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 IV Всероссийской научно-практической конференции

Том 1

Чита
2020

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 IV Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Чита, 24 декабря 2020 г.)

Том 1

Чита
2020

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 IV Всероссийской научно-практической конференции, 24 декабря 2020 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2020. 285 с.

ISBN 978-5-6042845-5-1

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

УДК 378
ББК Ч 48

ISBN 978-5-6042845-5-1

© Иркутский государственный университет
путей сообщения (ИрГУПС), 2020
© Забайкальский институт железнодорожного
транспорта (ЗабИЖТ), 2020
© Авторский коллектив, 2020

Уважаемые участники конференции !

Вот уже в четвёртый раз проводится Всероссийская конференция «ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО», а значит, это становится хорошей и доброй традицией, начало которой было положено в результате разработки и активной реализации Программы взаимодействия между Забайкальской железной дорогой – филиалом ОАО «РЖД» и Забайкальским институтом железнодорожного транспорта – филиалом ФГБОУ ВО ИрГУПС.

Роль и значимость конференции постоянно растёт, особенно в связи с необходимостью решения важнейших вопросов, связанных с научно-техническим сопровождением реализации Программы развития Восточного полигона железных дорог опережающими темпами для нужд экономики нашей страны. Также на передний план, несомненно, выходят вопросы цифровизации технологических процессов в железнодорожной отрасли. Отсюда и большое внимание к конференции со стороны производственного блока компании ОАО «РЖД».

Несмотря на проведение конференции в условиях действия ограничительных мер, наблюдается большая география участников и активность по количеству статей и докладов.

Уверен, что материалы конференции имеют высокую практическую значимость, особенно подготовленные в соавторстве с производственниками, и позволяют повысить эффективность взаимодействия между всеми участниками инновационного процесса.

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

А.А. Ерёменко

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛЕКТРОВОЗЫ, ТЕПЛОВОЗЫ И ВАГОНЫ)……..... 9
Банкерова Е.И.
Автоматизированный передвижной сканер для проверки технического состояния подвижного состава……... 9
Голиков А.Ф., Яковлев Д.А.
Оценка возможности воздействия цифровизации в структурном подразделении…….. 12
Ермоленко И.Ю., Рогозинская А.Л., Рычков Н.П.
Исследование динамических характеристик грузовых вагонов при торможении на сложных участках ВСЖД……. 16
Иванова Т.В., Налабордин Д.Г.
Оценка влияния лубрикации на ресурс рельсов по критерию предельного бокового износа…….. 22
Ковригина И.В., Чернигов Д.А.
Оценка безопасности движения по целевым показателям Забайкальской дирекции инфраструктуры…… 29
Ковригина И.В., Чернигов Д.А.
Оценка факторов риска и причины отцепок грузовых вагонов в текущий ремонт по вагонному эксплуатационному депо Могоча 35
Леоненко Е.Г.
Проблемы безопасности движения поездов и выявление причин сходов…… 39
Назаренко А.П., Петров Г.И.
Расчетное обоснование параметров системы ремонта и нормативного срока службы универсального четырехосного полувагона……. 43
Назаренко А.П., Петров Г.И.
Управление рисками в вагонном комплексе на примере наработок до отказа элементов конструкции вагона…… 50
Рожкова Е.А., Баранова Т.А., Астафьева А.Н.
Анализ отказов технических средств эксплуатационного характера……... 55
Степанов В.В., Дубинин Р.Р.
Расширение функциональных возможностей глуходонного полувагона для перевозки крупнотоннажных контейнеров…… 61
Федоров Е.В., Маслюков В.Г., Голиков А.Ф.
Виртуальная сцепка…….. 63

Ханис В.А., Беспалько С.В., Ханис А.А., Ханис А.Л.
Диагностика и раннее предупреждение пожароопасных состояний в вагонах пассажирского подвижного состава…….. 68
Юманов П.Н.
Двигательные аппараты транспортной системы движения……. 73
Юманов П.Н.
Перспективы развития вагонного хозяйства……. 76
РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ…… 80
Асалханова Т.Н., Колисниченко Е.А.
Цифровые технологии в путевом хозяйстве…….. 80
Ворончихин К.Ю., Аношенко Г.А., Ворончихин А.Ю.
Влияние качества исходной информации на принимаемые решения при проектировании железных дорог……. 85
Линейцев В.Ю., Лемехова В.А., Полоротов Д.Е., Линейцева Е.А.
Использование прикладных программ студентами технических специальностей в учебном процессе…….. 88
Лукин А.А.
Трансполярная магистраль – крупномасштабный транспортный проект…… 92
Полищук С.С.
Алгоритм подбора глубины потока при решении гидравлических задач с помощью ЭВМ……. 96
Сизиков В.С., Личагина В.И.
Организация точек подключения к высокоскоростной сети передачи данных на основе технологии Wi-Fi по станциям для передачи данных с вагонов дефектоскопов на местах отстоя.. 102
Четвертнова В.В., Кудрявцева В.А., Давтян Э.М.
Экономическое обоснование выбора оптимальной схемы этапного усиления железной дороги при равноценности стоимостных показателей…… 104
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ……. 109
Алексеева Т.Л., Рябченок Н.Л., Астраханцев Л.А., Немыкина В.В.
Оценка энергетической эффективности элементов электроэнергетической системы……. 109
Банкерова Е.И.
Энергосберегающие технологии на железнодорожном транспорте 115
Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Крюков А.Е. 118

Повышение надежности электроснабжения нетяговых потребителей на основе энергороутеров……
Бушуев Е.М., Проничкин А.А., Ефремов Р.А.
Перспектива применения системы счёта осей как альтернативы рельсовым цепям…….. 124
Емельянов А.Г., Емельянова М.С.
Вопросы применения беспроводных технологий автоматики и телемеханики в системе тягового электроснабжения электрических железных дорог……... 129
Епифанов Е.Л., Соловьева О.А., Филиппов С.А.
Основные направления и подходы совершенствования дистанционной защиты…… 133
Иванов Д.К., Погодаев М.О.
Анализ внедрения инновационного несущего троса МК-95 на участке Красноярской железной дороги Мариинск – Критово.. 140
Кузнецов А.В., Менакер К.В.
Разработка подсистемы визуализации пульт-табло релейных электрических централизаций на основе современных микропроцессорных технологий…… 144
Кузьмин В.С., Рядчиков Р.О., Петров С.А.
К вопросу о требованиях к прокладке испытательного шлейфа…. 149
Литвинцев В.Г., Самодуров М.А.
Тренажерная подготовка как один из эффективных способов обучения монтеров контактной сети…….. 154
Маниковский А.С., Комогорцев М.Г., Рогалёв А.В., Копылов И.А.
Автоматизация работы энергодиспетчера……. 157
Морозов Н.В., Окладникова У.А., Колмаков В.О.
Важность применения пассивных фильтров в системе электроснабжения…… 161
Надежкин В.А., Грядкина К.А., Походай С.Н.
К вопросу использования возможностей системы АПК-ДК при проведении технического обслуживания устройств ЖАТ…... 165
Надежкин В.А., Хохрин А.С., Тепляков В.Б.
Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов……... 169
Незевак В.Л.
Применение систем накопления электроэнергии на тяговых подстанциях для обеспечения собственных нужд…… 173
Платоненко А.А., Пшеничникова Д.И., Колмаков В.О., 178

Колмаков О.В.
Интеллектуальные электросети как новый вид сбережения энергоресурсов…….
Пультяков А.В., Шейкин А.В., Сивакова Ю.А.
О применении промышленных микроконтроллеров для контроля напряжения в устройствах СЦБ посредством мобильного интернета……... 183
Савватеев В.А., Вострикoв М.В., Муравейко Л.А.
Возможность использования современных USB осциллографов для on-line регистрации информации об изменении формы кривых тока и напряжения, протекающих в контактной сети с устройства микропроцессорной релейной защиты ЦЗА-27,5-ФТС…….. 189
Трифонов Р.С., Филиппов С.А., Янкин Д.Ю.
Исследование распределения значений тока фидеров контактной сети при пропуске поездов повышенной массы…… 195
РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА…… 200
Алаев М.М., Ефимова А.Н.
Реконструкция железнодорожной станции Одинцово при сооружении ТПУ с учетом необходимости обеспечения доступности людей с ограниченными возможностями здоровья к объектам транспортной инфраструктуры……... 200
Боднар И.Н., Толмачев В.В.
Теория и практика перевозок навалочных грузов в контейнерах типа Open Top…….. 206
Быкова Н.В., Белозёрова М.В.
Совершенствование коммерческого осмотра поездов и вагонов… 212
Дмитренко А.В., Пушкарёва Л.И.
Подход к развитию технического оснащения средств транспорта пограничных пунктов…….. 218
Дружин С.В., Коновалова М.И.
Эффективность применения технологии «Виртуальная сцепка» в границах Восточного полигона…… 223
Евсеева К.Н., Янковская Н.Г.
Совершенствование технологии на складе тарно-упаковочных грузов при использовании шаттловых систем…….. 228

Ковалева Н.М., Шелопугина И.И. 234

Использование технологии смарт-контрактов на основе системы блокчейн как инновационного направления в деятельности Забайкальского ТЦФТО……...
Кузовкина А.А., Кутузова О.В.
Перспективы контейнеризации перевозок грузов на железнодорожном транспорте за счет использования контейнеров open-top……... 242
Мартемьянова Е.В., Коновалова М.И.
Выявление и устранение потерь в эксплуатационной работе железнодорожной станции с применением инструментов бережливого производства…….. 248
Мерилова Е.В.
Цифровизация грузовых перевозок…… 253
Пыхалова Д.Р.
Промежуточная станция как важнейший элемент железных дорог…….. 255
Раевская П.Е., Тырышкина Е.Д., Остроухова Д.А., Никонюк А.А.
Организация движения поездов с применением виртуальной сцепки…… 258
Русанов Р.А., Какунина А.Г.
Исследование проблем работы станции Находка……. 264
Светлакова Е.Н., Канин А.А., Павлова Ю.А.
Оптимизация плеч обслуживания локомотивов и локомотивных бригад на Восточном полигоне…….. 268
Сысоева Е.А.
Развитие контейнерных железнодорожных перевозок с применением принципов логистики…… 273
Фёдорова Е.А.
Бесконтактное взаимодействие на железнодорожном транспорте. 277
Хохрин А.С., Ежов Н.Д., Сахипкиреева А.С.
Анализ способов организации управления движением при СИРДП-Е…… 281

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

Е.И. Банкерова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПЕРЕДВИЖНОЙ СКАНЕР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье рассматривается автоматизированный передвижной сканер подвижного состава, который сведет к минимуму риски эксплуатации подвижного состава в неисправном состоянии; анализируется повышение качества обслуживания локомотивов и вагонов; обоснуется процесс снижения времени простоя подвижного состава при выполнении технологических операций; раскрывается принцип работы сканера и определены его функции; проведен анализ преимуществ систем персонального досмотра сканеров, рельсовых систем и видеосистем для осмотра механической части подвижного состава, применяемых на железных дорогах в настоящее время.

Ключевые слова: автоматизированный передвижной сканер подвижного состава, рельсовая система, видеосистема осмотра днища, приёмо-отправочные железнодорожные пути, безопасность движения.

Большое значение в нашей стране придается грузоперевозкам и пассажироперевозкам на железной дороге. На этапе современности требования к безопасности перевозок ужесточаются, что ведет к постоянному обновлению технического состояния подвижного состава ОАО «РЖД».

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» – это современный транспортно-логистический комплекс, имеющий стратегическое значение для Российской Федерации. Данная компания является важнейшим связующим звеном в единой экономической системе России, обеспечивая бесперебойную хозяйственную деятельность промышленных предприятий, являясь доступным транспортом для миллионов граждан нашей страны. Для выполнения перевозки грузов и пассажиров сегодня применяются разнообразные технологические решения и оборудования. К ним относятся:

1. Рельсовая система Eagle R60 предназначена для автоматического сканирования грузов, в том числе плотных, в железнодорожных вагонах, а также грузовых контейнеров, расположенных на железнодорожных платформах при передвижении их вдоль сканера. Особенность системы – высокая пропускная способность, высочайшее качество получаемых изображений, наличие дополнительных опций, удобство эксплуатации [3].

2. Сканер высокого разрешения Rapiscan RTT 110 разработан с целью эффективного обнаружения полного диапазона взрывчатых веществ. Он выполняет сканирование багажа со скоростью 0,5 м/с, его пропускная способность – до 1800 чемоданов в час. Основные особенности сканера – высокое качество получаемого изображения, низкий уровень ложных срабатываний, невысокая стоимость эксплуатации, компактные размеры, позволяющие использовать его в местах скопления людей.

3. CounterBomber – новая система, предназначенная для предотвращения террористических актов. Система сканирует движущиеся объекты, которые могут представлять опасность, и эффективно выявляет скрытые угрозы. Во время работы с системой оператор на сенсорном экране выделяет движущийся объект, который необходимо проверить на наличие угроз. Если в процессе сканирования обнаруживается опасность, объект на экране выделяется красным цветом и звучит определенный звуковой сигнал [2].

