходимо использовать:

– на ТП: фильтр-пробки (ФП), фильтр-компенсирующие устройства (ФКУ), активные кондиционеры гармоник (АКГ), на КС: систему усиливающих-экранирующих проводов (УЭП), на электровозах: использовать новые, современные выпрямительно-инверторные преобразователи (ВИП),

– в СВЭ: усилить контроль качества электрической энергии, возможно, за счет корректировки договорных условий поставки электроэнергии на тягу поездов.

Библиографический список

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

2. ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

3. PQM-700. Анализаторы качества электрической энергии. Руководство по эксплуатации, версия 1.00. 2018. 49 с.

4. ГОСТ Р 57670-2017. Национальный стандарт российской федерации системы тягового электроснабжения железной дороги. Методика выбора основных параметров. The railway track power supply systems. The methods of selecting fundamental parameters. Дата введения 01.05.2018 г.

5. Приказ начальника ЗабЖД от 26.05.2021 г. Режимные карты пропускной способности участка Кижа – Архара Забайкальской железной дороги. 16 с.

В.А. Груненко, Н.А. Рыжов, В.О. Колмаков
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ

Исследуется влияние емкостной компенсации реактивной мощности на уровень напряжения на токосъемнике и коэффициент мощности в тяговой сети. Приводятся расчётные схемы замещения тяговой сети и результаты расчетов энергетических показателей в программном комплексе КОРТЕС для случая применения установок продольной и поперечной компенсации на участке Красноярской железной дороги между станциями Кемчуг и Кача с постом секционированием на станции Зеледеево. В статье представлены результаты расчетов, в которых можно узнать, как изменяются интересующие характеристики в тяговой сети.

Ключевые слова: тяговая подстанция, устройство поперечной компенсации (КУ), устройство продольной компенсации (УПК), тяговая сеть (ТС), коэффициент мощности, пропускная способность.

Применение устройств поперечной и продольной компенсации является эффективным средством повышения энергетических показателей систем тягового электроснабжения [1]. Расчеты режимов тяговой сети выполнялись для участка между станциями Кемчуг и Кача Красноярской железной дороги. На данных станция находятся тяговые подстанции, а пост секционирования находится между ними, на станции Зеледеево. Расчёты выполнялись для значений приведенной к точке токосъема (пост секционирования) активной нагрузке (подвижные составы). На тяговых двух подстанциях установлены одинаковые трансформаторы марки ТДТНЖ4000/110. Контактная сеть между тяговыми подстанциями имеет следующие показатели, это приведенное активное сопротивление $R_л$ = 2,117 Ом и индуктивное $X_л$ = 8,75 Ом сопротивление.

На рис. 1 приведена схема замещения тяговой сети для режима без устройств компенсации. Подвижной состав представлен схемой замещения в виде последовательного соединения активного $R_{пс}$ и индуктивного $X_{пс}$ сопротивлений. Итоговые значения показателей тяговой сети представлены на рис. 2.

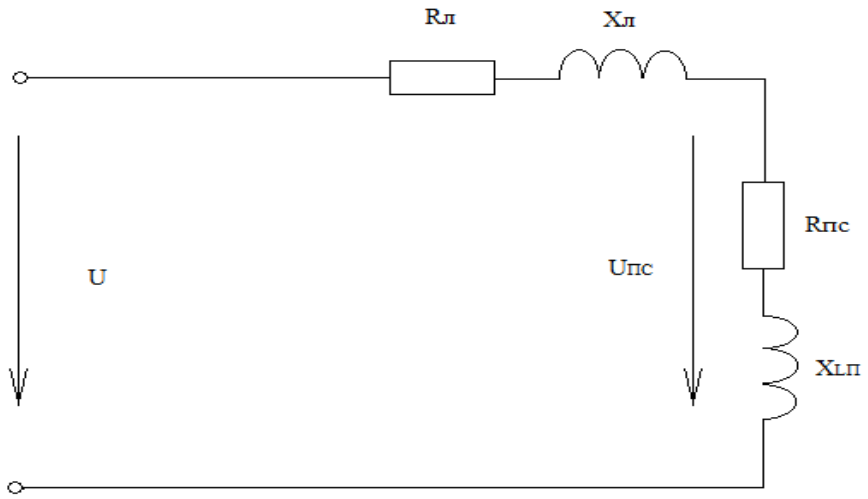
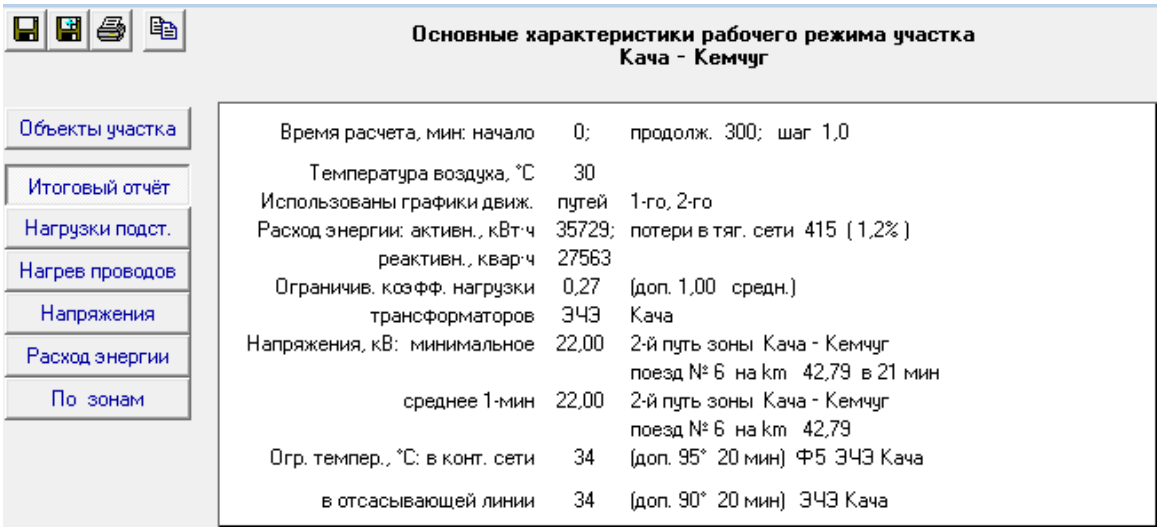


Рис. 1. Схема замещения ТС без КУ и УПК



Основные характеристики рабочего режима участка
Кача - Кемчуг

Объекты участка
Итоговый отчёт
Нагрузки подст.
Нагрев проводов
Напряжения
Расход энергии
По зонам

Время расчета, мин: начало	0;	продолж. 300; шаг 1,0
Температура воздуха, °С	30	
Использованы графики движ.	путей	1-го, 2-го
Расход энергии: активн., кВт·ч	35729;	потери в тяг. сети 415 (1,2%)
реактивн., квар·ч	27563	
Ограничив. коэфф. нагрузки	0,27	(доп. 1,00 средн.)
трансформаторов	ЭЧЭ	Кача
Напряжения, кВ: минимальное	22,00	2-й путь зоны Кача - Кемчуг поезд № 6 на km 42,79 в 21 мин
среднее 1-мин	22,00	2-й путь зоны Кача - Кемчуг поезд № 6 на km 42,79
Огр. темпер., °С: в конт. сети	34	(доп. 95° 20 мин) Ф5 ЭЧЭ Кача
в отсасывающей линии	34	(доп. 90° 20 мин) ЭЧЭ Кача

Рис. 2. Итоговый расчет для режима без КУ и УПК

Для данного режима на участке Кемчуг – Кача минимальное напряжение на токоприемнике $U_{пс}$ = 22 кВ, потери составили 1,2 процента.

На рис. 3 изображена схема замещения ТС для режима с включенной УПК, которая на схеме представлена емкостным сопротивлением $X_{упк.}$ Емкостное сопротивление продольной ёмкостной компенсации составляется 2100 квар. Итоговые значения показателей тяговой сети изображены на рис. 4.

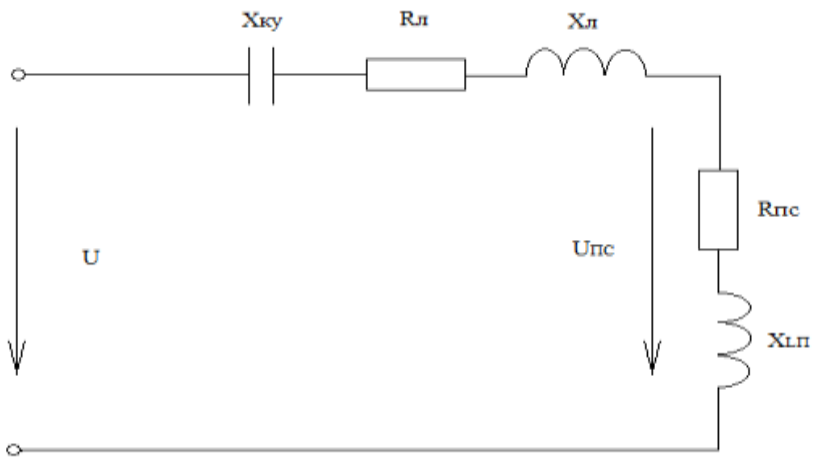


Рис. 3. Схема замещения ТС для режима с включенной УПК

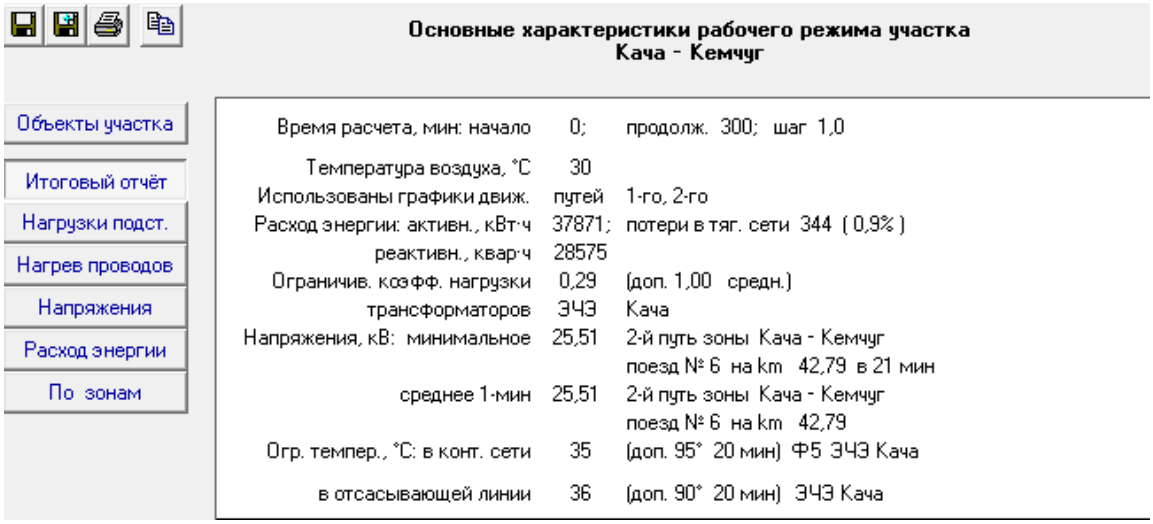


Рис. 4. Векторная диаграмма для режима с включенной УПК

Для данного режима на участке Кемчуг – Кача минимальное напряжение на токоприемнике составило $U_{пс}$ = 25,51 кВ, по сравнение без установок компенсации увеличилось на 3,51 кВ, а потери уменьшились до 0,9 %.

На рис. 5 изображена схема замещения ТС для режима с включенной КУ, которая представлена на схеме емкостным сопротивлением $X_{ку}$, включенным параллельно подвижному составу. Емкостное сопротивление компенсирующей установки составляет 3077 квар. Итоговые значения показателей тяговой сети представлены на рис. 6.

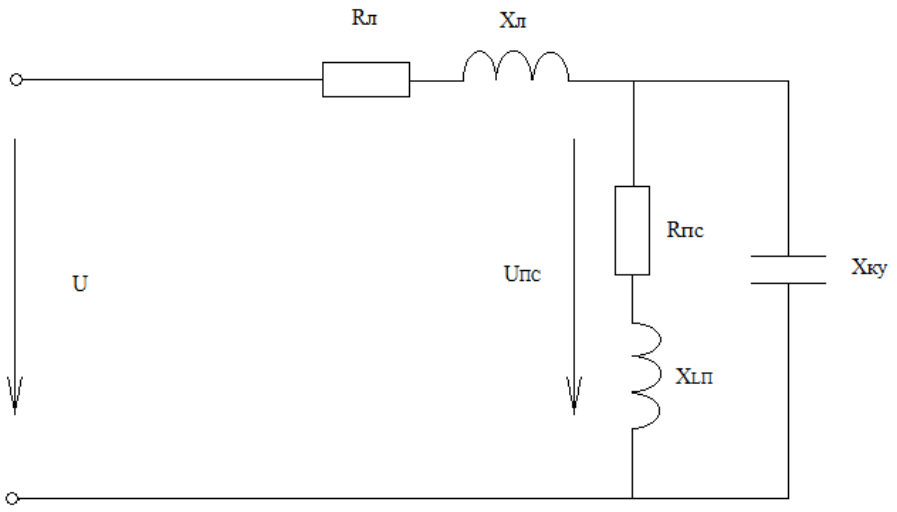
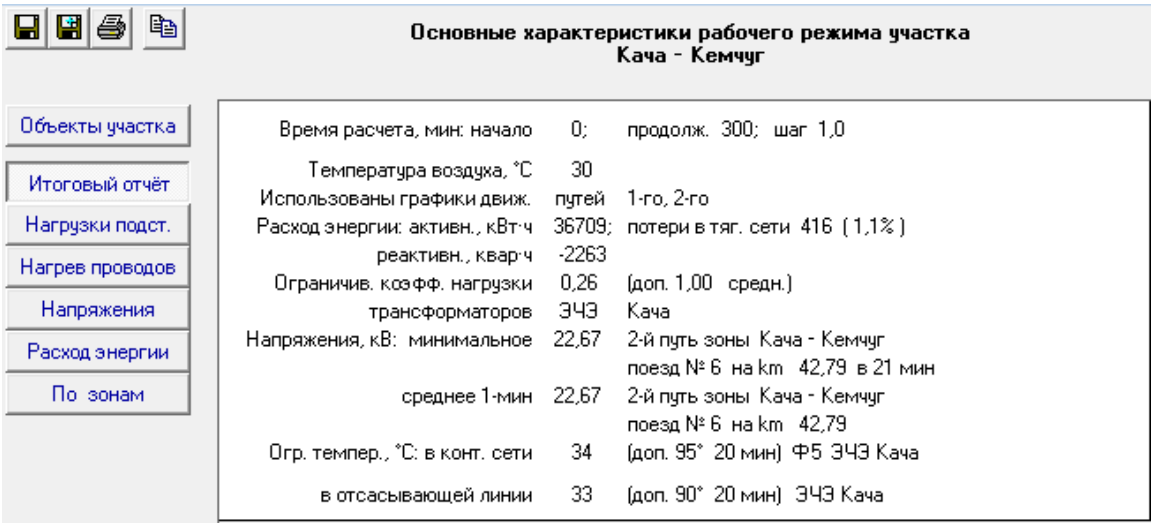


Рис. 5. Схема замещения ТС для режима с включенной КУ



Основные характеристики рабочего режима участка
Кача - Кемчуг

Объекты участка
Итоговый отчёт
Нагрузки подст.
Нагрев проводов
Напряжения
Расход энергии
По зонам

Время расчета, мин: начало	0;	продолж. 300; шаг 1,0
Температура воздуха, °С	30	
Использованы графики движ.	путей	1-го, 2-го
Расход энергии: активн., кВт·ч	36709;	потери в тяг. сети 416 (1,1%)
реактивн., квар·ч	-2263	
Ограничив. коэфф. нагрузки	0,26	(доп. 1,00 средн.)
трансформаторов	ЭЧЭ	Кача
Напряжения, кВ: минимальное	22,67	2-й путь зоны Кача - Кемчуг поезд № 6 на km 42,79 в 21 мин
среднее 1-мин	22,67	2-й путь зоны Кача - Кемчуг поезд № 6 на km 42,79
Огр. темпер., °С: в конт. сети	34	(доп. 95° 20 мин) Ф5 ЭЧЭ Кача
в отсасывающей линии	33	(доп. 90° 20 мин) ЭЧЭ Кача

Рис. 6. Итоговый отчёт для режима с включенной УК

Для данного режима на участке Кемчуг – Кача минимальное напряжение на токоприемнике составило $U_{пс}$ = 22,67 кВ, по сравнение без установок компенсации увеличилось на 0,67 кВ, а потери уменьшились до 1,1 %.

Правильная компенсация позволяет снизить общие расходы на электроэнергию, уменьшить нагрузку элементов распределительной сети, подавить различные сетевые помехи, снизить несимметрию фаз. Напряжение на токосъемнике с установкой продольной компенсации возрастает приблизительно на 3 кВ, а с установкой поперечной компен-

сации ориентировочно на 0,67 кВ, также применение компенсирующих устройств реактивной мощности уменьшает потери электроэнергии – это ещё раз доказывает эффективность применения таких установок на участке Кемчуг – Кача.

Библиографический список

1. Герман Л.А. Регулируемые установки емкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог : учеб. пособие / Л.А. Герман, А.С. Серебряков. М., 2015

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

Д.М. Дорофеев, Е.Ю. Пузина
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ЛОГИКА ЗАЩИТЫ ОТ ПОДПИТКИ СО СТОРОНЫ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

К наиболее сложным аварийным режимам в системах электроснабжения относится подпитка сети внешнего электроснабжения со стороны контактной сети при разрыве транзита. С целью выявления данного режима предлагается использовать защиту от подпитки, принцип действия которой основан на определении направления потока мощности по вводу 27,5 кВ тягового трансформатора. Предложено использовать для указанной цели микропроцессорные терминалы ИнТер производства НИИЭФА-Энерго. Рассмотрена логика работы данной защиты. Применение данной защиты повысит надежность работы электроэнергетической системы в целом.

Ключевые слова: разрыв транзита, подпитка системы внешнего электроснабжения, контактная сеть

Релейная защита решает важные задачи в системах электроснабжения в режимах коротких замыканий. За счет выполнения ею своих функций обеспечивается устойчивость работы системы электроснабжения и надежность питания потребителей электроэнергии [1, 2, 3].

Несмотря на то, что релейная защита – это одна из составных частей системы электроснабжения, она может быть выделена в самостоятельное научно-техническое направлении. При этом данное направление базируется на фундаментальных положениях теории стационарных и нестационарных электромагнитных и электромеханических процессов, теории надежности, математической логики [1].

Для защиты оборудования, узлов и устройств на электрифицированных железных дорогах применяют те же защиты, что и на обычных понизительных подстанциях. Отличительной особенностью обладают защиты тяговых сетей. Это вызвано тем, что в тяговых сетях максимальные токи нагрузки близятся к минимальным токам короткого замыкания [4, 5]. Этот факт вызывает затруднения в работе защит, которые должна обладать достаточной степенью селективности. Для этого защиту стремятся выполнить так, чтобы она реагировала на какие-либо дополнительные признаки, характерные конкретных аварийных режимов, находящих отражение именно в тяговых сетях.

Одним из наиболее сложно определяемых аварийных режимов работы системы тягового электроснабжения (СТЭ) является подпитка сети внешнего электроснабжения (СВЭ) со стороны контактной сети (КС), которая осуществляется при подпитке со стороны КС короткого замыкания (КЗ) в СВЭ; при протекании в КС уравнительных токов; при аварийном разрыве транзита СВЭ.

Для предотвращения подпитки КЗ в СВЭ защитами ФКС предусмотрено отключение фидера. Рассмотрим иные случаи подпитки СВЭ.

При использовании схем двустороннего питания контактной сети в межподстанционных зонах (МПЗ) практически всегда есть некоторое неравенство напряжений по модулю и фазе на шинах смежных тяговых подстанций (ТП). При этом появляется так называемый уравнительный ток (УРТ). УРТ приводит к дополнительным потерям активной мощности. Кроме того, могут иметь место неправильные действия релейных защит, особенно направленных. В настоящее время обнаружить УРТ можно по показаниям амперметров фидеров КС при отсутствии тяговых нагрузок, но при этом на ТП отсутствует информация о наличии, либо отсутствии поездов в МПЗ. Также решить эту задачу возможно путем сравнения напряжений холостого хода на тяговых шинах смежных ТП. Однако даже при одинаковых по величине напряжениях на смежных ТП имеет место их несовпадения по фазе.

Подпитка СВЭ через контактную сеть при разрыве транзита ЛЭП – это аварийная ситуация, которая встречается не столь часто, но вызывает существенное нарушение стабильной работы электроэнергетической системы в целом. Известны ряд случаев, при которых вследствие под-

питки СВЭ со стороны КС происходило разделение энергосистем, входящих в состав Объединенной энергосистемы России, с отключением большой части потребителей, с повреждением дорогостоящего оборудования. Основной причиной произошедшего являлось то, что проектами тяговых подстанций не были предусмотрены защиты, предназначенные для предотвращения возникновения ненормальных режимов, при которых питание СВЭ осуществляется через контактную сеть 27,5 или 55 кВ, что является нарушением требований нормативных документов. Во избежание подобных ситуаций необходимо применение специализированной защиты от подпитки (ЗП).

Защиты от подпитки возможно создать на основе электромеханических реле. При этом в качестве датчика возникающего перетока мощности из КС в СВЭ используется реле направления мощности. При направлении мощности из контактной сети к вводу силового трансформатора (СТ), контакты реле замыкаются, подается напряжение на катушку реле времени (РВ), с учетом выдержки по времени контакты РВ замыкаются и меняют положение промежуточного реле, изменившееся состояние которого, по линиям ТС будет сообщать энергодиспетчеру о наличии перетока мощности из КС в СВЭ. Энергодиспетчер, получив такой сигнал, принимает решение: либо перевод на вынужденную схему питания, либо осуществление действий по стабилизации напряжения.

Структурная схема защиты от подпитки приведена на рис. 1. Измерительный орган 1 (ИО 1), определяет значение силы тока. Измерительный орган 2 (ИО 2 фиксирует угол между током и напряжением. Логическая часть схемы (ЛЧ) анализирует выходные дискретные сигналы от всех измерительных органов, формирует выдержку времени. Блок сигнализации формирует сигнал о наличии перетока мощности.

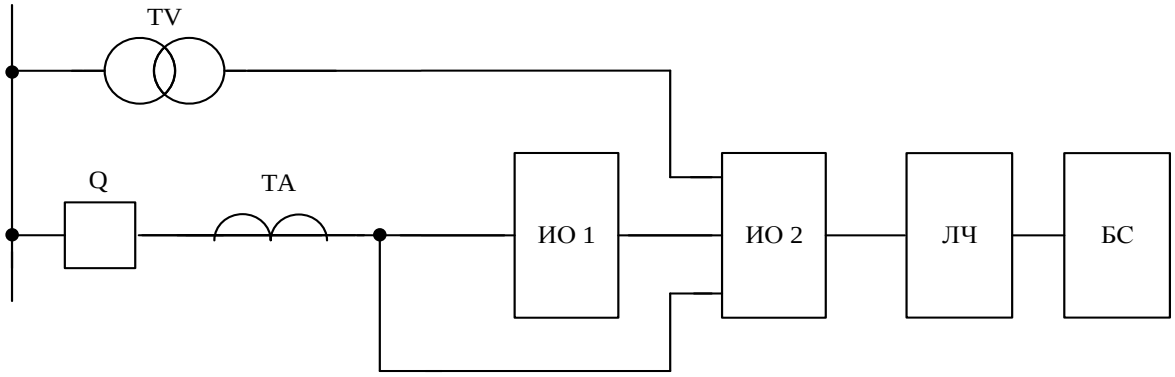


Рис. 1. Структурная схема защиты от подпитки

В настоящее время для защиты ТП применяются микропроцессорные терминалы.

Предприятиями производятся микропроцессорные блоки для защиты вводов выключателей РУ-27,5 и 2х27,5 кВ, включающие в свой состав защиту от подпитки со стороны КС, следующих производителей:

– «Сириус–ЖД–ФВВ», «Радиус» (С.-Петербург);

– «БМРЗ – ФВВ», «Механотроника» (С.-Петербург);

– «ИнТер – 27,5 – ФВВ», НИИФА – ЭНЕРГО (С.-Петербург).

В отличие от электромеханических и электронных устройств РЗА, в микропроцессорных терминалах измерительные, логические и сигнальные органы защит программируются [6]. Аппаратно же реализуется гальваническая развязка, масштабирование и аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов. Все остальные функции осуществляются специальным сигнальным процессором, расположенным в модуле контроллера измерений и защит. Функции релейной защиты и автоматики, такие как, формирование необходимых параметров, блокировок, сравнение с уставкой, реализация необходимой выдержки времени и формирование логического сигнала срабатывания – выполняются процессором.

Большая точность микропроцессорных защит реализуется (по сравнению с известными электронными защитами) за счет использования следующих преимуществ микропроцессорной техники:

– более точных принципов обработки сигналов;

– высокой точности аналого-цифрового преобразования сигналов тока и напряжения;

– выполнения всех последующих цифровых преобразований без потери точности.

Реальные сигналы, обрабатываемые защитой, несколько отличаются от синусоидальных из-за нелинейной нагрузки и переходных процессов. При этом в электронных защитах измеряются средневыпрямленные значения сигналов. Это приводит к возникновению дополнительной погрешности. В микропроцессорных защитах используются точные алгоритмы вычисления действующих значений сигналов, поэтому погрешность от несинусоидальности отсутствует.

Для организации защиты от подпитки СВЭ со стороны КС подойдут все представленные выше блоки микропроцессорных защит. Но при этом на Восточно-Сибирской железной дороге накоплен положительный опыт эксплуатации блоков ИнТер (НИИЭФА-ЭНЕРГО). Так же с НИИЭФА-ЭНЕРГО установлена «обратная связь». Разработчик готов вносить изменения в программное обеспечение, дополнять блоки необходимыми функциями, исправлять выявленные недочеты в процессе

эксплуатации. Кроме того, стоит учесть особенность ИнТЕр рассчитывать остаточный коммутационный ресурс выключателя, что позволяет повысить надежность их эксплуатации.

Одним из видов защит, имеющихся в ИнТер-27,5-ФВВ является ЗП со стороны контактной сети 27,5 кВ при отключениях на высокой стороне тягового трансформатора, которая представляет собой собранные по схеме "ИЛИ" две следующие защиты:

– защиту по направлению мощности (ЗНМ), действующую отдельно для каждой из фаз А и В, с пуском по току, фазовому углу и блокировкой по напряжению UНБ;

– защиту от превышения напряжения (ЗПН) в любой из фаз (по уставке UЗПН).

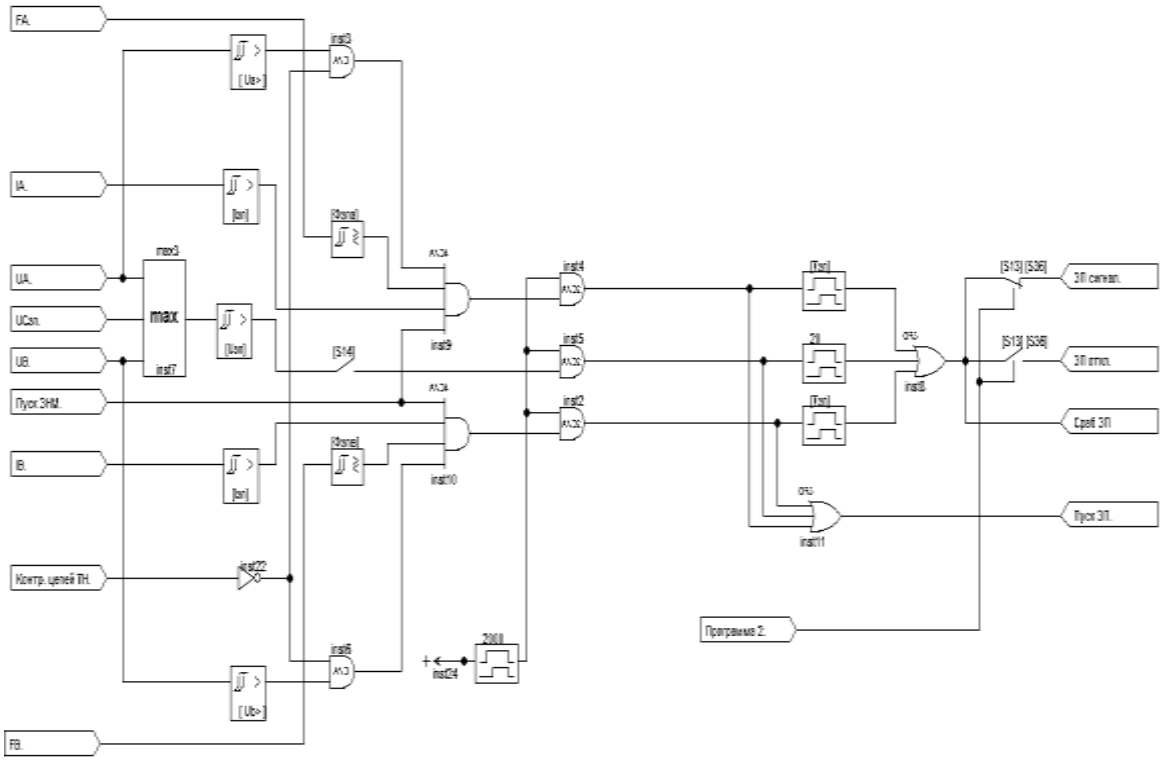


Рис. 2. Логика защиты от подпитки

Защиты по направлению мощности для каждой из фаз А и В имеют пуск по фазовому углу, т.е. пускаются при попадании фазы между током IA и напряжением UA (или IB и UB) в пределы заданного сектора, соответствующего обратному направлению мощности (от шин 27,5 кВ к тяговому трансформатору). При падении значения любого из линейных напряжений ниже значения константы минимального напряжения дей-

ствие ЗНМ по соответствующей фазе блокируется. Блокировка ЗНМ осуществляется также при срабатывании автомата во вторичных цепях трансформатора напряжения – при отсутствии входного дискретного сигнала "Контроль цепей ТН".

Защита по направлению мощности по любой из фаз А и В запускается только при условии, что ток превышает заданную уставку IЗНМ, а минимальное из линейных напряжений – менее заданной уставки UЗНМ.

Если по местным условиям допускается переток мощности между смежными подстанциями, то необходимо, соответственно, увеличить значение уставки IЗНМ; если переток недопустим, то для увеличения чувствительности ЗНМ уставку следует выбирать минимальной.

Логика защиты от подпитки приведена на рис. 2. Защита от перенапряжения (ЗПН) срабатывает без выдержки времени, а защита по ЗНМ – с задержкой времени ТЗНМ. ЗП может быть введена с действием на отключение или сигнализацию программным ключом.

Таким образом, для решения проблемы подпитки СВЭ со стороны КС при разрыве транзита ЛЭП, предлагается использовать терминалы ИнТер-27,5-ФВВ, имеющие в своем составе защиту от подпитки, которая основана на определении направления потока мощности.

Библиографический список

1. Фигурнов Е.П. Релейная защита. М. : Желдориздат, 2002. 720 с.

2. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А., Кашковский В.В. Анализ надежности электроснабжения транспортных систем в зависимости от состояния устройств релейной защиты и автоматики // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019, № 3 (63). С. 127-135

3. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А. Направления развития релейной защиты и автоматики в Российских электрических сетях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019, № 2 (62). С. 77-85

4. Khudonogov I.A., Puzina E.Yu.,Tuigunova A.G. Evaluation of short circuit currents effects on power transformers’ residual service life. 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019 2019. С. 8743069

5. E.Yu. Puzina, M.Yu.Cherniga, I.A. Khudonogov, Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. (2020)

6. Казаков Д.О., Пузина Е.Ю. Технические решения по цифровизации тяговых подстанций // Молодая наука Сибири. 2021, № 1(11). С. 227-237

В.Э. Дорош, Д.В. Десятков, А.О. Шилин
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

АНАЛИЗ ИНДУКТИВНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

В статье рассматриваются причины возникновения аддитивных помех в асинхронных тяговых двигателях высокоскоростного подвижного состава, которые приводят нарушению работы существующих устройств обеспечения безопасности железных дорог. Произведен анализ механизма возникновения помех на сигналы локомотивной сигнализации. Разработана структурная схема индуктивных связей в системе локомотивной сигнализации, которая показывает электромагнитные связи, возникающие у элементов системы локомотивной сигнализации, силового оборудования и пути.

Ключевые слова: аддитивные помехи, асинхронные тяговые двигатели, внешние электромагнитные поля, АЛСН.

В настоящее время на железных дорогах России происходит активное внедрение современного и высокоскоростного подвижного состава, в частности электровозов 2ЭС10 «Гранит», 2ЭС5С и ЭП20, оснащенных асинхронными тяговыми двигателями (АТД). Особенностью АТД, в отличие от двигателей постоянного тока, является присутствие мощных внешних электромагнитных полей (ВЭМП), оказывающих значительное влияние на выполнение требований электромагнитной совместимости. Это способствует нарушению работы существующих систем обеспечения безопасности [1].

При переключении схем управления АТД возникают помехи аддитивного характера и имеют импульсную форму [2]. По результатам многочисленных исследований видно, что большая часть сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) вызвано воздействием именно импульсных помех [2].

При нарушении целостности рельса появляется продольная асимметрия [3], незначительный уровень которой приводит к сбоям в работе

автоматики и выражается в возникновении при наличии подвижного состава, ложного сигнала о том, что путь свободен или же наоборот [4], так как рельсовые нити являются проводниками как тягового, так и сигнального тока.

Анализ ситуации показал, что актуальной задачей является определение процесса наведения помех на сигналы АЛСН, построение обобщенной функциональной схемы образования помех, ее исследование и реализация точных вычислений, это важно в первую очередь, потому что в сейчас влияние ВЭМП АТД на работу автоматики слабо изучено, не существует оценок величины воздействия.

Асинхронный двигатель, так как обладает большим внешним электромагнитным полем [1], оказывает воздействие на сигнал, который индуцируется в приемных катушках, а также косвенно влияет через первую колесную пару и рельсовые нити. При этом необходимо учитывать, что аддитивность характера помехи полностью определяется спектральным составом тягового тока. Большая часть помех наводится в приемных локомотивных катушках от токов в рельсовых нитях [4], они воздействуют на рельсовые нити смежных путей на многопутных перегонах.

При разнице входного сопротивления рельсовых нитей тяговый ток перераспределяется через локомотивные колёсные пары. Первая колесная пара, так как располагается в непосредственной близости от приемных локомотивных катушек обладает основным мешающим воздействием. Сила помехи обратно пропорционально расстоянию катушки от колесной пары [1].

Также на образование помех, помимо АТД могут влиять цепи заземления и силовые цепи локомотива, при процессе коммутации, которых возникает поперечная асимметрия. Данное влияние определяется серией локомотива и требует отдельного, специализированного исследования. Так же картину магнитных полей рельсов способны искажать вихревые токи, наведенные в корпусе локомотива.

Анализ помех заключается в установлении электродвижущей силы (ЭДС), наводимой в отдельной локомотивной катушке от всех источников помех, указанных в схеме индуктивной связи. Разрешение проблемы сводится к определению коэффициента взаимоиндукции между локомотивной катушкой и различными видами источников помех. Целесообразно рассматривать контур возникновения помехи от АТД, так как асинхронный двигатель является основным источником помех.

На основании обобщения вышеуказанных факторов разработана структурная схема электромагнитных связей в системе АЛСН (см. Рисунок).

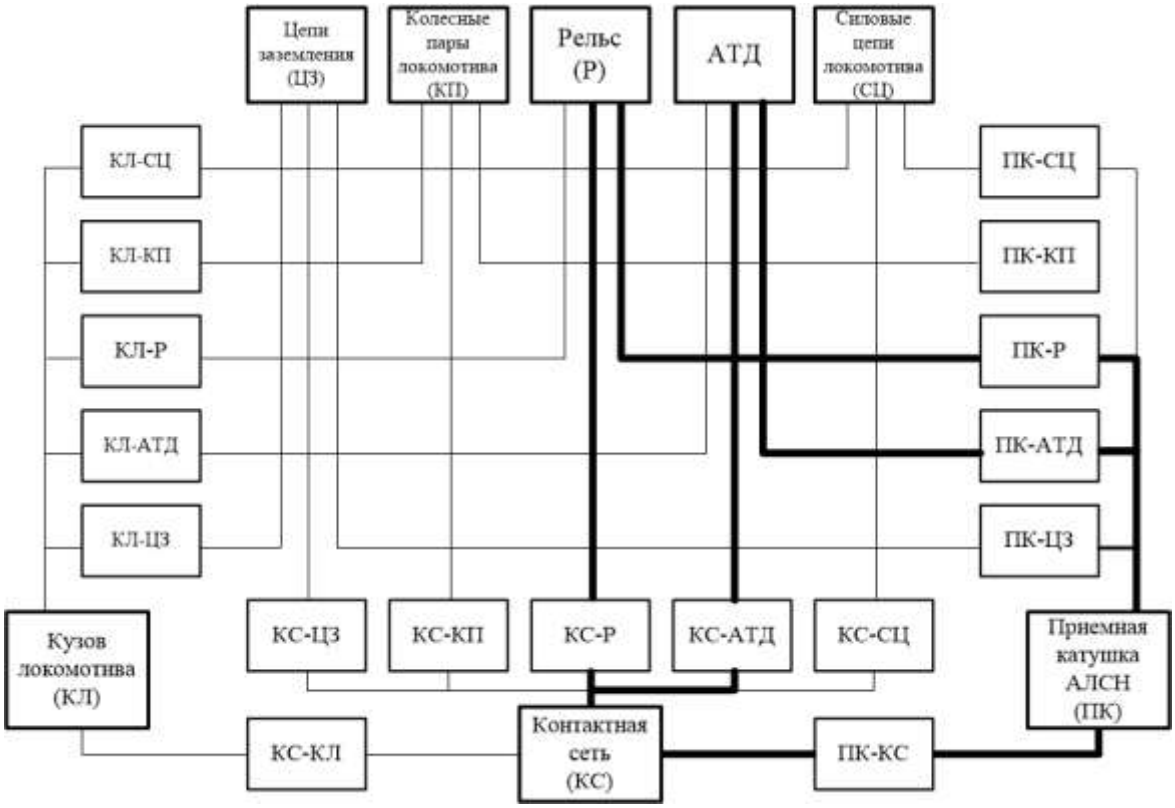


Рисунок. Структурная схема индуктивных связей в системе локомотивной сигнализации

Схема показывает электромагнитные связи (ЭС), возникающие у элементов системы локомотивной сигнализации, силового оборудования и пути. Передачу помех обеспечивают 17 связей, которые представлены в схеме. Необходимо учитывать, что через первую колесную пару локомотива и рельсовую линию, которые образуют связи: приемная катушка АЛСН – рельс (ПК-Р), приемная катушка АЛСН – колесные пары локомотива (ПК-КП); протекает и сигнальный ток, и ток помехи.