4. Видеосистема «Гейткипер ЖД11» предназначена для автоматического досмотра днища железнодорожного транспорта – локомотивов и вагонов. Установка компонентов системы осуществляется между рельсами ж/д колеи, что позволяет вагонам и локомотивам беспрепятственно проезжать над сканером, при этом система сканирует и воспроизводит в высоком разрешении два изображения днища подвижного состава. После проезда каждого ж/д транспорта система в течение 4 секунд производит автоматическое сравнение нового полученного изображения с эталонным изображением из базы данных и выводит их на монитор [1].

Анализируя все выше перечисленные системы можно сделать вывод, что основным их недостатком является устаревшее программное обеспечение, наличие ошибок в системе программирования и неудовлетворение нынешним требованиям: скорости передачи данных, точности сканирования и обнаружения дефектов. Поэтому инженерами ОАО «РЖД» предлагается ввести новое устройство, которое позволит снизить участие человека в производственном процессе, сэкономить рабочее время, повысить качество обслуживания подвижного состава и

безопасность движения. Одним из таких устройств является автоматизированный передвижной сканер подвижного состава.

Автоматизированный передвижной сканер подвижного состава – это устройство, используемое для получения рентгеноскопических изображений и обнаружении дефектов в изделиях и материалах, как один из методов неразрушающего контроля. Данный аппарат может в короткий срок отсканировать все элементы подвижного состава и определить неисправности вагона или локомотива, при которых не допускается его эксплуатация. С помощью передвижного сканера проверяются следующие его показатели: габарит подвижного состава; габарит погрузки; тип колодок, установленных на подвижных единицах; состояние концевых кранов; утечки в тормозном оборудовании и в цистернах вагонов; исправность тормозного оборудования при его проверке; положения переключателей грузовых режимов.

Этот сканер будет базироваться на принципах работы рентгеновского сканера, который используется на железнодорожном транспорте для сканирования крупных грузов. Сканер вагонов будет находиться на тележке, которая должна перемещаться по алюминиевым рельсам, шириной 620 миллиметров, поскольку данные параметры обеспечивают наиболее плавное движение. Рельсы будут проложены в междупутье приёмо-отправочных железнодорожных путей, на которых производится техническое обслуживание подвижного состава перед отправкой. Управление сканером происходит дистанционно, из пункта управления, при помощи панорамной головки с электроприводом и видеоконтроля.

В сканер будет встроено обновленное программное обеспечение с определенными параметрами и защитой от хакерских атак. С полученных изображений программа может проводить анализ фактического состояния подвижного состава, сравнивая его с эталонным изображением, и выводить на экран объекты несоответствия с эталонными параметрами.

О выявленных несоответствиях сканерзвуковым сигналом известит оператора и выведет изображение на экран. Места несоответствий будут обведены кругами или квадратами красного цвета, сигнализируя оператору о возможной опасности или неисправности. Для устранения несоответствий оператор передает информацию работникам, производящим техническое обслуживание подвижного состава, которые незамедлительно должны отреагировать на полученную информацию и лично проверить данное место, где было замечено нарушение.

Таким образом, применение автоматизированного передвижного сканера для проверки технического состояния подвижного состава приведет в будущем к более устойчивой работе локомотива. Это уменьшит влияние человеческого фактора по производству работ, связанных со

временем подготовки подвижного состава к отправлению и исключит системные ошибки в программном обеспечении, что и выведет применяемые технологии в ОАО «РЖД» на новый уровень развития.

Библиографический список

1. Гондоров В.А. Вагоны и вагонное хозяйство // Современные средства диагностики подвижного состава на ходу поезда. 2017. № 4. С. 36–38

2. Епачинцева Г.Г. Вагоны и вагонное хозяйство // За безопасность движения. 2009. № 4. С. 18–20

3. Райков Г.В., Петров С.В. Вагоны и вагонное хозяйство // Техническое обслуживание грузовых вагонов с диагностированием – превентивный инструмент обеспечения их безопасной эксплуатации. 2014. № 4. С. 20–22

А.Ф. Голиков, Д.А. Яковлев
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В СТРУКТУРНОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ

Внедрение на производстве цифровых концепции, таких как Индустрия 4.0 или Smart Manufacturing становится все более значимым. Влияние цифровых инициатив, таких как визуализация информации в цехе, структурном подразделении должно привести к увеличению производительности и повышению интенсивности. В статье рассматривается возможность реализации концепции цифровизации цеха локомотивного депо, что позволит в последствии увеличить время работы электрических машин и сократить плановое обслуживание механизмов.

Ключевые слова: визуализация информации, цифровизация, система управления, производственные показатели, увеличение производительности.

Цифровизация имеет решающее значение для повышения надежности, гибкости и доступности, а также для обеспечения рентабельности железнодорожного транспорта. Это самый эффективный рычаг для удовлетворения постоянно растущих требований к качеству состояния железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, а также для об-

легчения и удобства передвижения пассажиров. Железные дороги остаются самым безопасным средством передвижения. Благодаря цифровизации они могут усилить это лидерство и открыть новые горизонты, чтобы полностью использовать конкурентные преимущества железнодорожных перевозок.

Концепции промышленной цифровизации, такие как Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и распоряжение Правительства РФ № 466-р от 19 марта 2019 года об утверждении долгосрочной программы развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года, где одним из ключевых положений предусматривается переход на «цифровую железную дорогу» [1]. Ожидается, что эти концепции помогут промышленным корпорациям повысить эффективность производственной цепочки поставок таких как доступность и производительность активов на производстве.

На примере локомотивного депо, с большим эксплуатационным парком электрических машины и аппаратов на основе снижения скорость устранения дефектов делает поток продукта более предсказуемым и упорядоченным, что снижает потребность в создании большого склада запасных частей. Более высокая производительность за счет увеличения производства или эффективного профилактического обслуживания увеличивает оборачиваемость запасов или сокращает время выполнения ремонтных работ [2].

Технологический прогресс создал предпосылки к развитию ряда инновационных инструментов и подходов, которые можно использовать для промышленной цифровизации: интернет вещей (IoT), облачные сервисы (Cloud Services), робототехника, аддитивное производство, автоматизированные системы диагностики и многие другие.

На основании обзора различных источников и анализа отчетных документов профильных структурных подразделений по ремонтным работам локомотивов выявлено ряд проблем, которые можно было идентифицировать: не хватает общего понимания концепции индустриальной цифровизации. Быстрым развитием технического прогресса создается ощутимая асимметрия между структурными подразделениями - не все могут держать темп.

Кроме того, промышленная цифровизация практически не наблюдалась с точки зрения логистики поставок запасных частей. Производственным цепям поставки по-прежнему не хватает должной фокусировки. Главный пробел – это отсутствие количественных доказательств того, что цифровые инициативы влияют на развитие деятельности в промышленном производстве положительно.

Однако нет общих методов для измерения и идентификации процессов производства. Пробел можно устранить, внедрив методы количе-

ственного анализа на основе данных и проверка эффективности выбранных цифровых инициатив.

В этой работе отмечается влияние визуализации незапланированных факторов производительности простоя машин, загрузки производственных мощностей и планового обслуживания. Визуализация используется для системы интерактивных досок, информационные панелей, планшетов и дисплеев и использование в производственном цехе, которое возможно реализовывать в рамках концепции цифровизации.

Таким образом, такие инициативы, как визуализация, безбумажное производство, цифровой контроль качества и многое другое можно проверить в отношении предположения, сделанные сотрудниками предприятия в структурном подразделении до внедрения [3]. Структура в общем виде представлена на рис. 1.

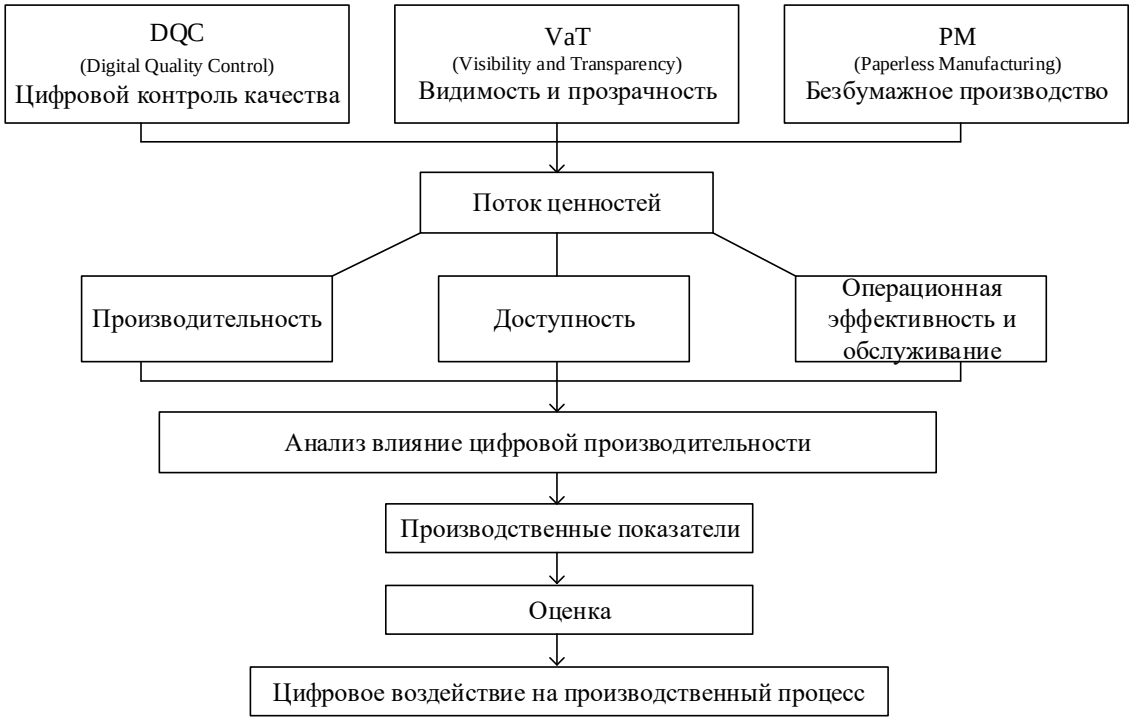

Рис. 1. Структурная схема системы управления

Данные собираются и суммируются для каждой группы машин и механизмов. Количество сигналов не имеет значения, поскольку они меняются мгновенно и несколько раз в день для каждого состояния. В реализации визуальных инструментов для информации и анализ данных с интегрированным пользовательским интерфейсом влияет человеческий фактор и состояние самого оборудования.

Ожидается, что результирующая деятельность сотрудников увеличить коэффициент использования машины и запланировать на ранней стадии техническое обслуживание и уменьшение незапланированного времени простоя рис. 2. Эти факторы увеличивают производительность и доступность активов в производственной цепочке поставок.

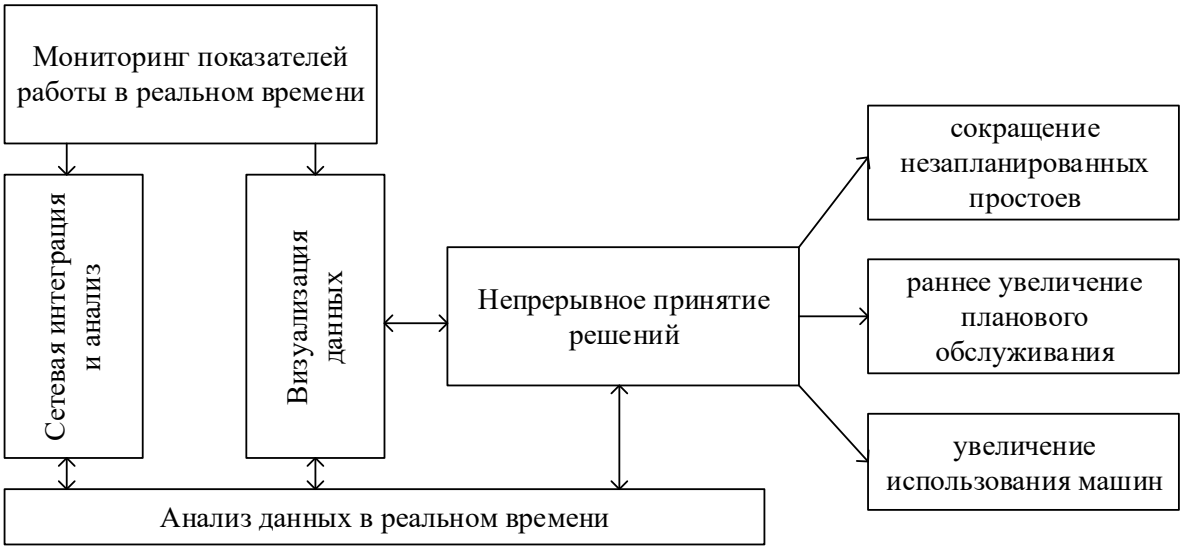

Рис. 2. Ожидаемое влияние визуализации на производственные факторы

Предложенная структура построения визуализации процессов ремонта, может быть доказана как эффективная, а может быть преобразована в непосредственно связанные финансовые выгоды для компании: производительность приведет к повышению общей выработки. Цифровизация в промышленности прогрессирует, обещая новую эру производительности и на железнодорожном транспорте. Шаг к количественной и качественной оценке цифровых инициатив, может стать одним из шагом к сближение академического сообщества и производства.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 N 466-р <Об утверждении программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года> (вместе с «Долгосрочной программой развития Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года»)

2. Paulina Gisbrecht. Quantifying the impact of digitalization in a power generation company. Description. Massachusetts Institute of Technology. 2018. 79 с.

3. Рагимова С. Цифровая Индустрия 4.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.forbes.ru/brand-voice/sap/345779-chetyre-nol-v-nashu-polzu

И.Ю. Ермоленко, А.Л. Рогозинская, Н.П. Рычков
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ НА СЛОЖНЫХ УЧАСТКАХ ВСЖД

В статье говорится о продольно-динамических усилиях, возникающих при движении поезда в его межвагонных соединениях, представлены графики максимальных значений продольной сжимающей и растягивающей силы. Описывается процесс исследования динамических характеристик грузовых вагонов при торможении на сложных участках ВСЖД. Рассматриваются причины износа колодок и показывается формула для расчета величины износа чугунной колодки за одно торможение. Делаются выводы о сравнительно анализе результатов моделирования движения поезда.

Ключевые слова: торможение, износ колодок, продольная сила, сравнительный анализ.

Известно, что при движении поезда в его межвагонных соединениях возникают продольно-динамические усилия (растягиваю-щие и сжимающие), которые передаются на несущие конструкции вагонов. Поглощающие аппараты автосцепного оборудования в зависимости от своей энергоемкости значительно уменьшают воздействие этих сил [1].

Максимальные величины продольно-динамических усилий достигаются в переходных режимах движения (трогание, торможение, движение по рельсовому пути, имеющему ломаный профиль).

Величина продольно-динамических усилий зависит от следующих факторов:

- масса и конфигурация состава;
- профиль пути, наличие кривых малого радиуса;
- параметры используемой тормозной системы;
- состояние ударно-тяговых приборов (автосцепка, поглощающий аппарат);

- скорость поезда и скорость включения контроллера и крана машиниста.

Исследование движения поезда моделировалось с учетом действия внешних возмущений, связанных с геометрическими параметрами рельсовой колеи (просадки, стыки, боковой износ рельса). Расчетная оценка динамических показателей проводится путем решения нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих динамическую модель его колебаний, описанную в работе [2].

Моделирование проводилось с применением программного комплекса «Универсальный механизм». В модуле программы UM Train была разработана компьютерная модель грузового поезда. Модель поезда массой 5592 т была составлена из 2-х секций электровоза ВЛ80^{С} в голове и 60 груженых полувагонов, скорость тормозной волны при служебном торможении 280 м/с, а также три основных участка: прямая длиной 700 м; прямая с кривой R=350 м, длиной 633 м; прямая с кривой R=600 м, длиной 633 м. Каждый участок дополнительно рассматривался с различными значениями уклона (от -15‰ до +15‰).

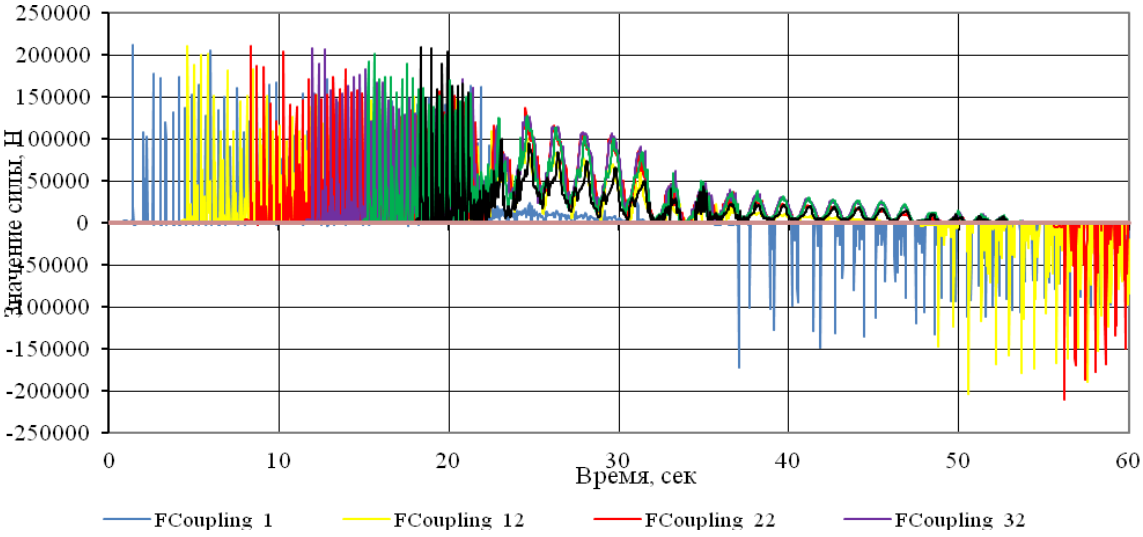

Рис. 1. Результаты моделирования продольных усилий, возникающих при торможении

На рис. 1 представлен общий вид результатов моделирования продольных усилий. Изменение максимальных значений продольной силы (растягивающей, сжимающей) в зависимости от уклона и типа выбранного участка представлено на рис. 2, 3.

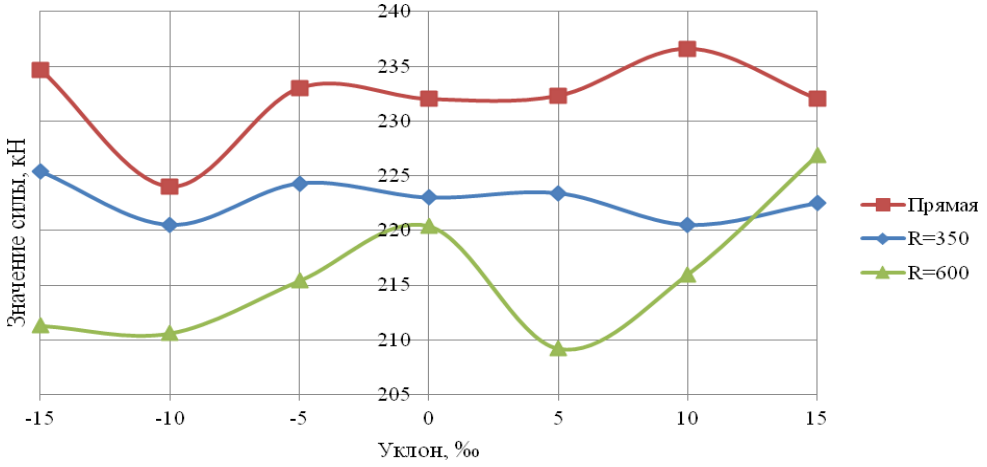

Рис. 2. Максимальные значения продольной сжимающей силы

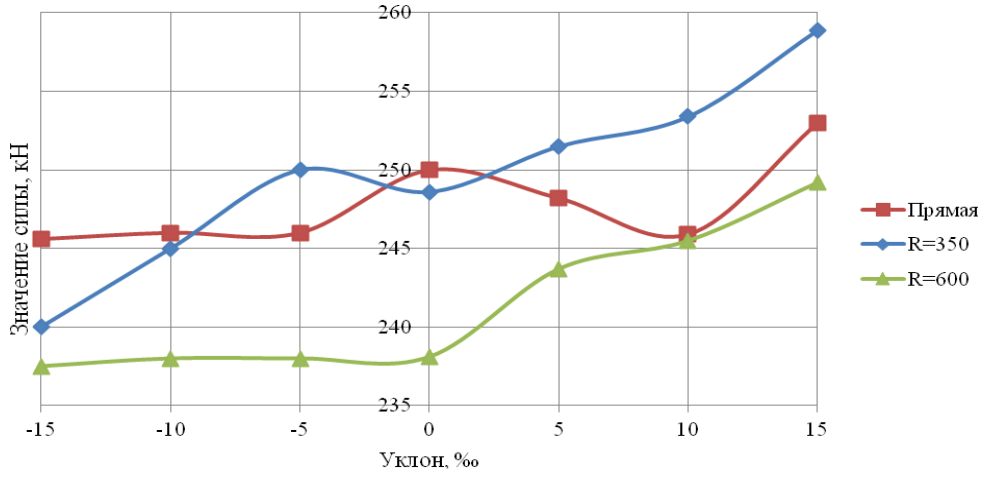

Рис. 3. Максимальные значения продольной растягивающей силы

При моделировании движения поездов по исследуемому участку пути с различными режимами ведения поездов (тяга, торможение, экстренное торможение), определялись продольно-динамические усилия, возникающие в ударно-тяговых приборах, которые, в свою оче-

редь, действуют на каждую единицу исследуемого поезда. Параметры тормозного оборудования моделировались в соответствии с реальными, замеренным в ходе поездных испытаний [3].

Также немаловажным фактором при создании продольных усилий является сила прижатия тормозных колодок к поверхности катания колеса [4].

Износ колодок (рис. 4) зависит:

- от силы их прижатия (рис. 5);
- материала (чугунные, композиционные);
- вида и длительности торможения (кратковременные и длительные);
- регулировки рычажной передачи;
- положения колодки относительно поверхности катания колеса, как в тормозном, так и в отпущенном состояниях.

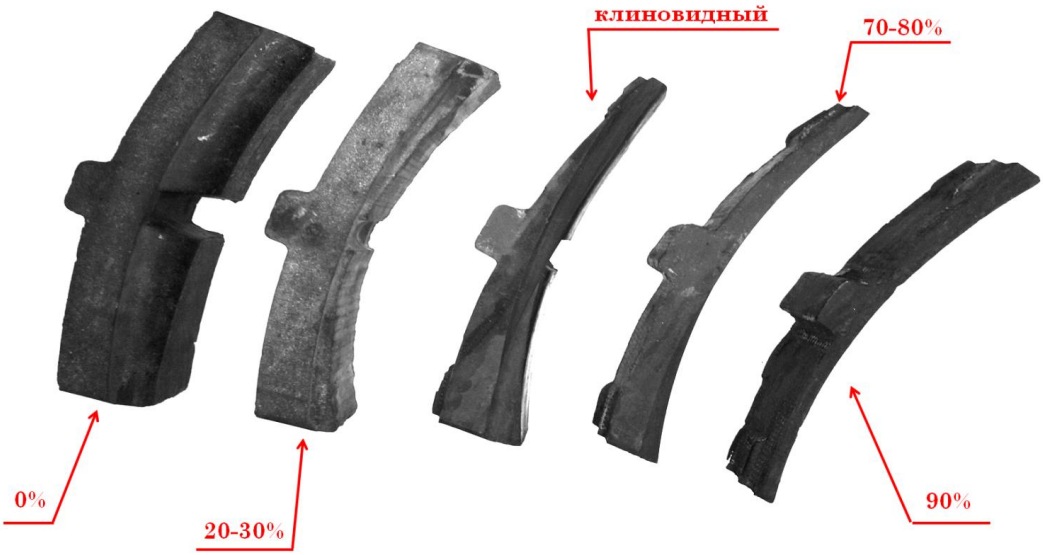

Рис. 4. Процесс износа колодок

Величина износа чугунной колодки за одно торможение ΔH рассчитывается по формуле (1) [5].

$$\Delta H = \frac{0{,}04}{\left(\dfrac{5\cdot 10^{9}\cdot F_k}{\alpha_k\cdot B_{\text{т}}\cdot V\cdot t} - \dfrac{525}{\sqrt{t}}\right)\cdot Y}, \qquad (1)$$

где F_k – геометрическая площадь трения колодок, действующих на колесо, м^2; α_k – коэффициент распределения теплового потока в

колодке (при одностороннем нажатии колодок – 0,2-0,3, при двустороннем нажатии колодок – 0,35-0,45); t – продолжительность торможения, с; $B_т$ – средняя тормозная сила, действующая в течение времени торможения от колодок на колесо, Н; V – средняя скорость движения, м/с; Y – коэффициент качества колодок (при соответствии требованиям стандарта $Y=1$).

Для композиционных колодок, благодаря физико-механическим свойствам материала, имеют другие закономерности износа, при которых, в эксплуатации не достигаются условия катастрофического износа [6].