Основным параметром представленных связей является взаимная индуктивность. Параметры ЭС необходимо экспериментально устанавливать отдельно для каждой серии локомотива.

Для проведения анализа связей контактная сеть – рельс (КС-Р), приемная катушка АЛСН – рельс (ПК-Р), приемная катушка АЛСН – контактная сеть (ПК-КС) необходимо: во-первых провести анализ распределения токов и волновых процессов, во-вторых рассчитать ЭДС, наводимой в каждой из приемных локомотивных катушек, после чего

определяется суммарная ЭДС методом суперпозиции. Данный анализ определяет уровень помехи на входе локомотивного приемника.

Связи контактная сеть – асинхронный тяговый электродвигатель (КС-АТД), контактная сеть – приемная катушка (КС-ПК), приемная катушка – асинхронный тяговый электродвигатель (ПК-АТД) должны быть рассмотрены в приоритетном порядке, так как передают помехи в рельсовую линию.

Анализ схемы ЭС позволяет выработать техническое решение по минимизации или же полного исключения влияния помехи на работу автоматической локомотивной сигнализации [5].

В качестве варианта решения предлагается система фильтров в виде резонансных контуров, настроенных на рабочие частоты тягового тока, подавляющих помехи [6]. Для этого необходимо точное определение параметров связей, указанных на схеме выше с целью анализа их функционирования и помехоустойчивости.

Библиографический список

1. Барышев Ю.А. Об оценке влияния асинхронных тяговых двигателей на устройства автоматики / Ю.А. Барышев, А.К. Табунщиков, Н.Н. Титова, В.С. Кузьмин // Компетентность / Competency (Russia). 2019, № 8. С. 15-17

2. Ахмадуллин Ф.Р. Имитационная модель помех в рельсовых и индуктивно-рельсовых линиях при электротяге постоянного тока / Ф.Р. Ахмадуллин, В.Б. Леушин, Р.Р. Юсупов // Вестник транспорта Поволжья. 2017, № 4 (64). С. 42-45

3. Исайчева А.Г. К вопросу мониторинга системы асимметрии тягового тока / А.Г. Исайчева, В.Г. Волик, М.В. Башаркин // Наука и образование транспорту. 2019, № 1. С. 324-326

4. Хохрин А.С. Анализ способов организации управления движением при СИРДП-е / А.С. Хохрин, Н.Д. Ежов, А.С. Сахипкиреева // Образование – Наука – Производство : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 281-285

5. Надежкин В.А. К вопросу использования возможностей системы АПК-ДК при проведении технического обслуживания устройств ЖАТ / В.А. Надежкин, К.А. Грядкина, С.Н. Походай // Образование – Наука – Производство : материалы IV Всероссийской научно-

практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 165-169

6. Петров П.Р. Алгоритм работы устройства контроля электромеханического состояния изолирующих стыков / П.Р. Петров, А.С. Хохрин, Н.С. Шорохов // Наука и образование транспорту. 2018, № 1. С. 217-219

А.Г. Емельянов, М.С. Емельянова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТЭ НА ПОЛИГОНЕ ЭЧ-1 ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ, ЗА ПЕРИОД 2011-2020 гг.

Системы автоматики и телемеханики, применяемые в настоящее время в системе тягового электроснабжения, в границах Читинской дистанции Забайкальской дирекции по энергообеспечению – структурном предприятии «Трансэнерго» – филиале ОАО РЖД, разнообразны, но морально и физически устарели, что приводит к неисправностям. Так как системы автоматики и телемеханики отвечают за конфигурацию системы тягового электроснабжения, то косвенно – за надежность и эффективность перевозочного процесса, тем более, в условиях интенсивного развития тяжеловесного движения и интенсификации перевозок в условиях пандемии новой короновирусной инфекции.

Ключевые слова: система автоматики и телемеханики, аппаратура, кабельная линия связи, статистика отказов, надежность, эффективность работы.

Повышение эффективности перевозочного процесса на электрифицированных железных дорогах, по существу – главная цель систем обеспечения движения поездов, что грузовых, что пассажирских. И её успешное осуществление обеспечивается множеством технических систем и аппаратно-программных комплексов, в числе которых – системы автоматики и телемеханики (АиТ).

Управление конфигурацией системы тягового электроснабжения (СТЭ), которое осуществляется централизованно с ЕДЦУ, в частности, по Забайкальской железной дороге – это выполняется с энергодиспетчерской, размещенной в Управлении Забайкальской железной дороги, г. Чита.

В состав Читинской дистанции электроснабжения (ЭЧ-1) Забайкальской дирекции по энергообеспечению (ЗабНТЭ) – структурного предприятия «Трансэнерго» – филиала ОАО РЖД, входит 19 станций: Тарская, Карымстая, Туринская, Дарасун, Маккавеево, Новая, Кручина, Атамановка, Антипиха, Чита 2, Чита 1, Кадала, Черновская, Домна, Лесная, Яблоновая, Тургутуй, Сохондо, Гонгота. Дистанция электроснабжения ЭЧ-1 имеет протяженность 230 км, от станции Тарская на востоке до станции Гонгота на западе.

Устройства АиТ дистанции на начало 2020 года состояли из 31 контролируемого пункта, оснащенного, в основном, системами микроэлектронной системы телемеханики (СТМ МСТ-95) [1], за исключением поста ЭЦ и ПСКС станции Яблоновая (СТМ АСТМУ) [2] и тяговая подстанция (ТП) Лесная – средствами СТМ АСТМУ, ТП Карымская. Дополнительно к СТМ МСТ-95 тягового подстанциям систем переменного тока 1х25 и 2х25 кВ – СТМ ТОРНАДО КП [3], размещенная на сетевой районной подстанции 35 кВ.

В соответствии с проектом технического перевооружения системы телемеханики на энергодиспечерском участке Хилок – Яблоновая [4] летом 2020 года была произведена замена системы СТМ МСТ-95 на аппаратуру микропроцессорной телемеханики (АМТ) [5]. Из этого участка в границы дистанции ЭЧ-1 входят станции Яблоновая, Тургутуй, Сохондо и Гонгота.

Цель данной статьи – выполнить анализ отказов систем АиТ СТЭ на полигоне дистанции ЭЧ-1, за период 2011-2020 гг. по функциональным причинам и типу вышедшего из строя оборудования АиТ, сделать предварительные выводы и рекомендации.

За указанный период фиксации отказов АиТ СТЭ, были выявлены следующие отказы по различным функциональным причинам, распределение которых по годам с 2011 по 2020 гг., показано в Таблице.

Таким образом, анализируя результаты, представленные в Таблице, отказы распределились следующим образом: 2011 г. – 8 отказов, 2012 – 4 отказа, 2013 г. – 45 отказов, 2014 г. – 5 отказов, 2015 – 2019 гг. – отказы отсутствуют, 2020 г. – 6 отказов.

Таблица

Распределение отказов АиТ в границах ЭЧ-1 за период 2011-2020 гг.

№ п/п	Год	Количество отказов по дистанции
1	2011	8
2	2012	4
3	2013	45
4	2014	5
5	2015	0
6	2016	0
7	2017	0
8	2018	0
9	2019	0
10	2020	6

Из результатов можно выделить виды наиболее поражаемые неисправностями типы оборудования АиТ: неисправность линии связи – 17 отказов; обрыв кабельной линии связи – 11 отказов; короткое замыкание в кабеле связи – 6 отказа; отказ электропривода разъединителя КС – 13 отказов; действия третьих лиц (вандализм и хищение цветных металлов) – 6 отказов; ошибка оперативно-технического персонала – 4 отказа; отказ модулей стойки ТУ-КП и АУП-4М – 4 отказов; неисправности устройства АУП-4М – 6 отказов (в том числе пять – РП-21); снижение электрической прочности изоляции кабеля связи – 1 отказ.

Надо отметить, что неисправности, напрямую связанные с целостностью и функциональностью кабеля связи, по различным причинам, имеют место быть в 34 отказах. Включая перенапряжения, наводимые от высоковольтной контактной сети 27,5 кВ – в 9 отказах, связанных с повышением напряженности электромагнитного поля влияния тяговой сети от начала эксплуатации грузовых поездов повышенной весовой нормы (1970-е годы – до 3500 тонн, а в 2018-2020 гг. – до 14200 тонн). А также включая короткие замыкания, связанные с нарушением целостности наружных покровов кабельной линии связи по причине неумышленного и предумышленного повреждения – в 12 отказах.

Обращает на себя внимание тот факт, что имеет место быть ошибочные действия оперативно-технического персонала дистанции, приводящие к выходу СТМ из работы – в 4 отказах, обосновывая необходимость серьезной, внеочередной, проверки знаний по исполнению Инструкций по порядку действий энергодиспетчерского персонала в штатной и внештатной ситуациях.

Достаточно большое количество неисправностей в электроприводах разъединителей контактной сети – в 13 отказах, связанных с износом материальной части самих приводов, физически и морально устаревших, т.к. большая часть из них это электропривода типов ПДЖ и ПЭ, установленных на сроках от 15 до 30 лет назад.

Неисправности, связанные с выходом из строя аппаратуры канала связи и устройств дистанционного управления разъединителей контактной сети АУП – 4М – в 6 отказах, причем большую часть отказов (5 отказов) составляют неисправности, связанные с выходом из строя промежуточных реле АиТ РП-21, включенных между стойкой ТУ-ТС КПР и объектами ТУ-ТС (электроприводами разъединителей КС), для повышения помехозащищенности модулей оптронов (МО) стойки ТУ-КП, изначально в конструкции самой СТМ МСТ-95 не предусмотренных.

Таким образом, СТМ МСТ-95, установленная на подавляющем большинстве контролируемых пунктов (КП), и работающая в границах ЭЧ-1, физически и морально устарела и настоятельно требует модернизации и технического перевооружения, с целью повышении я надежности энергоснабжения перевозочного процесса.

Библиографический список

1. Аппаратура микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95. Паспорт / Московский энергомеханический завод – структурное подразделение ДКРЭ – филиал ОАО РЖД. М. : МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2001. 14 с.

2. Аппаратура автоматизированной системы телемеханического управления АСТМУ-А. Паспорт / НИИЭФА – ЭНЕРГО. СПб. : НИИЭФА – ЭНЕРГО, 2006. 24 с.

3. TORNADO MODULAR SYSTEMS: [Электронный ресурс]. URL : https://tornado.nsk.ru (дата обращения: 10.01.2021)

4. Проект технического перевооружения системы телемеханики на участке Хилок–Яблоновая : рабочая документация 6036-0.0-ТЛМ. Чита : ЗабНТЭ, 2018. 62 с.

5. Аппаратура микропроцессорной системы телемеханики АМТ. Паспорт / Московский энергомеханический завод – структурное подразделение ДКРЭ – филиал ОАО РЖД. М. : МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2018. 31 с.

А.С. Ефимова[1], Е.Ю. Пузина[1,2]
[1]Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

[2]Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
г. Иркутск, Россия

ВЫБОР УСТАВОК ЗАЩИТ ПО НАПРАВЛЕНИЮ МОЩНОСТИ ОТ ПОДПИТКИ СО СТОРОНЫ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Тяговые подстанции должны иметь специализированную защиту от подпитки со стороны контактной сети при разрыве транзита в сети внешнего электроснабжения. При этом необходимо учесть, что в контактной сети протекают уравнительные токи, которые могут вызвать ложное срабатывание данной защиты. Поэтому крайне важно при их установке правильным образом выбрать уставки. С этой целью в данной работе учтены результаты математического моделирования системы электроснабжения исследуемого участка в ПВК Fazonord, в ходе которого получены значения уравнительных токов. На их базе осуществлен выбор уставок защиты от подпитки. Внедрение таких защит позволит существенно повысить безопасность перевозочного процесса и предотвратить экономический ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям.

Ключевые слова: разрыв транзита, зашита от подпитки, контактная сеть, тяговые подстанции.

Одной из основных задач системы тягового электроснабжения (СТЭ) является обеспечение безопасности движения поездов [1-5]. Эта задача может быть решена только при правильно подобранных параметрах узлов и устройств СТЭ, которые обеспечивают условия работы электрооборудования в допустимом для них диапазоне изменения не только в нагрузочных режимах, но и в аварийных режимах [6-9].

Релейная защита и автоматика (РЗА) является одним из наиболее важных комплексов электроустановок напряжением до 1000 В и выше. РЗА представляет собой сложную информационную систему, состоящую из комплекса взаимосвязанных электромагнитных, электронных и микроэлектронных устройств, а также источников питания [10].

Одной из специфичных защит является защита от подпитки системы внешнего электроснабжения (СВЭ) со стороны контактной сети при разрыве транзита электроэнергии. Такая проблема особенно остро на

Восточно-Сибирской железной дороге проявляется на участке Якурим – Таксимо, где происходили случаи разрыва транзита и подпитки СВЭ через контактную сеть. Эти случаи приводили к разделу Объединенной энергосистемы Сибири, к выделению на изолированную работу энергорайонов с дефицитом активной мощности до 130 МВт. Кроме того, питание СВЭ через контактную сеть осуществлялось в неполнофазном режиме, что приводило к отключению большой части районной нагрузки, к обесточиванию устройств СЦБ, к сбоям в движении пассажирских и грузовых поездов. В основном эти проблемы были вызваны отсутствием в проектах тяговых подстанций указанного участка защиты от подпитки.

Защита от подпитки в соответствии с требованиями [11] должна быть установлена на подстанциях. С этой целью предлагается на тяговых подстанциях указанного участка установить терминалы ИнТер-27,5-ФВВ производства НИИЭФА-Энерго на каждый ввод тягового трансформатора в РУ-27,5 и 2х27,5 кВ. В состав защит данного терминала входит защита по направлению мощности, которая носит наименование защиты от подпитки (ЗП).

Уставка по току ЗП должна быть больше максимального уравнительного тока (УТ) и меньше тока, протекающего по сечению контактной сети во время разрыва транзита СВЭ при аварии. Величина УТ зависит от режима и условий работы СТЭ. Во избежание ложного срабатывания защиты от подпитки, из-за увеличения уравнительного тока, необходимо увеличить значение уставки блокировки по току.

В соответствии с указаниями [12] принцип действия защиты от подпитки должен строиться на основании угловой характеристики. Угловая характеристика данной защиты должна иметь на комплексной плоскости тока вид сектора, два луча которого выходят из начала координат, и иметь длину, соответствующую значению УТ.

Первый луч сектора вычерчивается под углом от 90° до 135° по отношению к оси абсцисс в сторону отставания. Второй луч сектора вычерчивают под углом от 225° до 270° в сторону отставания. При выходе вектора тока подпитки за пределы угла, ограниченного лучами угловой характеристики, защита блокируется. Для отстройки ЗП необходимо учитывать тот факт, что уравнительный ток будет протекать в любом случае, т.к. существует неравенство питающих напряжений. Следовательно, уставка по углу должна быть больше 90°.

Диапазон уставок защиты от подпитки терминала ИнТер-27,5-ФВВ приведен в табл. 1.

Значения УТ, от которых зависит уставка блокировки по току, на исследуемом участке определены методом математического моделиро-

вания с использованием ПВК Fazonord. Максимальный уравнительный ток протекает в МПЗ Ния-Киренга и составляет 52 А.

Уставка блокировки по току должна соответствовать условию

$$I_{у,БТ} \leq K_з \times I_{ур,max}\ , \qquad (1)$$

где $I_{у,БТ}$ – уставка блокировки по току, А;

$I_{ур,max}$ – наибольшее значение УТ, А;

$K_з$ – коэффициент запаса, значение которого принимают от 1,15 до 1,25.

Таблица 1

Диапазон уставок защиты от подпитки в терминале ИнТер

Защита от подпитки	Уставка	Диапазон значений уставок
а) защита по направлению мощности (ЗНМ);	а) ЗМН: – по фазовому углу (Φ_{a-1}, Φ_{b-1}, °); – по фазовому углу (Φ_{a-2}, Φ_{b-2}, °); – по току ($I_{ЗМН}$ >), А; – по напряжению ($U_{ЗМН}$ <) кВ; – по времени ($T_{ЗМН}$ >), с	 От 80 до 135 От 225 до 270 От 20 до 300 От 0,5 до 25,0 От 0,1 до 10,0
б) защита от превышения напряжения (ЗПН)	б) ЗПН: - по напряжению ($U_{ЗМН}$ >), кВ	От 25,0 до 5,0

Уставку защиты минимального напряжения, подключенной к трансформаторам напряжения шин РУ-27,5 кВ и 2×27,5 кВ, выбирают по условию

$$U_{у,ЗМН} \leq 0{,}6U_{ш,ном}, \qquad (2)$$

где $U_{у,ЗМН}$ – уставка защиты минимального напряжения, кВ;

$U_{ш,ном}$ – номинальное напряжение шин, принимаемое 27,5 кВ.

Уставку защиты от превышения напряжения в фазах А и В выбирают по условию

$$U_{у,ЗПН} \geq K_З \times U_{ном}, \qquad (3)$$

где $U_{\text{у,ЗПН}}$ – уставка защиты от превышения напряжения (не более 35кВ);

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение на шинах 27,5 кВ;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,1.

Диапазон уставок по току в терминале ИнТер-27,5-ФВВ от 20 до 300 А. Минимальная уставка по току равна 20 А. На многих подстанциях ток подпитки не достигает значения минимальной уставки, поэтому для таких подстанций примем уставку блокировки по току 20 А.

Произведем расчет уставки для этих тяговых подстанций согласно условию (1)

$$I_{y,БТ} \leq 1{,}25 \times 20 = 25 \text{ А}.$$

Выполним расчет уставки блокировки по току для ТП 110 кВ Киренга, где по результатам моделирования протекает наибольший ток подпитки, согласно (1)

$$I_{y,БТ} \leq 1{,}25 \times 52 = 65 \text{ А}.$$

Расчет уставки блокировки по току для ТП 220 кВ Звездная произведем согласно (1)

$$I_{y,БТ} \leq 1{,}25 \times 30 = 38 \text{ А}.$$

Расчет уставки блокировки по току для ТП 220 кВ Янчукан произведем согласно (1)

$$I_{y,БТ} \leq 1{,}25 \times 24 = 30 \text{ А}.$$

Для всех подстанций значения уставок по фазовому углу, ЗМН, ЗПН и выдержке времени имеют одинаковые значения.

Произведем расчет уставки по минимальному напряжению для всех ТП согласно условию (2)

$$U_{y,ЗМН} \leq 0{,}6 \times 27{,}5 = 16{,}5\ кВ.$$

Выполним расчет уставки от превышения напряжения для всех ТП согласно условию (3)

$$U_{y,ЗПН} \geq 1{,}1 \times 27{,}5 = 30{,}25\ кВ.$$

Согласно [12] уставка по фазовому углу между током и напряжением для всех подстанций должна лежать во II и III квадрантах комплексной плоскости. Выберем уставку по фазовому углу Ф1 = 90°, Ф2 = 225°, что соответствует обратному направлению мощности.

В соответствии с требованиями [12] выдержка времени защит на отключение не более 5,0 с, т. к. защита от подпитки является дополнительной защитой.

Рассчитанные уставки защиты от подпитки для тяговых подстанций участка Якурим – Таксимо, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендованные значения уставок защиты от подпитки

Защита от подпитки	Уставка блокировки
По направлению мощности	а) по фазовому углу: $(\Phi_1 = 90,\ \Phi_2 = 225, °)$; б) по току: $I_{ЗМН} = 100$ А; в) по напряжению:$U_{ЗМН} = 16{,}5$ кВ; г) по времени $Т_{ЗМН} = 4$ с.
Защита от превышения напряжения	по напряжению: $U_{ЗПН} = 30{,}25$ кВ.

Таким образом, полученные уставки защиты от подпитки необходимо использовать на всех тяговых подстанциях участка Якурим – Таксимо во избежание серьезных последствий, возникающих в случае разрыва транзита в СВЭ и осуществления ее подпитки со стороны контактной сети.

Библиографический список

1. Puzina E.Yu., Cherniga M.Yu., Khudonogov I.A. Strengthening the power supply system of electrified railways, taking into account the use of interval control devices. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. (2020)/

2. Пузина Е.Ю. Оценка потенциала повышения энергоэффективности системы тягового электроснабжения Абаканской дистанции электроснабжения // Транспорт : наука, образование, производство : сб. научных трудов Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону : Изд-во РГУПС, 2017. С. 149-153

3. Пузина Е.Ю., Перелыгин В.М. Усиление системы тягового электроснабжения участка Якурим–Звездная ВСЖД // Транспорт-2013 : труды Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону : Изд-во РГУПС, 2013. С. 176-178

4. Крюков А.В., Куцый А.П., Черепанов А.В. Применение управляемых источников реактивной мощности в системах электроснабжения железных дорог // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 1. С. 588-593

5. Grigoriev N.P., Klykov M.S., Tikhomirov V.A., Trofimovich P.N. Reduction of electrical ehergy losses of power transformer of 25 kV traction substations. IOP Conferens Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 760. С. 012060

6. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А., Кашковский В.В. Анализ надежности электроснабжения транспортных систем в зависимости от состояния устройств релейной защиты и автоматики // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019, № 3 (63). С. 127-135

7. Лундалин А.А., Пузина Е.Ю., Худоногов И.А. Направления развития релейной защиты и автоматики в Российских электрических сетях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019, № 2 (62). С. 77-85

8. Khudonogov I.A., Puzina E.Yu., Tuigunova A.G. Evaluation of short circuit currents effects on power transformers' residual service life. 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019 2019. С.8743069

9. Востриков М.В., Менакер К.В., Пультяков А.В. Прогнозирование динамики пусковых и переходных токов с целью повышения селективности микропроцессорных устройств релейной защиты фидеров контактной сети // Транспорт Урала. 2021, № 1 (68). С. 86-92

10. Фигурнов Е.П. Релейная защита. М. : Желдориздат, 2002. 720 с.

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. (утв. приказом Минэнерго от 08 июля 2002 г. № 204)

12. СТО РЖД 07.021.4-2015. «Методика выбора уставок защит в системе тягового электроснабжения переменного тока». 2015. 126 с.

В.В. Зубков
АО «Федеральная грузовая компания» Московское представительство,
г. Москва, Россия

Н.Ф. Сирина
Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург, Россия

П.Е. Раевская
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

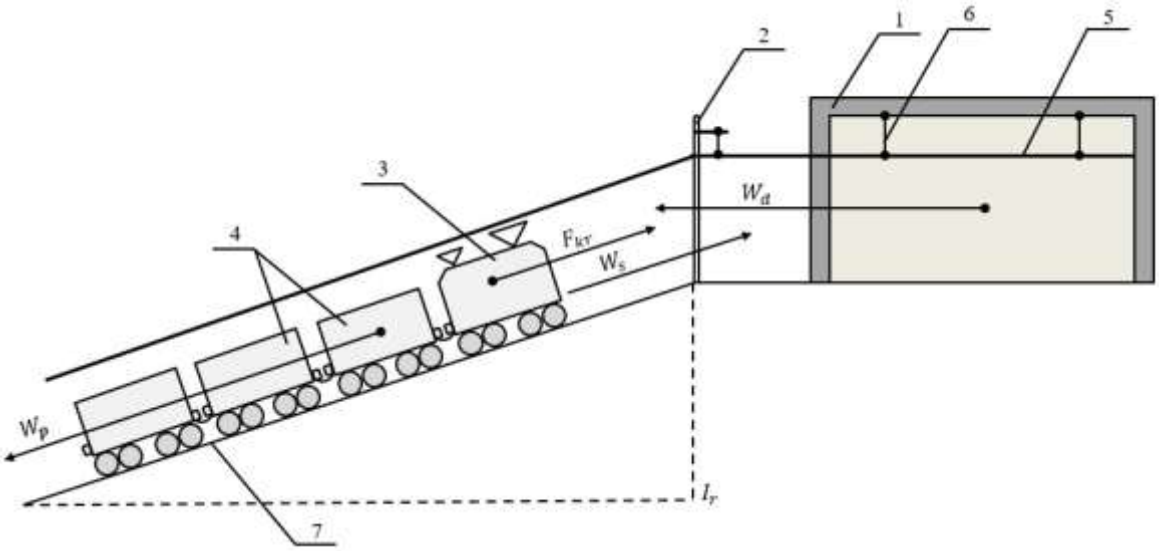
СИСТЕМА СНИЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ПОЕЗДА

В условиях постоянного роста грузонапряженности железнодорожных направлений, приоритетными являются задачи повышения их пропускной и провозной способности. Это актуализирует поиск возможных путей оптимизации влияющих внутренних и внешних параметров на снижение величины массы поезда, его скорости и длины. В работе представлена система снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа. Данная система, создает условия по снижению дополнительных удельных сопротивлений, формирующихся от встречного ветра при следовании поезда в тоннельном пространстве, что создает предпосылки для эффективного использования технических параметров локомотива. Данный способ и устройство прошли государственную регистрацию.

Ключевые слова: строение тоннельного типа, дополнительное сопротивление, движущийся поезд, воздушные массы, воздействующие силы.

В настоящее время, актуальны задачи оптимизации влияющих параметров на снижение величины массы поезда, его скорости и длины. Одним из приоритетных решений задач оптимизации, является задача снижения величины воздействующих усилий (сопротивлений) движению поезда в условиях многоэлементного их развития. Так, движение поездов на железных дорогах, пролегающих в горной местности, осложнено затяжными подъемами и строениями тоннельного типа, в которых в зависимости от погодных условий (наличие сильного ветра, ураганов), происходит формирование дополнительных усилий (сопротивлений) движению поезда [1].

На рис. 1 представлена общая схема воздействующих сил на движение поезда при условии следования его на участке с затяжным подъемом и имеющем инфраструктурное строение тоннельного типа.



1 – железнодорожный тоннель;
2 – опора контактной сети;
3 – локомотив грузового поезда;
4 – вагоны грузового поезда;
5 – контактный провод;
6 – контактная подвеска;
7 – верхнее строение пути;
F_{kr} – касательная расчетная сила тяги локомотива при расчетной скорости;
I_r – крутизна расчетного (руководящего) подъема или участка пути;
W_d – дополнительное сопротивление движению поезда;
W_p – полное сопротивление движению поезда при расчетной скорости;
W_s – дополнительное удельное сопротивление воздушных масс при движении поезда вне строения тоннельного типа.

Рис. 1. Общая схема воздействующих сил на движение поезда при условии следования его на участке с затяжным подъемом и имеющем инфраструктурное строение тоннельного типа

Дополнительное удельное сопротивление поезду W_d (рис. 1) определяется, как сумма дополнительного удельного сопротивления движению поезда в инфраструктурном строении тоннельного типа W_t и дополнительного удельного сопротивления движению поезда от силы встречного ветра W_v [2]:

$$W_d = W_t + W_v \,, \tag{1}$$

Дополнительное удельное сопротивление движению поезда в инфраструктурном строении тоннельного типа развивается по причине развития сопротивления воздушных масс, вследствие чего движущийся поезд в тоннеле формирует избыток давления воздушных масс перед собой и разрежение воздушных масс за последним вагоном. В результате,

полученная разность давлений воздушных масс, провоцирует движение воздушной среды внутри и вдоль строения тоннельного типа во встречном направлении, при этом данное движение сопровождается трением воздушных масс о боковые стороны движущегося поезда и соответственно внутренние стороны тоннеля, вышеизложенное можно определить по следующей формуле [2]:

$$W_t = W_s \cdot \beta, \qquad (2)$$

где W_s – дополнительное удельное сопротивление воздушных масс при движении поезда вне строения тоннельного типа;

β – коэффициент, отображающий особенности следования поезда в устройстве тоннельного типа, значение коэффициента зависит от площади сечения устройства тоннельного типа, его длины, силы и скорости воздушных масс в данном устройства, длины движущегося поезда, наличия и устройства вентиляционных ниш, коэффициентов шероховатости внутренних стен устройства тоннельного типа и поверхности боковых сторон поезда.

Дополнительное удельное сопротивление движению поезда от воздействующей силы встречного ветра, имеет вид:

$$W_v = W_o \cdot \mathfrak{k}\,, \qquad (3)$$

где W_o – основное удельное сопротивление движению поезда;

$\mathfrak{k}$ – коэффициент, отражающий дополнительное удельное сопротивление движению поезда от воздействующей силы встречного ветра, величина которого зависит от силы и скорости ветра, а также от скорости следования поезда.

Основное удельное сопротивление движению поезда, рассчитывается по формуле:

$$W_o = W_o^{'} + W_o^{''}\,, \qquad (4)$$

где $W_o^{'}$ – воздействующие силы основного удельного сопротивления локомотива при следовании в режиме тяги и при соблюдении расчетной скорости;

$W_o^{''}$ – воздействующие силы основного удельного сопротивления движению состава поезда.

Таким образом, эффективное использование технических параметров локомотива на лимитирующих участках пути, в частности в строе-

ниях тоннельного типа, повышение массы поезда и его длины, как следствие увеличение пропускной и провозной способности железнодорожных участков, имеющих инфраструктурные строения тоннельного типа, возможно путем оптимизации – снижением величины воздействующих усилий (сопротивлений) движению поезда в условиях многоэлементного их развития [3, 4].

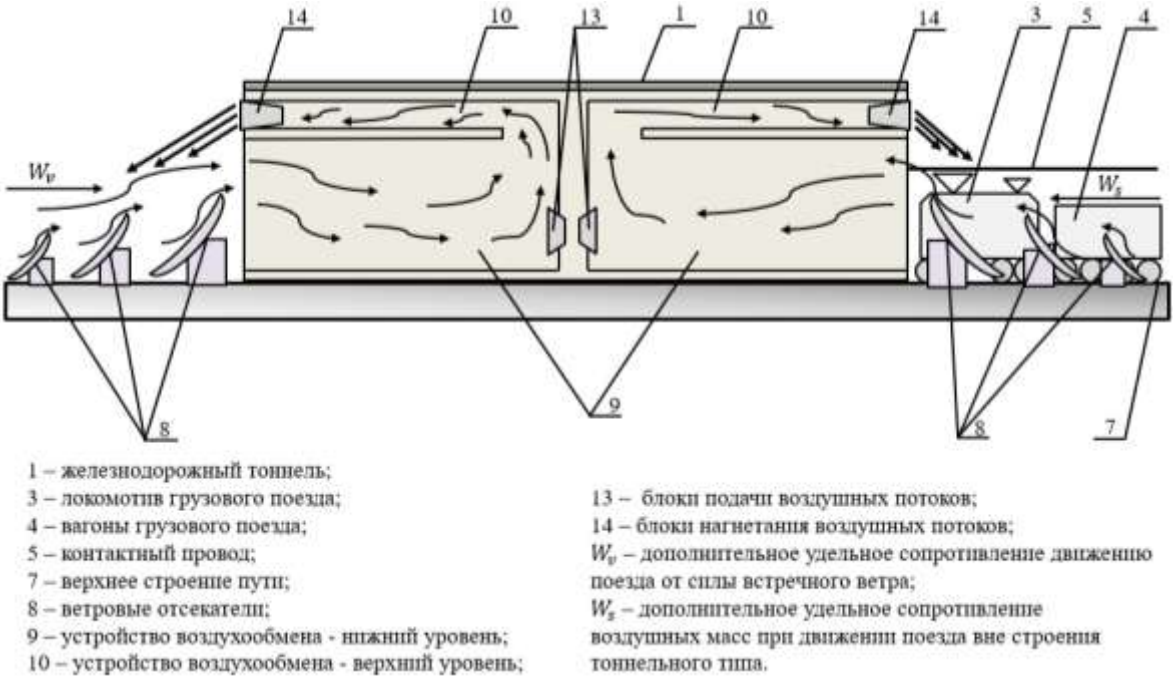


Рис. 2. Система снижения дополнительного сопротивления движению поезда в инфраструктурных строениях тоннельного типа

На рис. 2 представлена система снижения дополнительного сопротивления движению поезда в инфраструктурных строениях тоннельного типа. Как видно (рис. 2), система включает в себя подсистему управления воздушными массами, так заранее при подходе поезда к строению тоннельного типа с направления, где расположен лимитирующий участок пути, с пульта управления и на основе датчиков определяющих характеристики воздушных масс, выясняют направление и силу ветра, затем производят набор режима функционирования подсистемы управления воздушными массами. В результате, осуществляется замыкание цепи электрической магистрали подсистемы управления воздушными массами, а именно электрический ток поступает от контактной сети постоянного или переменного на элемент преобразователь электроэнергии, далее электроток преобразованным напряжением в 220В, направляется на элементы подсистемы – подачи воздушных потоков и элементы под-

системы – нагнетания воздушных потоков, при этом мощность функционирования данных элементов, регулируют с пульта управления и на основании данных визуализируемых при помощи датчиков характеристик воздушных масс [4].

Следует отметить, что воздушные массы, формирующиеся от процесса следования поезда с направления приближения данного поезда к строению тоннельного типа, направляются за счет установленных ветровых отсекателей в нижнюю ступень подсистемы воздухообмена, из которой за счет элемента – подачи воздушных потоков, воздушные массы, направляются в верхнюю ступень подсистемы воздухообмена, а далее за счет элемента подсистемы – нагнетания воздушных потоков, направляются в воздушное (окружающее) пространство перед порталом устройства тоннельного типа, то есть навстречу сформированным от движения поезда воздушным массам.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование данной системы, создает предпосылки для:

– снижения величин сил воздействующих усилий (дополнительных сопротивлений) движению поезда, формирующихся от встречных ветровых потоков и при движении поезда в строениях тоннельного типа [5];

– эффективного использования технических параметров локомотива;

– увеличения величин массы поезда, его длины и скорости движения;

– повышения пропускной и провозной способности железнодорожных участков и направлений [5].

Данный способ и устройство прошли государственную регистрацию.

Библиографический список

1. Югрина О.П., Танайно Ю.А. Эффективность организации тяжеловесного движения и вождения соединенных поездов на примере Западно-Сибирской железной дороги // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2019, № 4(51). С. 22–27

2. Пат. 2744083 Российская Федерация. Способ снижения дополнительного сопротивления движению поезда и устройство для осуществления этого способа / В.В. Зубков, Н.Ф. Сирина, П.Е. Раевская [и др.]. № 2020127623; заявл. 18.10.2020; опубл. 02.03.2021

3. Раевский Н.В., Раевская П.Е. Способы увеличения пропускной способности на железнодорожной линии / Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Девятой Международной научно-практической. конференции, 10-13 апреля 2018 г. Иркутск : в 2 т. Иркутск : ИрГУПС, 2018. Т. 1. 710 с. С. 124-128

4. Яхимович В.В., Дмитриенко А.В. Варианты организации пропуска поездов при капитальном ремонте технических устройств на двухпутных линиях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012, № 3(35). С. 176-183

5. Зубков В.В., Сирина Н.Ф., Раевская П.Е. Применение экономико-математической модели при формировании оптимального варианта оптимизации транспортно-логистического процесса // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2020, № 2 (53). С. 30-36

К.В. Менакер, А.В. Домошонкин, Н.А. Щукин
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА И РЕГИСТРАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА, ТЕКУЩЕЙ КООРДИНАТЫ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

Ведение поездов в условиях резко континентального климата и низких температур накладывает ряд ограничений на допустимую скорость движения составов, выбор режимов трогания и торможения, порядок эксплуатации и обслуживания оборудования подвижного состава. Несмотря на интенсивное развитие локомотивных устройств безопасности мониторинг температуры окружающего воздуха членами локомотивных бригад осуществляется на железнодорожных станциях посредством электронных стационарных измерительных устройств, оснащенных электронными табло. Между тем температура окружающего воздуха на перегонах, протяженностью в несколько десятков километров в регионах с резко континентальным климатом может изменяться в широком диапазоне. С целью повышения безопасности движения было разработано микропроцессорное устройство непрерывного мониторинга и регистрации ряда важнейших параметров, позволяющее членам локомотивных бригад осуществлять ведение поездов в соответствии с ограничениями, накладываемыми внешними погодными условиями.

Ключевые слова: температура окружающего воздуха, мониторинг, регистрация, микропроцессорное устройство, датчик температуры, навигация, члены локомотивных бригад.

Локомотивные устройства мониторинга и регистрации занимают важнейшее место в обеспечении безопасности движения поездов [1, 2]. Проведенный патентный поиск в области создания мобильных приборов

измерения и мониторинга температуры окружающего воздуха членами локомотивных бригад выявил, что ближайшим прототипом создаваемого устройства является бортовая система регистрации параметров работы локомотива [1].

Однако, основное назначение бортовой системы регистрации параметров работы локомотива является анализ информации с датчиков расхода и температуры топлива, оборотов турбокомпрессора и турбонаддува, мощности и оборотов дизель-генераторной установки, температуры жидкости контура охлаждения дизеля с привязкой к пройденному пути и скорости движения локомотива посредством GSM-модуля.

Назначение же разрабатываемого устройства состоит не в контроле работы локомотивных устройств, а в мониторинге температуры окружающего воздуха с привязкой к текущей координате движущегося поезда и его скорости, и выработке сигналов предупреждения в случае нарушения локомотивной бригадой скоростного режима. Дополнительной функцией прибора является фиксация всех измеряемых параметров на протяжении всего пути следования на SD-накопитель с целью возможности расследования возможных аварийных ситуаций при нарушениях членами локомотивных бригад соответствующих инструкций по ведению поездов в зимний период времени. Актуальность данной разработки также подтверждена представителями дирекции тяги и имеющимся актом внедрения.

Принципиальная схема предлагаемого устройства представлена на рис. 1.

Устройством управления в составе разрабатываемого прибора является микропроцессорный модуль Arduino Mega на базе микроконтроллера ATmega2560 (см. рис. 2). В качестве датчика измерения основного параметра – температуры выбран герметичный датчик температуры DS18B20 с длинными термо- и электростойкими соединительными проводами, для возможности размещения датчика на фронтовой части кабины машиниста в герметичной колбе с целью защиты от встречного потока воздуха, снега, дождя и механических повреждений (см. рис. 2). Цифровой датчик обеспечивает измерение температуры с разрешением от 9 до 12 бит. Диапазон измеряемых температур от -55 °С до +125 °С, с погрешностью ±0,5°С.

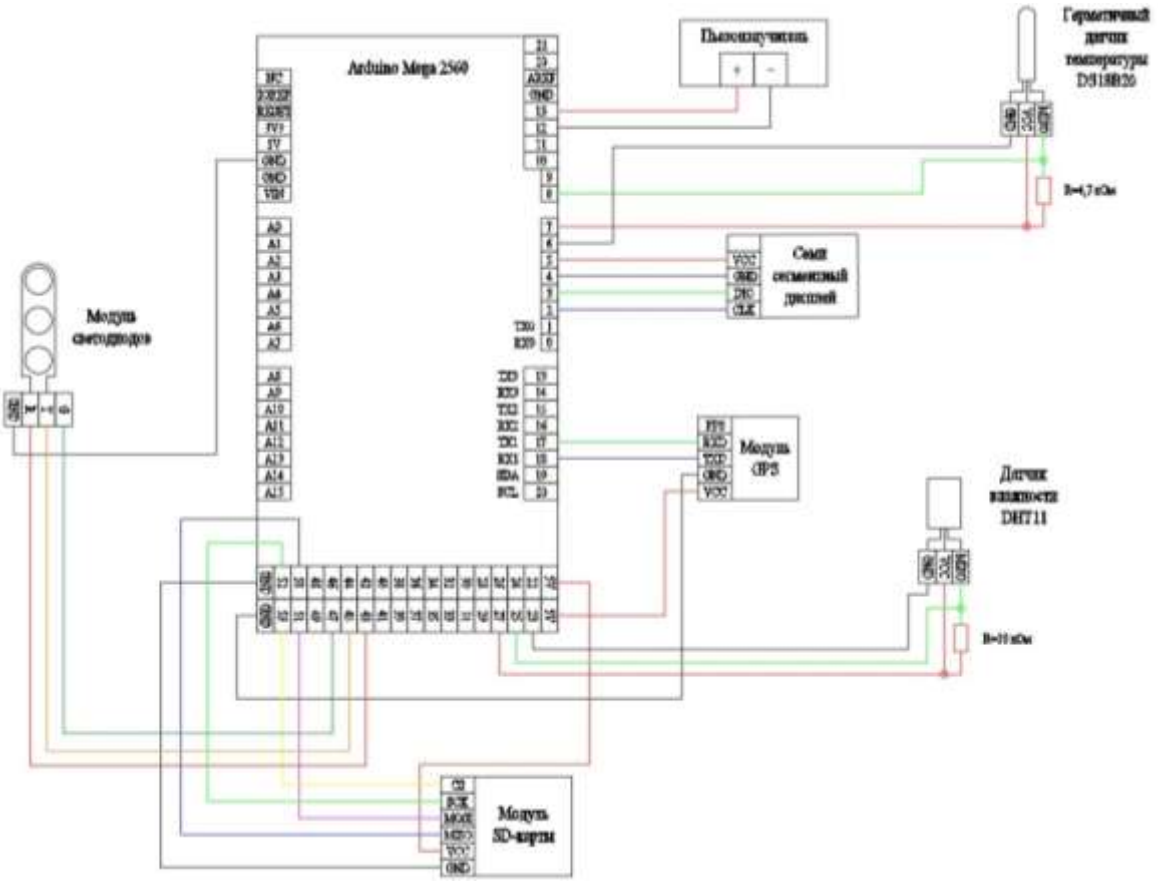


Рис. 1. Принципиальная схема локомотивного устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха, координаты и скорости движения поезда

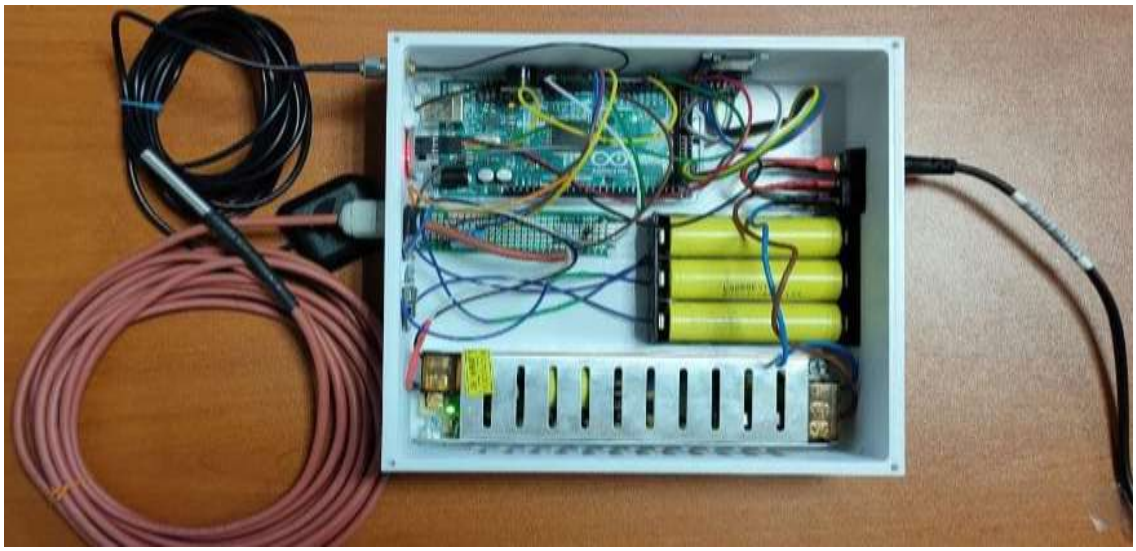


Рис. 2. Конструктив локомотивного устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха, координаты и скорости движения поезда

GPS/GLONASS приёмник с выносной антенной на базе Neoway G7 (см. рис. 2) совместно с внутренним таймером микроконтроллера выполняет функцию определения текущей координаты движения поезда, в которой осуществляется в данный момент времени измерение температуры окружающего воздуха, а также и на основании двух соседних измерений координат за фиксированный временной интервал вычисление скорости движения поезда. Внешняя антенна GPS приемника подключается к микропроцессорному модулю трёхметровым проводом и крепится рядом с датчиком температуры в пластиковом корпусе, залитом компаундом.

При движении поезда, при высокой влажности внешнего окружающего воздуха, с целью корректировки показаний температуры, в приборе применен цифровой датчик влажности DHT11 емкостного типа (см. рис. 2).

Модуль SD-карты реализует важную функцию хранения, чтения и записи информации о текущей координате, времени, скорости движения поезда и температуре окружающего воздуха, необходимой для расследования возможных аварийных ситуаций (см. рис. 2).

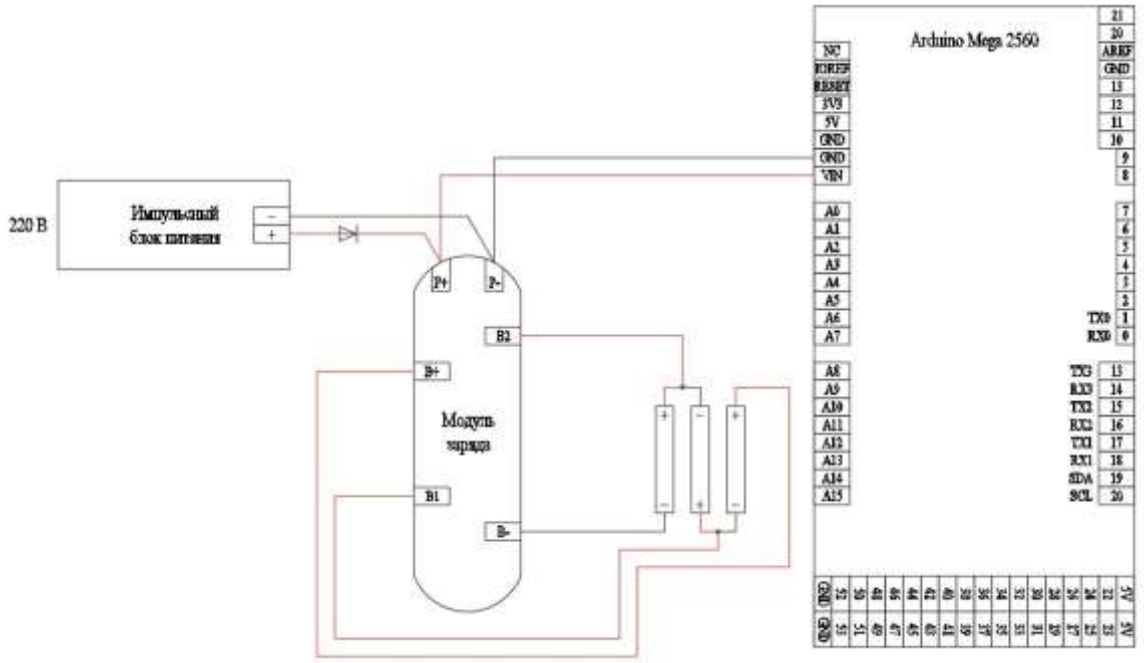


Рис. 3. Принципиальная схема электропитания локомотивного устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха, координаты и скорости движения поезда

Электропитание предлагаемого устройства осуществляется от служебной сети электровоза с резервированием от трех собственных аккумуляторных батарей, которые подключены через контроллер заряда/разряда HX-3S-FL10A (см. рис. 3). Особенностями представленного контроллера заряда/разряда являются: защита от короткого замыкания и защита от перезаряда. Кроме того, он имеет функцию отключение подачи питания для аккумуляторов при достижении максимальной емкости хотя бы одной из батарей.

Все аппаратные средства устройства размещаются в разработанном и изготовленным методом 3-D печати корпусе, с размещением на внешней панели всех необходимых элементов индикации и управления (см. рис. 4).

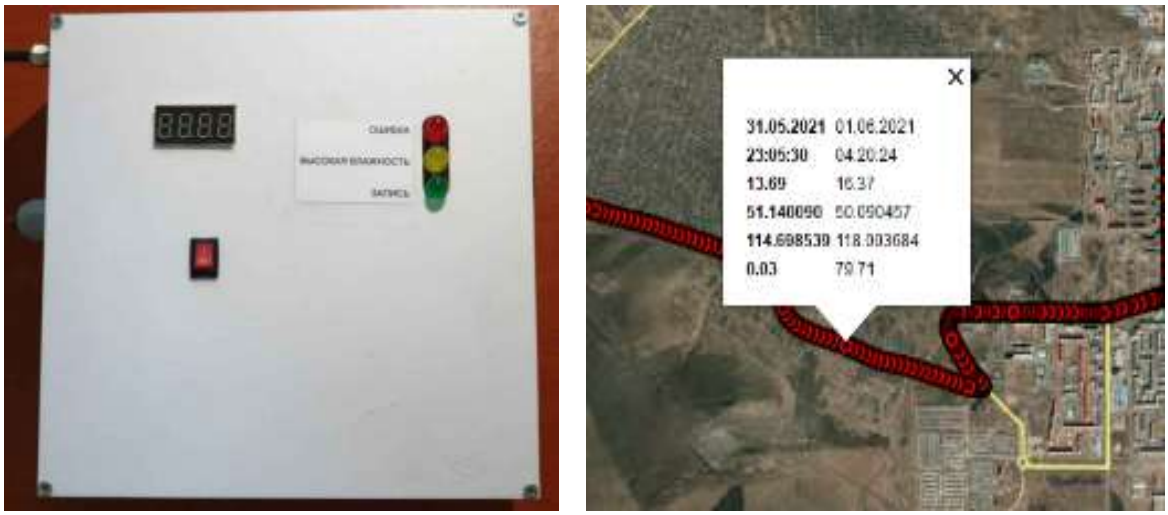


Рис. 4. Внешний вид и результаты испытаний локомотивного устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха, координаты и скорости движения поезда

Алгоритм работы устройства мониторинга температуры окружающего воздуха заключается в следующих действиях. При включении устройства осуществляется проверка работоспособности всех модулей. При успешной проверке происходит проверка SD карты и открытие файла для текущей записи информации. Микроконтроллер с заданной периодичностью (1-3 секунды) считывает информацию с датчиков температуры, местоположения и влажности воздуха. На основе полученных данных и показания внутреннего таймера, программным путем определяется текущая скорость движения поезда и производится сравнение с измеренным значением температуры. При несоответствии скорости

движения и температуры окружающего воздуха выдается тройной звуковой и визуальный сигналы членам локомотивной бригады. Одновременно весь массив измеренной информации, включая сигналы предупреждения, записывается на SD-карту. При неисправности какого-либо модуля в составе устройства осуществляется мигание индикаторного светодиода с определенной длительностью и периодичностью, указывая на неисправный модуль.

Следует отметить, что работоспособность разработанного устройства была проверена в ходе натурных поездных испытаний, результаты которых фрагментарно представлены на рис. 4.

Подводя итоги, следует отметить, что применение созданного локомотивного устройства мониторинга и регистрации температуры окружающего воздуха позволит повысить безопасность движения поездов и снизить число аварийных ситуаций различной категории в период действия отрицательных температур, особенно на участках с резко континентальным климатом.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 89834 U1 Российская Федерация, МПК B61L 25/00, B61K 9/00. Бортовая система регистрации параметров работы локомотива : № 2009133199/22 : заявл. 03.09.2009 : опубл. 20.12.2009 / В.М. Бочаров, П.Н. Рубежанский, А.Н. Головаш, А.А. Костяной ; заявитель ОАО «Научно-исследовательский институт технологии, контроля и диагностики железнодорожного транспорта» (ОАО «НИИТКД»).

2. Патент № 2727077 C1 Российская Федерация, МПК B61L 25/06. Однополосный цифровой фильтр для автоматической локомотивной сигнализации : № 2019114631 : заявл. 13.05.2019 : опубл. 17.07.2020 / М.Э. Скоробогатов, А.В. Пультяков, В.В. Демьянов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС)

В.А. Надежкин, А.С. Хохрин
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DATA SCIENCE И BIG DATA НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассматриваются вопросы: применение технологий обработки и управление большими данными (Big Data) Data Science на основе автоматизированных систем управления (АСУ) ОАО «РЖД»; инструменты, необходимые для внедрения Big Data; исследование инструментов, которые предлагаются к использованию для внедрения предиктивной аналитики, и краткие характеристики технологий.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, машинное обучение, системы технической диагностики и мониторинга, безопасность движения поездов, большие данные, аналитика.

Существенно повысить скорость выполнения операций на производстве предоставляют возможность именно автоматизированные системы управления (АСУ). В транспортной отрасли используются системы автопилотирования, которые позволяют обеспечить безопасность движения транспорта на высоких скоростях, которые уже так или иначе выходят за рамки человеческой реакции. Инструменты диагностики, используемые в настоящее время на производстве, позволяют определить то, что не способен увидеть человек. Также, данные инструменты могут быть применены и применяются в следующих отраслях: медицинской, машиностроении, космической, а также в других областях науки и промышленности. На самом деле, мир цифровизации выходит за рамки автоматизации процессов, невыполнимых для человека, главным образом в крупных отраслях производства.

ОАО «РЖД» с 2016 года построила целую систему документооборота, на электронной базе, включившая в себя тысячи предприятия, которые вовлечены в развитие грузовых перевозок [1]. Например, только для одного электропоезда «Ласточка» диагностическая информация собирается при помощи 342 датчиков и различных измерительных устройств. Параллельно с системой диагностики состояния локомотивов в ОАО «РЖД» функционируют несколько десятков самых разнообразных АСУ, которые в состоянии обеспечить холдинг информации о состоянии железнодорожного пути, оборудования железнодорожного электроснабжения, безопасности движения, о графиках исполнения

движения и прочих процессов и объектов железнодорожной отрасли. Обиходная АСУ ОАО «РЖД» способна решать отдельные задачи, но для интегрированного управления железнодорожным транспортом, разработаны системы корпоративного уровня ЕКП УРРАН (Единая корпоративная платформа Управления Ресурсами, Рисками и Надежностью на стадиях жизненного цикла), ЕК АСУИ (Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой), ЕК АСУТР (Единая Корпоративная Автоматизированная Система Управления Трудовыми Ресурсами), ЕК АСУФР (Единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами). Настоящие системы сбора и хранения данных, а также корпоративные системы, объединяющие информацию из самых разнообразных источников, гарантируют ОАО «РЖД» огромную возможность благополучного спецприменения технологий обработки и управления большим количеством данных (Big Data) Data Science (см. Рисунок).

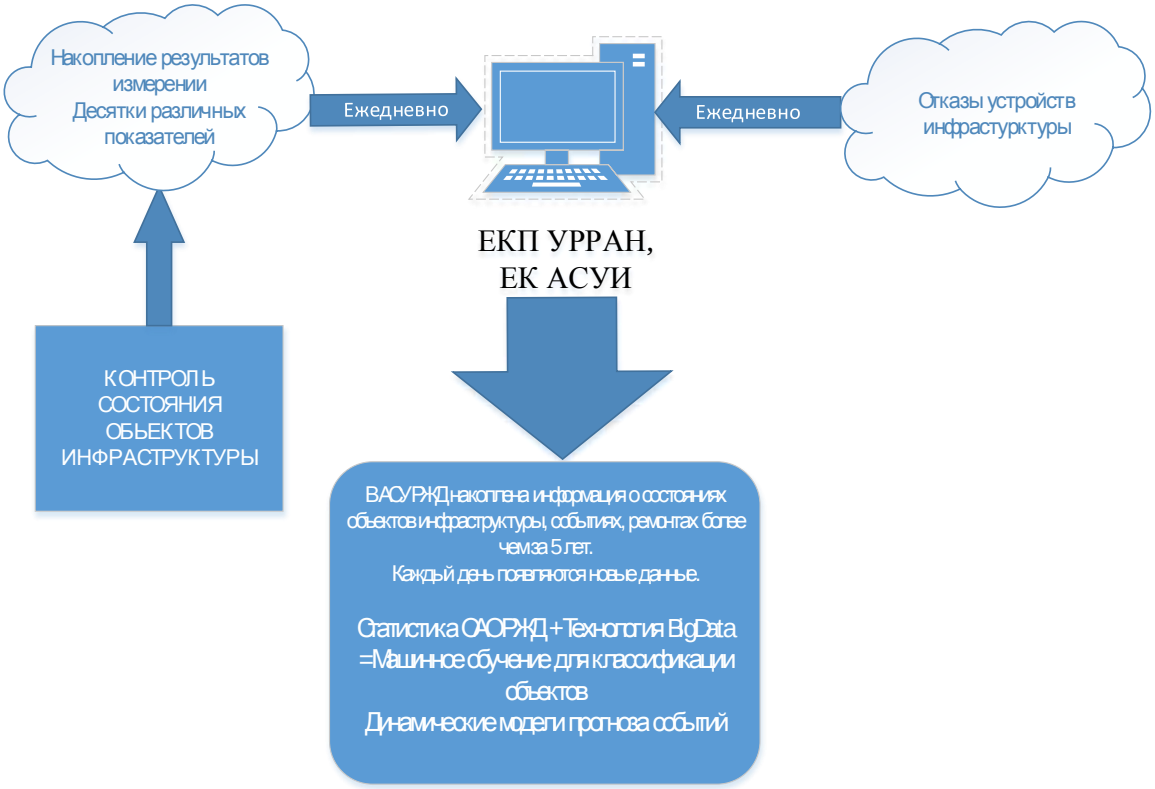


Рисунок. АСУ ОАО «РЖД» – основа для применения технологии анализа BigData

В литературе [2] Big Data, в большинстве случаев, описывается при помощи пяти V:

– Объем (Volume) – некоторый объём количество сформировавшихся и хранящихся данных.

– Вариативность (Variety) – тип данных. Препорядочные данные могут включать в себя текст, изображения, аудио, видео.

– Скорость (Velocity) – стремительность, с которой данные генерируются и в дальнейшем обрабатываются.

– Вариабельность (Variability) – двойственность данных, другими словами, значения одних и тех же данных могут различаться в зависимости от контекста.

– Достоверность (Veracity) – добротность данных, которая напрямую влияет на надёжность проведения анализа.

Аналитика данных немаленьких размеров – это в каком-то смысле подходы, инструменты, процессы обработки структурированных и неструктурированных данных крупных размеров, у которых высокая скорость поступления и хорошая вариативность. Данная методика также работает в роли инструментального анализа и прогноза рисков, которые имеют связь с надёжностью и безопасностью происходящих процессов.

На сегодняшний день имеется целый порядок подходов к анализу больших данных, которые отличаются уровнем сложности работы с информационными данными и степенью человеческого участия:

– Описательная аналитика (Descriptive Analytics): отвечает на вопрос «Что случилось?» и представляет собой простой статистический метод, который описывает, что содержится в наборе данных или базе данных. Примерами такой аналитики служат технологии OLAP (интерактивная аналитическая обработка), EAI (интеграция корпоративных приложений), EII (интеграция корпоративной информации), ETL (ПО для извлечения, преобразования и загрузки данных) с панелями управления для отображения информации в режиме реального времени.

– Диагностическая аналитика (Diagnostic Analytics): отвечает на вопрос «Почему это случилось?». В ней используются статистические методы анализа данных с целью их кластеризации, классификации, детализации и обнаружения корреляции, чтобы выявить основные факторы влияния на результаты. Диагностическая аналитика используется для мониторинга состояния объектов, определения неисправностей.

– Предиктивная аналитика (Predictive Analytics): отвечает на вопрос «Что может случиться?», прогнозирует неизвестные события в будущем на основе накопленной информации. Здесь используется множество методов: математическая статистика, моделирование, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных (Data Mining).

– Прескриптивная аналитика (Prescriptive Analytics): отвечает на главный вопрос «Что делать?», производит анализ всех накопленных и обработанных данных для поиска наилучшего решения для конкретной ситуации.

Важнейшей сложностью аналитики для больших данных является высокое разнообразие самих данных, их гетерогенности, неструктурированности, некоторой зашумлённостью и обильной избыточностью. Кроме тех данных, которые поступают от кибер-физических систем, также данный метод способен генерировать большие величины данных в части ЖД-производства и бизнес-данные.

Из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что грядущее развитие способов работы с данными немаленьких размеров, ограничивается не только технологическими особенностями, но и ограниченностью имеющейся на сегодняшний день инфраструктуры сбора и подготовки данных. Также, большую роль играет отсутствие практичных платформ, для аналитических процессов больших данных, которые в свою очередь позволяют собирать и сплетать разнородные данные, а также осуществлять современные аналитические алгоритмы.

Библиографический список

1. Бондаренко Ю.В., Куксо А.А., Маркевич И.Г. Информационные технологии в управлении системой диагностики железнодорожных путей : сб. докладов IX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 4-х т. 2018. С. 214-215

2. ISO/IEC JTC 1. Information Technology. Big Data. Preliminary Report 2014, Switzerland. 31 p.

3. Надежкин В.А. К вопросу использования возможностей системы АПК-ДК при проведении технического обслуживания устройств ЖАТ / В.А. Надежкин, К.А. Грядкина, С.Н. Походай // Образование – Наука – Производство : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 165-169

4. О возможности применения предиктивной аналитики для определения в рельсовых цепях предотказных состояний, вызванных асимметрией тягового тока / А.Г. Исайчева, М.В. Башаркин, В.А. Надежкин, С.Н. Походай // Наука и образование транспорту. 2020, № 1. С. 293-295

5. Петров П.Р. Алгоритм работы устройства контроля электромеханического состояния изолирующих стыков / П.Р. Петров, А.С. Хохрин, Н.С. Шорохов // Наука и образование транспорту. 2018, № 1. С. 217-219

6. Хохрин А.С. Анализ способов организации управления движением при СИРДП-е / А.С. Хохрин, Н.Д. Ежов, А.С. Сахипкиреева // Образование – Наука – Производство : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2020. С. 281-285

Н.Ф. Сирина
Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург, Россия

В.В. Зубков
АО «Федеральная грузовая компания» Московское представительство,
г. Москва, Россия

П.Е. Раевская
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ СНИЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ПОЕЗДА В СТРОЕНИЯХ ТОННЕЛЬНОГО ТИПА

В работе представлена Автоматизированная система управления устройством снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа. Данный программный продукт автоматизирует управление, контроль и учет энергоэффективности следования грузовых поездов через инфраструктурные строения тоннельного типа в зависимости от фактических погодных условий, наличия действующих предупреждений на поездном железнодорожном участке, а также в зависимости от воздействующих сопротивлений силы воздушных масс на энергозатраты грузовых поездов, следующих через эти строения. Представленный программный продукт зарегистрирован в Российской Федерации.

Ключевые слова: автоматизированная система, цифровой слой, строение тоннельного типа, грузовой поезд, программный продукт.

Разработанная Автоматизированная система управления устройством снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа (АСУ У 3-С 2-ДТ), предназначена для автоматизации процесса управления этим устройством. Данное устройство предназначено для оптимизации – снижения величины воздействующих усилий (сопротивлений) движению поезда в условиях многоэлементного их развития в строениях тоннельного типа.

Автоматизация процесса управления устройством включает в себя следующие операции:

– управление элементами искусственного погашения сил ветровых потоков;

– управление энергоэффективностью движения грузовых поездов через строения тоннельного типа;

– контроль качества функционирования устройства;

– учет параметров энергоэффективности движения грузовых поездов;

– расчет формирующихся сил сопротивления движению грузового поезда;

– предоставление корректирующих решений в виде всплывающих информационных уведомлений о целесообразности применения искусственного погашения ветровых потоков;

– предоставление прогнозных значений о подходе грузовых поездов к строению тоннельного типа;

– предоставление информации о параметрах, характеризующих фактические погодные условия;

– предоставление информации о действующих предупреждениях на железнодорожном участке, влияющих на скорость следования грузового поезда;

– предоставление технических характеристик строения тоннельного типа и сведений нормативно-технической документации [1].

На рис. 1 представлена функциональная схема автоматизированной системы управления АСУ У 3-С 2-ДТ.

Управление системой АСУ У 3-С 2-ДТ осуществляется с рабочего места дежурного по железнодорожной станции. Станции, которая наиболее приближенно расположена к инфраструктурному строению тоннельного типа.

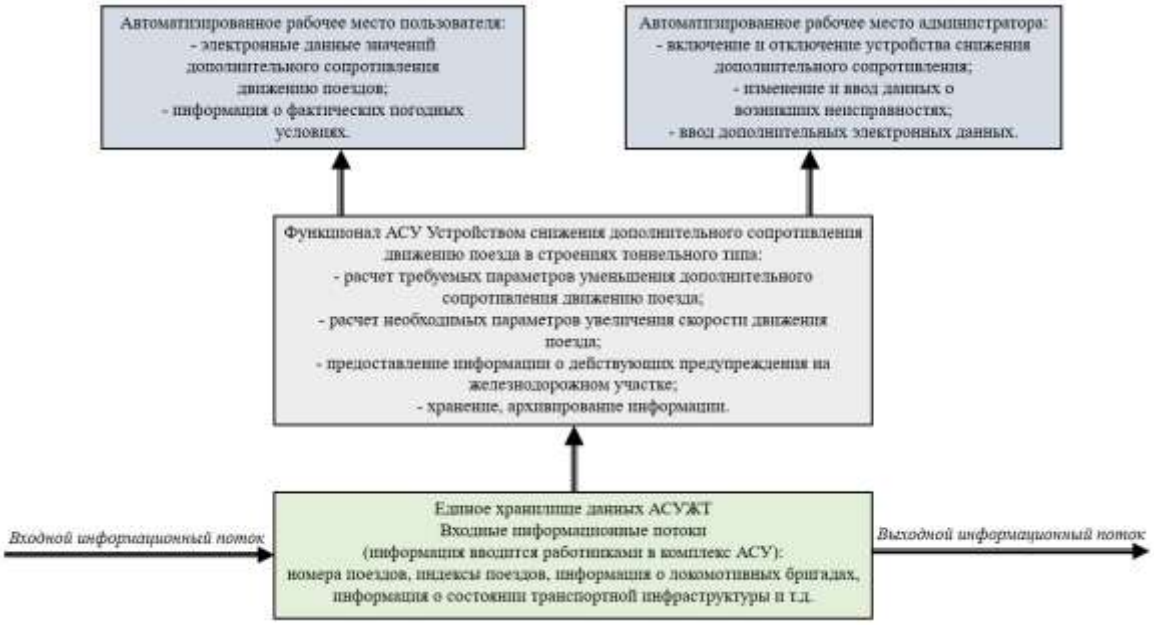


Рис. 1. Функциональная схема автоматизированной системы управления АСУ У 3-С 2-ДТ

Система предоставляет возможность дежурному по железнодорожной станции анализировать режимность функционирования устройства снижения дополнительного сопротивления движению поезда за счет информационных всплывающих уведомлений, визуализирующих план проследования поездов через строение тоннельного типа, в котором отражены характеристики поездов: масса и длина, а также данные локомотивной бригады, индекс поезда, параметры погодных условий [2].

Визуализация фрагментов цифровых слоев системы АСУ У 3-С 2-ДТ, представлена на рис. 2, 3, 4.

Как видно на рис. 2, данный цифровой слой содержит информацию о поездном участке, где расположено строение тоннельного типа. Также на данном слое визуализируется план подвода грузовых поездов, как с четного направления, так и с нечетного направления участка. В левом верхнем углу цифрового слоя находится информация «Предупреждения», «Документация», «Контакты».

В правом верхнем углу отображена текущая температура воздуха в строении тоннельного типа, скорость и направление воздушных масс, текущие дата и время. В центре цифрового слоя, находятся кнопки включения искусственного погашения ветровых потоков с четного и нечетного направления соответственно.

Рис. 2. Фрагмент цифрового слоя – железнодорожный участок с расположением строения тоннельного типа

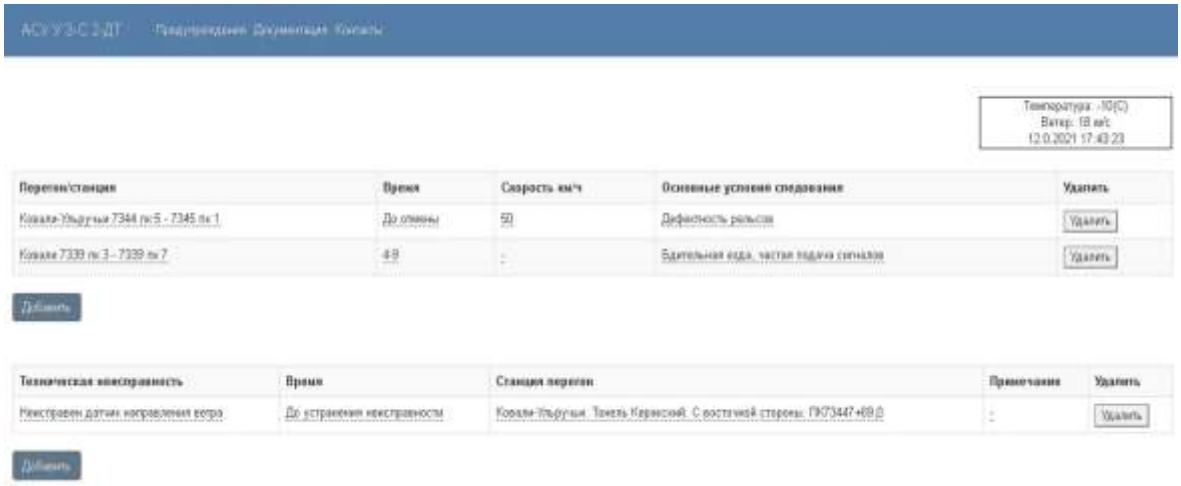


Рис. 3. Фрагмент цифрового слоя – технические неисправности, предупреждения

На цифровом слое – технические неисправности, предупреждения (рис. 3) отображаются действующие предупреждения и технические неисправности, которые влияют на скорость движения грузового поезда при прохождении строения тоннельного типа и прогнозируемые их устранения.

Рис. 4. Фрагмент цифрового слоя – нормативно-техническая документация

Цифровой слой – нормативно-техническая документация (рис. 4), отображает перечень необходимых источников информации, так при нажатии окна «Документация», выводится электронная страница с кликабельными ссылками на соответствующую документацию, а окно «Контакты» отображает номер контактного телефона и адрес электронной почты, в случае возникновения необходимости обращения к администратору системы.

Таким образом, система АСУ У 3-С 2-ДТ автоматизирует процесс и упрощает управление устройством снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа, способствует снижению значения энергозатрат грузовых поездов при следовании и повышает эффективность их пропуска через устройства тоннельного типа [3].

Основные программные характеристики системы, следующие: тип ЭВМ – 64-разрядная операционная система; процессор x64; язык программирования – PHP, HTML, CSS, Javascript, Ajax, PostgreSql; операционная система – Windows xp,7,8,10; объём программы: 31.5 Мб; браузер: Google Chrome.

Представленный программный продукт зарегистрирован в Российской Федерации.

Библиографический список

1. А.С. 2021613632 Российская Федерация. Автоматизированная система управления устройством снижения дополнительного сопротивления движению поезда в строениях тоннельного типа (АСУ У 3-С 2-ДТ) / Н.Ф. Сирина, В.В. Зубков, О.В. Амельченко [и др.]. № 2021612422 ; заявл. 25.02.2021 ; опубл. 11.03.2021

2. Гагарин А.П. Динамика инновационных процессов в области информационных технологий и подходы к их моделированию / А.П. Гага-

рин, Т.В. Березняк // Наукоемкие технологии. М., 2014. Т. 15, № 1. С. 116-121

3. Митрофанов В.Г. Управление автоматизированными технологическими системами и моделирование оперативности при принятии решений / В.Г. Митрофанов, Т.Г. Гришина, А.Н. Феофанов // Технология машиностроения. 2015, № 8. С. 43-45

М.Э. Скоробогатов, А.В. Пультяков, В.В. Демьянов
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ОЦЕНКА ЗАПАСА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ФОРМЫ СИГНАЛА УЗКОПОЛОСНОГО ЛОКОМОТИВНОГО ФИЛЬТРА

В среде MATLAB+Simulink было проведено сравнение эффективности работы имитационных моделей узкополосного локомотивного цифрового фильтра и локомотивного фильтра ФЛ-25/75М. В качестве критерия сравнения выступал коэффициент формы сигнала, который рассчитывался в зависимости от значения отношения сигнал/помеха. Величина данного значения изменялась в зависимости от величины помех. Рассматривались два типа помех: стационарная гармоническая и случайная импульсная. По результатам сравнения были построены графики зависимости коэффициента формы сигнала от значения отношения сигнал/помеха для обеих имитационных моделей.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, имитационный виртуальный стенд, стационарные и случайные помехи автоматической локомотивной сигнализации, цифровая обработка сигналов, коэффициент формы сигнала.

Одной из важнейших подсистем комплекса интервального регулирования движения поездов является автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) [1, 2]. Сигналы числового кода, поступающие на вход локомотивной аппаратуры данной системы, дешифрируются, вследствие чего отображаются соответствующие сигнальные показания на локомотивном светофоре в кабине машиниста. Важно отметить, что полезный сигнал АЛСН подвержен воздействию большого количества различных помех, которые искажают его формовременные параметры [3, 4].

Устройством, обеспечивающим выделение полезной информации из смеси полезного сигнала и шума, поступающего с выхода приёмных локомотивных катушек, является локомотивный фильтр ФЛ-25/75М. Однако при современном уровне перевозок возникают стационарные гармонические и случайные импульсные помехи большой интенсивности, и действующий локомотивный фильтр не выполняет предъявляемые к нему требования [5, 6, 7]. Для повышения эффективности работы системы АЛСН, являющейся автоматизированной системой управления движением поездов, предлагается внедрение узкополосного локомотивного цифрового фильтра (ЦФ), реализованного на современной элементной базе [8, 9].

Сравнение эффективности работы фильтра ФЛ-25/75М и ЦФ нового типа можно осуществлялось по запасу коэффициента формы сигнала. Данный коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$k = {}^{x_{rms}}/_{x_{arv}},$$

где x_{rms} – среднеквадратическое значение идеального сигнала;

x_{arv} – средне модульное значение сигнала, которое зависит от величины отношения сигнал/помеха на входе локомотивного фильтра.