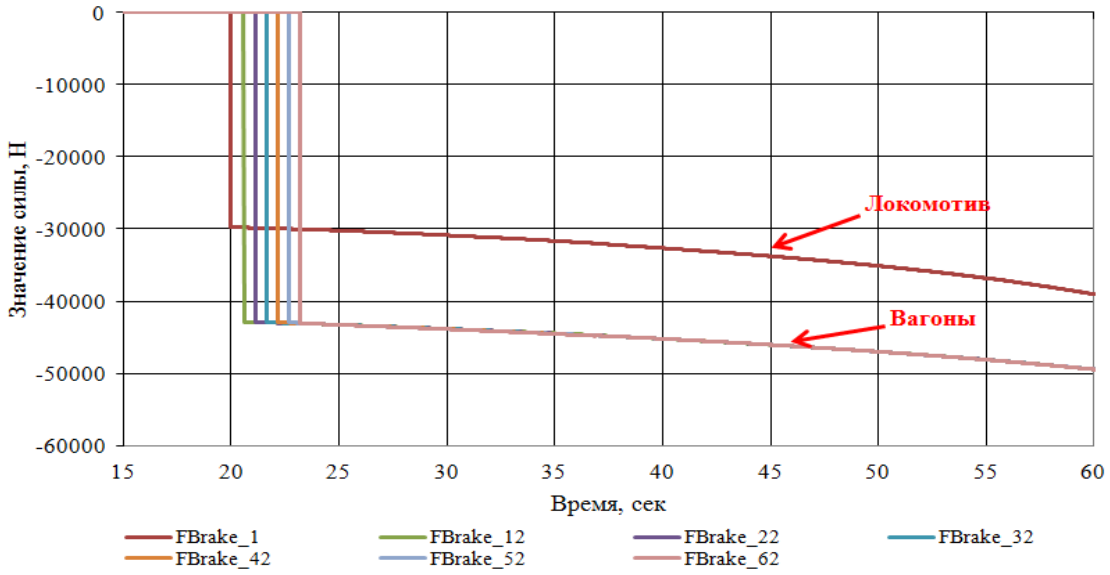

Рис. 5. Сила прижатия тормозных колодок к колесу при моделировании

Сравнительный анализ результатов моделирования движения поезда по определению продольно-динамических сил, возникающих в узлах автосцепного оборудования при торможении и экспериментальным данным, полученных при испытаниях на Восточном полигоне [7], показал достаточную сходимость. Максимальные зарегистрированные продольно-динамические усилия на автосцепках практически аналогичны полученным при компьютерном моделировании.

Компьютерное моделирование с применением программного комплекса «Универсальный механизм» позволяет с достаточной точностью определять динамические качества экипажей поездов, их

продольную динамику и режимы торможения на неустановившихся режимах движения для оценки условий безопасности движения.

Частоты расчетных и экспериментальных процессов имеют достаточную сходимость, разность максимальных значений растягивающих и сжимающих продольно-динамических усилий единиц поезда с их расчетными значениями составила не более 10 %.

Библиографический список

1. Блохин Е.П. Когда вагон теряет устойчивость / Е.П. Блохин, Л.В. Урсуляк, К.И. Железнов // Журнал «Вагоны и вагонное хозяйство». 2008, № 2. С. 36–39

2. Ермоленко И.Ю. Моделирование движения грузового вагона по сложным участкам пути / И.Ю. Ермоленко, В.Н. Железняк, Л.В. Мартыненко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Восьмой международной научно-практической конференции (г. Иркутск, 28 марта 2017 г.). Иркутск, 2017. Т. 2. С. 488–492

3. Спиров А.В. Моделирование торможения длинносоставных поездов с целью оценки безопасности движения / А.В. Спиров, В.А. Быков // Компьютерное моделирование в железнодорожном транспорте : динамика, прочность, износ : III научно-технический семинар. Брянск : БГТУ. 2016. С. 84–87

4. Ермоленко И.Ю. Анализ эффективности работы тормозных колодок в зависимости от степени их износа по результатам поездных испытаний в вагон лаборатории / И.Ю. Ермоленко, В.Н. Железняк, Н.П. Рычков // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Восьмой международной научно-практической конференции (г. Иркутск, 28 марта 2017 г.). Иркутск, 2017. Т. 2. С. 488–492

5. Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава. М. : Транспорт, 1979

6. Асадченко В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2006. 392 с.

7. Ермоленко И.Ю. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД / И.Ю. Ермоленко, В.Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование : научный журнал. № 4(52). С. 199–204

Т.В. Иванова, Д.Г. Налабордин
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛУБРИКАЦИИ НА РЕСУРС РЕЛЬСОВ ПО КРИТЕРИЮ ПРЕДЕЛЬНОГО БОКОВОГО ИЗНОСА

В статье рассмотрены вопросы о влиянии лубрикации на ресурс железнодорожного рельса по критерию предельного бокового износа. Приведены результаты дорожного эксперимента и сравнительные расчеты по интенсивности износа рельсов с применением и без лубрикации.

Ключевые слова: путевая инфраструктура, рельсосмазывание, ресурс рельса, боковой износ рельса, интенсивность износа рельса.

За последние 10 лет грузонапряженность в среднем по сети дрог выросла на 11 %, а на Восточном полигоне – на 33,7 %. С повышением веса поездов растут нагрузки на путь и, как следствие, объемы работ. Статистика показывает, что ежегодно на сети дорог изымается из пути порядка 175 тыс. дефектных и остродефектных рельсов. Наблюдается рост дефектов рельсов, связанных с отслоением и выкрашиванием металла на поверхности катания головки рельса, смятием и износом рельса [1].

Обзор отечественного и зарубежного опыта обеспечения устойчивой работы в системе колесо – рельс показал, что на протяжении многих лет проблеме износа в системе «колесо – рельс» уделяется большое внимание, решением которой занимается как производственный, так и научный комплекс железнодорожной отрасли. Из анализа эффективности мер, направленных на снижение интенсивности износа колес и рельсов, следует отнести лубликацию зоны контакта гребня колеса с головкой рельса, внедрение технологий восстановления гребней колес вагонов наплавкой (с использованием специальной проволоки с легирующими элементами) и магнитно-плазменное упрочнение гребней бандажей локомотивов, поставка вагонных колес повышенной твердости [2].

Известно, что изнашивание материалов – процесс разрушения поверхностных слоев трущихся тел, который приводит к уменьшению размеров тел (износу) в направлении, перпендикулярном к поверхности трения. Интенсивность изнашивания пар трения зависит от удельной нагрузки, упругих свойств материала, прочностных свойств материала, фрикционных свойств сопряжения, шероховатости и волнистости по-

верхностей, молекулярного взаимодействия на контакте, температурно-скоростных факторов и т.д. [3].

При трении тел фрикционный процесс совершается поэтапно. На первом этапе происходит процесс взаимодействия поверхностей твердых тел и формирование контакта, на втором – изменение свойств трущихся тел и среды, на третьем – совершается процесс поверхностного разрушения трущихся тел вследствие двух первых этапов.

Каждый из этих достаточно сложных процессов способен оказывать существенное влияние на результат фрикционного взаимодействия (уровень трения и интенсивность изнашивания и т.п.). В силу этого процессы должны исследоваться и учитывать взаимосвязь свойства материалов трущихся тел, микро- и макрогеометрии элементов пары трения и режимов трения по скорости, нагрузке, температуре работе сил трения, свойствам окружающей среды. Только комплексный учет всех факторов позволит достаточно обоснованно дать объективную оценку работы конкретной фрикционной пары.

Все это непосредственно относится к работе фрикционного контакта «колесо – рельс». Таким образом, для того, чтобы объективно оценить процессы взаимодействия колеса с рельсом в различных режимах необходимо провести исследования по конкретному узлу с учётом реального состояния поверхностей трения и нагрузок и выявить реализующиеся процессы физико-химической механики.

Множество форм контактирования новых и изношенных колес (с разной степенью) с новыми и изношенными рельсами при различной их динамической подуклонке можно разделить на три основные группы: первая группа – это контактирование новых колес с новыми рельсами при нормальной их подуклонке, вторая группа – это контактирование изношенных колес с новыми рельсами при нормальной их подуклонке, третья группа – это контактирование изношенного колеса с подрезом гребня с изношенным рельсом.

Соответственно, учитывая многообразие факторов, влияющих на интенсивность износа в системе «колесо – рельс» (изношенность рельсов и колес, наличие смазки на рельсах, наличие отступлений в содержании пути и ходовых частей вагонов, загрузка подвижного состава, количество и радиусы кривых и т.д.), наиболее достоверным и эффективным решением для определения величины износа в системе «колесо – рельс» будет являться расчетно-экспериментальный метод, основанный на результатах экспериментов, проведенных в реальных условиях эксплуатации.

На полигоне Забайкальской железной дороги проведен эксперимент по оценке влияния лубрикации на интенсивность износа рельсов. Цель

исследования заключалась в определении интенсивности бокового износа рельсов, расположенных в кривых участках пути и расчета их ресурса в условиях применения лубрикации и без нее.

Для организации проведения эксперимента было прекращено нанесение смазки вагонами-рельсосмазывателями в составах пассажирских поездов № 100, 70, 78, 2, 8 по левой нити четного пути на участке Могзон – Черновская (6053 – 6172 км). По правой нити нанесение выполнялось вагонами-рельсосмазывателями с расходом 300 мл/км в кривых на уровне 9-11 мм.

Участок испытаний представлен двумя смежными кривыми, которые имеют одинаковый радиус и расположены на подъеме 3,5 ‰ (рис. 1, 2).

Рис. 1. Общий вид участка испытаний кривых 6175 км и 6176 км

Измерения ширины головки рельса (на уровне 13 мм) в экспериментальных кривых производились по точкам в соответствии с требованиями «Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 14 ноября 2016 г. № 2288р. В качестве средства измерения использовался штангенциркуль.

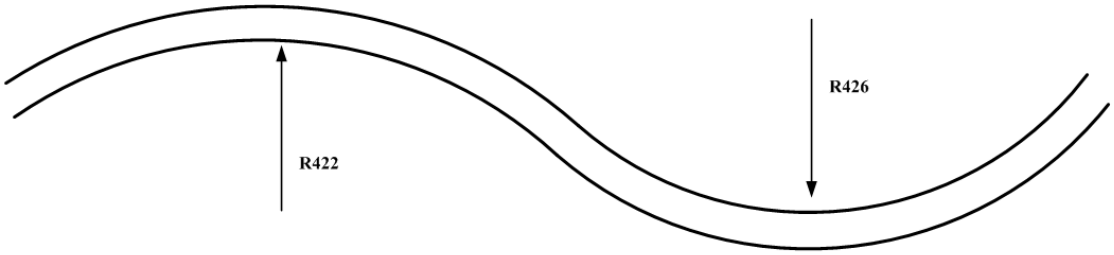

Рис. 2. План участка испытаний

Методика обработки экспериментальных данных основывалась на гипотезе, что выборка (ширина головки рельса) распределена по нормальному закону. Соответственно по мере наработки (пропущенного тоннажа) будут изменяться только параметры распределения. Тогда, разность параметров выборочного среднего в начале и конце эксперимента будет являться средней величиной износа головки рельса:

$$\overline{X} = \overline{X}_1 - \overline{X}_2 \qquad (1)$$

где $\overline{X}_1$ – выборочное среднее ширины головки рельса в начала эксперимента, мм;

$\overline{X}_2$ – выборочное среднее ширины головки рельса в конце эксперимента, мм.

Таблица 1

Основные характеристики нормального распределения выборки в начале, середине и конце эксперимента

Основные параметры распределения	Расчетная формула, обозначение параметра	Значение параметров		
		06.06.2018 г.	13.06.2018 г.	20.06.2018 г.
Плотность вероятностей	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$			
Параметры распределения (без смазки)	$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} x_i \\ \sigma = \sqrt{D(x)} \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{x} = 70{,}88 \\ \sigma = 0{,}63 \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{x} = 70{,}18 \\ \sigma = 0{,}75 \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{x} = 69{,}27 \\ \sigma = 0{,}84 \end{cases}$
Параметры распределения (со смазкой)		$\begin{cases} \bar{x} = 67{,}83 \\ \sigma = 2{,}14 \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{x} = 67{,}73 \\ \sigma = 2{,}05 \end{cases}$	$\begin{cases} \bar{x} = 67{,}62 \\ \sigma = 2{,}16 \end{cases}$

По результатам обработки экспериментальных данных установлено, что значения толщины головки рельсов обоих (экспериментальных) участков пути распределены по нормальному закону распределения и получены математические ожидания по ширине головки рельса в начале, середине и конце эксперимента. Характеристики нормального распределения приведены в табл. 1, кривые плотности вероятностей приведены на рис. 3 и 4.