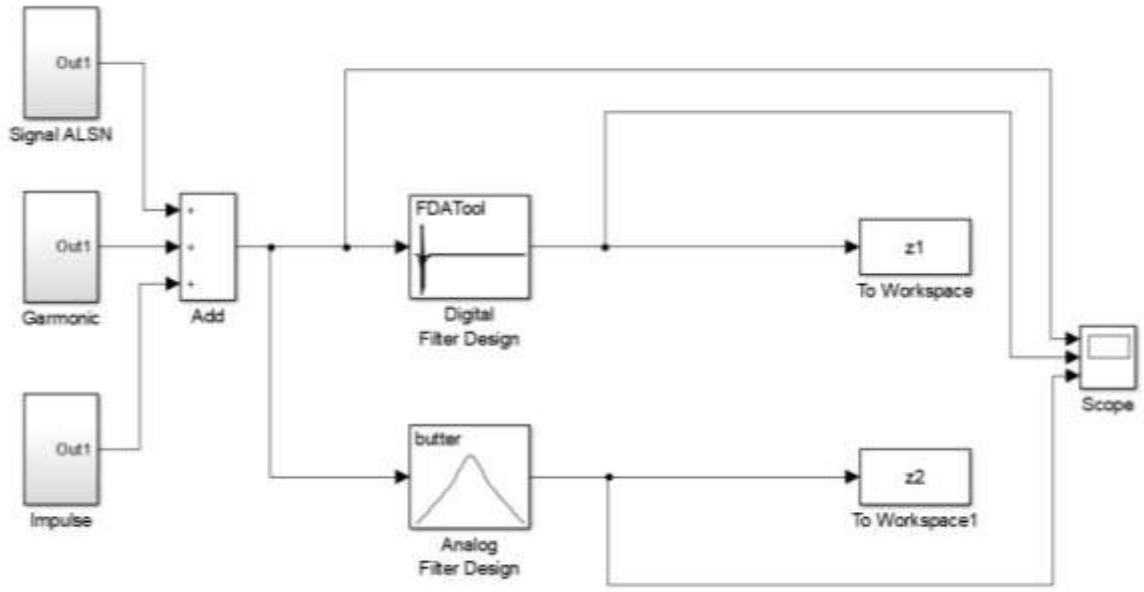


Рис. 1. Имитационный стенд для оценки коэффициента формы сигнала

Коэффициент формы сигнала рассчитывался с помощью имитационного стенда (рис. 1), который удобно реализовать в среде MATLAB+Simulink [10, 11]. В состав стенда входит:

– блок «Signal ALSN» – источник последовательности радиоимпульсов с временными параметрами кода «З» КПТШ-515;

– блок «Garmonic» – источник стационарной гармонической помехи;

– блок «Impulse» – источник случайной импульсной помехи;

– блок «Add» – операция сложения, реализующая наложение помехи в виде аддитивной;

– блок «Digital Filter Design» – модель узкополосного локомотивного ЦФ;

– блок «Analog Filter Design» – модель локомотивного фильтра ФЛ-25/75М;

– блок «To Workspace» – предназначен для сохранения в виде массива данных сигнал на выходе имитационной модели узкополосного локомотивного ЦФ;

– блок «To Workspace1» – предназначен для сохранения в виде массива данных сигнал на выходе имитационной модели фильтра ФЛ-25/75М;

– блок «Scope» – многоканальный осциллограф.

Так как имитационные модели фильтров будут вносить собственные искажения в формо-временные параметры числового кода, то в качестве опорного сигнала для расчёта коэффициента формы будет являться последовательность на выходе соответствующих имитационных моделей фильтров [12].

На рис. 2,а представлен идеальный сигнал числового кода без искажений, соответствующий последовательности «З» с временными параметрами КПТШ-515. На рис. 2,б и 2,в представлены сигналы на выходе имитационной модели узкополосного локомотивного ЦФ и имитационной модели локомотивного фильтра ФЛ-25/75М соответственно. На рис. 2,б и 2,в видны незначительные искажения формы амплитуды полезного сигнала, однако временные параметры в целом выдерживается в нормативном значении.

Увеличение интенсивности помех с помощью блоков «Signal ALSN» и «Garmonic» позволяет оценить коэффициент формы сигнала на выходе моделей локомотивных фильтров в зависимости от отношения сигнал/помеха.

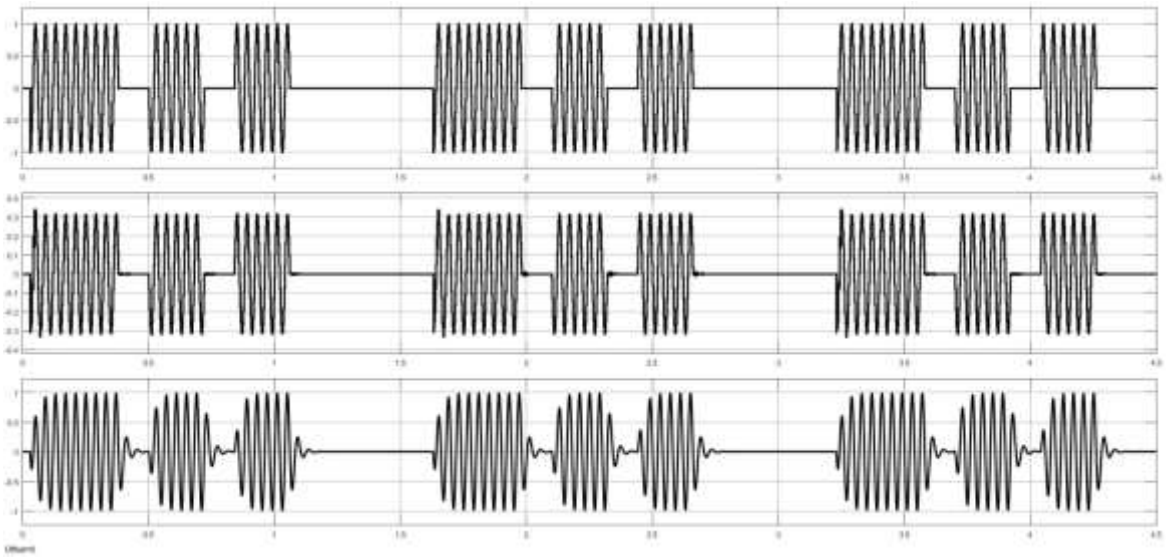


Рис. 2. Осциллограммы сигнала АЛСН: а) идеальный сигнал АЛСН без искажений; б) сигнал на выходе имитационной модели узкополосного локомотивного ЦФ; в) сигнал на выходе имитационной модели локомотивного фильтра ФЛ-25/75М

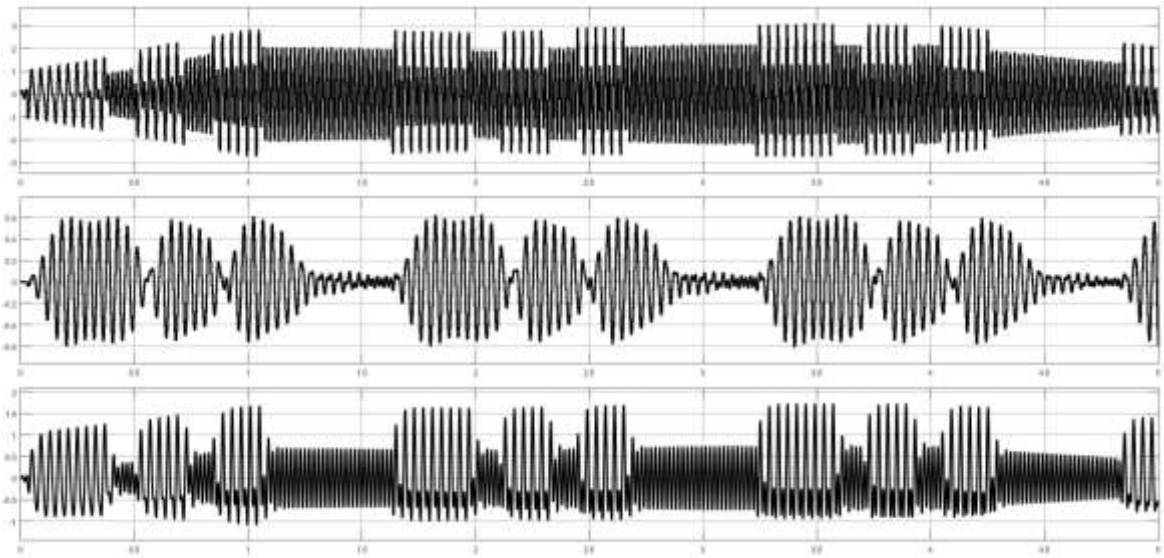


Рис. 3. Осциллограммы сигнала АЛСН: а) смесь сигнала АЛСН и помех; б) сигнал на выходе имитационной модели узкополосного локомотивного ЦФ; в) сигнал на выходе имитационной модели локомотивного фильтра ФЛ-25/75М

На рис. 3,а представлена смесь полезного сигнала АЛСН с помехами при значении отношения сигнал/помеха равным 0,5. На рис. 3,б представлен сигнал на выходе имитационной модели узкополосного ЦФ. Видно, что на данной осциллограмме чётко прослеживаются не

только импульсы переменного тока, но и интервалы между ними, что говорит о высокой вероятности правильной дешифрации сигнала числового кода. На рис. 3,в представлен сигнал на выходе имитационной модели локомотивного фильтра ФЛ-25/75М. Из данной осциллограммы видно, что при заданном значении отношения сигнал/помеха произошло заполнение интервалов между импульсами паразитной составляющей, что может привести к сбою в работе системы АЛСН из-за искажений временных параметров кода.

После имитационного моделирования с разными значениями отношения сигнал/помеха была рассчитана зависимость коэффициента формы сигнала от величины данного значения. Графики данных зависимостей представлены на рис. 4.

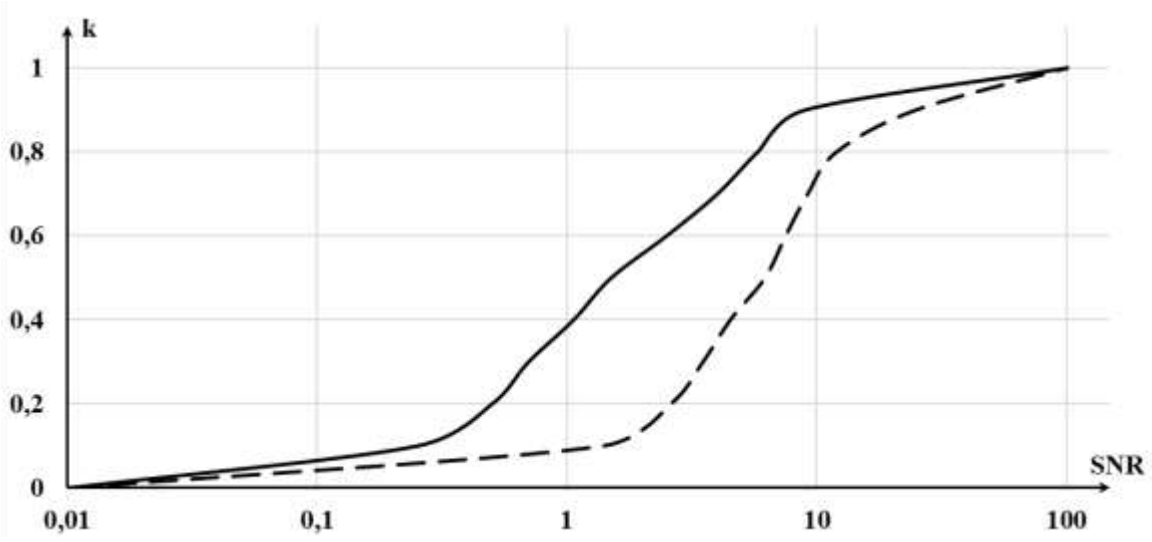


Рис. 4. Зависимость коэффициента формы сигнала АЛСН от отношения сигнал/помеха

На рис. 4 ось SNR откладывалась по логарифмическому масштабу. Сплошной линией указана зависимость коэффициента формы сигнала для имитационной модели фильтра ФЛ-25/75М, а штриховой – для имитационной модели узкополосного локомотивного ЦФ. Видно, что при одном и том значении отношения сигнал/помеха модель ЦФ всегда имеет запас по коэффициенту формы сигнала по сравнению с моделью фильтра ФЛ-25/75М, что говорит о более высоком энергетическом уровне сигнала на выходе ЦФ.

Библиографический список

1. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. для вузов ж.-д. трансп. 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.

2. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А.М. Брылеев, О. Поупе, В.С. Дмитриев [и др.]. М. : Транспорт, 1981. 320 с.

3. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость. М. : ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2002. 638 с.

4. Шаманов В.И. Помехи на аппаратуру рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Средства защиты. М. : ФГБОУ «УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте», 2018. 304 с.

5. Пультяков А.В., Скоробогатов М.Э., Халиманов Д.С. Исследование влияния электромагнитных помех на работу устройств автоматической локомотивной сигнализации : мат-лы всерос. научн.-практ. конф. «Образование – Наука – Производство». Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2018. С. 191-197

6. Пультяков А.В., Скоробогатов М.Э. Эффективность работы локомотивного фильтра АЛСН : мат-лы VIII междунар. научн.-практ. конф. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона». В 2 т. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2017. С. 342-245

7. Пультяков А.В., Скоробогатов М.Э. Системный анализ устойчивости работы систем автоматической локомотивной сигнализации / Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. Т. 57, № 1. С. 79-89

8. Скоробогатов М.Э. Узкополосный цифровой фильтр для выделения сигналов АЛСН в условиях действия интенсивных помех / Транспорт Урала. 2019, № 4 (63). С. 20-17

9. Однополосный цифровой фильтр для автоматической локомотивной сигнализации : пат. 2727077 РФ : МПК7 B61L 25/06 / М.Э. Скоробогатов, А.В. Пультяков, В.В. Демьянов ; заявитель и патентообладатель ИрГУПС. № 2019114631 ; заявл. 13.05.19 ; опубл. 17.07.20, Бюл. № 20. 3 с.

10. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink : учеб. пособ. СПб. : БХВ-Петербург, 2012. 432 с.

11. Дьяконов В.П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров. М. : ДМК Пресс, 2011. 976 с.

12. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов. М. : Высшая школа, 2000. 462 с.

Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ УЧАСТКА ЛЕСНАЯ – СОХОНДО С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

В статье изложен результат анализа характеристик участка Лесная – Сохондо, характеристик систем тягового электроснабжения, оборудования, применяемого на тяговых подстанциях участка и размеров движения поездов относительно основных требований, предъявляемых к качеству работы резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети. Приведена сводка данных по отключениям фидеров контактной сети.

Ключевые слова: релейная защита, дистанционная защита, микропроцессорное устройство, селективность, отключения фидеров контактной сети.

В последние годы значительно увеличилось количество грузовых поездов повышенной массы, в том числе сдвоенных поездов. Это связано с интенсивным развитием торговых отношений Российской Федерации и Китая, а также, необходимостью организации высокоинтенсивного грузо- и товарооборота.

В связи с этим на подстанциях Забайкальской железной дороги наблюдается большое количество ложных и неселективных срабатываний дистанционной защиты из-за изменений ряда критических важных показателей системы тягового электроснабжения.

В статье рассматривается участок Лесная – Сохондо с точки зрения анализа срабатываний релейной защиты и характеристик самого участка.

Участок Лесная – Сохондо относится к Читинской дистанции электроснабжения ЭЧ-1 Забайкальской железной дороги протяженностью 43,6 км.

Профиль пути участка по четному направлению движения поездов представлен на рис. 1. На данном участке присутствуют скоростные подъемы – до 11 промилле и крутые спуски – до 19,3 промилле.

При прохождении тяжеловесного состава по скоростному подъему растет потребление энергии из тяговой сети, резко увеличиваются тяговые токи, которые релейной защитой могут восприниматься как токи короткого замыкания из-за своего высокого значения. Как следствие, ве-

роятно ложное срабатывание, что может привести к остановке поездов, задержке их в пути следования, ограничению размеров движения.

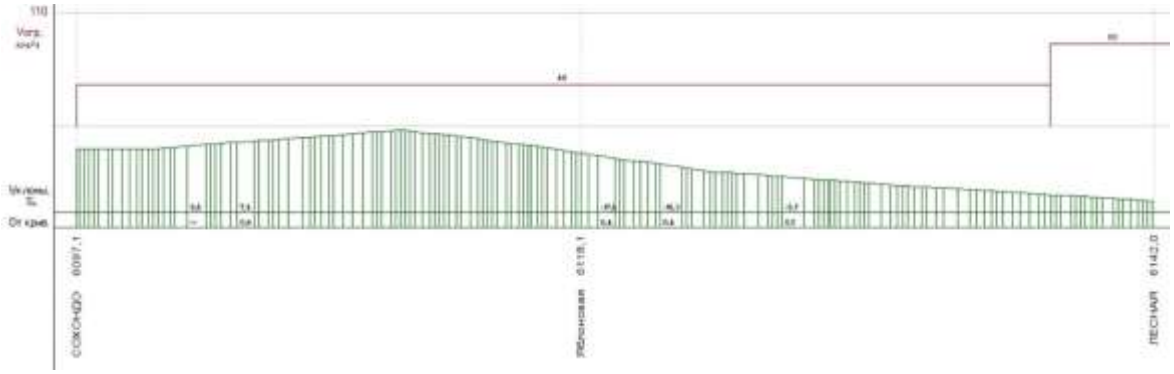


Рис. 1. Профиль пути участка Сохондо – Лесная по четному направлению движения поездов

В качестве иллюстрации данного тезиса на рис. 2 представлена диаграмма рассеяния значений токов фидера № 1 тяговой подстанции Лесная, которые получены в результате экспериментальных замеров, выполненных в августе 2021 года. Видно (область выделенная красным), что есть значительное количество наблюдений, находящихся в диапазоне от 800 до 1010 А, что по своей величине сопоставимо с током короткого замыкания в минимальном режиме энергосистемы.

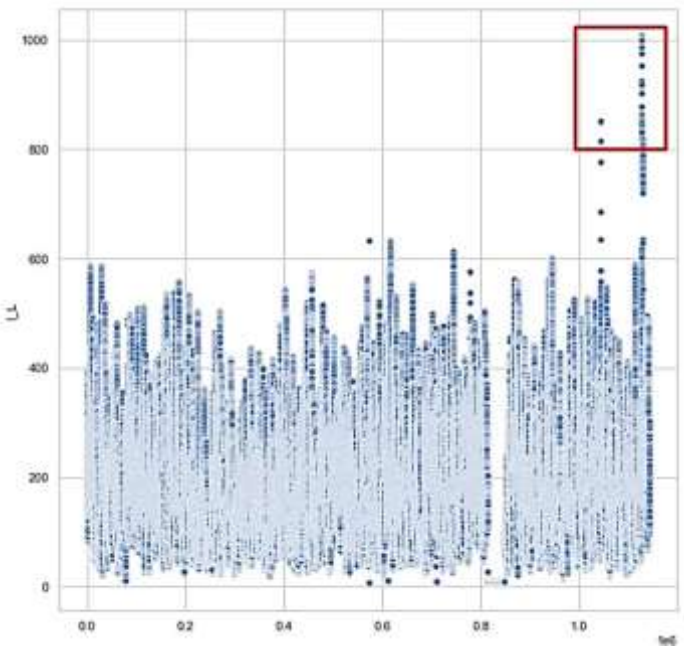


Рис. 2. Диаграмма рассеяния тока фидера № 1 тяговой подстанции Лесная

На участке используется контактная подвеска типа ПБСМ-70 + МФ-100, рельс марки Р65. Также на участке применяется усиливающий провод АС-185.

Участок имеет двустороннее параллельное питание от тяговой подстанции Соходно с одной стороны, с другой стороны от тяговой подстанции Лесная. На участке установлен пост секционирования Яблоневая, два пункта параллельного соединения Кука и Тургутуй.

Схема включения подстанций Сохондо и Лесная в линию электроснабжения 220 кВ представлена на рис. 3. Подстанции питаются по двухцепной линии электропередачи.

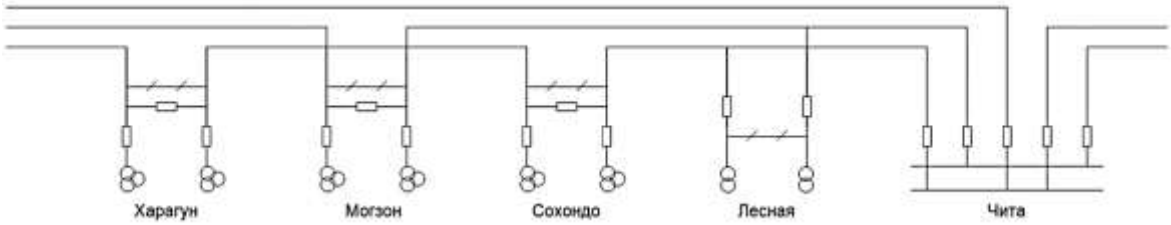


Рис. 3. Система включения подстанций в линию электроснабжения

Поезда, проходящие по участку, имеют массу до 12600 тонн (сдвоенные), что считается грузовым поездом повышенной массы. При этом используются локомотивы 2ЭС5К и 2х2ЭС5К, а межпоездной интервал составляет от 10 минут.

На тяговой подстанции Сохондо, ЭЧЭ № 6, установлено следующее оборудование:

– два тяговых трансформатора ТДТНЖ-400000/220/27/10 и ТДТНЖУ-400000/220/27/10 (для питания ФКС);

Измерительные трансформаторы:

– два трансформатора напряжения ЗНОМ – 35 (для подключения устройств РЗА);

– трансформаторы тока ТФН-35 (для подключения устройств РЗА);

В Таблице представлена сводка данных на 2019 и 2020 год по срабатыванию защиты ФКС на тяговой подстанции Сохондо – отключениям фидеров контактной сети. Наибольшее количество отключений произошло в 2020 году. Причины отключений чаще всего связаны с пуском УРОВ, нахождение поездов под нейтральной вставкой, неблагоприятными погодными условиями, а именно грозовая активность, а также вследствие высокой нагрузки на фидер.

Таблица

Отключения фидеров контактной сети

ФКС-1		ФКС-2		ФКС-3		ФКС-4		ФКС-5		ЗМВ		Всего	
2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
7	9	6	6	7	7	30	89	23	44	0	1	73	156

На тяговой подстанции Лесная, ЭЧЭ № 7, установлено следующее оборудование:

– два тяговых трансформатора ТДТНЖ-400000/220/27/10 и ТДТНЖ-400000/220/27/10 (для питания ФКС);

Измерительные трансформаторы:

– два трансформатора напряжения ЗНОМ – 35 (для подключения устройств РЗА);

– трансформаторы тока ТОЛ-35 (для подключения устройств РЗА);

Отключений фидеров контактной сети по данным на 2019 год составило 70, а на 2020 г. – 58.

На рассматриваемом участке применяется направленная дистанционная защита ФКС типа АЗМ ФКС на тяговой подстанции Лесная и ЦЗА – 27,5-ФКС на тяговой подстанции Сохондо.

АЗМ относится к комплексу УЭЗФМ – устройство электронной защиты фидеров модернизированное, разработанное с использованием дискретных полупроводниковых элементов. АЗМ – это модификация УЭЗФМ, выполненная на основе современных микропроцессорных устройств. АЗМ включает в себя устройства, снимающие характеристики тока и напряжения, а также устройства автоматического повторного включения и устройство резервирования при отказе выключателя и порта для связи с персональным компьютером и телемеханикой. Так как в данном типе защиты используется резервирование функций, она обладает высокими показателями работы, в частности высокой надежностью.

ЦЗА – это устройство цифровой защиты и автоматики фидера контактной сети. ЦЗА-27,5-ФКС имеет высокую точность, которая определяется за счет типа обработки сигналов, аналогов-цифрового преобразования сигналов тока и напряжения, выполнения остальных цифровых преобразований вследствие использования микропроцессорных устройств.

Несмотря на относительно высокую точность защит, АЗМ и ЦЗА неселективно срабатывают при высокой нагрузке на фидер контактной

сети, о чем говорит сводка отключений по подстанциям и результаты экспериментальных замеров, представленные выше.

Не менее сильное влияние на селективность срабатывания защиты оказывает интенсивность движения поездов, их масса и профиль пути, в результате чего варьируется нагрузка на фидер контактной сети, а также надежность установленного на подстанциях оборудования и погодные условия.

Анализ данных по отключениям фидеров контактной сети на 2019-2020 года, показывает, что описанная проблема является актуальной и угрожает безопасности и бесперебойности перевозочного процесса. В связи с этим необходимо выявить причины неселективных отключений, усовершенствовать релейную защиту в плане ее показателей работы: селективность, надежность, и чувствительность. Например, с помощью моделирования в среде *MATLAB Simulink*.

Библиографический список

1. Фигуронов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Релейная защита сетей тягового электроснабжения переменного тока : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта / под ред. Е.П. Фигурнова. М. : Маршрут, 2006. 272 с.

2. Дынькин Е.Б. Комплексы релейных защит систем тягового электроснабжения переменного тока (теория, эксперимент, практика) : дисс. на соискание уч. ст. доктора техн. наук. М., 1999. 503 с.

3. Trifonov R.S., Yakovlev D.A., Filippov S.A., Solovyeva O.A. Evaluation of central tendency measures in relation to the parameters of contact network feeders controlled by relay protection. IOP Conference Series : materials Science and Engineering. 2021. 1151 012015. doi:10.1088/1757-899X/1151/1/012015

4. Фигурнов Е.П. Релейная защита : учеб. В 2 ч. Ч. 1. Основы релейной защиты. М. : Изд-во УМЦ ЖДТ, 2009

5. Фигурнов Е.П. Релейная защита : учеб. В 2 ч. Ч. 2. Релейная защита устройств тягового электроснабжения железных дорог. М. : Изд-во УМЦ ЖДТ, 2009

6. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации / Р.С. Трифонов. Омск, 2016. 21 с.

7. Дистанционная защита линий 35-330 кВ : руководящие указания по релейной защите / под ред. Н.Т. Кривогина. М. : Энергия, 1966. 158 с.

А.В. Строгова, Е.В. Быкова, Березов В.Э.
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Статья посвящена релейным приборам нового поколения, которые используются для повышения надежности систем и безопасности движения поездов.

Ключевые слова: электромагнитные реле 1 класса надежности.

Модернизированные реле типа Н имеет преимущества в сравнении с реле РЭЛ по множеству показателей, что обеспечивает новый технический уровень реле СЦБ. В тоже время в новых реле заимствовано большинство унифицированных деталей и узлов, процессов изготовления и контроля электромагнитного реле типа РЭЛ (отдельные элементы корпуса, контактная система, якорь и грузы, а так же элементы их крепления, монтажные платы). Это создает благоприятные условия для производства и эксплуатации новых реле.

Рисунок. Абаканская дистанция сигнализации, централизации и блокировки, станция Чартыковский. Электромагнитное реле типа 1НМ-950

Реле нового типа демонстрирует неразветвленную магнитную систему, состоящую из одного сердечника и двух катушек в то время когда в рели типа РЭЛ используется два сердечника и четыре катушки.

В ходе сравнительных испытаний было выявлено, что в новом реле магнитодвижущая сила, требуемая для притягивания якоря, уменьшена на 26 %, из этого следует, что количество обмоточного провода можно уменьшить практически в два раза. Снижение веса реле в 1,2 раза и уменьшение расхода электротехнической стали в 1,4 раза удалось достичь путем преобразования схемы и улучшения элементов магнитной системы. Простое устройство магнитной системы, в сравнении с реле предыдущего типа, упростило его изготовление в 1,2 раза и повысило их способность к ремонту.

Перепутывания заводского номера в реле нового типа в процессе ремонта в РТУ и изготовления практически невозможно по причине того, что производственная марка находится на механизме, а не на колпаке или ручке, как в реле типа РЭЛ.

Электромагнитное реле типа 1Н – Эл – 1350 ОМ и 1НМ – Эл – 950 ОМ начали использовать на Красноярской железной дороги, а именно на станции Саянская. В реле нового типа лазерная маркировка с информацией о заводе изготовителя, заводской номер, тип реле и дату выпуска наносится непосредственно на якорь реле, для исключения перепутывания реле и колпака, в ходе ремонта реле в РТУ и при изготовлении данного реле.

Для коммутации больших токов в реле нового типа используют большие размеры размыкающих контактов, что соответственно лучше, чем в реле типа Н и РЭЛ. Контактная пластина нового типа исключает потерю электроконтакта в месте соединения с выводной пластиной. Для изоляции катушек реле используется термоусадочная трубка, которая не поддерживает горение, а негорючий провод применяется для ввода в реле. Колпак реле изготавливается из поликарбоната не поддерживающий горения.

Реле прошли все стадии согласно ОСТ 32.91-97, выдержали заводские, эксплуатационные и приемочные испытания и поставлены на производство на Камышловском электротехническом заводе. Департаментом СЦБ утверждены акты приемочных комиссий и технические условия на все типы модернизированных реле.

Так же существует альтернатива реле типа Н, разработанные вместо уже существующих реле типа Н и РЭЛ и их разновидностей, это реле с плоской магнитной системой типа М.

Для обеспечения безопасности движения поездов в устройствах автоматики и телемеханики используют электромагнитное реле нейтральное постоянного тока ПН1-1500 предназначенное для осуществления исполнительных электрических зависимостей.

Основные преимущества данного реле заключаются в том, что используется П-образные сердечник в магнитной системе, который заменяет круглый сердечник в реле типа НМШ и Н и два сердечника в реле типа РЭЛ, ярмо и детали их соединяющие; увеличенный совместный ход общего и тыловых контактов; виден просвет тыловых контактов; отсутствует ограничительная упорная планка на тыловых контактах; возможность создания реле переменного тока без диодов.

В Системе централизации используют два основных принципа формирования маршрута: табличный, реализуемый раздельное способ управление стрелками и светофорами на малых станциях, и географический, который является более выгодным для станций с маршрутным управлением стрелками и светофорами, с количеством стрелок более 30.

В системах блочной релейной централизации, реле собраны в блоки. Каждый из блоков отвечает за определенный элемент путевого развития. Из-за стандартных принципов проектирования релейные блоки могут автоматически на заводе изготовляться и тестироваться, их размещение уменьшает потребность в кабельной разводке на месте установке реле, тем самым облегчается процессы адаптации системы централизации при изменении путевого развития станции.

В России большое распространение получили релейные системы с блочным монтажом с раздельным и маршрутным управлением стрелками и светофорами, в основе построения которых использован географический принцип схематический план станций.

В настоящее время система блочной маршрутно-релейной централизации – БМРЦ управляет более чем 100 тысяч стрелок на железных дорогах России. С 1960 года было выпущено много различных демофикаций, в которых учтен опыт проектирования строительства и эксплуатации релейных централизаций предшествующих типов.

Таким образом, нам необходимо понизить стоимость блоков, а так же увеличить их надежность для этого мы берем белее дешевые и высококлассные реле НБ и заменяем в блоках реле НМ.

Чтобы повысить сроки периодической проверки сигнальных блоков до сроков проверки остальных блоков без конденсаторов и обеспечить стабильное замедление на отпадание сигнальных реле, необходимо убрать конденсаторы из блоков, что так же дает избежать их периодической замены с полной проверкой блока на стенде после замены и увеличивает надежность работы устройства.

Реле 1М, 2М, в модернизированных блоках СП-М, являются маршрутными утверждены нормально-действующими так как отсутствует тип медленнодействующего реле БН. Идентично реле НМШМ1-1100/700, у него обмотка самоблокирования реле была бы более высокоомная, чем обмотка возбуждения.

В системе ЭЦ могут одновременно эксплуатироваться как неусовершенствованные блоки, так и усовершенствованные, потому что осовременивание выполняется так, что блоки могут ставиться взамен, которые существуют без изменения внешнего монтажа по мере поступления усовершенствованной аппаратуры.

У электромагнитных реле такая надежность работы, которая не требует дублирования контактов в электрических схемах или вспомогательного схемного контроля отпускания якоря. Механизм реле сделан так, что невозможно допустить замыкания фронтового контакта при сваривании в аварийных ситуациях подвижного и тылового контактов. Усовершенствованное реле еще и исключает возможность несрабатывания при снятии напряжения с обмоток. Две независимые обмотки имеет новое, модернизированное реле. Они расположены на двух катушках и размещены на разных сердечниках.

Развитие устройств железнодорожной автоматики и телемеханики не стоит на месте, в связи с этим можно увидеть, что вместо первых реле типа РЭЛ применены усовершенствованные. При повышении качества реле типа РЭЛ были внесены конструктивные изменения: конструкция обмоток реле и схема магнитопровода реле. Реле нового типа демонстрирует неразветвленную магнитную систему, состоящую из одного сердечника и двух катушек в то время когда в рели типа РЭЛ используется два сердечника и четыре катушки.

В новых реле более чем в 1,8 раза уменьшен расход обмоточного провода, расход электрической стали понижен в 1.4 раза, так же уменьшен и вес в 1.2 раза, в 2 раза уменьшено количество паечных соединений и повышена их износоустойчивость.

Из вышеперечисленного мы можем сделать вывод, что реле повышает надежность и безопасность движения поездов. Из проведенных испытаний мы видим, в усовершенствованном реле уменьшена требуемая магнитодвижущая сила на 26 %, это более чем на 1,8 раза сократило расход обмоточного провода.

Преобразование схемы и совершенствование элементов магнитной системы позволили уменьшить в 1,4 раза расход электротехнической стали и в 1,2 раза вес реле.

Облегчение механизма магнитной системы в 1,2 раза убавило трудоемкость создания реле и увеличило их ремонтопригодность при работе. Современная контактная пластина дает возможность ликвидировать потери электрического контакта в месте соединения с выводной пластиной.

Термоусадочная трубка нужна для того, чтобы катушки реле были заизолированы и не поддерживали горения.

Колпак реле выполнен из негорючего поликарбоната.

Перепутывание заводского номера в реле нового типа в процессе ремонта в РТУ и изготовления практически невозможно по причине того, что производственная марка находится на механизме, а не на колпаке или ручке, как в реле типа РЭЛ.

Библиографический список

1. Энергосберегающее оборудование и электромагнитная совместимость / В.О. Колмаков, Н.Р. Колмакова // В сб. : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 46-53

2. Способ определения постоянной времени нагрева сухого трансформатора / С.М. Плотников, В.О. Колмаков // Патент на изобретение RU 2683031 C1, 26.03.2019. Заявка № 2018116287 от 28.04.2018

3. Упрощенное определение момента инерции асинхронного двигателя серии 4А / С.М. Плотников, В.О. Колмаков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62, № 1. С. 87-91

4. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения / С.М. Плотников, В.О. Колмаков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61, № 5. С. 13-17

5. Электромагнитная совместимость и энергосберегающее оборудование / В.О. Колмаков, В.И. Пантелеев // Энергетик. 2012, № 11. С. 47-49

6. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения / С.М. Плотников, В.О. Колмаков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61, № 5. С. 13-17

7. Метод динамической диагностики механических узлов / О.В. Колмаков, В.О. Колмаков // В сб. : 120 лет железнодорожному образованию в сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. 2014. С. 198-203

8. Определение коэффициента затухания частотозависимых звеньев / О.В. Колмаков // В сб. : Инновационные технологии на железнодорожном

транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 3-5

9. Метод расчета емкости компенсирующего конденсатора асинхронных двигателей малой мощности / С.М. Плотников, О.В. Колмаков // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2016, № 5. С. 59-63

10. Экспериментальные исследования размагничивания генератора постоянного тока / С.М. Плотников, О.В. Колмаков // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020, № 18. С. 37-40

11. Анализ состояния силовых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской железной дороги : науч. издание / А.И. Орленко, М.Н. Петров, В.О. Колмаков, О.В. Колмаков ; под ред. проф. М.Н. Петрова. Красноярск : 2020. 119 с.

С.А. Филиппов, С.В. Новиков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Е.В. Куликов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению –
СП «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В статье проведен анализ характерных особенностей эксплуатации схем электроснабжения районных электрических сетей, наблюдаемых для большинства их них. Выявлены проблемные места. Предложены пути их решения, позволяющие повысить надежность и экономичность их работы. Обращено внимание на технологические аспекты решения вопросов. Подробно рассмотрены вопросы применительно к сетям высокого напряжения 6-10 кВ.

Ключевые слова: районные электрические сети, категорийность электроснабжения, надежность, коэффициент загрузки, потери, балансовая принадлежность, силовой трансформатор, линия электропередачи, износ оборудования.

Районные электрические сети (РЭС) играют важнейшую роль в жизни страны, как с экономической, так и с социальной точки зрения.

Именно от их надежной работы зависит качество жизни каждого жителя страны и работа любой организации или предприятия. Протяженность этих сетей с номинальным напряжением 6-10 кВ составляет миллионы километров, а их работа затрагивает интересы миллионов людей.

Важнейшей особенностью схем электроснабжения любого РЭС, в отличие от других объектов энергетики, является их поэтапное формирование, связанное с появлением новых потребителей электрической энергии. Такими потребителями могли явиться как жилой сектор, например, в лице нового микрорайона, так и общественные здания и сооружения, например, торговый комплекс и предприятия промышленности и транспорта, например, появление нового маршрута троллейбуса.

При таком поэтапном становлении этих схем возникли важные особенности в их работе и как следствие в эксплуатации. Начало формирования схем РЭС связано с электрификацией страны в 20х-30х годах прошлого столетия. Последовавшая индустриализация страны, сопровождавшаяся бурным ростом промышленности, при котором Союз Советских Социалистических Республик вышел на 2 место в мире по уровню промышленного производства, требовала соответствующей инфраструктуры. Послевоенное восстановление народного хозяйства и развитие экономики требовали внедрения новых технологий, строящихся на использовании электроэнергетики. Объективно это привело к формированию основы существующих схем электроснабжения РЭС в 50-60х годах прошлого столетия. Основным нормативным документом, на котором строились схемы электроснабжения РЭС, явились «Правила устройства электроустановок» третьего издания. Согласно этим правилам, электроснабжение потребителей, относящихся по надежности электроснабжения ко второй категории, могло осуществляться и от одного источника электроснабжения. Именно эти потребители являются наиболее массовыми, определяют основные решения схем электроснабжения РЭС. К ним относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

В последнем, седьмом издании этих правил, введенных с 1 января 2003 года, серьезно повысились требования к электроснабжению этой группы потребителей. Теперь электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания [1]. Такое изменение действующей нормативно-технической базы привело к тому, что часть существующих схем РЭС перестало соответствовать требова-

ниям «Правил устройства электроустановок», в частности допустимого перерыва в электроснабжении на время для первой категории – автоматического восстановления питания, а для второй – на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала иди выездной оперативной бригады.

Данная проблема носит системный характер и по значимости стоит на первом месте при эксплуатации схем электроснабжения РЭС. Исправление этой ситуации требует значительных финансовых и временных затрат и по-видимому должно быть поэтапным. Вначале необходимо произвести адресный диагностический разбор ситуации для каждого РЭС и затем уже наметить этапы и объемы реконструкции. Следует в первую очередь обратить внимание на такие объекты как больницы, градообразующие котельные, крупные предприятия, трансформаторные подстанции и распределительные устройств без секционных коммутационных аппаратов или с неавтоматическими при питании первой категории. Как эффективное средство приведения в соответствие схем РЭС требованиям ПУЭ по надежности электроснабжения следует рассматривать резервирование по стороне низкого напряжения трансформаторных подстанций, поскольку большинство из них работает с низкой загрузкой.

Второй важной особенностью, влияющей на особенности эксплуатации схем электроснабжения РЭС, является их разная балансовая принадлежность. Для Забайкальского края это обычно Забайкальская дирекция по энергообеспечению СП «Трансэнерго» – филиала ОАО «РЖД» (ЗабНТЭ) и ПАО «Россети Сибири» – «Читаэнерго». При этом сети являются единым объектом, элементы которого связаны между собой структурными и электрическими связями. В результате при необходимости выполнения работ со снятием напряжения на ТП-5;10; 11; 12; 14; 18; 32; 34 РЭС – Чита, питаемых через ТП «Читаэнерго» необходимо согласовывать эти работы с ПАО «Россети – Сибири» – «Читаэнерго», где существуют свои производственные задачи. Это приводит к затяжке времени при выполнении профилактических и ремонтных работ и к опасности несоблюдения допустимого по времени перерыва в электроснабжении потребителей, при устранении аварийных ситуаций.

Следующей существенной особенностью эксплуатации схем электроснабжения РЭС является высокий износ электрооборудования в них. Например, основная часть РЭС – Чита принята в эксплуатацию в 60-е годы, в частности базовая трансформаторная подстанция ЦРП – Чита в 1967 г. Обновление оборудования проводилось в малых масштабах, только в 2020-21 годах установлен модуль РУ-6 кВ и ТП-9

(250+400 кВА) и ТП-13 (2×630 кВА) замены на КТПН-9 (2×1600 кВА) и КТПН-13 (2×1600 кВА) в связи с увеличением потребностей локомотивного депо. Степень износа остального оборудования за 50 лет эксплуатации фактически составляет 100 %.

Существует опасность лавинообразного нарастания аварийных ситуаций, вызываемых в том числе суровыми условиями забайкальского климата. Возрастает роль своевременного и качественного проведения профилактических и ремонтных работ, квалификации оперативного и ремонтного персонала, наличия запасных частей и материалов. Для отражения этих угроз необходима серьезная предварительная проработка вопросов замены вышедшего из строя оборудования, в том числе за счёт использования временных схем подключения, резервных комплектов оборудования. Например, значительно увеличивает надежность работы РЭС – Чита прокладка резервного кабеля между ТП-1 и ЦРП-ВРД длиной всего 350 м.

СП «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД» и ПАО «Россети-Сибири» – «Читаэнерго» являются акционерными обществами, приоритетной задачей которых является экономическая эффективность работы. Это означает не только повышение прибыли, но и снижение затрат. Для сетевых предприятий это затраты на коммерческие и технологические потери электроэнергии. Таким образом, следующей важной особенностью эксплуатации схем электроснабжения РЭС, является снижение коммерческих и технологических потерь в них. Коммерческие потери связаны с несанкционированным подключением потребителей электрической энергии. Характерны для сетей низкого напряжения. Выявляются с помощью инспекторов энергосбыта. Действенной превентивной мерой по снижению этих потерь явилось повсеместное внедрение самонесущих изолированных проводов (СИП) в сетях 0,4 кВ и установка расчётных счётчиков электроэнергии вне доступа населения.

Технологические потери в сетях низкого напряжения обычно связаны с большой протяженностью воздушных линий (ВЛ) электропередачи, имеющих относительно небольшое сечение. Снижение этих потерь эффективно осуществлять при замене проводов ВЛ марки АС на СИП увеличением их сечения. Одновременно достигается снижение и коммерческих и технологических потерь.

В распредсетях 6-10 кВ технологические потери складываются из потерь в линиях и силовых трансформаторах. Основная масса линий схем РЭС 6-10 кВ, как воздушных, так и кабельных, проектировалась и монтировалась в 60-70х годах, создавая инфраструктуру для развивающейся промышленности. Для выполнения этой задачи закладывалось достаточно большое значение сечения линий, в том числе из условия

экономической плотности тока [1]. Например, для РЭС-Чита наиболее типовыми значениями являются ААБ-3×120 для кабельных линий. Используются и меньшие значения (35; 50; 70; 95 мм^2), но на расстояние до нескольких сот метров. При значимом падении нагрузки в годы перестройки, потери в этих линиях носят небольшие значения. Например, по расчётам согласно [2] потери электроэнергии в линиях РЭС-Чита в 2020 г. составили 8224,4 кВт×ч при общем потреблении 11290095 кВт×ч, согласно данным линейного отдела «Трансэнерго» НТЭЛ-1 или 0,07 %. Такой низкий уровень технологических потерь делает нецелесообразным вложения в снижение их величины.

Потери электроэнергии в силовых трансформаторах делятся на нагрузочные и холостого хода. Наиболее полный расчёт этих потерь выполняется с учётом коэффициента изменения активных потерь за счёт пропуска 1×кВАр реактивной мощности [3]. Проведенные на кафедре «Электроснабжение» ЗабИЖТ суммарные расчёты этих потерь за 2020 г. на основе данных линейного отдела «Трансэнерго» НТЭЛ-1, показали величину 767035,3 кВт×ч от пропущенных 11290095и кВт×ч, т.е. 6,79 %. Данная величина уже является достаточно значимой. Предлагается рассмотреть вопрос сокращения этих потерь в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

Достаточно большая группа трансформаторных подстанций РЭС-Чита являются двухтрансформаторными, – это ТП-1; «2А; 8; 9; 13; 19; 23; 28. При этом в нормальном режиме работает на нагрузку один трансформатор, а второй включен как резервный. Потери электроэнергии холостого хода в нем сохраняются. Потребители, питаемые от этих ТП, имеют 2 и 3 категории по надежности электроснабжения. В случае отключения одного трансформатора, резервное питание от него может быть подано потребителю в соответствие с ПУЭ действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Потери холостого хода тогда сократятся на 22197 кВт×ч в отношении 2020 г., или на 28,9 %.

Оценка загрузки силовых трансформаторов РЭС Чита на основании данных НТЭЛ-1, показывает, что эта величина сегодня у большинства находится в пределах 20÷40 %. Напрашивается при плановой или внеплановой замене уменьшение их мощности. Но при этом, предлагается ориентироваться ни на проектные значения коэффициента загрузки в (65-70) %, а на оптимальный коэффициент загрузки, получаемый соотношением потерь мощности холостого хода и короткого замыкания [3] и соответствующий минимуму суммарных потерь. Расчёты для РЭС-Чита показали, что, например, для ТП-20, имеющей один трансформатор 250 кВА с фактическим коэффициентом загрузки 0,17 необходимо

на смену устанавливать не 63 кВА, а 100 кВА, т.к. оптимальный коэффициент загрузки равен 0,56.

Проводимые в последние годы исследования, также показывают реальное влияние на величину потерь электроэнергии в схемах РЭС несинусоидальных и несимметричных режимов [4,5]. Это ещё один резерв снижения потерь.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003

2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии : руководство для практических расчётов / Ю.С. Железко. М. : ЭНАС, 2009. 456 с.

3. Энергосбережение и повышение эффективности использования энергоресурсов в зданиях и сооружениях : учеб. пособие. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2002. 326 с.

4. Рыбакова И.Ю., Суворов И.Ф., Хромов С.В. Влияние высших гармоник на надежность работы электрических сетей и потери электроэнергии. Актуальные проблемы электроэнергетики // Сб. ст. научн.-техн. конф. Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2020. 357 с. (226-231)

5. Рыбакова И.Ю., Суворов И.Ф., Хромов С.В. Некоторые вопросы влияния качества электроэнергии на надежность работы энергосистем, потери мощности в электрических сетях и достоверность передаваемой информации в несинусоидальных и несимметричных режимах работы электрических систем // Наука и образование : актуальные исследования и разработки : материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Забайкальский государственный университет. Чита : ЗабГУ, 2020. С. 50-56

Д.С. Халиманов
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

КОНТРОЛЬ ДОСТУПНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛОНАСС/GPS ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Предложено использование глобальной навигационной спутниковой системы в совокупности с локальной системой дифференциальной коррекции ведомственного назначения для контроля навигационных характеристик систем координатного управления и интервального регулирования движения поездов на основе использования спутниковой навигации. Представлен метод контроля доступности требуемых навигационных характеристик, а также структурная схема подсистемы, предлагаемой для включения в состав технического комплекса автоматизированного управления движением на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: локальная дифференциальная подсистема, ГЛОНАСС, GPS, контроль доступности требуемых навигационных характеристик

Транспорт в Российской Федерации (РФ) занимает неотъемлемою часть экономики страны. Транспортные возможности РФ относятся к конкурентным преимуществам наряду с географическим положением и природными ресурсами. Экспорт транспортных услуг является важной составляющей валового национального продукта. Очень важную роль в транспортной системе Евразийского континента занимает российская железная дорога. Более 50 % грузоперевозок в РФ производится железнодорожным транспортом. Дальнейший рост объемов перевозок, как внутри России, так и в пределах континента через российскую территорию, сопряжен с повышением скоростей перевозок с уменьшением интервалов попутного следования составов [1]. Эффективность решения этой задачи ограничивается высокими требованиями безопасности движения. Решение этого взаимно противоречивого комплекса проблем возможно за счет автоматизации движения поездов на основе координатных способов интервального управления движением.

Высокоточное координатное управление движением поездов может реализовываться либо за счет использования системы напольных реперов (евробализ), либо благодаря использованию автономных источников навигационной информации на локомотиве (инерциальная навигация,

одометрия, спутниковая радионавигация) [2]. Учитывая большую протяженность железных дорог России при низкой плотности населения и суровых климатических условиях, использование автономных средств навигации на локомотиве предпочтительнее, чем применение дорогостоящего напольного оборудования, требующего больших эксплуатационно-технических затрат. При этом основой системы автономного интервального регулирования движения поездов (ИРДП) может стать спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС автономно или в комплексе с инерциальными и одометрическими датчиками [3].

При использовании такого подхода к организации ИРДП ключевую роль играет надежность навигационного обеспечения подвижного состава, которая подразумевает непрерывное обеспечение достаточно жестких требуемых навигационных характеристик (ТНХ): точности местоопределения подвижного состава; доступности радионавигационной системы (РНС) и непрерывности радионавигационного обеспечения.

Данная работа посвящена разработке алгоритма контроля доступности ТНХ для систем координатного управления и интервального регулирования движения поездов на основе использования аппаратуры спутниковой навигации, как датчика информации о текущем межпоездном интервале и скорости сближения поездов.

Применительно к системам автоматизированного ИРДП на железнодорожном транспорте требуемое значение доступности ТНХ составляет не менее, чем 0,98–0,99, а точности позиционирования – 0,5 м (2σ) [4]. Для обеспечения заданных ТНХ необходимо внедрять мультисистемную навигационную аппаратуру РНС (ГЛОНАСС/GPS/BeiDou/Galileo/SBAS) с применением поправок от контрольно-корректирующих станций (ККС) локальной дифференциальной подсистемы (ЛДПС) ведомственного назначения.

Структурная схема предлагаемого технического комплекса автоматизированного ИРДП на базе аппаратуры РНС и локальной дифференциальной подсистемы представлена на Рисунке.

Основой ЛДПС ведомственного назначения является ККС, расположенная в точке с известными координатами, дифференциальные поправки (ДП) которой передаются по радиоканалу в навигационную аппаратуру пользователя (НАП) для корректировки погрешностей местоопределения [5]. Радиус рабочей зоны такой ЛДПС может варьировать в пределах от 30 до 200 километров и ограничивается местными условиями распространения радиоволн, электромагнитной обстановкой и геомагнитными условиями. Как правило, эффективный радиус рабочей зоны ЛДПС находится в пределах 30-50 км.

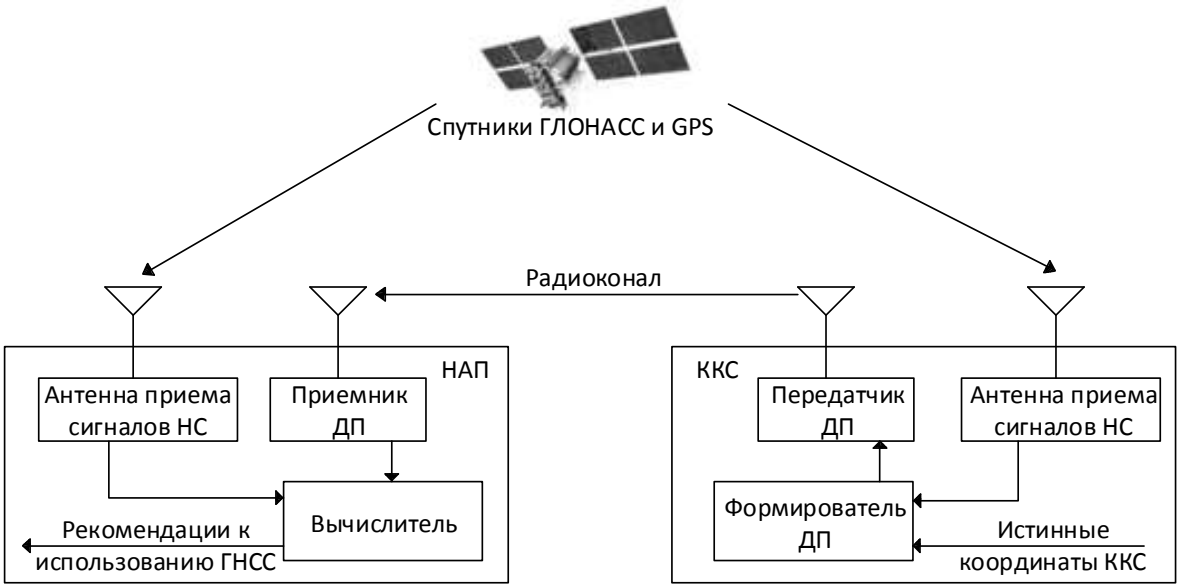


Рисунок. Структурная схема системы контроля доступности параметров радионавигационного поля ГНСС

Сигнал ККС передается в НАП по радиоканалу и содержит ДП к дальномерной погрешности видимых навигационных спутников и к погрешностям местоопределения в локальной декартовой системе координат. В состав этого сигнала включается и необходимая контрольная информация для оценки текущей доступности ТНХ в месте расположения пользователя.

В состав НАП входят антенна с равномерной диаграммой направленности в верхнюю полусферу, высокочастотный приемник, осуществляющий фильтрацию и распределение сигналов, и вычислитель, решающий задачу навигационно-временного обеспечения. В аппаратуре потребителя происходит прием ДП, коррекция местоположения, а также оценка текущей доступности ТНХ в точке нахождения потребителя ЛДПС.

Может использоваться два метода локальной дифференциальной коррекции: метод коррекции псевдодальностей и метод прямой коррекции координат [6]. Первый метод является более гибким для использования в произвольной точке рабочей зоны ЛДПС и позволяет расширить радиус рабочей зоны. Однако, при использовании этого метода возникают дополнительные сложности с контролем целостности сигналов отдельных спутников, особенно в случае сложных условий распространения радиоволн в точке расположения пользователя. Кроме этого возрас-

тает объем передаваемой со стороны ККС информации и усложняется ее обработка в НАП.

При использовании метода прямой дифференциальной коррекции координат предполагается, что для всех навигационных приемников, расположенных в зоне действия дифференциальных поправок, рабочее созвездие НС одинаково и ошибки позиционирования в рабочей зоне имеют высокую пространственно-временную корреляцию. Альтернативным подходом, при использовании этого метода может стать формирование наборов ДП к координатам для различной конфигурации видимого навигационного созвездия и наборов соответствующей контрольной информации для оценки доступности ТНХ. При этом снимается требование одинакового рабочего созвездия на ККС и в НАП и радиус рабочей зоны ЛДПС может быть расширен, хотя объем передаваемого с ККС сообщения так же будет значительным.

Рассмотрим метод контроля доступности ТНХ на плоскости при использовании ЛДПС с прямой дифференциальной коррекцией координат. Мерой оценки точности координатных определений ПС является текущая абсолютная погрешность определения его пространственных координат в топоцентрической системе координат:

$$\Delta x_i = x_0 - x_i;\ \Delta y_i = y_0 - y_i, \qquad (1)$$

где: x_0, y_0 – истинные, а x_i, y_i – вычисленные в i-ый момент времени координаты ПС.

Для оценки непрерывности обслуживания пользователя ГНСС целесообразно ввести понятие сбоя определения координат. Под сбоем будем подразумевать событие, которое заключается в выполнении условия:

$$(|\Delta x_i| > П_{\Delta x}) \vee (|\Delta y_i| > П_{\Delta y}), \qquad (2)$$

где: $П_{\Delta x}$, $П_{\Delta y}$ – соответствующие пороговые значения погрешностей определения топоцентрических координат пользователя (1), которые называются границами круга безопасности.

Доступность ТНХ должна определяться с точки зрения полной вероятности доступности ТНХ в зоне покрытия ЛДС в следующем виде:

$$W = P(C|A,B) \cdot (1 - P_{FAULT}) \cdot W_{HDOP}, \qquad (3)$$

где А – событие, при котором оборудование ГНСС и ЛДПС находится в рабочем состоянии;

В – событие, при котором оборудование НАП исправно;

С – событие, при котором точность позиционирования соответствует ТНХ на этапе решения транспортной задачи;

$(1-P_{FAULT})$ – вероятность отсутствия сбоя позиционирования на этапе решения определенной транспортной задачи;

W_{PDOP} – индекс предупреждающий об опасном уровне ожидаемой погрешности позиционирования, как результат внезапного ухудшения геометрического фактора (HDOP).

Первый сомножитель в формуле (3) – P(C|A,B) представляет собой условную вероятность нахождения подвижного состава в круге безопасности, который определяется следующим образом [7]:

$$P(C|A,B) = P_{TX} \cdot P_{TY}. \tag{4}$$

В правой части (4) приведены вероятности выдерживания заданных норм точности позиционирования по продольной и боковой осям, которые равны, соответственно:

$$P_{TX}\{\alpha<\Delta x_i<\beta\}=0.5\left[\Phi\left(\frac{\beta-M(\Delta x_i)}{\sigma_x}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-M(\Delta x_i)}{\sigma_x}\right)\right],$$
$$P_{TY}\{\alpha<\Delta y_i<\beta\}=0.5\left[\Phi\left(\frac{\beta-M(\Delta y_i)}{\sigma_y}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-M(\Delta y_i)}{\sigma_y}\right)\right] \tag{5}$$

где: Ф(…) – функция Лапласа [8]; M(Δx), M(Δy), σx, σy, – математическое ожидание и СКО погрешностей определения пространственных координат ПС; α и β – допустимые минимальные и максимальные границы изменения погрешности определения координат по продольной и боковой осям.

Вероятность сбоя позиционирования на этапе решения задачи может быть оценена как вероятность возникновения k-сбоев в случайные моменты времени на интервале решения транспортной задачи (ΔT) с использованием закона Пуассона следующим образом [8]:

$$P_{FAULT} = \frac{a^k}{k!} \cdot exp(-a), \tag{6}$$

где k = 0, 1, 2,...n – возможное число сбоев позиционирования в течение периода наблюдения – ΔT, a – параметр распределения Пуассона.

Текущий индекс тревоги W_{PDOP} для железной дороги должен быть принят для оценки ожидаемой опасной погрешности только на плоскости в следующем виде:

$$W_{PDOP} = \begin{cases} 1, & (HDOP \le \Pi_{HDOP}) \\ 0, & (HDOP > \Pi_{HDOP}) \end{cases}; \qquad (7)$$

$$\Pi_{HDOP} \le \frac{\left(\sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}\right)_{\max}}{\sigma_{\Delta R}}$$

где индекс «max» обозначает соответствующие максимальные допустимые СКО ошибок позиционирования на плоскости в соответствии с ТНХ; $\sigma_{\Delta R}$ – СКО дальномерных погрешностей, которое вычисляется путем прямых измерений по сигналам видимых спутников на ККС ЛДС в течение периода наблюдения – ΔТ.

Предложенная подсистема контроля доступности параметров радионавигационного поля спутниковой навигационной системы позволит рассчитывать на высокую надежность работы системы координатного управления и ИРДП на основе использования аппаратуры спутниковой навигации в условиях воздействия геомагнитных и электромагнитных помех.

Повышение уровня надежности систем автоматизированного ИРДП способствует их активному внедрению на железные дороги РФ, что повлечет за собой повышение пропускной способности транспортных магистралей, при сохранении должного уровня безопасности движения поездов.

Представленный метод контроля ТНХ с прямой дифференциальной коррекцией координат учитывает все возможные нерегулярные воздействия на технический комплекс автоматизированного ИРДП и ЛДПС, а также предусматривает возможность учета технического состояния сегментов самого технического комплекса.

Библиографический список

1. Демьянов В.В. Тенденции развития технологий GNSS и направления их применения на транспорте / В.В. Демьянов, О.Б. Имарова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. Т. 58, № 2. С. 82-90. DOI : 10.26731/1813-9108.2018.2(58).82-90

2. Попов П.А. Подсистема Евробализов / А.С. Ададуров П.А. Попов // Автоматика, связь, информатика. 2010, № 9. С. 14-15

3. Гундаев И., Батраков А. Система управления движением локомотивов с использованием ГЛОНАСС / GPS // Современные технологии автоматизации. 2012, № 3. С. 40-44

4. Радионавигационный план Российской Федерации : утв. приказом Минпромторга России от 4 сентября 2019 г. № 3296. М. : 2019. 122 с.

5. Перов А.И., Харисова В. Н. // ГЛОНАСС : принципы построения и функционирования. Радиотехника. М., 2010. 800 с.

6. Руководство по глобальной навигационной спутниковой системе(GNSS). 2-е изд. 2013. 100 с.

7. Хиврич И.Г., Миронов Н.Ф., Белкин А.М. Воздушная навигация. М. : Транспорт. 1984. 327 с.

8. Вентцель Е.С. «Теория вероятностей». М. : «Наука». 1969. 580 с.

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА

Н.В. Быкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОФОРМЛЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

Основной целью внедрения электронного документооборота является увеличение эффективности производственных процессов, постоянные улучшения, поиск путей повышения качества услуг и рост в сфере их предоставления. Внедряются технологии работы подразделений железной дороги при автоматическом оформлении перевозочных документов на перевозку грузов в грузовых вагонах; работы подразделений железной дороги при автоматическом раскредитовании перевозочных документов на перевозку грузов и порожних вагонов.

Ключевые слова: автоматическое оформление перевозочных документов, агент СФТО, раскредитование перевозочных документов, электронная подпись.

С момента образования в 1995 году системы фирменного транспортного обслуживания (СФТО) было понимание, что необходимо совершенствоваться в коммерческой работе и необходим переход к новым формам взаимного общения с клиентами, экономическим связям, мониторингу, маркетингу.

В течение 1996 года на всех железных дорогах были организованы дорожные центры фирменного транспортного обслуживания (позднее переименованные в территориальные – ТЦФТО). В целях координации их действий был организован Центр фирменного транспортного обслуживания при Министерстве путей сообщения и определены его основные функции и задачи. В том же году началось формирование агентской сети. Новая система взяла на себя функции увеличения доходности компании

Система ФТО должна была выполнять следующие функции: мониторинг внутренних и мировых цен на продукцию, которая перевозится железнодорожным транспортом, параметров себестоимости перевозок, подготовка решений по предоставлению конкурентоспособных спецста-

вок и оценка структуры тарифа с учетом транспортной составляющей в цене продукции. На нее было возложено планирование перевозки продукции, увязка каждой отправки с планом формирования и графиком движения поездов и заказом на подвижной состав. Разработка и внедрение каналов взаимодействия ТЦФТО и клиентов на рис. 2.

За время деятельности ТЦФТО расширялся перечень предоставляемых услуг, происходил постоянный процесс изменения работы с грузовыми документами с целью скорейшего перехода к безбумажной технологии [3].

Основные направления развития системы электронных продаж представлены на рис. 1.

В результате взаимодействия автоматизированных систем с информационными в процессе выполнения погрузочной операции и уведомления грузоотправителя о завершении операции погрузки, а также оформления накладной происходит автоматическое оформление перевозочных документов [2].

Рис. 1. Основные направления развития системы электронных продаж

В последние годы в работе с грузовыми документами особое внимание отводится технологии работы подразделений железной дороги при автоматическом раскредитовании одного из листов накладной – дорожной ведомости.

Автоматическое раскредитование перевозчиком подразумевает под собой взаимодействие информационных и автоматизированных систем ОАО «РЖД» при прибытии грузов и порожних вагонов в составе поезда на станцию назначения (на грузы и порожние вагоны, не принадлежащие перевозчику) с применением электронной подписи.

Следует отметить, что не во всех случаях возможно такое раскредитование. В случаях, если: оформлены отправки на бумажном носителе; при перевозке грузов, подконтрольных госветнадзору; при перевозке грузов с ветеринарными свидетельствами; при перевозке импортных грузов под таможенным контролем; следовавших в международном сообщении с участием трех и более государств, а также государств, не являющихся участниками соглашений об электронном документообороте с ОАО «РЖД»; при наличии обращения по провозной плате в АС ЭТРАН, поданного плательщиком на рассмотрение до прибытия вагонов на станцию назначения.

Рис. 2. Развитие взаимодействия с клиентами ТЦФТО

В ситуациях, указанных выше, операция раскредитования осуществляется агентом СФТО станции назначения или сотрудником отдела автоматизированной обработки документов по перевозке грузов ТЦФТО в зависимости от местных условий (далее – в ручном режиме).

Технология с автоматическим раскредитованием дорожной ведомости предусматривает, что после прибытия грузов и порожних вагонов на станцию назначения в составе поезда и его расформирования, либо исключения вагонов из состава поезда, на основании информации, поступившей из АСОУП в накладную в АС ЭТРАН автоматически выполняется операция прибытия, накладная переходит в состояние «Груз прибыл».

Автоматически выполняется проверка наличия получателя на станции в соответствии с информацией о станции приписки в паспорте получателя в НСИ АС ЭТРАН.

При успешной проверке наличия получателя на станции, автоматически средствами АС ЭТРАН осуществляется формирование и направление получателю SMS-уведомления и/или E–mail-уведомления о прибытии (в зависимости от способа уведомления, определенного соответствующим Соглашением между получателем и ОАО «РЖД»). Накладная переходит в состояние «Получатель уведомлен».

Выполняется проверка исполнения срока доставки. При прибытии отправки с нарушением срока доставки и поступления из ЕАСАПР М итогового акта общей формы об увеличении срока доставки, в АС ЭТРАН автоматически выполняется операция «Задержка груза по итоговому акту». При непоступлении акта из ЕАСАПР М более 12 часов, дальнейшая работа с накладной осуществляется в ручном режиме.

Формируются сведения об электронных штемпелях проследования стыковых пунктов или подтверждается их отсутствие (при перевозках в местном сообщении и при внутристанционных перевозках) на основании данных системы АСОУП.

Окончательный расчет провозных платежей осуществляется по прибытию с учетом информации, внесенной в накладную в пути следования.

Производится заполнение сведений о месте и форме оплаты и коде ЕЛС плательщика в соответствии со сведениями, указанными при отправлении при этом проверка на правильность заполнения документа по отправлению не осуществляется.

Выполняется операция «Раскредитование в системе» с подписанием автоматом ЭП перевозчика, при этом формируется в ЕК АСУФР – информация об отправке, накладная переходит в состояние «Раскредитован».

Выполняется операция «Выдача накладной» и открывается доступ получателю к подписанию накладной ЭП.

После подписания представителем получателя накладной ЭП, заполняются сведения о подписавшем накладную представителю получателя и накладная переходит в состояние «Работа с документом окончена».

Информация о текущем состоянии накладной отражается в АС ЭТРАН.

Совершенствование безбумажной технологии позволяет:

− автоматизировать работу агентов на станциях с большими объемами погрузки и выгрузки вагонов;

− минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором;

− реализовать последовательное оформление перевозочного документа от лица перевозчика с выполнением необходимых проверок и подписанием документа электронной подписью перевозчика;

− сократить простои вагонов в ожидании накладной;

− повысить качество и своевременность оформления перевозочных документов;

− обеспечить полноту и правильность начисления и взыскания доходных поступлений от грузовых перевозок [1].

С начала 2021 г. Забайкальский Центр продажи услуг подключил к электронным сервисам «РЖД» 134 представителя бизнеса Забайкальского края и Амурской области. Цифровой пакет услуг позволяет оформлять заявки, отслеживать местонахождение подвижного состава и получать другую необходимую информацию в дистанционном формате. В нынешнем году специалистами ЦПУ внедрены новые сервисы, расширяющие перечень услуг в области грузовых перевозок.

Библиографический список

1. Модификация АС ЭТРАН для реализации функционала автоматического оформления перевозочных документов» № 1546/р от 21.07.2018 / А.А. Краснощек. От 21.07.2018

2. Технология работы подразделений железной дороги при автоматическом оформлении перевозочных документов на перевозку грузов в грузовых вагонах № 1409/р от 03.07.2018 / А.А. Краснощек. От 03.07.2018

3. Совершенствование технологии работы станции при организации перевозок грузов в условиях автоматизации производственных процессов / И.С. Бусыгин. От 10.09.2021

С.А. Верхотуров, А.А. Перевозчикова, И.Р. Филиппов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ РОБОТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СОСТАВОВ

Быстро меняющиеся экономические условия и спрос на транспортные услуги вызывают необходимость внедрения современных организационно-управленческих технологий, которыми является применение роботизированной техники.

На современных Российских производственных предприятиях роботов применяют прежде всего на операциях перемещения, сварки и для обработки деталей. То есть в тех местах, где человек из-за усталости от монотонной или тяжелой работы может совершить ошибки или просто снизить производительность. Также роботами стараются заменять людей в местах, в которых возникает опасность для жизни и здоровья работников.

Целью исследования является рассмотрение возможности повышения перерабатывающей способности станции и снижения простоя грузового вагона путем применения робототехнического комплекса, предназначенного для отпуска тормозов и роспуска состава на сортировочной горке.

В процессе были выполнены следующие задачи:

– ознакомление с ТРА и техпроцессом станции;

– расчет норм времени на совершение маневровых передвижение и занятия путей парков;

– экономическое обоснование внедрения инновационного устройства.

Ключевые слова: роботизация, расформирование составов, показатели работы станции, экономическая эффективность.

Роботизацию производственных процессов можно назвать одной из основных составляющих их автоматизации, под которой понимается исключение человеческого труда и замена его на процессы, выполняемые

в автоматическом порядке с помощью вычислительной техники [6], в том числе и с использованием роботизированных систем.

В настоящее время на крупных предприятиях с целью экономии времени, денег на оплату человеческого труда и повышения эффективности, и производительности применяют универсальных роботов и различные автоматизированные системы.

Основное и неоспоримое достоинство роботизированных систем заключается в их универсальности, т.к. робота можно настроить на выполнение различных операций, в том числе на изготовление различных деталей и изделий, путём изменения только программного кода и установки дополнительного оборудования.

Кроме этого, одним из достоинств применения роботизированной техники на предприятии является экономия сырья и времени на изготовление конечного продукта предприятия.

Но кроме достоинств применения роботизированной техники есть и ряд недостатков, отражающихся в высокой стоимости ее изготовления и постоянном обслуживании. Кроме этого, повсеместное применение роботизированной техники может привести к повышению уровня безработицы населения. На рис. 1 представлены основные достоинства и недостатки применения роботизированных систем.

Рис. 1. Достоинства и недостатки применения роботизированных систем

Таким образом, на основе рассмотренных достоинств и недостатков применения роботизированных систем можно сделать вывод о том, что в настоящее время их использование могут позволить себе только крупные производственные предприятия, хотя в тоже время, отсутствие роботов на малых предприятиях позволяет сохранить рабочие места для населения.

В ходе исследования было рассмотрено применение робототехнического комплекса, разработанного инженерами НПО «Андроидная техника» из Магнитогорска. Данный комплекс, состоящий из мобильной платформы, в виде монорельса, для перемещения манипулятора, самого робота манипулятора, модулей технического зрения, связи и безопасности предназначен для отпуска тормозов и роспуска составов на горке. Опытный образец робототехнического комплекса представлен на рис. 2.

Рис. 2. Опытный образец робототехнического комплекса

Применение данного комплекса позволяет освободить от работы составителей поездов, задействованных в процессе расформирования поездов и увеличить скорость движения вагонов в процессе роспуска состава за счет исключения времени на восприятие ситуации и времени, затрачиваемого на реакцию работника.

Время, затрачиваемое на роспуск состава с применением робототехнического комплекса, рассчитывается по формуле (1)

$$t_{рос}=\frac{0,06\times m_c\times l_в}{V_{рос}}(1-\frac{1}{2q})+\beta_{ЗСГ}+\Delta t_р, \qquad (1)$$

где $l_в$ – длина вагона (в среднем принять 15м);

$V_{рос}$ – средняя скорость роспуска, 6 км/ч;

m_c – средняя длина состава, вагоны;

q – число отцепов в составе.

$\beta_{ЗСГ}$ − доля составов с вагонами, запрещенными к роспуску с горки без локомотива, βЗГС=0,2;

$\Delta t_р$ – увеличение времени роспуска состава из-за наличия вагонов ЗСГ.

$$t_{рос}=\frac{0,06\times 57\times 15}{6}(1-\frac{1}{2\times 12})+0,2*4,4= 10 \text{ мин.}$$

В ходе проведённых исследований время, затрачиваемое на роспуск состава, сократилось с 13 до 10 минут.

Установка робототехнического комплекса включает в себя план мероприятий по монтажу монорельса для установки комплекса, блока питания, прокладки кабелей связи, подключение к рабочему месту дежурного по сортировочной горке, настройка модулей технического зрения и безопасности.

Капитальные вложения по установке робототехнического комплекса заключаются в покупке данного комплекса, его монтажу и обучению необходимым навыкам, которые нужны для его правильного использования, содержания и ремонта, персонала, использующего устройство и составляют порядка 11 030 000 рублей.

При внедрении робототехнического комплекса, эксплуатационные расходы складываются из затрат на электроэнергию, смазочные материалы и амортизационные отчисления и составляют 15 % от капитальных вложений, или 1 654 500 рублей.

Экономическая эффективность возникает за счет сокращения простоя местного и транзитного с переработкой вагона и за счет снижения расходов от сокращения контингента работников станции и составляет 5 934 576 рублей, а срок окупаемости 2,6 года.

Таким образом, в ходе эмпирических исследований было выявлено, что внедрение данного комплекса позволяет увеличить скорость роспус-

ка, что положительно отражается на показателях работы железнодорожной станции.

Библиографический список

1. Инновации в управлении технологическим процессом железнодорожной станции. Текст : электронный // Евразия : [сайт]. URL : http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2011-02a09
2. Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом и горочных технических средств. Текст : электронный // Евразия : [сайт]. URL : http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2018-12a09
3. Магнитогорские роботы заменят людей на обслуживании железнодорожных составов. Текст : электронный // Ужноуральская панорама : [сайт]. URL : https://up74.ru/articles/news/128550/
4. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. М., 2007. 45 с.
5. Полигон для испытаний определён. Текст : электронный // Gudok.ruПризыв : [сайт]. URL : https://gudok.ru/zdr/178/?ID=1566616
6. Ларченко Е.А., Ракевич Н.Г., Быстрова О.Л. Управление качеством процессов на железнодорожном транспорте // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 423-427

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

И.С. Бусыгин
Забайкальский территориальный центр
фирменного транспортного обслуживания,
г. Чита, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматривается эффективность создания единого электронного ресурса на основе цифровых баз данных «RailDok» с возможностью загрузки всех имеющихся сведений о грузоперевозке. Приведена функциональная схема программно-технического комплекса «RailDok». Представлено описание логистического цикла с использованием

единого электронного ресурса. Отражены результаты проведенного анализа технологий обработки перевозочных документов на экспортный и импортный поезд «до» и «после» применения «RailDok». Представлен экономический эффект. Указана эффективность данного комплекса с точки зрения клиентоориентированности.

Ключевые слова: автоматизированная система управления железнодорожным транспортом, электронный документооборот, пограничный железнодорожный пункт пропуска, внешнеторговые грузы, сопроводительные документы, единый электронный ресурс, программный комплекс «RailDok», экспортный и импортный поезд, простой местного вагона, вагоны колеи 1520 мм, вагоны колеи 1435 мм, клиентоориентированность, система отслеживания перемещения груза, экономический эффект.

Для совершенствования технологических процессов на железнодорожных станциях, особенно в условиях стремительно увеличивающихся объемов перевозок грузов и возрастающих требований к клиентоориентированному сервису, приемлемы решения технического и технологического характера. Можно строить новые парки, дополнительные железнодорожные пути, расширять территорию станций, менять технологию выполнения тех или иных операций, но это потребует значительных финансовых вложений. Наиболее действенным и экономически выгодным мероприятием является применение современных средств информатизации, автоматизации, связи и вычислительной техники.

Автоматизированная система управления железнодорожным транспортом АСУЖТ была создана еще в 80-е годы по безбумажной технологии с использованием электронной накладной. В железнодорожной отрасли уже давно действуют системы электронного документооборота, электронной почты, централизованное хранилище данных, различные автоматизированные системы учета и управления.

Особенно актуальна задача автоматизации производственных процессов на пограничных железнодорожных пунктах пропуска при организации приема и передачи внешнеторговых грузов. Сейчас на погранпереходе Забайкальск – Маньчжурия применяется предварительное электронное информирование на импортные и экспортные поезда. Однако возможности этой технологии ограничены из-за того, что на данный момент сопроводительные документы (накладная на груз, поездная передаточная ведомость, справка о распределении груза) оформляются в бумажном виде и это занимает много времени. Возможное решение данной проблемы – создание единого электронного ресурса на основе циф-

ровых баз данных «RailDok» с возможностью загрузки всех имеющихся сведений о грузоперевозке.

Основные функции программного комплекса «RailDok» представлены на рис. 1.