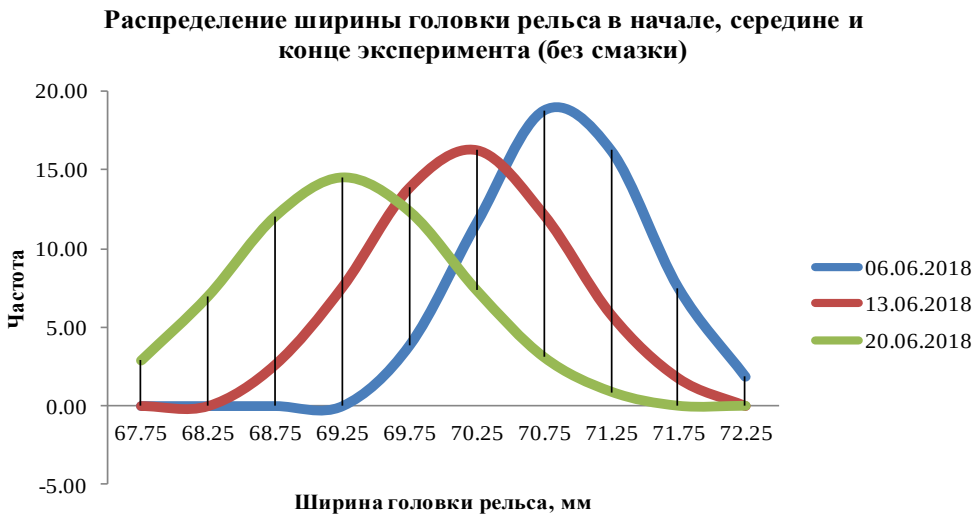

Рис. 3. Сводные результаты распределения ширины головки рельса в начале, середине и конце эксперимента (без смазки)

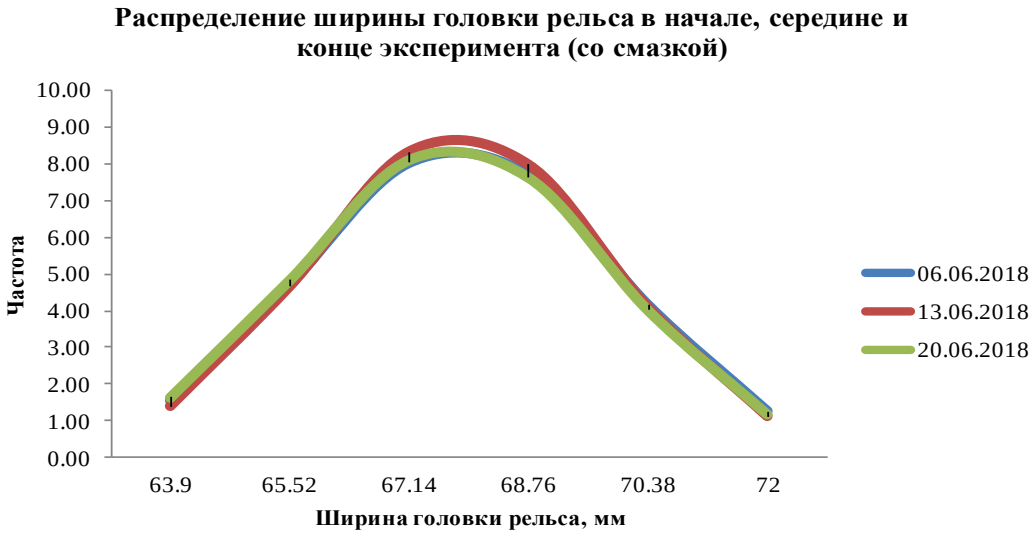

Рис. 4. Сводные результаты распределения ширины головки рельса в начале, середине и конце эксперимента (со смазкой)

На основе полученных результатов выполнены расчеты по аппроксимации линейной функции, определяющей величину износа рельса в кривом участке пути в зависимости от пропущенного тоннажа с применением и без применения смазки. Получены линейные уравнения:

– без смазки: $y = 0{,}229x + 0{,}033$. (2)

– со смазкой: $y = 0{,}0299x - 0{,}0014$. (3)

Из графиков (рис. 5 и 6) видно, что полученное уравнение описывают эмпирические данные на 99 %.

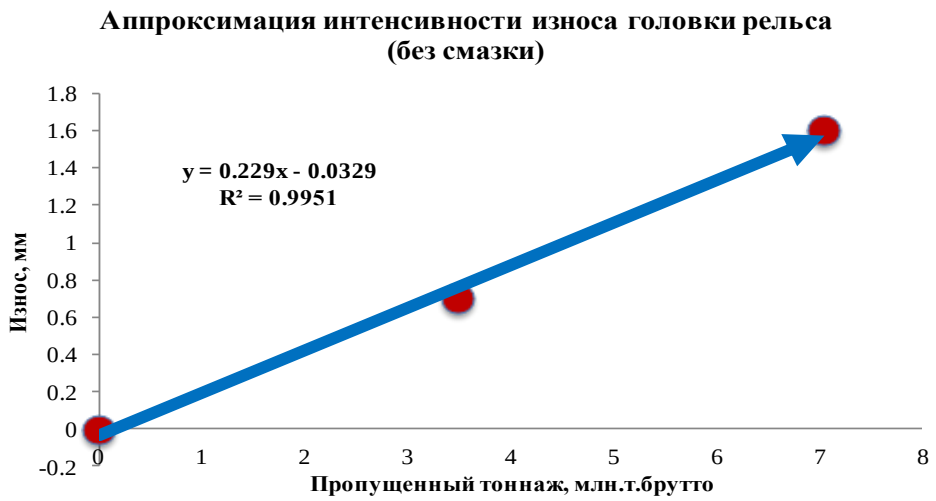

Рис. 5. График линейной аппроксимирующей функции, определяющей износ рельса (без смазки), от пропущенного тоннажа

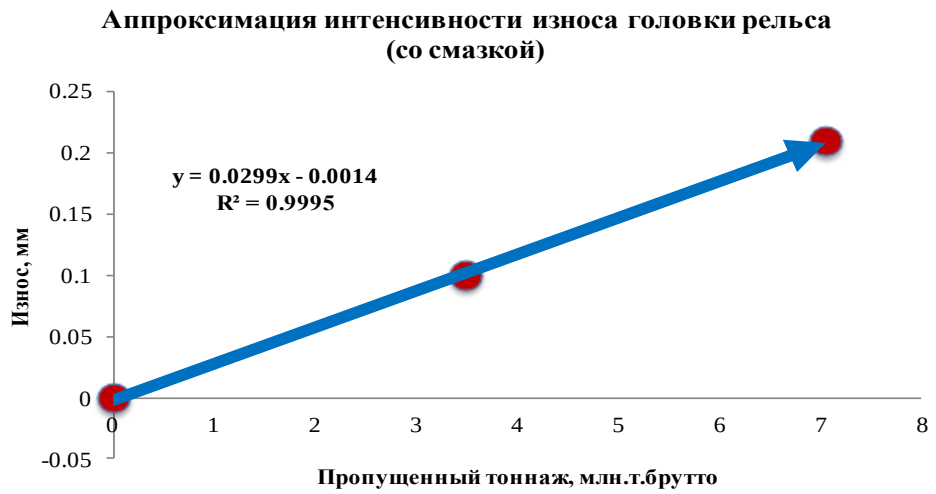

Рис. 6. График линейной аппроксимирующей функции, определяющей износ рельса (со смазкой), от пропущенного тоннажа

Полученные результаты позволили определить наработку рельса, при которой будет достигнута предельная величина бокового износа головки рельса – 15 мм:

– без смазки:

$$x = \frac{15 - 0{,}033}{0{,}229} \approx 65 \text{ млн.т.брутто.}$$

– со смазкой:

$$x = \frac{15 + 0{,}0014}{0{,}0299} \approx 501 \text{ млн.т.брутто.}$$

Соответственно, можно сделать вывод, что лубрикация снижает интенсивность изнашивания рельса в 7,7 раза.

Библиографический список

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

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

3. Мугинштейн Л.А. Основные причины повышенного износа рельсов и гребней коленных пар грузовых вагонов / Л.А. Мугинштейн, В.М. Богданов, А.В. Сухов, Ю.С. Ромен // Железнодорожный транспорт. 2020, № 7. С. 43–52

4. Богданов В.М. Обеспечение устойчивой работы системы колесо – рельс на отечественных и зарубежных железных дорогах / В.М. Богданов // Вестник ВНИИЖТ. 2010, № 2. С. 10–14

5. Богданов В.М. Развитие исследований в области взаимодействия пути и подвижного состава / В.М. Богданов, Н.В. Михайлова // Вестник ВНИИЖТ. 2016, № 4. С. 256–260

6. Трение, изнашивание и смазка : справочник. В 2-х кн. / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. М. : Машиностроение. 1978. Кн. 1. 400 с.

7. Причины и механизмы схода колеса с рельса. Проблемы износа колес и рельсов. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В.С. Лысюк. М. : Транспорт, 2002. 215 с.

8. Курлович Е.А. Организация лубрикации на сети ОАО «РЖД» / Е.А. Курлович, А.И. Лисицин, А.О. Старков, С.Л. Кожанов // Путь и путевое хозяйство. 2018, № 12. С. 2–6

9. Шур Е.А. Увеличить ресурс рельсов, лимитируемый их боковым износом / Е.А. Шур, А.И. Борц, А.Ю. Абдурашитов // Путь и путевое хозяйство. 2017, № 5. С. 2–8

И.В. Ковригина, Д.А. Чернигов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ЦЕЛЕВЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ДИРЕКЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В статье проанализированы целевые показатели и оценены факторы риска по Забайкальской дирекции инфраструктуры. Обработав данные исследования, выявили, что по большей части целевые показатели выполнены, а по итогам 4 квартала предприятий с недопустимым уровнем обобщенного фактора риска нарушения безопасности движения – нет.

Ключевые слова: вагонное хозяйство, надежность, риски, оценка факторов риска, целевые показатели.

1. Обзор выполнения целевых показателей по Забайкальской дирекции инфраструктуры и вагонному хозяйству за 2019 г.

Приоритет безопасности перевозок железнодорожным транспортом повышается, эта тенденция отчетливо прослеживается как на глобальном уровне, так и в требованиях регулирующих российских органов.

Расширяется использование методологий оценки и управления рисками, методов факторного анализа, методик оценки влияния надежности технических объектов на безопасность движения, систем поддержки принятия управленческих решений [8].

За 12 месяцев 2019 года предприятиями Забайкальской дирекции инфраструктуры допущено 33 транспортных события. Целевое задание, установленное распоряжением [9] на уровне 33 события за 2019 г. выполнено. К уровню 2018 г. количество транспортных событий снижено на 15 % (в 2018 г. было допущено 39 событий).

По вагонному хозяйству за 2019 г. допущено 1 событие (ВРД Чита – 1 событие – сход подвижного состава при поездной работе). Целевой показатель на уровне 7 событий за 2019 г. выполнен со снижением на 86 %. К уровню 2018 г. количество событий снижено на 88 % (за тот же период 2018 г. было допущено 8 событий).

Уровень аварийности по дирекции инфраструктуры в целом составил (2018 г. / план / 2019 г.): 0,296/0,250/0,2476 ед./млн.поездо-км – снижение к плану на 1 %, снижение к периоду 2018 г. на 17 %, по вагонному хозяйству – 0,060/0,053/0,007 ед./млн.поездо-км – снижение к плану на 86 %, снижение к периоду 2018 г. на 87 %.

За 2019 г. предприятиями Забайкальской дирекции инфраструктуры допущено 800 отказов 1, 2 категории, за аналогичный период 2018 года – 889 отказов (снижение на 10 % по отношению к прошлому году). Целевой показатель по снижению количества отказов в работе технических средств 1, 2 категории за 12 месяцев 2019 года по дирекции выполнен. При плане 805 отказов, факт составил 800 отказов (снижение на 1 %). По вагонному хозяйству допущено 36 отказов 1,2 категории, что ниже уровня 2018 г. на 20 % (в 2018 г. было допущено 45 отказов), целевой показатель на уровне 41 отказа выполнен со снижением на 12 %.

За 2019 г. по дирекции допущено 50866 отказов 3 категории, к уровню 2018 г. снижено на 9 % (55596 отказов). Целевой показатель по снижению количества отказов в работе технических средств 3 категории по дирекции не выполнен. При плане 50108 отказов, факт составил 50866 отказов (увеличение на 2 %). По вагонному хозяйству допущено 787 отказов 3 категории, что выше уровня 2018 г. на 8 % (в 2018 г. был допущено 731 отказ), целевой показатель на уровне 715 отказов не выполнен и превышен на 10 %.

По вине работников вагонного эксплуатационного депо Могоча в 2019 г. допущено 7 отказов 1 и 2 категории и 2 отказа 3 категории. Показатель по количеству отказов 1, 2 категории к уровню 2018 г. и по отношению к целевому заданию на 2019 г. выполнен со снижением на 13 % и 22 % соответственно (табл. 1).

По итогам работы за 2019 г. предприятиями Забайкальской дирекции инфраструктуры допущено 7000 технологических нарушений. Целевое задание не выполнено и превышено на 50 % (цель 4662 нарушения). Количество технологических нарушений к уровню 2018 г. увеличено на 27 % (за 2018 г. допущено 5505 нарушений). По вагонному хозяйству допущено 1112 нарушений (целевое задание на уровне 1067 нарушений превышено на 4 %). При этом целевое задание выполнили следующие структурные подразделения: ВЧДЭ-3 Карымская – допущено 275 нарушений при целевом значении 308 нарушений, ВЧДЭ-6 Могоча – допущено 404 нарушения при целевом значении 404 нарушения, ВЧДЭ-13 Борзя – допущено 15 нарушений при целевом значении 16 нарушений.

Таблица 1

Показатели по отказам технических средств по службе вагонного хозяйства за 2019 г.

Вагонное эксплуатаци-онное депо	12 месяцев											
	1, 2 категории						3 категории					
	2018	2019	+/-	% к 2018 году	цель 2019	% к цели 2019	2018	2019	+/-	% к 2018 году	цель 2019	% к цели 2019
ВЧДЭ-3 КАРЫМСКАЯ	10	9	-1	-10%	10	-10%	523	469	-54	-10%	513	-9%
ВЧДЭ-6 МОГОЧА	8	7	-1	-13%	9	-22%	2	2	0	0%	2	0%
ВЧДЭ-7 БЕЛОГОРСК	20	15	-5	-25%	16	-6%	157	276	119	76%	151	83%
ВЧДЭ-13 БОРЗЯ	3	2	-1	-33%	3	-33%	32	31	-1	-3%	33	-6%
ВРД ЧИТА I	4	3	-1	-25%	3	0%	17	9	-8	-47%	16	-44%
ИТОГО ПО В	45	36	-9	-20%	41	-12%	731	787	56	8%	715	10%

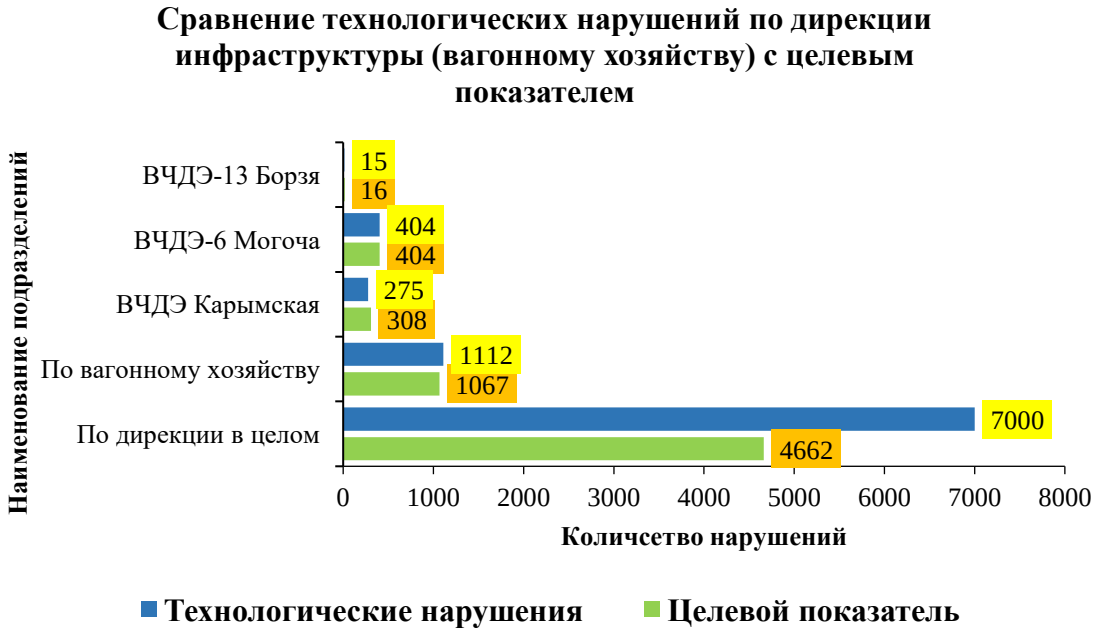

Рисунок. Сравнение технологических нарушений по дирекции инфраструктуры (вагонному хозяйству) с целевым показателем

За 2019 г. предприятиями Забайкальской дирекции инфраструктуры допущено 43064 потерь поездо-часов от отказов в работе технических средств и технологических нарушений. Целевое задание не выполнено, увеличение на 28 % (цель 33635 потерь поездо-часов). По вагонному хозяйству допущено потерь от отказов технических средств в количестве 2354 поездо-часа (снижение на 19 % к уровню целевого задания – 2605 поездо-час, снижение на 10 % к уровню 2018 года – 2605 поездо-часов).

2. Оценка факторов риска по вагонному хозяйству Забайкальской дирекции инфраструктуры.

По итогам 4 квартала 2019 года уровень риска возникновения нарушений безопасности движения в сравнении с 3 кварталом 2019 года увеличен на 19 % (10,1/8,49). В рейтинге по показателю риска служба вагонного хозяйства Забайкальской дирекций инфраструктуры переместилась с 10-го на 6-е место, ухудшив положение в рейтинге.

Анализ представленных данных за отчетный период показал, что высокую значимость имеют следующие риски:

- «объем выполняемой работы на 1 человека» – уровень фактора риска 20,5 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «количество подготавливаемых вагонов к перевозкам» – уровень фактора риска 15,5 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «качество подготавливаемых поездов и вагонов на ПТО, ППВ, ТОР» – уровень фактора риска 19,5 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «текучесть кадров (осмотрщики вагонов)» – уровень фактора риска 17,3 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «количество осмотрщиков вагонов со стажем менее 1 года» – уровень фактора риска 19,1 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «количество отказов технических средств 1, 2 категории» – уровень фактора риска 18,6 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;
- «качество подготовки вагонов к перевозкам» – уровень фактора риска 15,5 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча;

- «качество подготовки поездов на ПТО» – уровень фактора риска 19,5 балла, предприятия в зоне риска: ВЧДЭ-7 Белогорск, ВЧДЭ-13 Борзя, ВЧДЭ-3 Карымская, ВЧДЭ-6 Могоча.

По итогам 4 квартала предприятий с недопустимым уровнем обобщенного фактора риска нарушения безопасности движения нет.

Таблица 2

Динамика уровня обобщенного фактора риска по вагонным эксплуатационным депо Забайкальской дирекции инфраструктуры

Служба вагонного хозяйства	Уровень риска				Изменение уровня риска	Рейтинг
	1 кв. 2019	2 кв. 2019	3 кв. 2019	4 кв. 2019		
ВЧДЭ Белогорск	9,32	8,00	10,15	8,95	-1,2	15 место
ВЧДЭ Карымская	8,33	7,77	7,23	9,71	+2,48	7 место
ВЧДЭ Могоча	8,87	8,02	7,67	8,04	+0,37	27 место
ВЧДЭ Борзя	7,94	7,09	6,83	9,06	+2,23	14 место

Динамика изменения уровня обобщенного фактора риска (табл. 2) по вагонным депо показывает, что в течение 2019 г. по ВЧДЭ-7 Белогорск и по ВЧДЭ-6 Могоча достигнуто снижение (сравнивая результаты по 1 и 4 кварталам), по ВЧДЭ-3 Карымская и ВЧДЭ-13 Борзя – увеличение:

– по ВЧДЭ-7 Белогорск уровень обобщенного риска снижен на 4 % с 9,32 баллов в 1 квартале, до 8,95 балла в 4 квартале;

– по ВЧДЭ-6 Могоча уровень обобщенного риска снижен на 4 % с 9,32 баллов в 1 квартале, до 8,95 балла в 4 квартале;

– по ВЧДЭ-3 Карымская уровень обобщенного риска увеличен на 16 % с 8,33 балла в 1 квартале, до 9,71 балла в 4 квартале;

– по ВЧДЭ-13 Борзя уровень обобщенного риска увеличен на 14 % с 7,94 балла в 1 квартале, до 9,06 балла в 4 квартале.

На железнодорожном транспорте обеспечивается высокий уровень безопасности, но отказы тоже случаются. Благодаря высококвалифицированному персоналу и современной аппаратуре удается предотвратить большинство причин, которые могли бы оказать воздействие на безопасность движения.

Как видно из графиков, основными причинами отцепок являются проблемы с колесами и буксовыми узлами. Для предотвращения этих проблем необходимо совершенствовать конструкции этих элементов.

Несмотря на вышеперечисленные факторы, безопасность движения на железнодорожном транспорте с каждым годом становится только выше.

Библиографический список

1. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности : основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. М. : КД Либроком, 2019. 584 с.

2. Котуранов В.Н., Шадур Л.А., Челноков И.И., Никольский Л.Н. Вагоны : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / под ред. Л.А. Шадура. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 2009. 220 с.

3. Ковригина И.В., Рожкова Е.А. Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов // Образование – Наука – Производство : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2019. 360 с.

4. Куликов Е.И. Прикладной статистический анализ. М. : ГЛТ, 2008. 464 с.

5. Ларченко Е.А. Оценка альтернативных вариантов унифицированной нормы массы грузовых поездов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы 6 международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования ИрГУПС, Т. 2. Иркутск : ИрГУПС, 2015. С. 346–350

6. 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.

7. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года «Белая книга» //http://www.rzd-expo.ru/innovation/BelKniga_2015.

8. Устич П.А. Вагонное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / П.А. Устич, И.И. Хаба, В.А. Ивашов [и др.] / под ред. П.А. Устича. М. : Маршрут, 2003. 560 с.

9. Положение о департаменте безопасности движения ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. Режим доступа : //https://jd-doc.ru/2013/maj-2013/4392-polozhenie-oao-rzhd-ot-16-05-2013-n-188

10. Распоряжение ОАО «РЖД» от 7 февраля 2019 г. №ЦДИ-71/р// [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://olddoc.rzd.ru/doc/public

И.В. Ковригина, Д.А. Чернигов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА И ПРИЧИНЫ ОТЦЕПОК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ПО ВАГОННОМУ ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ ДЕПО МОГОЧА

В статье проанализированы причины отцепок грузовых вагонов в текущий ремонт и оценены факторы риска по Забайкальской дирекции инфраструктуры. Обработав данные исследования выявили, что на линейных подразделениях вагонного депо Могоча отцепляется значительное количество вагонов в предотказном состоянии, что положительно сказывается на технико-эксплуатационных показателях Забайкальской железной дороги.

Ключевые слова: вагонное хозяйство, надежность, отцепка вагонов, текущий ремонт.

При расширении рынка транспортных услуг качество перевозок, и в первую очередь безопасность движения и сохранность груза, приобретает все большее значение. Грузоотправителей в конечном счете интересуют количественные характеристики безопасности движения на текущий период. Однако для подразделений железных дорог ответ на этот вопрос затруднителен, так как они располагают данными о нарушениях безопасности движения за прошлый период. Между тем на местах предпосылки к нарушениям (некачественное техническое обслуживание, ослабление контроля при смене руководства, использование подвижного состава с разными характеристиками надежности и др.) могут созревать достаточно быстро. Кроме того, уровень безопасности движения существенно разнится по дорогам и регионам.

- Анализ представленных данных за отчетный период показал, что высокую значимость имеют следующие риски:
- «количество отказов 1, 2 категории» – уровень фактора риска 18,6 балла;
- «объем выполняемой работы на 1 человека» – уровень фактора риска 20,5 балла;
- «количество подготавливаемых вагонов к перевозкам» – уровень фактора риска 15,5 балла;
- «качество подготавливаемых поездов и вагонов на ПТО, ППВ, ТОР» – уровень фактора риска 19,5 балла;

• «текучесть кадров (осмотрщики вагонов)» – уровень фактора риска 17,3 балла;

• «количество руководителей среднего звена со стажем менее 1 года» – уровень фактора риска 15,0 баллов;

• «количество осмотрщиков вагонов со стажем менее 1 года» – уровень фактора риска 19,1 балла.

Причины отцепок грузовых вагонов в текущий ремонт на эксплуатационном участке вагонного депо Могоча.

В 2019 г. на эксплуатационном участке ВЧДЭ-6 Могоча в текущий ремонт отцеплен 1791 вагон. По линейным подразделениям отцепки вагонов распределились (рисунок 3.1):

– ПТО Могоча – 1012 вагонов;
– ПТО Чернышевск – 649 вагонов;
– ПТО Уруша – 73 вагона;
– ПТО Ерофей Павлович – 7 вагонов;
– КП Шилка – 50 вагонов.

Рис. 1. Распределение отцепок вагонов по линейным подразделениям ВЧДЭ-6 в 2019 г.

Причины отцепок вагонов по ВЧДЭ-6 Могоча представлены в табл. 3.

Таблица 3

Отцепки вагонов в текущий ремонт по линейным подразделениям ВЧДЭ-6 Могоча в 2019 г.

Показатель	Шилка	Чернышевск	Могоча	Уруша	ИТОГО
Неисправности колес	40	294	502	7	843
Неисправности буксового узла	3	136	345	50	534
Неисправности тележки	1	147	79	9	236
Неисправности автосцепок	2	20	19	1	42
Неисправности тормозного оборудования	0	19	53	3	76
Неисправности грузовых вагонов	0	11	1	1	16
Неисправности рамы вагона	2	5	3	0	10
Неисправность, не связанная с техническим состоянием вагона		16	10	2	28
Итого	48	649	1012	73	1791

Из табл. 3 и рис. 2 видно, что 79 % (1350 вагонов) отцепок происходи в основном по дефектам колес и буксового узла. При этом первое место занимает причина «грение буксы по внешним признакам» (457 вагонов), также по показаниям аппаратуры контроля отцеплено 70 вагонов, соответственно общее количество отцепок вагонов по грению буксового узла составляет 527 вагонов.