Рис. 1. Функциональная схема программно-технического комплекса «RailDok»

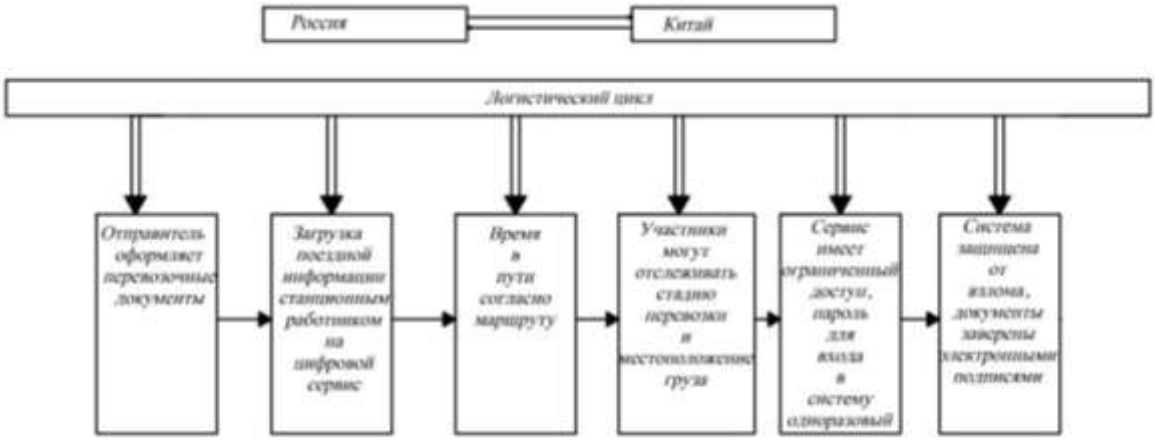


Рис. 2. Логистический цикл с использованием единого электронного ресурса

Сопредельные стороны вводят необходимую информацию и имеют к ней неограниченный доступ. Сервис позволяет преодолевать языковой барьер в течение короткого срока времени и иметь общий доступ ко всей поездной информации. Так же предусмотрен блок сервиса для клиентов, позволяющий отслеживать стадии перевозки и местоположение груза. Перспективный логистический цикл с применением программного комплекса «RailDok» приведен на рис. 2.

По структуре программный комплекс «RailDok» подразделяется на интерфейс сотрудника и интерфейс клиента.

Интерфейс сотрудника состоит из трех программных уровней. Первый уровень содержит номер поезда. Второй состоит из пяти модулей, в зависимости от категории перевозочного документа, каждый из них содержит соответствующие документу данные, к примеру станция формирования и назначения поезда, условная длина, масса брутто, код прикрытия и т.д.

Третий структурный уровень – опции по обработке информации («Добавить», «Посмотреть текущие», «Изменить», «Перевод»).

Интерфейс клиента же состоит из окна ввода параметров отслеживаемого отправления и опции «Поиск местоположения», которая впоследствии выводит результат поиска на экран. Подробная структурная схема программы представлена на рис. 3.

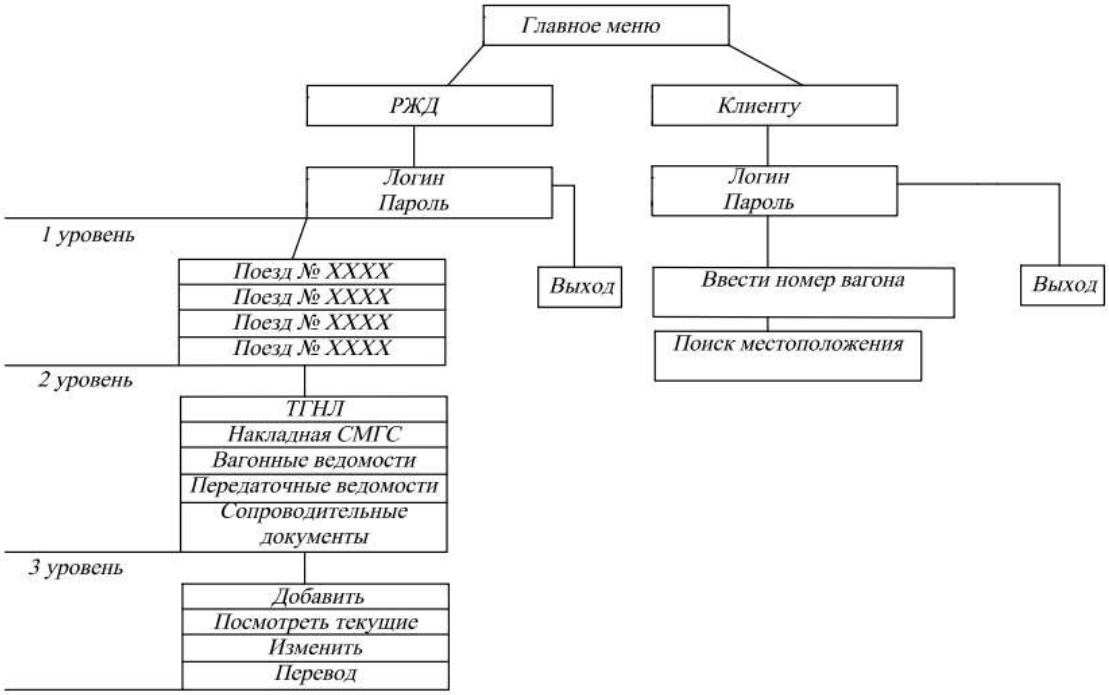


Рис. 3. Структурная схема программно-технического комплекса «RailDok»

Для оценки влияния применения комплекса «RailDok» на производственные процессы станции проведен анализ технологий обработки перевозочных документов на экспортный и импортный поезд «до» и «после». Общая продолжительность обработки документов на экспортный поезд, следующий за границу по колее 1520 мм сократилась на 30 минут. Экономия времени на обработку импортного поезда, прибывающего из-за границы по колее 1435 мм составила 20 минут. В результате сравнения вариантов технологий работы станции в течение суток «до» и «после» применения «RailDok»: уменьшилось фактическое время на обработку составов; сократился простой вагонов колеи 1520 мм на 0,3 ч.; сократился простой вагонов колеи 1435мм на 0,38 ч.; общий простой местного вагона уменьшился на 0,33 ч.; сократился средний простой под одной грузовой операцией.

Экономический эффект от внедрения программного продукта «RailDoc» в процесс международного документооборота заключается в уменьшении простоя местных вагонов КЖД на станции Забайкальск за счет сокращения времени обработки поездов. С учетом тарифной ставки простоя одного иностранного вагона на территории РФ ($е_{в\text{-}ч}$ = 1,23 франков), экономический эффект составил 1,82 млн. руб. в год.

В целях реализации принципа клиентоориентированности для повышения качества оказываемых транспортных услуг данный комплекс «RailDoc» позволяет развивать надежную систему отслеживания перемещения грузов, вагонов, контейнеров «от двери до двери», информируя грузоотправителя в реальном режиме времени об их фактическом нахождении на сети дорог. Риск потери груза при этом сводится к минимуму, грузовладелец получает актуальную информацию о грузе и его транспортабельном состоянии. Клиент может самостоятельно отслеживать груз, не имея повода для беспокойства о возможных несохранностях. С точки зрения клиента, такой подход обладает рядом преимуществ: предоставляет информацию о текущем местоположении груза, оповещает о маршруте следования груза, определяет дату истечения срока доставки. И этот сервис всегда доступен.

Таким образом, применение программного комплекса «RailDok» для документального оформления перевозочных документов позволило оптимизировать международный документооборот, систематизировать международные перевозочные документы, сократить продолжительность их обработки, а также уменьшить простои вагонов колеи 1520 и 1435 мм на межгосударственной передаточной станции Забайкальск. Стоит заметить, что программный продукт отвечает политике клиентоориентированности ОАО «РЖД».

Библиографический список

1. Временная технология организации работы погранперехода Забайкальск – Маньчжурия без взаимного участия представителей РЖД и КЖД в приеме и передаче грузов на сопредельных территориях, 2020 г.

2. Единая политика клиентоориентированности холдинга «РЖД» в области грузовых перевозок, 2016 г.

3. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Правительство Российской Федерации № 877-р от 17.06.2008

4. Технологический процесс работы грузовой межгосударственной передаточной станции Забайкальск Забайкальской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», 2020 г.

5. Ларченко Е.А., Еременко А.А. Процессный подход в системе менеджмента качества в управлении организацией // В сб. : Образование – Наука – Производство. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Чита, 2019. С. 46-51

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Е.В. Мартемьянова, С.В. Дружин, Н.Э. Фёдоров
Забайкальская железная дорога,
г. Чита, Россия

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ГРАНИЦАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В статье дана классификация технологических нарушений, отнесенных на ответственность дирекции управления движением (Д), проведен их анализ. Исследовано влияние технологических нарушений на безопасность движения, допущенных по ответственности Д от общего количества по Забайкальской железной дороге за 6 месяцев 2021 года. Произведен сравнительный анализ дирекций управления движений по удельному количеству технологических нарушений. Выявлены основные причины технологических нарушений по виду «задержка у входного сигнала».

Предложены мероприятия, направленные на повышение надежности технических средств и снижение технологических нарушений в хозяйстве движения.

Ключевые слова: отказы в работе технических средств; технологические нарушения; Касант; Касат; задержка у входного сигнала, расследование и учет случаев отказов в работе технических средств.

На сегодняшний день, вопрос учета и анализа технологических нарушений является одной из наиболее актуальных в сфере развития железнодорожного транспорта. Нарушения технологической дисциплины и недостаточная надёжность оборудования, вызванная целым рядом причин, нарушения порядка текущего содержания приводят к росту количества отказов технических средств. В свою очередь, отказы являются одной из основных причин нарушений безопасности движения поездов: крушений, аварий и случаев брака в работе, что может приводить к человеческим жертвам. Подавляющее количество отказов приводят к нарушению графика движения поездов и, соответственно, к их задержкам. Это, в свою очередь, напрямую влияет на экономические показатели ОАО «РЖД», поскольку перевозка грузов и пассажиров является основной деятельностью компании.

Выполнять график движения поездов обязаны все причастные к перевозочному процессу структуры и работники. Выполнение нормативного графика движения может быть достигнуто только слаженной, безаварийной работой всех структурных подразделений и технических средств. Безопасность движения является комплексным показателем, отражающим уровень развития техники, технологии, организации труда, методов управления, экономического состояния отрасли и правового законодательства. Этот показатель – один из наиболее значимых при определении престижа и конкурентоспособности транспортной отрасли. Обеспечение безопасности движения должно быть построено, прежде всего, на основе предупреждения аварийности и повышения надежности технических средств. Большую роль в этом играет правильная система статистического учета отказов технических средств и технологических нарушений, что способствует выработке мер, направленных на снижение аварийности.

В целях совершенствования системы учета отказов в работе технических средств, технологических нарушений и последствий на железнодорожном транспорте разработаны: Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ

и Положение об учете, расследовании и анализе технологических нарушений в перевозочном процессе на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАСАТ.

Развитие систем КАСАНТ/КАСАТ направлено на обеспечение достоверности учета отказов и технологических нарушений. На протяжении ряда лет система расширялась за счет получения информации из автоматизированных систем АС КМО, АСУ ВОП-2, АСК ПС и др.; отраслевых АСУ; фиксации неисправностей, выявленных средствами диагностики или при проведении работ по техническому обслуживанию.

По степени воздействия на перевозочный процесс и характеру принимаемых мер по их предупреждению отказы классифицируются по категориям. В 1-й и 2-й категориях учитываются отказы, приведшие к задержке пассажирского или пригородного поезда свыше 6 минут, грузового – свыше 15 минут. В 3-й категории учитываются все отказы технических средств, не имеющие последствий в виде задержек поездов, а также нарушения работоспособного состояния технических средств, выявленные в процессе планово-предупредительного технического обслуживания эксплуатационным персоналом, в том числе с применением средств диагностики, вне зависимости от продолжительности задержек поездов.

Технологические нарушения, отнесенные на ответственность Дирекции управления движением (Д) можно разделить на четыре основных блока:

– технологические нарушения по ответственности Д технологического характера;

– технологические нарушения по ответственности Д технического характера;

– технологические нарушения вне зоны ответственности Д внешние;

– технологические нарушения вне зоны ответственности Д по виду особая технологическая необходимость.

Целевыми показателями снижения количества технологических нарушений и поездо-часов потерь от них на 2021 год стали: снижение количества технологический нарушений к уровню прошлого года и снижение поездо-часов потерь от отказов технических средств всех категорий и технологических нарушений по ответственности дирекции на 1 млн. поездо-км к уровню прошлого года.

Рис. 1. Влияние технологических нарушений, допущенных по ответственности Д от общего количества по Забайкальской железной дороге за 6 месяцев 2021 года

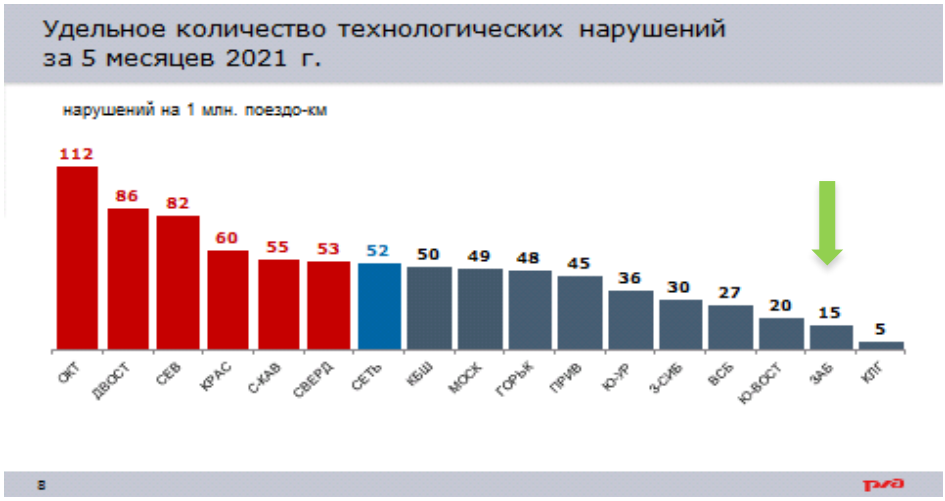


Рис. 2. Сравнительный анализ дирекций управления движений по удельному количеству технологических нарушений

Рис. 3. Сравнительный анализ дирекций управления движений по удельному времени задержки поездов по причине технологических нарушений

Большая доля технологических нарушений, отнесенных по ответственности на дирекцию управления движением это задержки поездов у входного сигнала. Наибольшее количество задержек допускается на предузловых станциях. С целью снижения времени технологических стоянок поездов на важнейших участковых станциях совместно с Т и В пересмотрен норматив обработки транзитных поездов со сменой бригады и установлен 30 минут (было 35 минут). Для контейнерных поездов данный норматив составляет 20 минут.

Основными причинами технологических нарушений по виду «задержка у входного сигнала» являются:

– нарушение нормативного графика движения поездов по вине дежурно-диспетчерского аппарата дирекции управления движения (за август 2021 года – 10 случаев);

– нарушение порядка пропуска поездов (за август 2021 года – 2 случая);

– невыполнение планов поездообразования, отправления и прибытия поездов, приведшее к задержкам поездов по неприему (за август 2021 года – 1 случай);

– отправление с технической станции грузовых поездов, не предусмотренных вариантным графиком в период проведения «окна» (за август 2021 года – 8 случаев);

– пропуск грузового поезда повышенной длины с соблюдением требуемых интервалов попутного следования (за август 2021 года – 1 случай);

– пропуск грузового поезда с особыми условиями пропуска (негабаритный груз, ВМ и др.) с соблюдением требуемых интервалов попутного следования (за август 2021 года – 3 случая);

– пропуск опаздывающего пригородного поезда с соблюдением требуемых интервалов попутного следования (за август 2021 года – 4 случая);

– пропуск пассажирского поезда с соблюдением требуемых интервалов попутного следования (за август 2021 года – 144 случая).

В целях повышения надежности технических средств и снижения технологических нарушений в хозяйстве движения предлагаются в рамках плана мероприятий следующие пути решения вышеуказанных проблем:

На железнодорожных станциях (внеклассных и 1 класса) проводить рабочие собрания с причастными сменными работниками по соблюдению порядка своевременного и качественного расследования и учета случаев отказов в работе технических средств, технологических нарушений, а также оформления графика исполненного движения, графика исполненной работы в автоматизированных системах;

Проводить отработку практических навыков с работниками непосредственно на их рабочих местах, в том числе исходя из анализа допущенных отказов в работе технических средств и технологических нарушений (при проведении технических занятий на станциях);

Выполнять проверки качества проведения технической учебы по графику с учетом анализа допущенных отказов в работе технических средств и технологических нарушений);

Проводить внутренние технологические аудиты с предоставлением результатов и перечня принимаемых мер в технологическую службу дороги.

Библиографический список

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» до 2030 года
2. Положение об учёте, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ
3. Положение об учёте, расследовании и анализе технологических нарушений в перевозочном процессе на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАСАТ

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Е.В. Мясникова
Забайкальская железная дорога,
г. Чита, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ НА УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье говорится о планах и задачах повышения провозной способности на участках Забайкальской железной дороги за счет использования инновационного подвижного состава, в частности полувагонов. Приведена величина грузооборота с 2015 года по настоящее время. Отражена структура грузопотока по видам сообщения.

Представлены результаты расчетов провозной способности участков Забайкальской железной дороги, в том числе и с учетом использования инновационного подвижного состава. Выявлены основные преимущества его использования и влияние на показатели эксплуатационной работы.

Ключевые слова: масса поезда, осевая нагрузка, провозная способность, инновационные вагоны, локомотивный парк, вагонный парк, техническая норма загрузки вагона, поезда повышенной массы, грузооборот, транзитное сообщение, структура грузопотока.

Приоритетным направлением повышения грузооборота согласно Долгосрочной программы развития железнодорожного транспорта в РФ до 2025 года является повышение провозной способности участков железной дороги за счет наращивания среднего веса поезда.

Практика показывает два решения: увеличить погонную и осевую нагрузку за счет повышения грузоподъемности грузовых вагонов, во втором случае, максимально удлинить поезд за счет увеличения количества вагонов в нем [2]. Произошло увеличение среднего веса грузового поезда на сети железных дорог РФ с 3380 т. в 2000 г. до предельных 4040 т. в 2017 г. и сейчас, первостепенной задачей является наращивание объемов тяжеловесного движения.

Не так давно, повышение величины грузооборота происходило за счет формирования длинносоставных поездов из грузовых вагонов нагрузка на ось, которых не превышала 23,5 тс. Требовалось проведение

инфраструктурных изменений путем удлинения приемоотправочных путей на станциях для приема и отправления длинносоставных поездов, что требовало вложения значительных средств. При существующих ограничениях пропускных способностей узлов и линий повышение провозной способности, в большинстве случаев, возможно только при увеличении осевой нагрузки и грузоподъемности вагонов [2]. Не смотря на то, что потребность в вагонах с нагрузкой на ось 25 тс. в полной мере не закрыта, участники транспортного рынка уже используют новые вагоны с нагрузкой на ось 27 тс. Это позволяет водить составы массой 11 тыс.т. такой же длины, что и поезда весом 7100 т.

Дальнейшие перспективы развития железнодорожного транспорта предполагают полное обновление подвижного состава за счет исключения из парка технически и морально устаревшей техники, закупки новые локомотивов, обновления вагонов грузового и пассажирского парков.

В целях повышения статической нагрузки вагонов, как следствие, объемов перевозки грузов увеличиваются технические нормы загрузки вагонов. Одним из решений является создания новых вагонов с улучшенными техническими характеристиками, так называемые инновационные вагоны.

В условиях полной реализации всех возможностей, предоставляемых инфраструктурой, широкое внедрение и активная эксплуатация инновационных вагонов дает возможность повышать производительность локомотивного и вагонного парков в грузовом движении.

Кроме того, на сегодняшний день, они не требуют технического обслуживания в пути следования и поэтому на технических станциях сокращаются временные и финансовые затраты на их обработку, что значительно ускоряет их пропуск. Следовательно, использование вагонов с повышенной осевой нагрузкой увеличивает долю безосмотровых плеч, т.е. поезд, сформированный из инновационных вагонов безостановочно следует и не осматривается шесть тыс. км, тем самым доставляет груз в пункт назначения на двое суток быстрее. Включая в состав поезда новые вагоны с повышенной осевой нагрузкой, дефицит пропускной способности удается сократить при поэтапном освоении планируемых объемов грузовых перевозок как в целом по сети железных дорог, так и на Восточном полигоне. Например, при условии формирования поездов весовой нормой 6300 т. дефицит пропускной способности сократится на этапах увеличения объемов перевозок: при увеличении объемов до 40 млн.т. в год дефицит сократится до 16 %; в объеме от 50 до 80 млн.т. в год – до 13 %; в размере от 90 до 100 млн.т. в год процент

составит – 15, а при формировании поездов весовой нормой 7100 т. каждый этап предполагает сокращение дефицита на 23 %.

Проведенные исследования изменения размеров провозной способности и величины грузооборота на участках Забайкальской железной дороги показали эффективность от внедрения инновационного подвижного состава. Одним из основных показателей работы полигонов железных дорог является грузооборот. В период с 2015 г. по настоящее время грузооборот на Забайкальской железной дороге имеет тенденцию к увеличению, рис. 1.

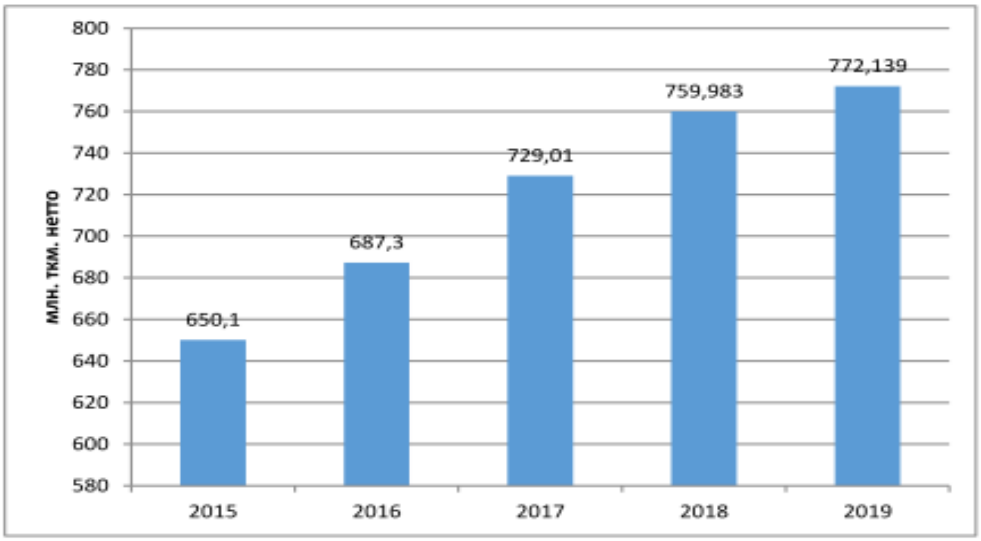


Рис. 1. Величина грузооборота на Забайкальской железной дороге

Если рассматривать динамику роста грузооборота по сообщениям, то большую часть составляет транзитное сообщение. Основной объем железнодорожных грузовых перевозок приходится на транзитные перевозки по Транссибу (97 %).

Основную долю в экономике региона представляют топливно-энергетические, горнодобывающие предприятия, а также комплексы лесопромышленной продукции, которых пользуются услугами железнодорожного транспорта. В направлении Дальнего Востока, в основном, обеспечивается собственная погрузка.

С 2016 года на Забайкальской железной дороге снизилась погрузка в местном сообщении на вывоз так как, по станции Сковородино передача нефти в сторону КНР стала осуществляться по нефтепроводу. Грузооборот в местном сообщении остается в стабильном положении. В пе-

речень преобладающих грузов входят: уголь, руда, строительные материалы, нефть, рис. 2.

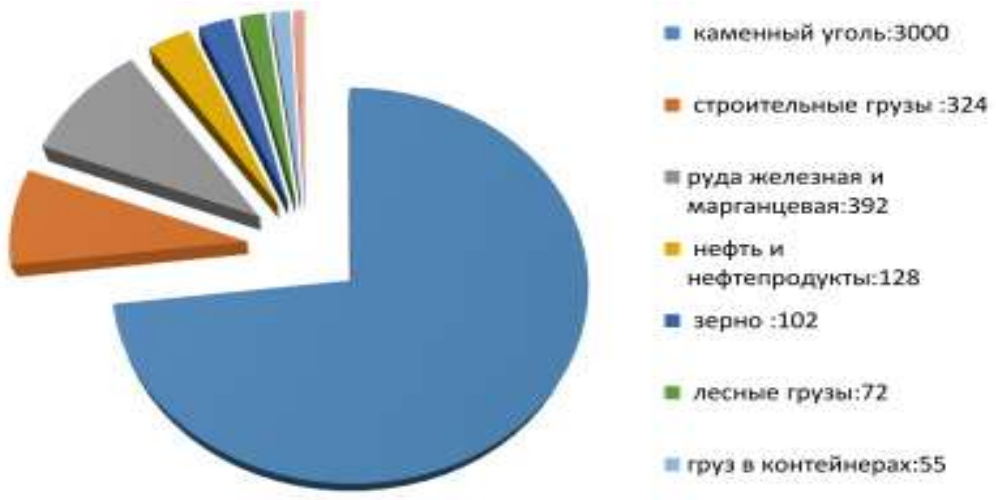


Рис. 2. Структура грузопотока на Забайкальской железной дороге

Наиболее востребованным подвижным составом для перевозки преобладающих грузов является полувагон, показатели использования которого значительно улучшились за последние годы [4]. Увеличилась средняя скорость доставки грузов в полувагонах. За счет повышения нагрузки на ось инновационного полувагона до 27 тс. увеличились объем кузова до 100 м^3 и грузоподъемность до 84 т. в результате максимального использования габарита подвижного состава, на 10–15 % снизился коэффициент тары. Внедрение инновационного подвижного состава в значительной степени повлияло на провозную способность участков Забайкальской железной дороги. На провозную способность в значительной степени оказывают влияние пропускная способность участков и направлений дороги, средняя масса грузовых поездов, структура поездопотока по категориям поездов и грузопотока по родам грузов. Общая провозная способность участков Забайкальской железной дороги по расчетам составила 2,7 млрд т. в год, рис. 3.

Общая провозная способность с использованием инновационного подвижного состава по расчетам составила 3,02 млрд т. в год, рис. 4.

Произведенные расчеты показали, что провозная способность увеличилась на 320 млн т., что составляет 8,5 %.

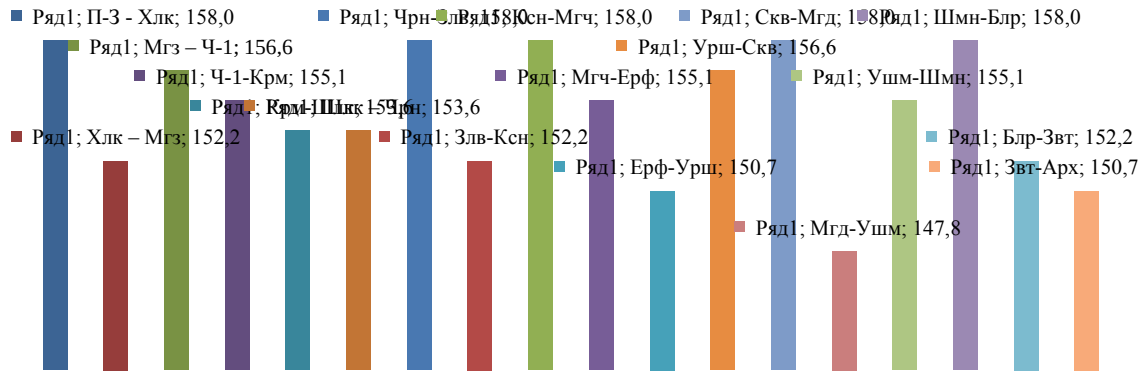


Рис. 3. Провозная способность участков Забайкальской железной дороги

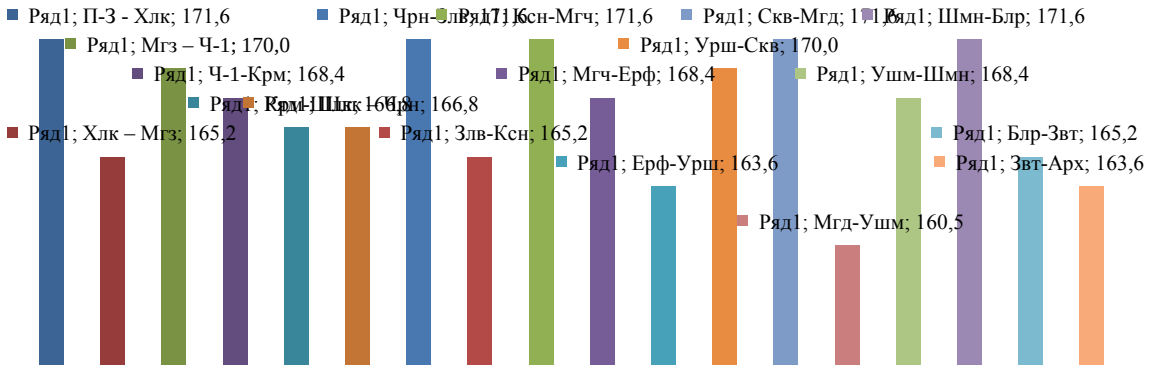


Рис. 4. Провозная способность участков Забайкальской железной дороги с использованием инновационного подвижного состава

В результате можно сделать вывод, что при существующих пропускных способностях станций и линий без изменения среднего состава поезда, поезд, сформированный из инновационных вагонов, имеет больший вес, чем поезд, сформированный из вагонов-аналогов. Но при этом следует отметить, что инновационные вагоны имеют коэффициенты динамики до 1,5 раз меньшие, чем у вагонов-аналогов. В этом случае предоставляется возможным одновременно увеличить провозную способность, производительности локомотива, вагона, и при этом сохранить существующее состояние верхнего строения пути.

Библиографический список

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» до 2030 года // Транспорт Российской Федерации, ООО «Т-ПРЕССА», 23.03.2018
2. Соколов А.М. Научные основы создания и оценки эффективности внедрения инновационных вагонов // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2015, № 2. С. 1-13
3. Филиппов В.Н., Смольянинов А.В., Козлов И.В., Подлесников Я.Д. Параметры инновационных вагонов и некоторые проблемы их реализации // Транспорт Урала. 2017, № 1 (52). С. 25-31
4. Ларченко Е.А. Оценка альтернативных вариантов унифицированной нормы массы грузовых поездов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы IV международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования ИрГУПС, Т. 2. Иркутск : ИрГУПС, 2015, С 346-350

Н.А. Лимкина
Государственное казенное учреждение Республики Мордовия «Научный центр социально-экономического мониторинга», г. Саранск, Россия

СОЦИАЛЬНЫЙ ПОРТРЕТ ПАССАЖИРА ПРИГОРОДНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Рассматривается динамика количества перемещений пассажиров пригородным железнодорожным транспортом в Республике Мордовия. Определены основные характеристики типичного пассажира электрички (пол, возраст, место проживания, использование льготного проезда). Проведен сравнительный анализ показателей по итогам I и II этапов социологического исследования структуры пассажиропотока. Отмечается роль повышения уровня комфортности и клиентоориентированности со стороны ОАО «РЖД». Акцентируется внимание на перспективности внедрения мультимодальных пассажирских перевозок, европейских систем транспорта типа tram-train.

Ключевые слова: пассажир, перевозки, пригородный железнодорожный транспорт, социально-демографические характеристики, льготный проезд, электропоезд.

В условиях сокращения пассажиропотока на пригородном железнодорожном транспорте в ряде регионов России изучение различных аспектов пассажирских перевозок приобретает особую актуальность. Негативная динамика числа перевезенных пассажиров в пригородном сообщении в стране свидетельствует об обострении проблем пригородного комплекса, о необходимости изменения подходов к его функционированию и развитию [3, с.122].

По данным Федеральной службы государственной статистики, в Республике Мордовия наблюдается отрицательная динамика отправления пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении за период 2017–2019 гг.: в 2017 г. – 338 тыс. чел., 2018 г. – 328 тыс. чел., 2019 г. – 313 тыс. чел. [2]. Если сравнить данные за 2019 г. с имеющимися аналогичными данными за 2005 г. и 2006 г. (1 688 и 1 835 тыс. чел. соответственно), можно наблюдать снижение значения показателя примерно в 5–6 раз [2]. При этом важную роль играет ряд факторов: экономический, который выражается в наличии или отсутствии финансовой выгоды при осуществлении перевозок; социальный – в доступности транспорта, удовлетворенности пассажиров качеством оказания услуг; политический – в обусловленности положительного отношения, доверия населения к власти в том числе наличием комфортного, безопасного, недорого способа передвижения и др. Понимание того, кто пользуется пригородным железнодорожным сообщением, позволит разработать комплекс мер, направленных на увеличение пассажиропотока за счет привлечения наименее представленных категорий.

Социологическое исследование «Анализ структуры пассажиров, пользующихся услугами пригородного железнодорожного транспорта» проведено сотрудниками ГКУ РМ «Научный центр социально-экономического мониторинга» (I этап – март 2021 г., n=676; II этап – июль 2021 г., n=665). В ходе разработки темы использованы методы социологического интервью и анкетного опроса. Целевая аудитория исследования – пассажиры пригородных электропоездов в Республике Мордовия. Пассажиры опрошены на 11 пригородных маршрутах в рабочие дни недели и по выходным.

Половозрастной состав. Согласно обобщенным данным двух этапов мониторинга, пригородные железнодорожные маршруты востребованы мужчинами и женщинами примерно поровну: хотя доля пассажиров женского пола чуть больше и составила 52 %, доля опрошенных мужского пола сравнительно меньше – 48 %. При этом на первом этапе исследования мужчины несколько чаще женщин (55 и 45 % соответственно) совершали перемещения электропоездами. На втором этапе ис-

следования соотношение поменялось в противоположную сторону: 59 % женщин и 41 % мужчин.

Более половины респондентов (51 %) – представители трудоспособного населения в возрасте от 23 до 54 лет. Примерно третья часть опрошенных (34 %) находится в возрасте от 55 и старше. Встретилось 10 % более молодых (от 18 до 22 лет) пассажиров, доля несовершеннолетних составила 5 %.

Сравнительный анализ результатов I и II этапов исследования показывает определенные изменения среди возрастных категорий пассажиров пригородных электропоездов. В летний период на 17 % выросло количество пассажиров старшего возраста, что объясняется увеличением поездок к родственникам, на приусадебные участки, за грибами и ягодами (рис. 1). Напротив, во время каникул зафиксировано меньше перемещений среди молодежи: на 6 % – среди несовершеннолетних, на 5 % – среди опрошенных в возрасте от 18 до 22 лет. Также на 5 % сократилось количество пассажиров среднего возраста, что, возможно, связано с сезоном отпусков.

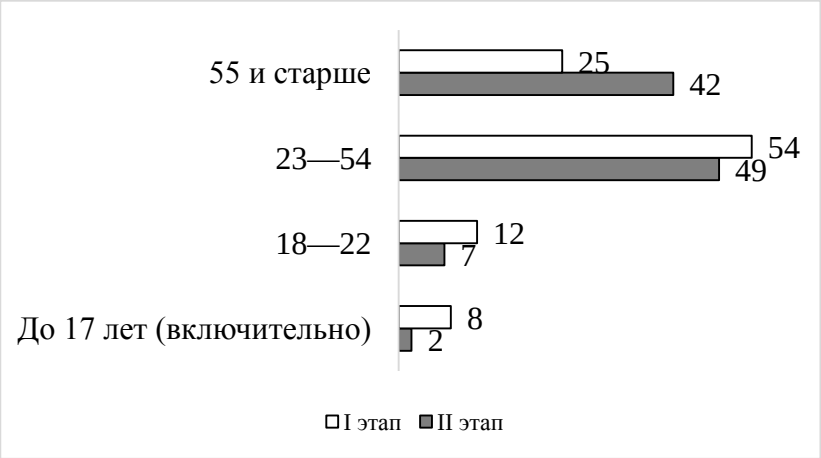


Рис. 1. Возрастные категории респондентов *(I и II этапы исследования)*, %

Место жительства. Абсолютное большинство (90 %) пассажиров являются жителями Республики Мордовия, почти половина из них проживает в г. Рузаевке и ГО Саранск (по 22 % опрошенных). Каждый десятый респондент (10 %) – из населенных пунктов, расположенных за пределами региона, география которых достаточно обширна: г. Москвы, Московской области (г. Люберцы), Пензенской области (г. Никольск, г. Пенза, пгт. Сура, п. Ночка, с. Кочетовка, с. Кравково, с. Павловка), Республики Чувашия (г. Алатырь, г. Канаш, пгт. Киря, с. Алтышево, с.

Атрать, д. Малые Бикшихи), Ульяновской области (г. Инза), г. Воронежа, Республики Коми (г. Воркута), г. Нижнего Новгорода, Республики Татарстан (с. Высокая Гора), г. Кемерова, г. Краснодара, г. Екатеринбурга, г. Архангельска, Тюменской области.

Льготные категории. Большинство респондентов (66 %) не пользуются льготным проездом, примерно каждый третий (34 %) имеет льготы. В основном к льготной категории относятся действующие или бывшие сотрудники ОАО «РЖД», которые воспользовались льготным (полностью бесплатным) проездом на пригородном поезде: их насчитывается 23 % от общего количества пассажиров на всех маршрутах за два этапа исследования. Встретились граждане – получатели социальной услуги, также имеющие право на бесплатный проезд. Остальные пассажиры с правом льготного проезда имели студенческие и пенсионные льготы, которые позволяют приобретать билеты дешевле номинальной стоимости. Отдельные респонденты сообщили о наличии бесплатного проезда в другом регионе (например, в г. Москве), но на территории Мордовии данный вид льготы не действует.

На втором этапе исследования отмечено уменьшение на 14 % количества пассажиров, имеющих право на льготный проезд в пригородных электропоездах (рис. 2). Снижение числа льготников в летний период произошло в связи с тем, что в каникулярное время сократилось количество перемещений студентов и учащихся, в отпускной период стало меньше на 9 % сотрудников ОАО «РЖД».