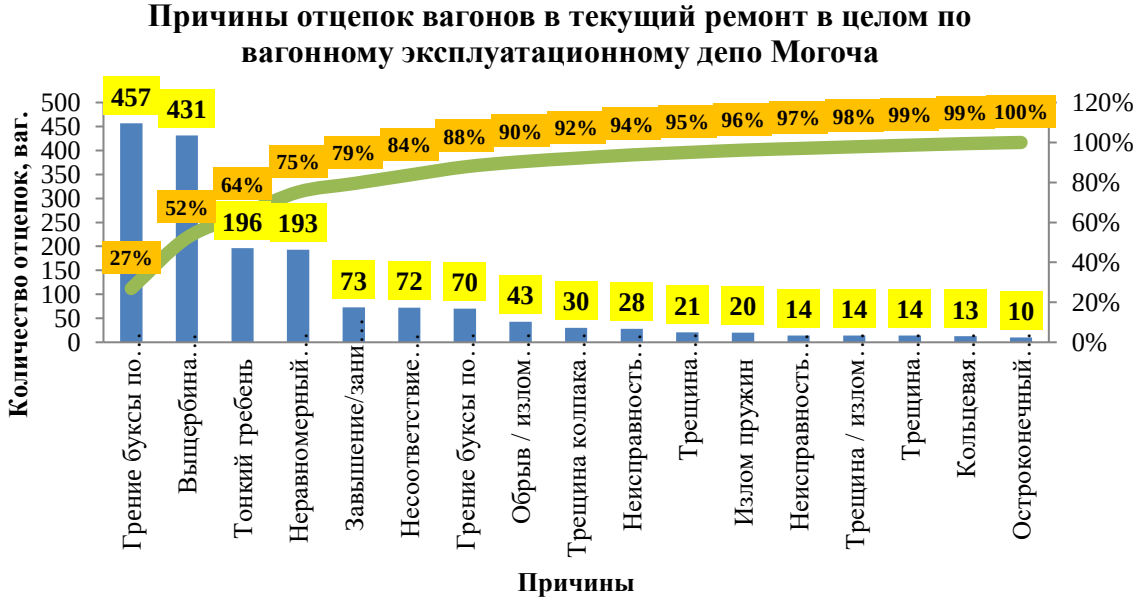

Рис. 2. Диаграмма Парето по причинам отцепок вагонов в текущий ремонт по ВЧДЭ-6 Могоча

Таким образом, из проведенного анализа отцепок вагонов в текущий ремонт видно, что на линейных подразделениях вагонного депо Могоча отцепляется значительное количество вагонов в предотказном состоянии. В конечном итоге это положительно сказывается на технико-эксплуатационных показателях Забайкальской железной дороги.

Библиографический список

1. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности : основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. М. : КД Либроком, 2019. 584 с.

2. Котуранов В.Н., Шадур Л.А., Челноков И.И., Никольский Л.Н. Вагоны : учеб. для вузов ж.-д. трансп.; под ред. Л.А. Шадура. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 2009. 220 с.

3. Ковригина И.В., Рожкова Е.А. Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов // Образование - Наука – Производство : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2019. 360 с.

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

5. Куликов Е.И. Прикладной статистический анализ. М. : ГЛТ, 2008. 464 с.

6. 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.

7. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года. «Белая книга» [Электронный ресурс]. Режим доступа : //http://www.rzd-expo.ru/innovation/ BelKniga_2015

8. Устич П.А. Вагонное хозяйство : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / П.А. Устич, И.И. Хаба, В.А. Ивашов [и др.]; под ред. П.А. Устича. М. : Маршрут, 2003. 560 с.

Е.Г. Леоненко
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН СХОДОВ

Работа основана на анализе эксплуатационной работы Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорог. Анализ сходов позволил установить, параметры пути и подвижного состава оказывающие существенное влияние на сход вагонов в прямых и кривых участках пути большого радиуса. В статье рассмотрено взаимодействие пути и подвижного состава. Рассмотрен процесс движения поезда по различным участкам пути. Влияние динамических нагрузок на безопасность движения поездов. Установлено, что силы импульсного характера оказывают существенное влияние на коэффициент безопасности от схода вагонов и уменьшают его величину на 10-30 %.

Ключевые слова: безопасность движения, динамика, сход, колесо-рельс, вагон.

Безопасность движения поездов одна из приоритетных задач ОАО «РЖД». Перед компанией стоит задача повышения скоростей движения поездов, увеличения массы пропускаемых поездов по участку и нагрузок на ось колесной пары. Для решения поставленных задач необходим комплексный подход и в первую очередь добиться безопасности движения порожних вагонов при условии увеличения воздействия подвижного состава на путь. Скорости движения и повешение нагрузок на ось влекут за собой увеличение динамических нагрузок на путь.

Анализ работы инфраструктуры железнодорожного транспорта показал, что безопасность движения поездов зависит от множества факторов. Транспортные происшествия, связанные со сходами вагонов в поездной работе, значительно участились, начиная с 1996 года. Анализа сходов на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах показал, что за период с 1998 по 2019 годы количество сходов до 2002 года составляло в среднем 3 случая в год, из них 2 схода происходили внутрь кривой. С 2003 по 2018 среднее количество сходов в год составило около 4-х, из них 2-3 схода внутрь кривой. Сходы внутрь кривой в большей степени происходят из-за вкатывания гребня колеса на головку рельса с последующим перекатыванием его через рельс. Анализ материалы служебных расследований сходов вагонов показал, что причиной наибольшего количества сходов вагонов является отклонения в содержании ва-

гонов (52 % случаев), 37 % по причине неисправностей вагонов и только в 5 случаях из всех рассмотренных виновником схода признаны машинисты (рис. 1) [1].

Анализ сходов за 23 года позволил установить параметры оказывающих наибольшее влияние на безопасность движения (рис. 2).

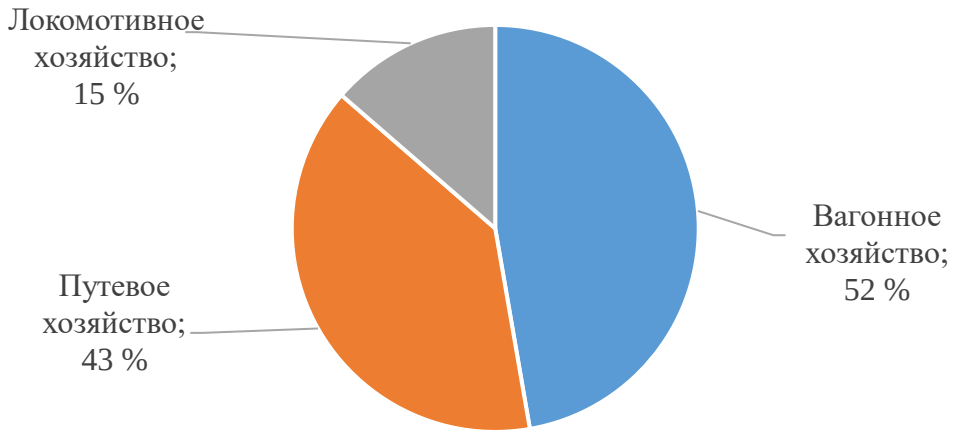

Рис. 1. Распределение сходов порожних вагонов по материалам служебных расследований на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах

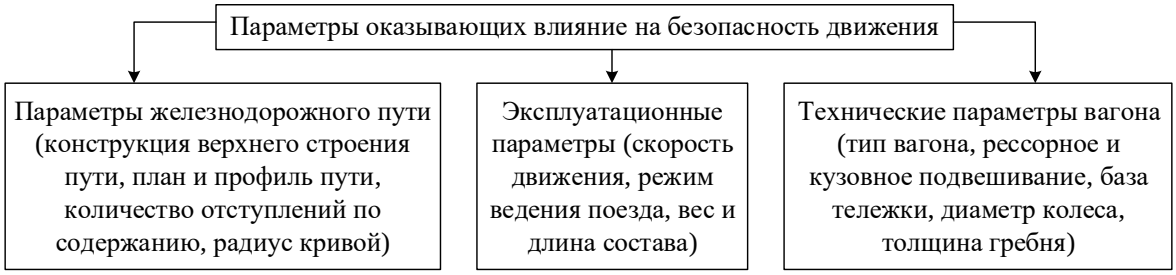

Рис. 2. Параметры, влияющие на сход вагонов

Для определения причин сходов необходимо рассмотреть силы, действующие на подвижную единицу при следовании по участкам пути в которых произошёл сход [2, 3, 5].

Взаимодействие пути и подвижного состава – это основополагающий процесс в обеспечении безопасности движения поездов, определяющий коэффициент запаса устойчивости.

При движении подвижного состава по железнодорожному пути возникает ряд сил и усилий, действующих в горизонтальном и вертикальном направлении. Часть сил являются статическими их величина постоянна и зависит от технических параметров пути и подвижной единицы. Движение поезда сопровождается колебаниями вагонов и элементов железнодорожного пути, в результате возникает перемещение частей вагонов и значительные динамические воздействия.

Колебания подвижного состава можно разделить на шесть видов:

- подпрыгивание – малое устойчивое отклонение от положения равновесия;
- вращательное движение – малое виляние подвижной единицы;
- боковой относ – поступательное движение;
- галопирование – продольная качка вагона (в большей степени действуют одновременно с подпрыгиванием);
- боковая качка – возникает при движении в кривых участках пути;
- подергивание – возникает при начале движения поезда или при торможении в пути следования.

При рассмотрении взаимодействии подвижного состава и пути большую роль играют геометрические и динамические отклонения от номинальных размеров содержания элементов строения пути и вагонов. К геометрическим отклонениям можно отнести форму и размеры пути и колес от альбомных значений, вследствие неравномерного износа. На рельсах: волнообразный износ, местную истертость, искривление горизонтальной плоскости. На колесах: неравномерный прокат по кругу катания, выбоины, выщербины и тд. Динамические: на рельсах – неравноупругая характерная неровность – стык; на колесных парах – эксцентриситет насадки колеса на ось.

При движении в кривых большого радиуса и прямых участках пути, даже при идеальных параметрах, наличие колес с коническими поверхностями катания приводит к появлению извилистого движения. Данное движение вагона можно рассмотреть, как виляние с относом, площадка контакта колеса и головки рельса перемещается в продольном и поперечном направлении, при этом размах поперечного перемещения зависит от величины зазора между гребнем колеса и рабочей гранью рельса. В ходе анализа действия сил установлено что, при численном значении эксцентриситета равном около 0,17 мм в порожних грузовых вагонах происходит качение со скольжением. В процессе виляния и относа колеса относительно головки рельса возникает ударное воздействие, которое

можно рассмотреть, как импульс, действующий мгновенно. Величина импульса зависит от скорости движения, параметров пути и подвижного состава. Для определения величины импульсного воздействия применено выражение (1), описывающее перемещение центра тяжести кузова [4].

$$Z_1[n,\varepsilon] = f_0 \sum_{v=1}^{l} C_{v0}^{/} \frac{e^{q_v \varepsilon}[1-e^{q_v(n+1)}]}{1-e^{q_v}}. \qquad (1)$$

В качестве примера выбрано 2 кривых радиусом 583 и 1309 м. На рис. 3 представлена характеристика величины импульса от времени его воздействия.

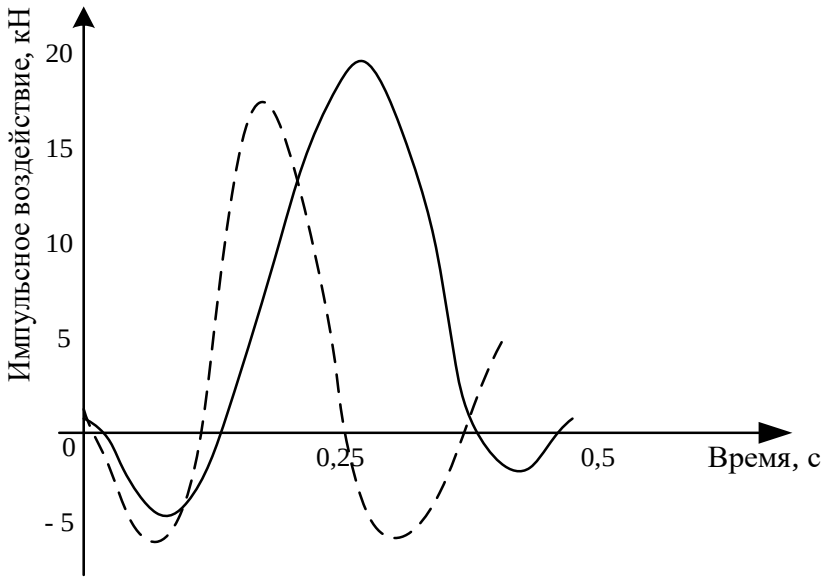

Рис. 3. Величина импульса (сплошной линией показана кривая 583 м, пунктирной 1309 м)

Исследования формы импульса для кривых различного радиуса (350-1300 м) позволило установить, что форма импульса не оказывает влияние на величину и характер колебаний механической системы. При импульсном воздействии на гребень колеса коэффициент безопасности движения резко понижается ниже установленной величины 1,3, что вызывает вползание колеса на головку рельса. При учете импульсного воз-

действия установлено, что коэффициент запаса устойчивости уменьшается на 10-30 %.

Библиографический список

1. Буйнова Н.П. Влияние параметров подвижного состава и пути на устойчивость движения / Н.П. Буйнова, Е.П. Капустина, Е.Г. Леоненко, О.В. Чуринова // Вестник транспорта Поволжья / Самарский гос. ун-т путей сообщения. 2011. № 1(25). С. 24–30

2. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава / под ред. М.Ф. Вериго. М. : Транспорт, 1986. 559 с.

3. Лазарян В.А., Длугач Л.А., Коротенко М.Л. Устойчивость движения рельсовых экипажей. К. : Наук. думка, 1972. 198 с.