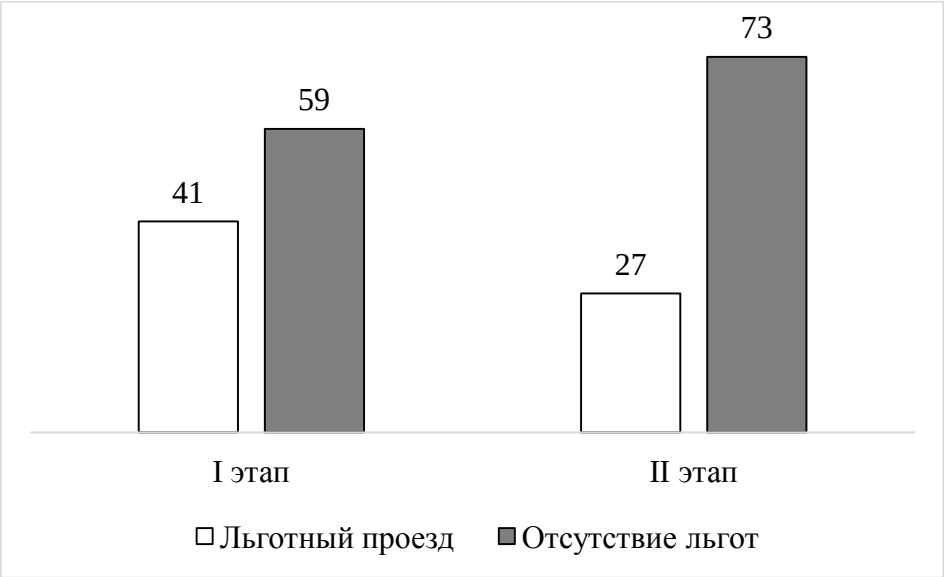


Рис. 2. Использование льготного проезда *(I и II этапы исследования)*, %

Таким образом, типичным пассажиром пригородного железнодорожного транспорта является женщина трудоспособного возраста от 23 до 54 лет, проживающая в Республике Мордовия, не пользующаяся правом на льготный проезд. Данная категория пассажиров очень внимательно относится к комфортности, уровню обслуживания и безопасности перемещения, приведем несколько отзывов:

1) *«Жесткие кресла, кресла не нравятся, они грязные, никто не убирает. Ехали с ребенком до ст. Воеводское, ребенку 12 лет. С нас взяли за проезд более 200 рублей. Проезд стоил 88 рублей. Обманули? Ладно, не дали ребенку льготу 40 %, еще и обманули. Больше не видела я этого кондуктора, молодая женщина была»;*

2) *«Поздно отправляется из Рузаевки, всего один вагон, народу много, социальная дистанция отсутствует. Почему дети школьного возраста не имеют льгот в пригородных поездах?»*.

Повышение уровня сервиса в электропоездах будет способствовать увеличению количества всех, а не только типичных категорий пассажиров. В рамках создания городской агломерации «Саранск – Рузаевка» представляется перспективным внедрение международного опыта создания совмещенных систем транспорта типа tram-train, анализ которых представлен учеными ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» А.Ю. Михайловым и М.И. Шаровым [1, с. 53–57].

Вполне реалистичный проект – мультимодальные пассажирские перевозки, позволяющие осуществить поездку по направлению на нескольких видах транспорта (например, пригородной электричке и автобусе), купив один проездной билет, что позитивным образом скажется на цене поездки и сэкономит время при пересадках. Этот способ перемещения позволяет связать несколько видов транспорта в одну работающую систему, скоординировать временные интервалы прибытия и отбытия в соответствии с запросами пассажиров. Иногородним пользователям пригородного железнодорожного сообщения будет проще приобрести «единый» билет в Интернете. Данный вид организации сообщения будет способствовать развитию регионального туризма.

Для организации обратной связи целесообразно разместить в каждом вагоне электропоезда ящик для обращений пассажиров, с его помощью можно будет узнать о возникающих проблемах, оперативно их решить; получить предложения по улучшению качества обслуживания. Аналогичную процедуру предусмотреть на сайтах заинтересованных компаний и органов государственной власти, осуществляющих и координирующих пригородные перевозки железнодорожным транспортом.

Библиографический список

1. Михайлов А.Ю., Шаров М.И. Исследование опыта создания совмещенных систем транспорта типа tram-train и исследование перспектив создания подобных систем в России для обеспечения устойчивого развития территории // Результаты современных научных исследований и разработок : сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 53-57
2. Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении [Электронный ресурс]. Федеральная служба государственной статистики. URL : https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1 (дата обращения: 27.07.2021)
3. Попова Е.А., Сербина Л.В. Технологии развития пригородных перевозок в Центральном Черноземье // Транспорт : наука, образование, производство («Транспорт-2019») : труды международной научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 122-125

Е.В. Мартемьянова
Забайкальская железная дорога,
г. Чита, Россия

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

РАЗВИТИЕ ПОГРАНИЧНОЙ СТАНЦИИ ЗАБАЙКАЛЬСК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК

В статье представлен анализ объемов перевозок экспортно-импортных грузов через международный пункт пропуска Забайкальск-Маньчжурия. Выделены грузы, преобладающие в 2021 году. Предложен сравнительный анализ экспорта и импорта. Выявлены барьерные места на станции Забайкальск, которые требуют инфраструктурных изменений. Проведен анализ загруженности горловин станции. Подробно представлена технология выполнения операций с их использованием. Предложены реконструктивные мероприятия элементов станции с разработкой новых технологических операций, позволяющих обеспечить перспективные объемы перевозок. Подробно приведена техноло-

гия формирования составов после реконструкции станции. Определена технологическая эффективность.

Ключевые слова: внешнеторговые грузы, экспорт, импорт, международный пункт пропуска Забайкальск – Маньчжурия, барьерные места станции, инфраструктурные изменения, реконструктивные мероприятия, изменение технологии, горочный технологический цикл, горловины парков, враждебность маршрутов следования, пробег горочного локомотива, перспективные объемы перевозок.

Станция Забайкальск продолжает оставаться важной артерией, связывающей сопредельные государства Россию и Китай при организации перевозок внешнеторговых грузов. Усиление внешнеэкономических связей между Россией и Китаем, особенно, в условиях развития в Забайкальском крае горнодобывающей промышленности и увеличения объемов погрузки угля, медных и железосодержащих концентратов, привело к возрастанию объемов грузооборота, а также намеренности станции к увеличению объемов экспортных поездов до восьми, импортных до 22 в сутки.

Основными видами грузов в 2021году являются: каменный уголь (92064,7 тыс.т), нефть и нефтепродукты (54243,3 тыс.т), руда железная и марганцевая (28742,8 тыс.т), строительные грузы (26269,36 тыс.т), черные металлы (17023,3 тыс.т), химические и минеральные удобрения (16472,9 тыс.т), а также лесные грузы (10464,9 тыс.т), рис. 1.

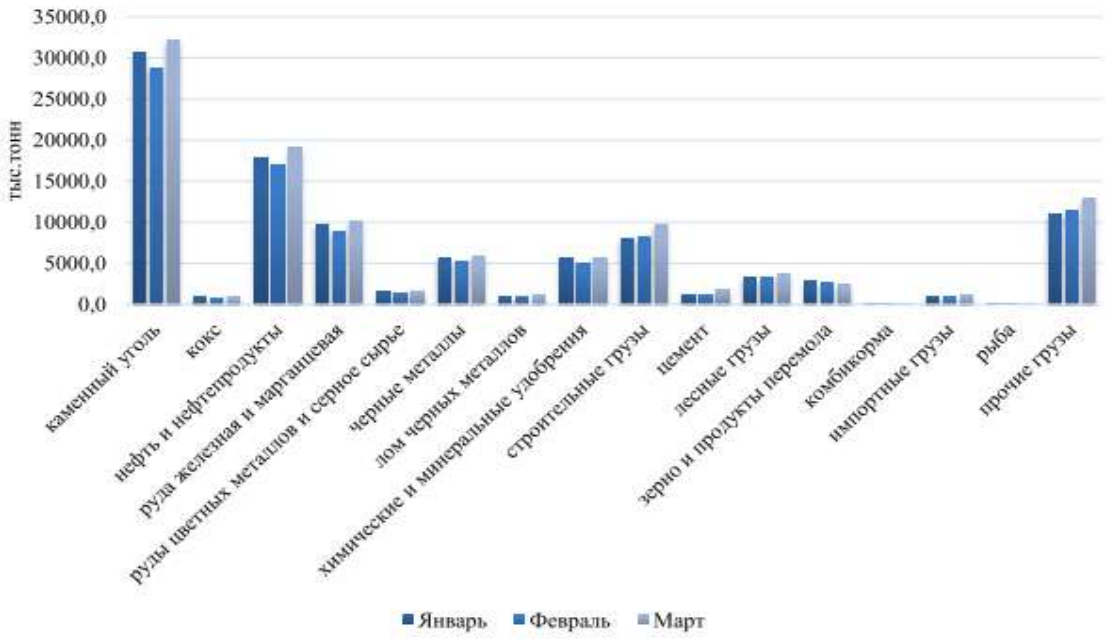


Рис. 1. Объемы основных видов грузов в 2021 году

Основными грузами, идущими на экспорт из России в Китай, являются: лесные грузы, руда, каменный уголь, минеральные удобрения, большим сегментом выступают контейнерные перевозки. Согласно статистическим данным за январь 2021 года через международный пункт пропуска Забайкальск – Маньчжурия перевезено 1,4 млн.т грузов, большая часть грузопотока пришлась на российский экспорт, объем которого сохранился на уровне 2020 года. При этом снизилась передача угля – с 373,7 тыс.т до 188,7 тыс.т в январе 2021 года. Сократились экспортные перевозки лесных грузов и руды. Это объясняется ограничением погрузки лесных грузов, угля, удобрений в адрес перехода Забайкальск – Маньчжурия из-за ограничений Китая в приеме вагонопотока в связи со сложной эпидемиологической обстановкой.

В условиях жестких карантинных мер ЗабЖД сохранила объем экспортных перевозок на уровне 2019 года, организовав перевозки в Китай 15,6 млн.т различных грузов, а объем импорта был увеличен на 8,7 %, до 2,2 млн.т. Несмотря на эпидемиологическую обстановку в КНР и в России, в секторе контейнерных перевозок сложилась положительная динамика. Перевезено 294 тыс.т грузов в контейнерах, что почти втрое больше, чем годом ранее. Вместе с тем в 2,2 раза вырос экспорт минеральных удобрений – до 197,6 тыс.т. Объем российского экспорта через железнодорожный переход Забайкальск – Маньчжурия за февраль 2021 года в сравнении с аналогичным периодом 2020 года вырос на 84,9 тыс.т (+13,8%), а за 2 месяца – на 162,6 тыс.т (+6,7%). Среднесуточная передача экспортных поездов по колее 1520 мм за февраль 2021 года составила 13 поездов, за аналогичный период 2020 года – 10,2 поезда.

Для обеспечения перспективных объемов перевозок станция Забайкальск нуждается в инфраструктурных изменениях. Барьерными местами станции, на сегодняшний день, являются стрелочные горловины парков «ПП» (восточная горловина) и «С» (западная горловина) – коэффициент заполнения пропускной способности – 0,99. По данным горловинам осуществляются следующие операции: перестановка из парка погранично-таможенного контроля «П» в приемо-отправочный парк «ПП» порожних поездов колеи 1520 мм, прибывающих со станции Маньчжурия; надвиг составов с порожними вагонами на сортировочную горку; выставление поездов своего формирования нечетного направления из сортировочного парка в парк «ПП»; подача поездных локомотивов/уборка вывозных локомотивов; подача-уборка вагонов на пути ПАО «ТрансКонтейнер» и ООО «ДВТГ – Терминал».

Еще одним барьерным местом на станции является сортировочный парк «С». При условии формирования не только порожних, но и груже-

ных составов, существующее путевое развитие парка «С» (восемь путей) в условиях увеличения объема перевозок будет недостаточным. Нагляднее проблему можно рассмотреть на рис. 2.

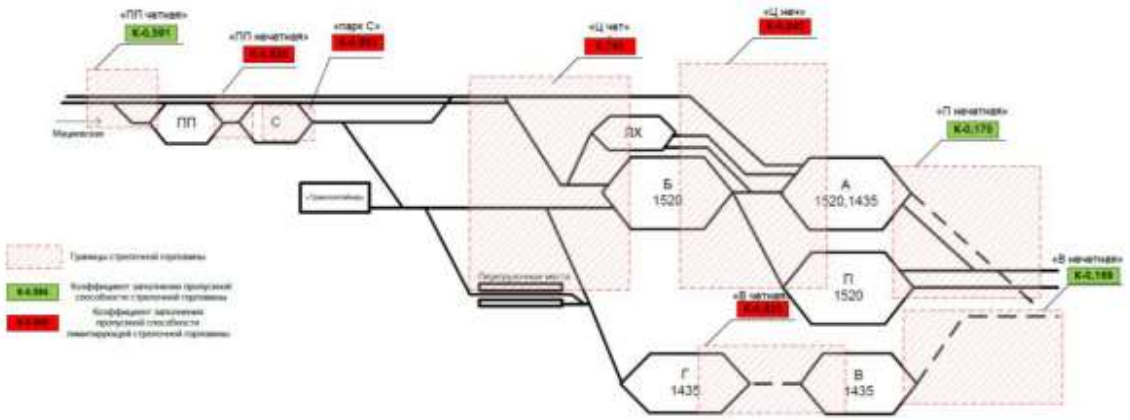


Рис. 2. Барьерные места на станции Забайкальск

На сегодняшний день перерабатывающая способность сортировочной горки составляет 994 вагона в сутки. По данным АО «ИЭРТ» при росте перевозимых экспортных и импортных грузов дефицит перерабатывающей способности составит на 2025 год – 1287 ваг/сут, в связи с чем, потребуются дополнительные мощности. Согласно нормативным документам ОАО «РЖД», на станции Забайкальск за сутки должно формироваться 22 импортных поезда и восемь экспортных поездов длиной 71 условный вагон. На данный момент, с учетом существующей технологии расформирования-формирования составов грузовых поездов, этот показатель не выполняется. Максимально на станции формируются 16 импортных и шесть экспортных поездов.

Невыполнение показателя обуславливается враждебностью маршрута следования, вызывающей простои состава в ожидании освобождения горловины между парком «ПП» и «С».

Для решения выявленной проблемы целесообразно провести следующие реконструктивные мероприятия: проектирование кривой, связывающей главный путь 91П и путь 44Т, необходимой для разгрузки стрелочных горловин парков «ПП» (восточная горловина) и «С» (западная горловина). Проектирование кривой позволит избежать операций, связанных с выставлением состава в парк «ПП», что значительно сократит время горочного цикла, а, следовательно, увеличит количество формируемых поездов. Также проектирование двух дополнительных путей в

парке «С» позволить усовершенствовать технологию сортировки вагонов.

Проектирование кривой и примыкание ее к главному пути 91П позволит избежать повторных действий по выставлению сформированного состава в парк «ПП» для дальнейшей отправки. Сформированный состав будет переставляться с сортировочных путей парка «С» на главный путь 92П поездным локомотивом, далее минуя съезд 102–104, по главному пути 93П продолжит движение до съезда 156 – 158, затем по съезду 156 – 158 продолжит движение до пути 44Т, далее движение будет осуществляться по спроектированной кривой до стрелочного перевода 1111, примыкающего к главному пути 91П, далее состав отправится по этому пути в сторону станции Мациевская.

По измененной технологии, сформированный состав будет отправлен в обход парка «ПП» по главному пути 92П. Такой порядок отправки сформированных составов грузовых поездов позволит сократить горочный цикл на 30 минут. Так как, отправление поездов будет осуществляться не через парк «ПП», а по главному пути, то операции, связанные с коммерческим и техническим осмотрами будут производиться в парке «С».

Таким образом, в результате проведенных реконструктивных мероприятий и изменения технологических операций возможно достичь следующих результатов, позволяющих увеличить пропускную способность станции: частичное устранение враждебности маршрута следования; сокращение горочного цикла на 36 минут; увеличение перерабатывающей способности сортировочной горки; увеличение поездопотока, за счет сокращения горочного цикла; сокращение пробега горочного локомотива.

Предварительный экономический расчет показал эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологии работы станции Забайкальск для обеспечения перспективных объемов перевозок.

Библиографический список

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» до 2030 года

2. Технологический процесс станции Забайкальск, 2019 г.

3. Технико-распределительный акт железнодорожной станции Забайкальск, 2019 г.

4. Федеральная служба статистики : сайт. URL : https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения 05.04.2021)

М.Е. Неделько, Н.Д. Шаванов, М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЗВЕШИВАНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ ПРИ РОСТЕ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

В статье представлен анализ роста рынка контейнерных перевозок в России, стратегические планы по контейнеризации и развитию направления Китай-Европа-Китай путём увеличения транзитных перевозок по территории Российской Федерации. Приведена сравнительная характеристика устройств для взвешивания контейнеров в зависимости от объёмов грузовой работы, приводя в пример крановые и платформенные весы для взвешивания контейнеров

Ключевые слова: контейнерные перевозки, взвешивание контейнеров, крановые весы, кран козловой.

Перевозка контейнеров из Китая в Европу может быть осуществлена с помощью авиационного, железнодорожного и морского транспорта [4]. Львиную долю перевозок осуществляет морской транспорт, который занимает 90 % всего китайско-европейского товарооборота [2]. Однако перевозка железнодорожным транспортом заметно выигрывает во времени и занимает около 15 суток, когда как для доставки контейнера водным транспортом при взаимодействии с железнодорожным потребуется от 35 до 50 суток [4].

Важным аспектом является безопасность перевозимого груза, его сохранность при перевозке. Правильность составления перевозочных документов.

Взвешивание массы контейнеров – операция, которая определяет ответственность перевозчика за сохранность перевозимого груза [9], правильность использования допустимой массы платформы, а также для контроля погружаемого груза [10]. На железнодорожном транспорте применяют различные виды устройств взвешивания. В этой статье будут рассмотрены характеристики двух типов весов для взвешивания контейнеров, будут выявлены их достоинства и недостатки.

Сектор контейнерных перевозок имеет огромный потенциал. Реализация стратегии контейнеризации может помочь увеличить объём транзитных железнодорожных контейнерных перевозок в четыре раза к 2024 году. Перевозки контейнеров за последние три года по сети ОАО «РЖД» превышают 5 млн ДФЭ. В планах на 2021 – превысить значение

в 6 млн ДФЭ. С конца 2020 года в ОАО «РЖД» принято решение о создании нового контейнерного оператора – АО «РЖД Бизнес Актив». К 2025 году новая госкомпания планирует обладать парком в 32 тыс. платформ и 95 тыс. контейнеров, а объёмы планируется довести до 2 млн ДФЭ.

Предполагается достичь следующие финансовые показатели: капитализация в 100 млрд рублей при объёме прибыли до вычета в 15 млрд рублей. Всё это поможет войти АО «РЖД Бизнес Актив» в тройку крупнейших контейнерных операторов в России.

Для достижения амбициозных целей в международных перевозках новой компании следует выполнять все требования таможенных органов, в первую очередь при перевеске контейнеров для сверки показателей в транспортной железнодорожной накладной с фактическими. Для этого используются весы различного типа.

Устройства для взвешивания фигурируют в патентах крановых весов, принадлежащих авторам: Ададурова Сергея Евгеньевича, Розенберга Ефима Наумовича, Розенберга Игоря Наумовича, Иконникова Евгения Александровича, Винокуровой Татьяны Алексеевны, Галушкин Андрей Борисовича, Колыско Александра Юрковича (патент 2009130177/11, 06.08.2009).

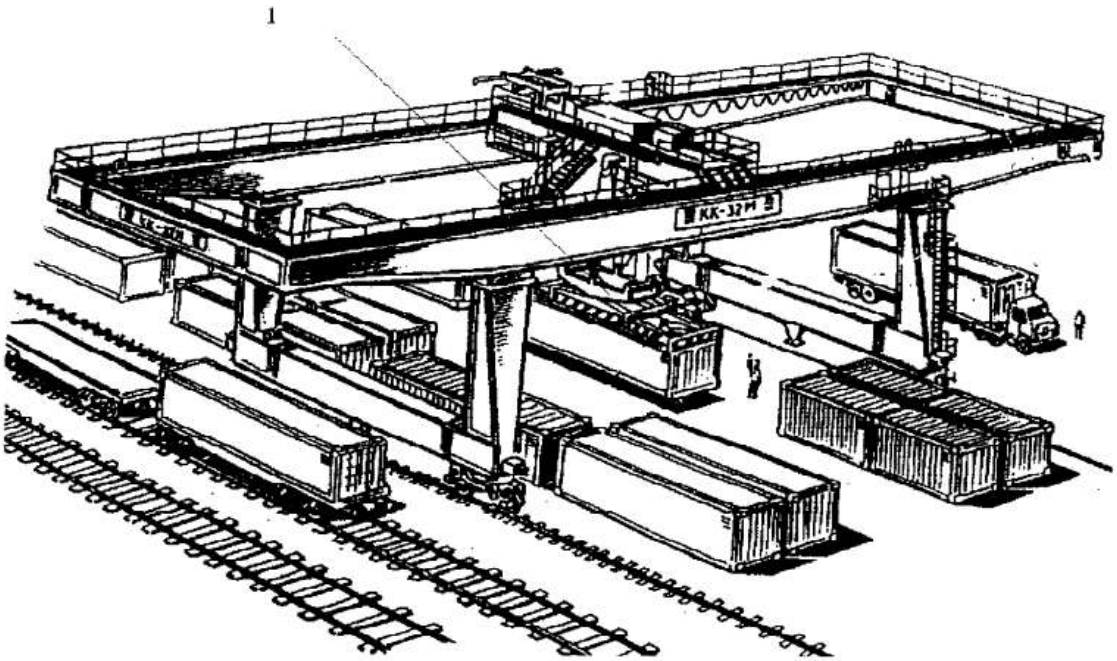


Рис. 1. Общий вид весов на траверсе крана

Крановые весы, являются весоизмерительным прибором, принцип которого заключается в том, что механизм взвешивания вмонтирован в корпус захватывающим устройством (крюком). На корпусе установлен дисплей, показывающий вес груза. Работа с устройством происходит следующим образом: после спуска траверсы происходит застроповка контейнера и его подъем. Через некоторое время происходит взвешивание контейнера. Время от начала подъема до взвешивания можно принять за 3 секунды, на это время программируемый таймер отключает устройство подъема. После чего происходит перестановка контейнера в указанное место. На рис. 1 показан общий вид весов на траверсе крана.

Главной положительной чертой крановых весов является то, что взвешивание контейнера может производиться при погрузке (разгрузке), следовательно, исключается дополнительные операции на взвешивание контейнера.

К недостаткам таких весов можно отнести то, что трос, на котором установлены крановые весы, должен быть установлен в вертикальном положении. В противном случае увеличиваются погрешности взвешивания.

При отсутствии у козловых кранов устройства для взвешивания контейнеров во время перегруза предлагается альтернативные вариант – платформенные контейнерные весы, которые могут располагаться на площадке между путями. Основным условием является то, что ширина площадки не должна быть меньше 3,63 метров при расположении контейнеров в один технологический ряд, учитывая технологические проходы приемосдатчиков [7].

Формула (1) для определения ширины контейнерной площадки:

$$B_{кп}=x\times(b+0,2)+1, \qquad (1)$$

где x – количество контейнеров, шт.;

b – ширина контейнера, м;

Рассчитаем ширину контейнерной площадки, где 40Ф контейнеры будут располагаться в один ряд:

$$B_{кп}=1\times (2,43+0,2)+1=3,63 \text{ м.}$$

На рис. 2 представлен вариант платформенных контейнерных весов.

Данные весы можно приобрести у ООО «Научно-производственное предприятие «Метра»» (Калужская область, г. Обнинск). Контейнерные весы предназначены для взвешивания грузовых контейнеров 20Ф и 40Ф. Данная модель может использоваться для определения оптимальной за-

грузки контейнеров (в целях недопущения перегрузки), для поэтапного взвешивания во время загрузки контейнера или для проверки и фиксации веса контейнеров при их приемке (для контроля утери части груза). Данные весы соответствуют ГОСТ OIML R 76-1-2011 и занесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации под № 63531-16 сертификат RU.C.28.313.A № 61848.

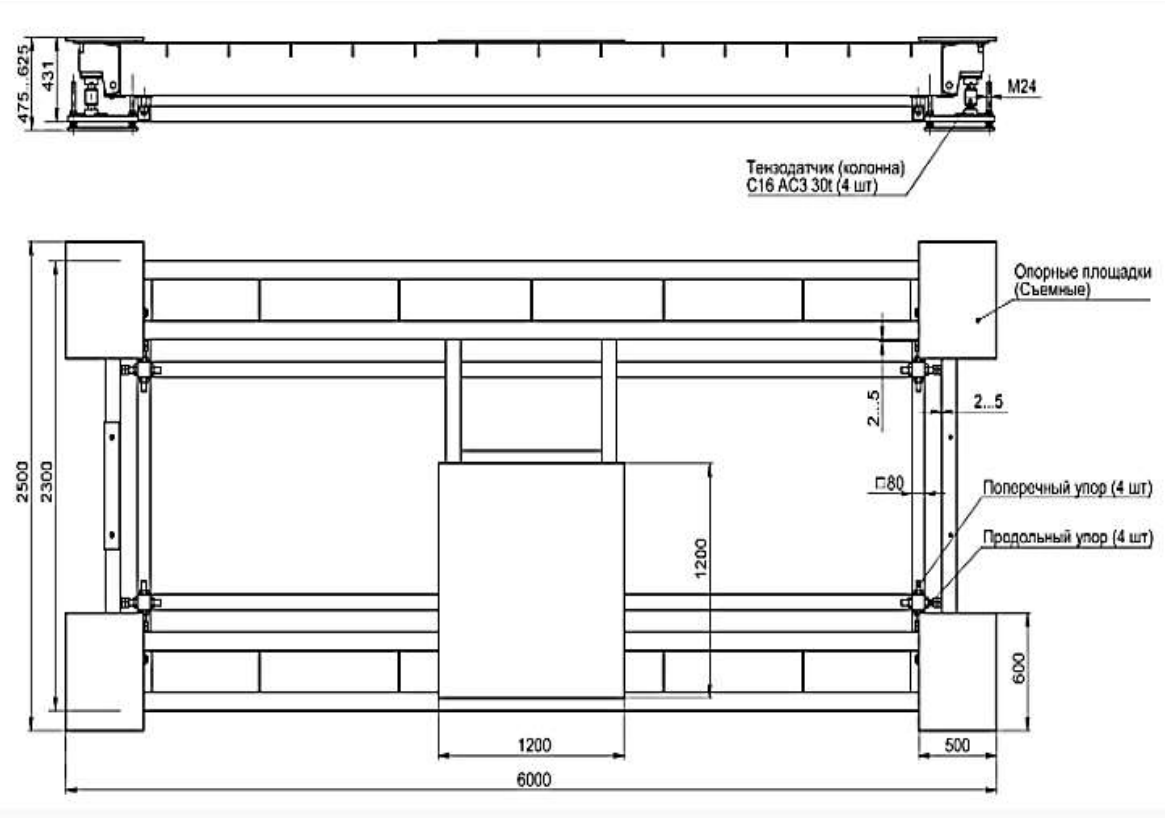


Рис. 2. Платформенные весы для взвешивания контейнеров 20-40Ф М8101-40-2500Х6000-М06-С-К-001

Грузоприёмное устройство представляет собой сборную конструкцию и имеет жесткую раму, которая адаптирована для установки контейнера. Температурный диапазон работы комфортен для эксплуатации в регионах с экстремально низкими температурами от -50 до +50 °С.

Тензодатчики платформенных весов типа «Column» имеют класс защиты IP 68 и могут производить выборку массы тары, устанавливать индикацию на нуль, производить автоподстройку нуля, диагностировать состояние сигналов и индицировать возникающие неисправности, выводить данные о взвешиваниях на компьютер по интерфейсам RS232 или RS 485, производить распечатку результатов взвешивания на непосредственно матричном принтере при эксплуатации весов без компьютера.

Проанализировав технические характеристики весов, можно сказать о том, что обработка контейнеров с участием крановых весов будет проходить быстрее, так как исключается операция по установке контейнера на весы, как это происходит в случае платформенных весов, а взвешивание происходит во время погрузки (выгрузки) контейнера. Особенно крановые весы выигрывают при объёмах более чем 25 контейнеров в сутки. Но стоит учитывать тот факт, что при неправильной застроповке контейнера или сильном ветре будет изменяться угол троса, в который вмонтированы крановые весы, из-за чего увеличивается погрешность измерения веса. Когда как платформенные весы исключают такую погрешность и могут быть полезны при более мелких объёмах контейнеров до 25 контейнеров в сутки.

Библиографический список

1. Song Chunhui. Research on Transportation Development of Container Port Starts. International Core Journal of Engineering, 2020, Vol. 6, Iss. 9, pp. 292-300. Доступ 20.12.2020. DOI: 10.6919/ICJE.202009_6(9).0037

2. Транзит грузов в контейнерах в сообщении Китай – Европа – Китай по сети РЖД удвоился в январе-ноябре // РЖД партнер.ру. [Электронный ресурс] : https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/tranzit-gruzov-v-konteynerakh-v-soobshchenii-kitay-evropa-kitay-po-seti-oao-rzhd-udvoilsya-v-yanvare / Доступ 20.12.2020

3. Китай – Европа : сухопутный контейнерный прорыв вопреки «экономиксу». TELS Эксперт. 29.01.2019 [Электронный ресурс] : https://telsgroup.ru/media_center/tels_in_the_press/4691.html. Доступ 20.12.2020

4. Технико-коммерческое предложение платформенных весов для взвешивания контейнеров 20-40Ф М8101-40-2500Х6000-М06-С-К-001. ООО «Научно-производственное предприятие «Метра». 2020 г. 4 с.

5. Работа на увеличение прибыли // Забайкальская магистраль от 23 марта 2021 года (№ 47), 7 полоса

6. Свод правил «Контейнерные площадки и терминальные устройства на предприятиях промышленности и транспорта», утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. N 886/пр и введен в действие с 4 июня 2017 г.

7. Методы обработки информации : учеб. пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов всех форм обучения и всех специальностей / Н.В. Раевский, Е.Н. Светлакова, В.В. Зубков, П.Е. Раевская. Чита : ЗабИЖТ, 2019. 80 с.

8. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / А.А. Смехов. М. : Транспорт, 1990. 351 с.

И.А. Пакшина
Государственное казенное учреждение Республики Мордовия
«Научный центр социально-экономического мониторинга»,
г. Саранск, Россия

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АКТУАЛИЗАЦИИ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ БИЗНЕСА, ГОСУДАРСТВА И ПАССАЖИРОВ ПРИГОРОДНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕГИОНЕ

В статье приводятся некоторые результаты анкетного опроса, проведенного ГКУ РМ «НЦСЭМ», среди пассажиров пригородного железнодорожного транспорта Республики Мордовия. На основе полученных данных делается вывод об актуализации проблемы социальной ответственности государства и бизнеса перед жителями небольших поселков и разъездов. Подчеркивается жизненная потребность в сохранении транспортного сообщения для труднодоступных и малонаселенных пунктов республики, расположенных вдоль железной дороги, и необходимость поиска баланса интересов со стороны органов власти региона и транспортных компаний, осуществляющих перевозки пассажиров.

Ключевые слова: пригородный железнодорожный транспорт, пассажир, малочисленные населенные пункты, социальная ответственность.

Пригородный железнодорожный транспорт является одним из эффективных способов перевозки большого количества пассажиров в Республике Мордовия. В условиях проведения структурных реформ на железнодорожном транспорте в регионе возникла проблема сокращения пригородных маршрутов.

С целью изучения общественного резонанса данных событий Научный центр социально-экономического мониторинга провел анкетный опрос «Пассажир пригородного железнодорожного транспорта». Исследование осуществлялось в 2 этапа: первый – в марте (2, 12 и 14 марта 2021 г.), второй – в июле (2, 3 и 5 июля 2021 г.). Опрос проводился на 11 маршрутах пригородного железнодорожного транспорта: «Рузаевка – Воеводское», «Воеводское – Рузаевка», «Красный Узел – Рузаевка –

Зубова Поляна», «Зубова Поляна – Рузаевка – Красный Узел», «Саранск – Зубова Поляна», «Рузаевка – Ужовка», «Ужовка – Рузаевка», «Рузаевка – Ночка», «Ночка – Рузаевка», «Алатырь – Красный Узел», «Красный Узел – Алатырь». Маршруты включали в себя как внутрирегиональные (например, «Рузаевка – Воеводское», «Красный Узел – Рузаевка – Зубова Поляна» и др.), так и межрегиональные («Алатырь – Красный Узел», «Рузаевка – Ночка» и др.) направления следования.

Основной метод исследования – разовый сплошной опросный метод, который предполагал кратковременный опрос всех пассажиров в салоне общественного транспорта по разработанной анкете. Каждому пассажиру исследуемого направления было предложено ответить на вопросы относительно демографических характеристик, детализированного маршрута следования, целей и частоты поездок, наличия льгот при оплате транспортной услуги, а также оценить свою удовлетворенность расписанием движения (последний вопрос задавался только на втором этапе).

По итогам 1 этапа было опрошено 676 чел., второго – 665 чел. При этом 47 чел. отказались отвечать на вопросы анкеты на первом этапе, 72 – на втором.

Проведение двух этапов исследования структуры пассажиров, пользующихся услугами пригородного железнодорожного транспорта, показывает, что данный вид транспорта востребован определенной частью населения Мордовии. В основном это люди активного трудоспособного и пожилого возраста. Многие пассажиры осуществляют поездки между определенными пунктами в направлении «туда» и «обратно» (поездки по маршруту «дом–работа–дом» или «дом–учеба–дом»). Кроме того, люди на регулярной основе свершают поездки в аптеку, магазины, к врачу. Неформальный опрос пассажиров показал, что пригородным перевозкам свойственна сезонная неравномерность и цикличность: на некоторых маршрутах пассажиропоток увеличивается в летний период (сезон проведения сельскохозяйственных работ на дачах и приусадебных участках, а также сбора ягод и грибов).

Результаты проведенного исследования наглядно продемонстрировали, что пригородные электрички в регионе выполняют не только экономическую функцию, осуществляя пассажирские перевозки, но и социальную функцию.

В Мордовии существует ряд малонаселенных пунктов, насчитывающих всего несколько домов, и расположенных вдоль железнодорожной дороги. Например, разъезд Журловка Кочкуровского района на маршруте «Воеводское – Рузаевка», поселки Красноармейский и Центральный

Торбеевского района на маршруте «Красный Узел – Рузаевка – Зубова Поляна», разъезд Бобоедово, с. Ушаковка Атяшевского района, разъезд Рейтарский Ромодановского района на маршруте «Алатырь – Красный Узел» и многие др. Проживают там, как правило, пожилые люди, Для них наличие электрички является единственной возможностью выехать за пределы своего населенного пункта, в котором отсутствуют основные социальные объекты (МФЦ, ФАП, аптека, некоммерческие магазины).

Для жителей этих населенных пунктов доступны только железнодорожные перемещения, т.к. автобусное сообщение либо отсутствует, либо оно есть, но является крайне нерегулярным и мало приспособленным к нуждам жителей. Стоимость услуг такси между близлежащими населенными пунктами несоизмерима со стоимость проезда в электричках, что делает их недоступными для подавляющего большинства жителей сельской местности. Кроме того, проблемой является то, что в весенний период нередко происходит подтопление дорог, мостов, что полностью изолирует жителей ряда населенных пунктов от внешнего мира. Результаты качественного анализа полученных данных показали, что практически на каждом исследуемом маршруте есть станции, на которых жители пользуются электричками для поездки за продуктами и лекарствами не только для личных нужд, а для всей деревни. Для жителей этих малочисленных населенных пунктов железная дорога является единственной «связующей нитью» с внешним миром.

Пригородный железнодорожный транспорт повышает мобильность граждан, обеспечивает доступность для населения объектов социального и культурного значения. Однако пригородные перевозки пассажиров на железнодорожном транспорте являются убыточными как в Республике Мордовии, так и в целом по нашей стране. С настоящее время сложилось противоречие между экономической рациональностью, целесообразностью и социальной ответственностью государства и владельцев компании перед населением. Таким образом, социологический опрос выявил актуализацию проблемы социальной ответственности государства и бизнеса перед жителями небольших поселков и разъездов.

Концепция социально ответственного бизнеса сформировалась в конце 60-х – начале 70-х годов XX в. М.В. Бикеева указывает на важное и уникальное свойство корпоративной социальной ответственности, обуславливающей популярность и актуализацию данной концепции, – «это ответственность компании перед заинтересованными группами, с которыми она сталкивается в процессе деятельности и перед обществом в целом» [1]. Социально ответственное поведение компаний, особенно в США и Европе, стало настолько «выгодным», что экономическое разви-

тие не мыслится без их участия в решении социальных проблем общества [3, с. 40].

Необходимость социально ответственного отношения государства, бизнеса и общества, по мнению Н.В. Кузнецовой, обусловлена тем, что «затраты компаний на проведение социально ответственной политики по сути представляют собой долгосрочные инвестиции, направленные на улучшение условий бизнеса. Успешный бизнес обеспечивает рабочие места, инвестирует производство товаров и услуг, выплачивает налоги и, в конечном счете, приводит к подъему экономики» [3, с. 40].

Е.А. Бондарева подчеркивает, что «участие в решении социальных проблем может стать важным фактором коммерческого успеха», так как оно «способствует налаживанию взаимодействия между деловыми кругами и сообществом» и «является сегодня необходимым фактором выживания бизнеса и залогом его конкурентоспособности» [2].

В настоящее время содержание маршрутов пригородного железнодорожного транспорта ложится тяжелым бременем на бюджет Республики Мордовия, поскольку именно регионы формируют заказ на пригородные поезда и компенсируют выпадающие доходы железнодорожных перевозчиков. Однако пригородный железнодорожный транспорт является эффективным средством перевозки большого количества пассажиров. Он повышает мобильность граждан, обеспечивает доступность для населения объектов социального и культурного значения.

Результаты проведенного социологического опроса показали, что в сложившихся условиях электропоезд является крайне востребованным средством передвижения для пассажиров, живущих в сельских поселениях, расположенных вдоль железной дороги. Несмотря на низкую экономическую эффективность, организация транспортного сообщения для труднодоступных и малонаселенных пунктов республики является жизненно необходимой и требует пристального внимания и поиска баланса интересов со стороны органов власти региона и транспортных компаний, осуществляющих перевозки пассажиров.

Библиографический список

1. Бикеева М.В. Теория корпоративной социальной ответственности в условиях европейской интеграции [Электронный ресурс] // Экономические исследования и разработки. 2017. Режим доступа : http://edrj.ru/article/23-08-17

2. Бондарева Е.А. Социальная ответственность государства и бизнеса: вопросы теории и практика реализации [Электронный ресурс] // Панорама. 2013, № 2 (6). С. 95-105. Режим доступа : https://elibrary.ru/item.asp?id=28397374

3. Кузнецова Н.В. О реализации социально ответственности на региональном уровне в России // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2012, № 1 (61). С. 40-47

Н.В. Рыжук, А.А. Громченко
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ЛОГИСТИКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ

В статье рассматривается основные факторы, существенно повлиявшие на все сферы деятельности, включая транспортную отрасль в 2020 году, стала пандемия коронавируса нового типа COVID-19, которая следовала за тенденциями ухудшения мировых макроэкономических показателей и конъюнктуры 2019 года. Указали факторы формирования неопределенности в долгосрочных отношениях транспортно-логистических систем. Были рассмотрены проблемы глобальной экономической системы, вызванные Covid-19, не только ускоряют отмирание неэффективных бизнес-стратегий, но и стимулируют развитие новых технологий и тенденций. То, что считалось перспективами ближайшего будущего, уже реализуется в наше время.

Ключевые слова: COVID-19, железнодорожный транспорт, кризис, логистика, конкурентоспособности, логистическая деятельность, пандемия, ОАО «РЖД», тарифы, компании, железнодорожные перевозки.

В любом кризисе сразу возникают споры, кто виноват, и что делать. Сегодня, в текущей рыночной ситуации, этот вопрос очень важен [3, с.238].

Из-за пандемии коронавируса и связанного ней падения экономической активности во всем мире в первой половине года значительно снизились перевозки. Однако благодаря принятым мерам и изменению форм работы с клиентами погрузка на железнодорожном транспорте уже начала увеличиваться. Последствия эпидемии явственно обозначили направления, какие способы железнодорожных перевозок будут востребованы. В целом погрузка за январь – июнь 2020 года, по оперативным данным, составила 605,1 млн. тонн, что на 4,5 % меньше, чем за аналогичный период прошлого года, по понятным причинам снизились перевозки тех групп, которые связаны с энергопотреблением и традиционной металлургией [5, с.19].

Негативные последствия в том числе, резкое и беспрецедентное сокращение объема предоставляемых транспортных услуг во всем мире, последовали в связи с высоким риском заражения, закрытием границ, введением ограничений на передвижение людей и товаров; разрывом производственносбытовых цепочек; снижением спроса и покупательской способности; повышением противоэпидемиологических и санитарных требований.

Указанные факторы (см. Рисунок) сформировали существенную неопределенность в долгосрочной перспективе в отношении транспортно-логистических систем, как на макро, так и на микроуровнях, в том числе общее снижение деловой активности и спроса [4, с.60].

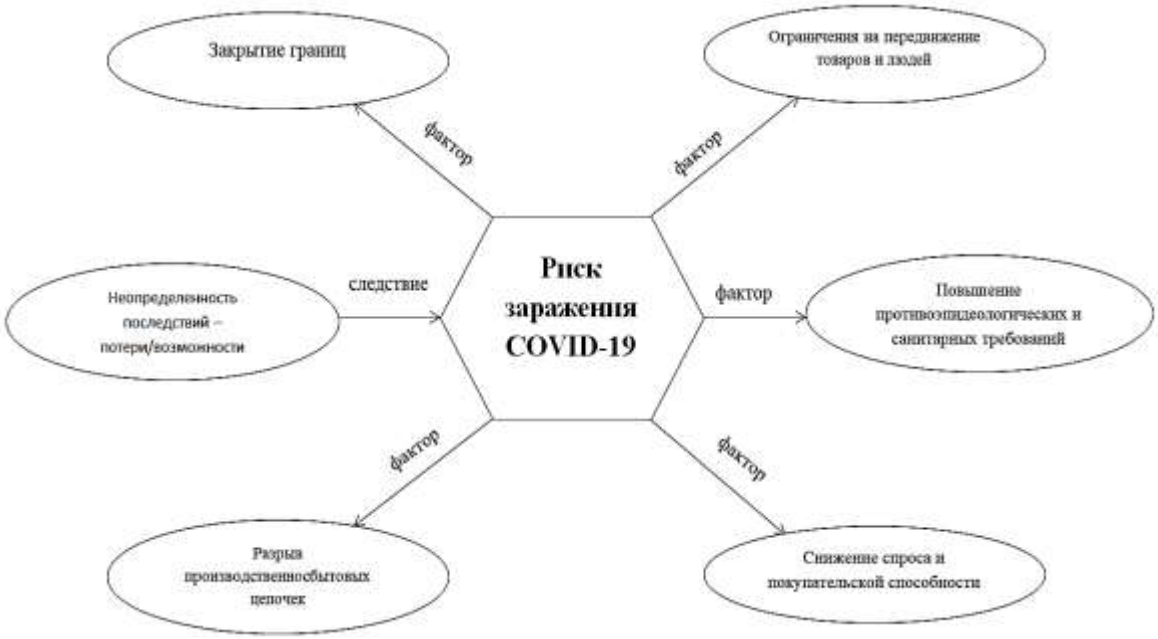


Рисунок. Факторы пандемии коронавируса нового типа, повлиявшие на транспортную отрасль

Несмотря на это, железнодорожный транспорт на фоне других видов транспорта (особенно авиационного и автомобильного) показал большую устойчивость и конкурентоспособность работы в экстремальных условиях, благодаря возможности осуществлять перевозку грузов при участии минимального количества ресурсов. Поэтому органы исполнительной власти государств рассматривали грузовые перевозки железнодорожным транспортом в качестве основного средства доставки товаров первой необходимости населению (продовольствия, угля, лекарств, средств индивидуальной защиты и др.).

В целях обеспечения конкурентоспособности железнодорожного транспорта по сравнению с альтернативными видами транспорта и стимулирования роста объёмов перевозок во II квартале вступил в действие ряд решений о снижении уровня тарифов в рамках ценовых пределов, которые по ряду внутрироссийских и экспортных направлений повышают конкурентоспособность железнодорожного транспорта и продукции российского производства на товарных рынках, – рассказали в ОАО «РЖД». Для стимулирования роста и привлечения дополнительного объёма перевозок железнодорожным транспортом грузов, перевозимых мелкими партиями или с использованием альтернативных видов транспорта и относящихся в основном к продукции малого и среднего бизнеса. Приняты решения о снижении уровня тарифа на внутрироссийские перевозки в крытых вагонах от 9,4 до 42,5 %, на перевозки ряда грузов третьего тарифного класса в составе сборной повагонной отправки. Также на 25 % для ряда грузов первого тарифного класса на расстояние до 300 км и 50 % для ряда грузов второго и третьего тарифного классов на расстояние до 720 км [3, с.238].

При этом эпидемия не замедлила контейнерные перевозки, а также процесс дальнейшего перехода на этот удобный вид перевозок различных грузов.

Так, в январе – июне 2020 года по сети ОАО «РЖД» во всех видах сообщения было перевезено более 2,7 млн. гружёных и порожних контейнеров ДФЭ, что на 14,5 % больше, чем за аналогичный период 2019 года.

По оценкам ОАО «РЖД», постепенное восстановление объёмов погрузки начнётся уже III квартала, когда негативные последствия пандемии многими секторами экономики будут нивелированы и начнётся стадия восстановительного роста. Для поддержки грузоотправителей в этот период компания «Российские железные дороги» предложит работу по максимальному освоению предъявляемого объема перевозок.

В сложных условиях железнодорожный транспорт показал свои преимущества – стабильность, надёжность, технологичность и экологичность. Такие преимущества сегодня востребованы, и это необходимо использовать для сохранения и увеличения грузопотоков.

Уже сегодня доля экспортных перевозок от совокупного объема перевозки груженых контейнеров по сети РЖД составила 38 %, внутренних 27 %. И этот рост явно продолжится и после эпидемии, поскольку Правительство России поддержало предложение о субсидировании транзитных перевозок контейнеров. Более того, значительно больше в контейнерах стало перевозиться дорогостоящих электронных приборов, тех, что раньше предпочитали перевозить грузовой авиацией. Самый

близкий путь из Китая в Европу через Казахстан, где работает компания «ОТЛК ЕРА» [5, с.20].

Следуя тренду на увеличение объёмов грузоперевозок в сообщении с Китаем, мы реализовываем скоростную доставку сборных грузов в багажных вагонах в составе пассажирских поездов по маршруту Пекин – Москва/Москва – Пекин за шесть суток.

Сервис продвигается под брендом RailJet. В процессе взросления логистического рынка в России промышленными предприятиями всё больше будет востребована услуга логистического аутсорсинга, уже сейчас портфель наших клиентов представлен полусотней компаний.

В связи с реализацией масштабных инфраструктурных проектов, в первую очередь развития Северного морского пути, уже сейчас чрезвычайно востребованы комплексные решения по мультимодальной доставке негабаритных и тяжеловесных грузов. Компания имеет все необходимые компетенции и опыт для проведения таких проектов. Важно отметить, что за счёт кризисных явлений, приведших к сокращению грузовой базы и повышению конкуренции между поставщиками логистических решений, рынок ждёт консолидация, И в этих условиях крайне важно иметь единую стратегию по развитию логистического бизнеса в контуре транспортно-логистического блока холдинга «РЖД».

В условиях поэтапного смягчения карантинных мер в Красноярском крае и Республике Хакасия на Красноярской дороге сохраняется режим повышенной готовности в связи с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой. В таких условиях Красноярский территориальный центр фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО) [6] выстроил эффективное взаимодействие с действующими и потенциальными клиентами [5, с.23].

Продолжается проведение аттестации ответственных работников грузовладельцев на предмет знаний технических условий размещения и крепления грузов в онлайн-режиме, особенно для повторной аттестации и грузоотправителей из удалённых районов (в апреле – июне проведено 96 дистанционных аттестаций работников). Сохраняется упрощённый порядок приёма и согласования схем размещения и крепления груза на подвижном составе. Процесс договорной работы также осуществляется по упрощённому порядку.

Железнодорожники, как и другие, почувствовали на себе последствия введенных ограничительных мер. Монополии срочно требовалось применять новые рыночные методы ведения бизнеса. По мнению экспертов, еще никогда он не был таким универсальным и гибким за такое короткое время [1].

Компании снизили транзитные тарифы на порожние универсальные контейнеры из третьих стран в Китай до 40 % и совместно с немецкой компанией DB Cargo запустили транзитный сервис по доставке грузов из Китая в Калининград.

К слову, в этом году объем контейнерных перевозок увеличился на 13 %, а отгрузка рыбных консервов в контейнерах с Дальнего Востока увеличилась в 15 раз. Их доставляют грузовыми экспрессами по железным дорогам Москвы, Свердловска и др. Ситуация с отгрузкой угля находится под контролем государства. В марте 2020 года РЖД и администрация Кузбасса достигли договоренности, закрепив ежемесячные планы по экспорту угля из региона.

Соглашения позволили диверсифицировать транспортировку угля из Кемерово во всех направлениях (запад и юг), а не только на восток, где это необходимо, но железных дорог уже недостаточно угольных компаний для постоянно растущего аппетита Кемерово. При этом текущие обязательства РЖД уже выполнены, несмотря на недостаток мощностей: только в марте на восток было экспортировано 4,8 млн. тонн угля, из которых 4,6 млн – на экспорт.

Однако проблемы глобальной экономической системы, вызванные Covid-19, не только ускоряют отмирание неэффективных бизнес-стратегий, но и стимулируют развитие новых технологий и тенденций [6]. То, что считалось перспективами ближайшего будущего, уже реализуется в наше время [2, с.92].

Заключение

Глобальная пандемия коронавируса не только вызвала негативные последствия, но и открыла множество точек роста для сектора транспорта и логистики. Многообещающие новые технологии уже быстро внедряются в нашу повседневную жизнь для смягчения последствий коронавируса. Нестабильная экономическая ситуация усугубила большинство логистических проблем и обнажила дефицит. Основные игроки рынка логистики обеспечивают логистику для своего основного клиента, снижая при этом затраты, а также обеспечивают таможенное оформление, юридическое сопровождение и сертификацию логистических операций.

В работе приведены основные факторы пандемии коронавируса нового типа Covid-19, повлиявшие на транспортную отрасль в 2020 году, а также предложена формулировка задачи управлении логистическими рисками при перевозке грузов железнодорожным транспортом.

Предлагается решение сформулированной проблемы через разработанную операционную модель, с помощью которой можно проводить эффективную идентификацию логистических рисков и их факторов с учетом специфики бизнес-процессов железнодорожного транспорта и

конкретных функциональных областей – перевозчик. При этом можно определить весь перечень последствий, связанных с логистическим риском, и типовые меры по предотвращению и влиянию на логистические риски.

Библиографический список

1. Арсеньев П. Пандемия не помешала железнодорожникам нарастить объемы // Российская газета – Федеральный выпуск. 2020, № 81

2. Минайлов А.С. Железнодорожная и портовая отрасль во время пандемии COVID-19 // Инновационная наука. 2020, № 11. С. 92-93

3. Прусова В.И. Тимофеева А.О. Булыкина А.С. Проблемы логистических компаний в условиях нестабильной экономики // Экономика и бизнес : теория и практика. 2020, № 12-2 (70). С. 238-242

4. Уманец В.В. Логистические риски при железнодорожных перевозках в период пандемии // Экономика железных дорог. 2021, № 3. С. 60-66

5. Харнас А.В. Эпидемия выявила точки роста // Транспортно-логистический вестник. ОАО «РЖД». № 3 (7), август 2020

6. Рыжук Н.В. Логистика новых реалий. Цифровой сервис // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : труды XXIV Всероссийской научно-практической конференции (25-27 ноября 2020 г., г. Красноярск) / КрИЖТ ИрГУПС ; отв. ред. В.С. Ратушняк. Красноярск, 2020. Ч. 1. С. 109-111

Е.Н. Светлакова, Т.М. Мамонтова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

А.А. Канин
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ АБТЦ-МШ НА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Рост объемов перевозок на главном ходу Забайкальской железной дороги вызывает необходимость увеличения пропускной способности участков. Перспективным способом повышения пропускной способности является интервальное регулирование движением поездов. Рассматриваемая в статье новая микропроцессорная система интервального регулирования АБТЦ-МШ позволяет снизить межпоездной интервал до 6-8 минут. В данной статье представлены преимущества данной системы и задачи, решение которых необходимо для её внедрения.

Ключевые слова: пропускная способность, интервальное регулирование, межпоездной интервал, автоблокировка.

Постоянный рост поездопотоков на главном ходу Забайкальской железной дороге, в среднем на 10 % в год, вызывает необходимость решать проблему наращивания пропускных способностей лимитирующих участков.

В результате сравнительного факторного анализа было установлено, что одним из главных показателей, влияющих на пропускную способность железнодорожной линии, является межпоездной интервал, который в свою очередь ограничивается условиями автоблокировки, а также системой тягового энергоснабжения [1].

На рис. 1 приведена схема движения поездов при автоматической блокировке.

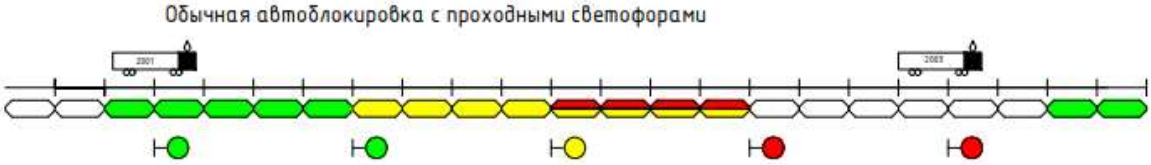


Рис. 1. Схема движения поездов при автоматической блокировке

Хотя и автоблокировка позволяет поездам занимать каждый блок-участок перегона, но для движения попутно следующих поездов без ограничения скорости необходимо разграничение несколькими блок-участками. Межпоездной интервал рассчитывается между двумя попутно следующими поездами в пакете при условии разделения тремя блок-участками, определяется по формуле:

$$I = \frac{0.5 \times L_n + 3 \times l_{бл} + 0{,}5 \times L_n}{V_х} \times 0.06 + t_{вс}\ , \qquad (1)$$

где L_n – длина поезда, установленная графиком движения поездов на рассматриваемом участке;

$l_{бл}$ – средняя длина блок-участка;

$V_х$ – расчетная ходовая скорость;

$t_{вс}$ – время на восприятие машинистом сигнала проходного светофора.

Расчеты показали, что минимальный межпоездной интервал составляет 10 минут.

Наличная пропускная способность рассматриваемого участка определяется по формуле:

$$N_{нал} = \frac{(1440 - T_{тех}) \times \alpha_{над}}{I}, \qquad (2)$$

где $T_{тех}$ – продолжительность технологического «окна» для выполнения работ по текущему содержанию пути;

$\alpha_{над}$ – коэффициент, учитывающий влияние отказов технических устройств на пропускную способность.

При десятиминутном межпоездном интервале наличная пропускная способность составляет 121 пару поездов в сутки.

Расчет потребной пропускной способности показал, что на участке Магдагачи – Шимановская потребная пропускная способность составила 119 пар поездов, т.е. резерв составляет всего 2 пары поездов, что совершенно недостаточно для устойчивой работы участка. Таким образом, межпоездной интервал при автоматической блокировке не позволяет справляться с плановыми поездопотоками.

Одним из способов изменения пропускной способности является внедрение современной системы интервального регулирования движения поездов АБТЦ-МШ. АБТЦ-МШ – это микропроцессорная система автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и централизованным

размещением аппаратуры в монтажных шкафах, установленных на прилегающей к перегону железнодорожных станциях.

АБТЦ-МШ – это современное техническое средство интервального регулирования и безопасного движения поездов на скоростных, магистральных и малодеятельных участках дороги [2].

Система АБТЦ-МШ применяется на однопутных, двухпутных, многопутных перегонах, а также на малодеятельных участках железных дорог с любыми видами тяги, такими как: электротягой постоянного или переменного тока, автономной тягой; для участков с централизованным электроснабжением пассажирских вагонов, участков обращения локомотивов и моторвагонного подвижного состава с импульсивным регулированием тяговых двигателей, линий высокоскоростного движения, а также для модернизирующихся и заново строящихся железнодорожных линий [3].

Основными отличительными особенностями системы АБТЦ-МШ являются: использование тональных рельсовых цепей, отсутствие изолирующих стыков и проходных светофоров, размещение основного оборудования на станциях, ограничивающих перегон.

На рис. 2 показана схема движения поездов в пакете при системе АБТЦ-МШ.

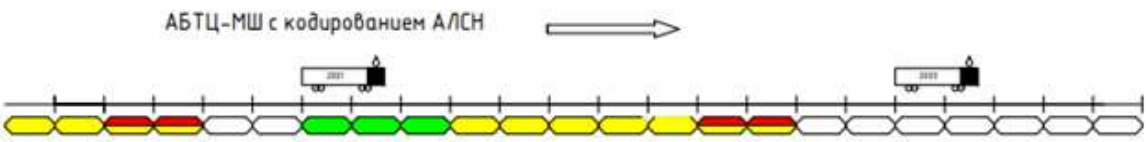


Рис. 2. Схема движения поездов при АБТЦ-МШ
с использованием системы кодирования рельсовых цепей АЛСН

Данная система позволяет снизить межпоездной интервал до 8 минут. Что дает прирост наличной пропускной способности на 30 пар поездов, т.е. на 25 %.

Преимущества системы АБТЦ-МШ: уменьшение капитальных вложений на монтаж и устройство напольного оборудования сигнализации, централизации и блокировки перегонов и станций: светофоров, путевых ящиков, устройств рельсовой цепи, автоматических шлагбаумов, шкафов аппаратуры АБТЦ-МШ и т.д.; уменьшение площадей, занимаемых оборудованием, в релейном помещении поста электрической централизации; сокращение эксплуатационных затрат на содержание системы за счёт минимизации напольного и релейного оборудования; возможность

перенастройки системы при изменении параметров движения поездов на участке (составность, вес поезда, тип локомотива) без существенных капитальных затрат; шкафный принцип размещения оборудования системы АБТЦ-ШМ надежно защищает ее от электромагнитных воздействий и коммутационных перенапряжений; значительная помехоустойчивость системы; использование цифрового канала радиосвязи для дублирования каналов систем АЛСН и АЛС-ЕН, а также для передачи на локомотив дополнительной информации; существенно улучшается условия труда работников эксплуатационного штата, так как значительно уменьшается время их нахождения на перегонах.

Это особенно важно для районов с суровым климатом; сокращается до минимума временя нахождения обслуживающего персонала на путях, то есть в зоне повышенной опасности, что способствует более успешному решению задач, связанных с безопасностью труда; возможность выполнения практически всего графика технологического обслуживания в постовых условиях позволяет сократить затраты времени на текущее обслуживание устройств.

В системе АБТЦ-МШ кодирование рельсовых цепей может осуществляться в двух вариантах. Первый вариант – применение «обычного» АЛСН, что даёт информацию о свободности трёх рельсовых цепей впереди (рис. 2).

Второй вариант кодирования рельсовых цепей в системе АБТЦ-МШ – применение АЛС-ЕН (многозначная сигнализация воспринимается и обрабатывается только современными микропроцессорными устройствами безопасности) (рис. 3). Эта система дает информацию о свободности десяти рельсовых цепей. Максимальный эффект от применения АБТЦ-МШ достигается при многозначной сигнализации по каналу АЛС-ЕН. Применение данной системы позволяет реализовать межпоездной интервал 6 минут.

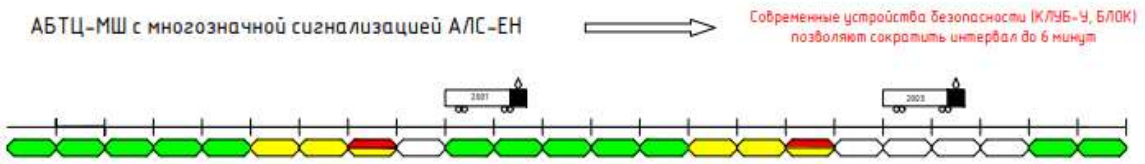


Рис. 3. Схема движения поездов при АБТЦ-МШ с использованием системы кодирования рельсовых цепей АЛС-ЕН

Для оценки влияния системы АБТЦ-МШ на эксплуатационные показатели построены два варианта графиков движения поездов с межпоездным интервалом 10 минут при автоблокировке и интервалом 8 минут при АБТЦ-МШ. Фрагменты графиков приведены на рис. 4 и 5.

Рис. 4. Фрагмент графика движения поездов при автоматической блокировке

Рис. 5. Фрагмент графика движения поездов при АБТЦ-МШ

В результате перехода от систем автоблокировки релейного типа к электронным микропроцессорным необходимо модернизировать объекты энергоснабжения, так как повышается потребляемая мощность новыми устройствами.

Показатели системы АБТЦ-МШ: функциональность в три раза больше, чем у типовой автоблокировки числового кода и в два раза больше, чем у типовой АБТЦ, включая подвижны блок – участок и увязку с цифровым радиоканалом; резерв межпоездного интервала на основе базовых проектных решений не менее 20 % (возможен переход на 6 мин); реализации функций дифференцированного участка удаления и автоматического пропуска по станции; эксплуатационные показатели надежности 75 тысяч часов, при проектной норме 50 тысяч часов. Встроенная диагностика параметров технических средств; минимизация трудозатрат при эксплуатации системы согласно утвержденным нормативам с 46 до 16 технологических операций; исключение установки и обслуживания проходных светофоров на линии; резервирование межстанционных кабельных сетей по волоконно-оптическим линиям связи [4].

Основные задачи для реализации интервального регулирования движения поездов: обеспечение сокращения межпоездного интервала; разработка технических требований оснащенности полигонов; разработка мероприятий по модернизации эксплуатируемых систем. В соответствии с планом мероприятий Забайкальской железной дороги по выполнению заданий, установленных Дорожной картой «По реализации технологии интервального регулирования движения поездов на Восточном полигоне» определены следующие участки внедрения систем интервального регулирования АБТЦ-МШ на направлении АБТЦ-МШ: участок Могоча (вкл.) – Уруша (искл.), с реализацией проекта в 2022 году; участок Уруша (вкл.) – Магдагачи (искл.), с реализацией проекта в 2021 году; участок Магдагачи (вкл.) – Шимановская (искл.), с реализацией проекта в 2022 году; участок Шимановская (вкл.) – Белогорск (искл.), с реализацией проекта в 2021 году.

Основные мероприятия по внедрению интервального регулирования движения поездов:

1. Развитие технологии управления движением: моделирование технологических задач увязки интервального регулирования и работы станций (разработка технологии организации движения в горловинах станций для сокращения межпоездных интервалов; развитие станций – изменение структуры станций, путевое развитие, пологие марки крестовин); разработка вариантных графиков движения поездов, в том числе

применение «пакетного» графика при организации ремонта с закрытием перегонов; построение графика движения, обеспечивающего в условиях интервального регулирования поездов снижение съема пропускной способности поездами разных скоростных категорий; разработка технологии и алгоритмов планирования поездной работы, предотвращающей потери пропускной способности и эффективности инновационных технических средств; разработка требований к новым системам электрической централизации под сокращенные станционные и межпоездные интервалы [5].

2. Развитие локомотивного хозяйства: развитие интеллектуальных систем автоматизированного вождения поездов, в том числе повышенной массы и длины; разработка новых локомотивных приборов безопасности; уточнение технических требований для производителей локомотивов в соответствии с перспективными параметрами движения на сети ОАО «РЖД» [4].

3. Усиление устройств электроснабжения: анализ ограничений межпоездных интервалов по условиям тягового электроснабжения; разработка решений по техническому перевооружению существующий тяговых подстанций (замена оборудования); оценка потребностей в строительстве дополнительных объектов тягового электроснабжения; разработка технических средств повышения напряжения и снижение электрического сопротивление тяговой сети и др. [6, 7].

Требования по развитию и работе станций при внедрении систем АБТЦ-МШ представлены в Таблице.

Таблица

Требования по развитию и работе станций при внедрении систем АБТЦ-МШ

Станции	Требования
Все типы станций	- обеспечение основных маршрутов пропуска транзитных поездов без отклонения по стрелочным переводам; - замена елочных переводов на пологие марки; - обеспечение допускаемых скоростей движения на боковой путь (не менее 60 км/ч); - отмена ограничения скорости 20 км/ч за 400 м до закрытого светофора; - устранение ограничений скоростей движения по главным путям с обеспечением проектных скоростей; - отмена регламента «минута готовности».

Окончание Таблицы

Станции	Требования
Сортировочные, участковые, крупные грузовые станции	- устройство параллельных путевых вводов при приеме поездов; - устройство параллельных выходов с приемоотправочных путей или дифференцированных участков удаления; - установка маршрутных сигналов для сокращения межпоездного интервала.
Промежуточные станции	- режим автодействия для сквозного пропуска поездов при технологиях виртуальной сцепки и подвижных блок-участков.
Пассажирские станции	- повышение скорости входа поездов на тупиковые приемоотправочные пути; - сокращение станционных интервалов за счет устройства шлюзов и разноуровневых развязок.

Был определен годовой экономический эффект от внедрения системы АБТЦ-МШ на направлении Могоча – Белогорск, который составил 2 398 923 959 руб/год, расчеты показали, что капитальные вложения на внедрение данной системы окупятся через 10 лет, что показывает не только эксплуатационную, но и экономическую эффективность данной системы.

Библиографический список

1. Светлакова Е.Н. Повышение провозной способности – комплексный путь решения. В сб. : Образование – Наука – Производство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 245-252

2. Микропроцессор добавит скорости поездам / Гудок. Вып. № 150 (26999) 17.08.2020 : [сайт]. URL : https://gudok.ru/ (дата обращения 15.04.2021)

3. Концепция внедрения на сети железных дорог комплексной технологии интервального регулирования движения поездов – ОАО «Российские железные дороги». Чита : ОАО «РЖД» ЗабД, 2020. 304 с.

4. О подготовке локомотивного комплекса к внедрению технологий интервального регулирования / сост. : Д.Н. Хомченко. Чита : ОАО «РЖД» ЗабД, 2020. 78 с.

5. Раевский Н.В., Раевская П.Е. Способы увеличения пропускной способности на железнодорожной линии // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 1. С. 124-128

6. Об усилении системы тягового и внешнего электроснабжения, связанных с внедрением интервального регулирования движения поездов на Восточном полигоне / сост. : Ю.Н. Король. Чита : ОАО «РЖД» ЗабД, 2021. 12 с.

7. Румянцев С.В. Технические средства интервального регулирования [Электронный ресурс] / С.В. Румянцев. СЦБСТ : [сайт] URL : http://scbist.com/ (дата обращения 16.05.2021)

И.А. Чубарова, А.Д. Доможирова
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ АО «ФПК», ПРОВОДИМЫХ В РАМКАХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Задача акционерного общества (АО) «Федеральная пассажирская компания» («ФПК») – своевременно предложить клиенту качественно новый уровень сервиса. Получая обратную связь от пассажиров, Компания постоянно совершенствует свою деятельность. От каждого конкретного перевозчика, от каждого работника зависит результат достижения поставленных целей.

На Восточно-Сибирской железной дороге пассажирские перевозки в дальнем сообщении реализует *Восточно-Сибирский филиал – пассажирское вагонное депо Иркутск АО «ФПК». Филиалом ежегодно предлагаются и внедряются различные мероприятия по проведению маркетинговых акций; продаже проездных документов через* Internet*; применению информационных технологий; предоставлению новых видов услуг пассажирам и модернизации подвижного состава. Реализация разработанных мероприятий Восточно-Сибирскиим филиалом – пассажирское вагонное депо Иркутск* АО *«ФПК» совместно с Иркутским государственным университетом путей сообщения (ИрГУПС) является весомым вкладом в достижение стратегических целей Компании в области пассажирских перевозок.*

Ключевые слова: пассажирские перевозки, железная дорога, перевозчик, пассажир, услуга.

Среди важнейших задач успешного процветания корпорации «Российские железные дороги» особое место занимают перевозки пассажиров. К преобладающим направлениям развития пассажирских перевозок относятся внедрение цифровых систем в сервисы клиентов, расширение

новых видов услуг в поездах и совершенствование подготовки пассажирских вагонов в рейс.

Прошедшие два года, как и во всем мире, стали серьезным вызовом для Компании в связи с распространение коронавирусной инфекции. В сложившейся ситуации возникла необходимость быть предельно гибкими, мгновенно реагировать на изменения положения, сохранив при этом спрос на перевозки и, конечно, коллектив.

Несмотря на возникающие трудности, в пассажирском комплексе продолжается достижение высоких результатов. Ежегодная перевозка пассажиров составляет один миллиард сто девяносто миллионов человек. Реализована масштабная программа обновления всех типов пассажирского подвижного состава. Услугами новых пригородных поездов сегодня могут воспользоваться пассажиры восемнадцати регионов. В дальнейшем, согласно долгосрочной программе развития, пассажирооборот железнодорожного транспорта на инфраструктуре ОАО «РЖД» должен вырасти к 2025 году на 19,7 %. Этому будет способствовать увеличение закупок новых пассажирских вагонов (в среднем 600 вагонов в год), расширение маркетинговых инициатив, дальнейшее развитие Центрального транспортного узла, рост доходов и, соответственно, мобильности населения. Отправление пассажиров вырастет за этот период на 15,1 %.

Пассажирские перевозки ОАО «РЖД» охватывают семьдесят семь регионов Российской Федерации в дальнем следовании, шестьдесят шесть регионов Российской Федерации в пригородном сообщении.

Пассажирские перевозки в дальнем следовании осуществляют шесть перевозчиков, в том числе акционерное общество (АО) «Федеральная пассажирская компания» (ФПК). Задача АО «ФПК» – своевременно предложить клиенту качественно новый уровень сервиса. Получая обратную связь от пассажиров, Компания постоянно совершенствует свою деятельность. От каждого конкретного перевозчика, от каждого работника зависит результат достижения поставленных целей.

На Восточно-Сибирской железной дороге пассажирские перевозки в дальнем сообщении реализует Восточно-Сибирский филиал – пассажирское вагонное депо Иркутск АО «ФПК». Среди основных направлений сервисной деятельности АО «ФПК»:

- маркетинговые акции;
- продажа проездных документов через Internet;
- применение информационных технологий;
- предоставление новых видов услуг пассажирам;
- модернизация подвижного состава.

Для реализации стратегических целей развития пассажирских перевозок для привлечения пассажиров в пиковый период (лето) АО «ФПК» Иркутск успешно осуществляет ряд мероприятий, которые могут быть применены в других компаниях. К основным интересным и популярным предложениям относятся акции, связанные с перевозкой:

- многодетных семей;
- пассажиров по определенным дням недели;
- детей в группах;
- в вагонах типа «плацкарт»;
- на определенных местах в вагоне (боковые, верхние).

Все предложения позволяют пассажирам значительно сэкономить на стоимости проездного документа, а компании увеличить поток клиентов, равномерно распределяя пассажиров по поездам, вагонам и дням недели.

Для реализации новых цифровых технологий в конце 2019 года был успешно внедрен в промышленную эксплуатацию программно-аппаратный комплекс информационной магистрали (ПАК ИМ) на фирменном поезде №№ 322/321 сообщением Иркутск – Забайкальск который дал возможность пассажирам в пути следования смотреть фильмы, читать электронные книги, слушать музыку через WiFi со скоростью передачи данных 1 Гбит/с. Передача данных в сети Internet осуществляется по gsm-каналу, через встроенный в сервер «поездного портала» 4G-модуль с поддержкой четырех сим-карт разных операторов связи. В связи с отменой фирменного поезда №№ 321/322 вагоны, оборудованные Информационной магистралью решено передислоцировать и эксплуатировать в пяти составах поезда №№ 81/82 сообщением Улан-Удэ – Москва и на трех из пяти составах поезда №№ 91/92 сообщением Северобайкальск – Москва.

Для оперативного обслуживания пассажирских вагонов в 2020 году в АО «ФПК» началось внедрение Системы удаленного мониторинга и ремонта вагонов (СУМ РВ).

Система предназначенных для автоматизации следующих бизнес-процессов:

- Первичный осмотр ИТ-оборудования (электронное оборудование пассажирского вагона, включающее в себя ИМ, СКБ СПП, СВНР, СКДУ и др.);
- ТОтр – текущий ремонт ИТ-оборудования;
- ТОпроф – техническое профилактическое обслуживание ИТ-оборудования;
- ТОпред – предрейсовое техническое обслуживание ИТ-оборудования.

Система имеет следующий функционал:

• Сбор и обработка данных по бизнес-процессам первичного осмотра, ТОпред, ТОпроф, ТОтр;

• Формирование документов с автоматически заполненными полями;

• Автоматическая отправка документов Заказчику и подрядчикам;

• Диагностика и проверка состояния составов в рамках работ;

• Поиск по составам;

• Фильтрация по составам;

• Взаимодействие с внутренним сервисом telegram-bot в части получения данных по выполненным работам.

Кроме того, система предназначена для мониторинга температурного режима на вагонах и имеет следующий функционал:

• Мониторинг показателей температуры в вагонах и окружающей среде с помощью установленных датчиков;

• Выявление вагонов в рейсах с нарушениями температурного режима;

• Предоставление аналитики по вагонам с нарушениями температурного режима в разрезе всех филиалов, конкретного филиала или предприятия.

В 2020 году завершено проведение капитально-восстановительного ремонта для тридцати шести пассажирских вагонов купейного типа. Все отремонтированные вагоны имеют обновлённый современный интерьер салона и оборудование, которое позволяет обеспечить максимально комфортное следование пассажиров. В вагонах установлены новые устройства кондиционирования воздуха моноблочного типа, экологически чистые туалетные комплексы, каждое посадочное место оборудовано электрическими розетками и USB-портами для зарядки мобильных устройств. Установлены системы обеззараживания воды и системы обеззараживания воздуха, что на сегодняшний день в период недопущения распространения новой коронавирусной инфекции особенно актуально. В купе проводников установлены холодильные камеры и микроволновые печи. Кроме того, каждый вагон оборудован информационной магистралью, которая не только дает возможность осуществлять предоставление пассажирам информационно-развлекательных услуг, но и в режиме реального времени считывать и передавать показания систем жизнеобеспечения с целью оперативного реагирования при возникновении неисправностей в пути следования.

Подготовке персонала и сохранению коллектива Восточно-Сибирский филиал – пассажирское вагонное депо Иркутск АО «ФПК» уделяется особое внимание. В пассажирских перевозках в летний период

дополнительно задействуются около семисот проводников пассажирских вагонов: из них четыреста – студенты, члены Молодежной общероссийской общественной организации «Российские Студенческие Отряды», прошедшие специализированные курсы подготовки в Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС).

На базе ИрГУПС в Институте дополнительного образования (ИДО) ежегодно ведется подготовка резерва начальников пассажирских поездов в количестве десяти-двенадцати человек (в том числе для Иркутска, Улан-Удэ и Северобайкальска). В городе Новосибирск на базе Корпоративного кадрового учебно-методического центра АО «ФПК» ежегодно проходит подготовка резерва поездных электромехаников в количестве от трех до пяти человек.

Таким образом, реализация разработанных мероприятий Восточно-Сибирским филиалом – пассажирское вагонное депо Иркутск АО «ФПК» совместно с Иркутским государственным университетом путей сообщения дает возможность даже в непредсказуемых условиях пандемии не только сохранять поток пассажиров и штат работников, но и привлекать новых клиентов, что является весомым вкладом в достижение стратегических целей Компании в области пассажирских перевозок.

Библиографический список

1. Официальный портал ОАО «РЖД». https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=261102 (Дата обращения 17.08.2021 г.)

2. Сайт АО «ФПК» − https://fpc.ru/ (Дата обращения 10.07.2021 г.)

Научное издание

ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы V Всероссийской
научно-практической конференции
(с международным участием)

(г. Чита, 7 октября 2021 г.)

Том 1

Статьи печатаются в авторской редакции

Компьютерная верстка
И.А. Нерадовская

Подписано в печать 07.12.2021 г. Печать офсетная. Бумага тип. № 2.
Формат 60x84/16. Печ. л. 9,7. Тираж 100 экз.

***

672040, г. Чита, ул. Магистральная, 11, ЗабИЖТ