4. Леоненко Е.Г. Исследование периодических импульсных воздействий на порожний подвижной состав // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / Иркутский гос. ун-т путей сообщения. Иркутск. 2019. Т. 64, № 4. С. 96–101

5. Леоненко Е.Г. Анализ действия сил на порожний подвижной состав при вписывании в кривые участки пути // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию железнодорожного образования в Сибири «Цифровизация транспорта и образования» / КрИЖТ ИрГУПС. Красноярск. 2019. С. 384–387

А.П. Назаренко, Г.И. Петров
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РЕМОНТА И НОРМАТИВНОГО СРОКА СЛУЖБЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЧЕТЫРЕХОСНОГО ПОЛУВАГОНА

Работа посвящена поиску систем ремонта, которые будут удовлетворять возможностям ремонтной базы. Изменив исходные данные, найдена необходимая система ремонта применительно к новым условиям. Таким образом, из пяти выделенных структур была определена наилучшая, которая может быть применена при ремонте универсального четырехосного полувагона.

Ключевые слова: матрица межремонтных пробегов, срок службы вагона, экстремальное значение, целевая функция.

Система ТОР, как и любая другая система, характеризуется элементным составом (типами ремонтов и их технического обслуживания) и структурой, т.е. правилом взаимосвязи между элементами и между элементом и системой. Указанные связи задаются с помощью стратегий каждой компоненты и их упорядочивания во времени, пространстве и по затраченным ресурсам. Под системой ТОР в узком смысле понимают типы предусмотренных технической документации ремонтов, технических осмотров и обслуживаний, которые взаимоувязаны стратегиями и объемами работ по их осуществлению.

Параметры системы ТОР определяют с одной стороны расходы на содержание вагонов, а с другой уровень надежности и безопасности на железнодорожном транспорте.

Для выбора наиболее эффективных параметров системы ТОР следует в первую очередь определиться с объектом оптимизации и с целевой функцией к оптимизационной задаче.

Система «вагон-среда» состоит из неоднородных в известном смысле элементов. В качестве связующего звена между вагоном и эксплуатационной средой воспользуемся математическим аналогом системы ремонта в виде матрицы межремонтных пробегов.

Оптимальная матрица одновременно позволит получить:

- оптимальное количество КР за срок службы вагона;
- оптимальное количество ДР в пределах каждого ремонтного цикла;
- оптимальные межремонтные пробеги между плановыми ремонтами;
- оптимальный срок службы вагона.

1. В качестве целевой функции используется показатель качества функционирования системы на ранг выше вагонного хозяйства. Такой системой будет являться железнодорожный транспорт в целом, а за показатель примем себестоимость единицы пробега вагона.

2. В расчеты закладываются реальные структуры системы ТОР и стратегии ее осуществления.

3. Форма эксплуатации грузовых вагонов является уникальной благодаря своей обезличенности.

4. Поскольку уровень организации ремонта и технического обслуживания вагонов влияет на безопасность движения, то при выборе параметров системы ремонта закладываются требования к безопасности движения.

5. Система ремонта должна быть соответствующим образом согласована с системами ремонта наиболее ответственных составных частей конструкции.

6. Параметры системы ремонта вагона должны быть согласованы с возможностями ремонтной базы, а также с психофизиологическими возможностями работников в части отказа внимания.

7. Для обеспечения реальной воспроизводимости результатов решения задачи, что является важным признаком научности того или иного метода, база исходных данных, полученная с помощью отраслевой системы центрального пономерного учета вагонов, должна быть компактной и прозрачной, а ее получение должно основываться на анализе стандартных форм учета и отчетности, принятых на транспорте.

На допустимом множестве матриц требуется выделить ту, на которой целевая функция принимает экстремальное значение.

В качестве целевой функции использована себестоимость единицы пробега вагона, которая определена на множестве матриц. Составляющими себестоимости единицы пробега вагона являются затраты на КР, ДР, ТР и ТО, расходы на содержание инфраструктуры, осуществляемое другими хозяйствами.

На аргументы целевой функции накладывают два ограничения. Первое - любой элемент матрицы не должен быть больше достигнутого максимально-допустимого из соображений безопасности периода между плановыми ремонтами.

Второе ограничение на аргументы целевой функции вводится с помощью неравенства:

$$\left| \frac{M}{\Pi(l_{ij})} - \alpha \right| \le \varepsilon , \qquad (1)$$

где $\Pi(l_{ij})$ – функция, определенная на множестве матриц (l_{ij}) и предназначенная для подсчета потребности в ДР вагонов рассматриваемой совокупности в течение интересующего нас календарного года; ε – требуемая точность расчетов (0,05÷0,1). Благодаря этому неравенству при выборе оптимальной системы ремонта учитываются возможности ремонтной базы. При этом с помощью так называемого коэффициента технологического запаса мощности ремонтного хозяйства вагонов рассматриваемой совокупности α исключается вариант работы ремонтных предприятий на пределе или за пределами своих возможностей, без чего трудно обеспечить требуемый уровень качества ремонта.

Задача состоит в том, чтобы на допустимом множестве матриц выделить ту, на которой целевая функция принимает минимальное значение, существование которого доказано.

В качестве составляющих целевой функции учитываем: удельные расходы на КР; удельные расходы на ДР; удельные расходы на приобре-

тение вагона; удельные расходы на текущие ремонты, техническое обслуживание, а также расходы других служб. Аналитического выражения для СЕП вагона:

$$f(l_{ij}) = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} R_{KP_i} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} R_{ДР_{ij}} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i+1}(a_{ij}l_{ij} + b_{ij}l_{ij}^2) + S - Q + d_Л + d_П + d_Э + d_Ц}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i+1} l_{ij}}, \qquad (2)$$

где m_i – структура *i*-того ремонтного цикла; *n* – количество ремонтных циклов за срок службы вагона; $R_{ДР_{ij}}$ – затраты на *j*-й ДР в пределах *i*-го ремонтного цикла; R_{KP_i} – затраты на *i*-й КР; a_{ij} и b_{ij} – параметры роста затрат на ТР на *j*-м на межремонтном пробеге в пределах *i*-го ремонтного цикла; *S* – затраты на приобретение вагона, *Q* – ликвидной стоимости, через $d_Л$, $d_П$, $d_Э$, и $d_Ц$ – издержки за срок службы вагона, локомотивного, путевого, перевозок и СЦБ хозяйств соответственно.

Издержки других хозяйств за нормативный срок службы вагона приняты в размере 480 тыс. руб.

Функция $П(l_{ij})$ зависит от принятой системы ремонта и срока службы вагона, т.е. от матрицы, размер которой соответствует структуре системы ремонта. Сама функция трактуется как количество вагонов рассматриваемого типа, нуждающихся в зависимости от принятой стратегии либо в ДР, либо в плановом ремонте, либо в глубокой диагностике.

Задача решается при предположении, что изготовление вагонов и их приобретение осуществляется равномерно в пределах календарного года.

Алгоритм реализуем в виде расчета потребности в ДР и КР:

$$П^{ДР}(l_1, l_2, \cdots l_N) = \sum Mn^{ДР} \cdot H_n; \qquad (3)$$

$$П^{KP}(l_1, l_2, \cdots l_N) = \sum Mn^{KP} \cdot H_n. \qquad (4)$$

Здесь: H_n – количество вагонов в *n*-ой возрастной группе; $M_n^{ДР} = \sum_{j=1}^{u} m_{nj}$ – доля вагонов *n*-й возрастной группы, которую следует отправить в ДР в течение интересующего года;

$$m_{nj} = \begin{cases} 0, \text{если } \varphi_{nj} \geq 24\,; \\ 2 - \dfrac{\varphi_{nj}}{12}\,, \text{если } 12 < \varphi_{nj} < 24\,; \\ \dfrac{\varphi_{nj}}{12}\,, \text{если } \varphi_{nj} \leq 12\,. \end{cases} \tag{5}$$

где φ_{nj} – определяется по формуле:

$$\varphi_{nj} = \Delta n - \sum_{i=1}^{knj} l_i^{(n)}\,. \tag{6}$$

Под знаком суммирования находятся только те пробеги $l_i^{(n)}$, которые завершают ДР. Остальные пробеги используются для определения Mn^{KP} – доли вагонов n-й возрастной группы, которую следует отправить в КР в течение интересующего нас календарного года:

$$m_{nj} = \begin{cases} 0, \text{если } \varphi_n(m_k + 1) \geq 24\,; \\ 2 - \dfrac{\varphi_n(m_k + 1)}{12}\,, \text{если } 12 < \varphi_n(m_k + 1) < 24\,; \\ \dfrac{\varphi_n(m_k + 1)}{12}\,, \text{если } \varphi_n(m_k + 1) \geq 12\,. \end{cases} \tag{7}$$

где m_k – структура k-го ремонтного цикла. Последние два выражения связаны соотношением:

$$K_n^i = m_k + 1\,, \tag{8}$$

При этом m_k определяется из условия:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{mk} li^n < \Delta n < \sum_{i=1}^{mk+1} li^n \\ l_{mk+1}^{(n)} \leq 12 \end{cases} \tag{9}$$

Причем, если $l^{(n)}{}_{mk+1} > 12$, то $M_n^{KP} = 0$. Здесь

$$\Delta n = (t_{рем} - t_{изг}^n)/12\,, \tag{10}$$

$t_{рем}$ – конец интересующего нас календарного года, в течение которого планируется ремонт вагонов; $t_{изг}^n$ – начало года изготовления вагонов n-й

возрастной группы; l_i^n – i-ый межремонтный пробег n-й возрастной группы.

Для определения значений k_{nj}, где $j = (\overline{1,u})$ представим их в виде последовательности членов арифметической прогрессии:

$$K_n^{(1)}, K_n^{(2)}, ...K_n^{(u)}. \tag{11}$$

С разностью, равной единице. В этом случае достаточно определить лишь два крайних члена данной последовательности. Значение $K_n^{(u)}$ определяется из условия:

$$\max \sum_{i=1}^{K_n^{(u)}} l_i^{(n)} \le \Delta n. \tag{12}$$

Первый элемент последовательности (11) удовлетворяет соотношению

$$K_n^{(1)} = K_n^{(t)} + 1, \tag{13}$$

где $K_n^{(t)}$ определяется из условия:

$$\max \sum_{i=1}^{K_n^{(u)}} l_i^{(n)} \le \Delta n - 24. \tag{14}$$

По данной методике представляется возможным любой системе ремонта и любому типу вагонов быстро спрогнозировать количество вагонов, которое следует отправить в ремонт в течение любого заданного календарного года.

Расчеты выполнены с помощью программы и системы проектирования/решения математических задач Mathcad. Рассмотрим структуру ω_6 и рассчитаем оптимальные межремонтные пробеги.

Определим значения коэффициентов квадратного уравнения.

a= 6336,77; b= -1599,63; c= -4679828,01

Корень уравнения равен l_1= 27,30 мес.

В результате эксперимента выяснилось, что потребность в ремонте не соответствует возможностям ремонтной базы.

Учитывая ограничение, отражающее требование к безопасности движения, откорректированы полученные периоды и получена реально возможная периодичность проведения плановых ремонтов.

Согласно принятому критерию наиболее предпочтительна система ремонта, имеющая структуру ремонта 15-10, на ней достигается минимальная себестоимость единицы пробега с учетом остальных параметров.

Однако для этого система ω_5 должна соответствовать возможности ремонтного хозяйства. Для проверки этого условия подсчитываем потребность в плановых ремонтах.

Таким образом, пятая структура, хоть и позволяет получить минимальную себестоимость, но не сможет выполнить требуемый объем плановых ремонтных работ. Оценим полученные системы ТОР заданных структур, это гарантирует согласованность параметров системы ТОР с возможностями ремонтной базы вагонного хозяйства, тем самым создается необходимое условие для выполнения качественного ремонта.

Исходя из полученных результатов эксперимента видно, что возможностям ремонтной базы удовлетворяют системы ремонта ω_1, ω_2, ω_4, ω_6, ω_9. Остальные предложенные системы не соответствуют возможностям вагонного хозяйства. Надо либо менять условия эксплуатации, либо приобретать более надежные вагоны (их цена будет выше), либо совершенствовать ремонтную базу (увеличивать ее мощность) и т.п. Словом, нужно изменить исходные данные и искать оптимальную систему ремонта применительно к новым условиям. Таким образом, из пяти выделенных выше структур наилучшей является ω_9, 10-7, НСС=27,7 лет, СЕП=315,3 тыс. руб./год или 2879,9 руб./ тыс. км.

Библиографический список

1. Устич П.А. Система технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов : учеб. пособие. М. : МИИТ. 1989. 153 с.

2. Устич П.А., Петров Г.И., Беспалько С.В., Иванов А.А., Курыкина Т.Г., Устич Д.П., Устич П.П. Обоснование мероприятий, направленных на повышение качества функционирования железнодорожного транспорта Российской Федерации : учеб. пособие по дисциплине «Вагонное хозяйство». М. : МГУПС (МИИТ). 2015. 75 с.

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

А.П. Назаренко, Г.И. Петров
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ВАГОННОМ КОМПЛЕКСЕ НА ПРИМЕРЕ НАРАБОТОК ДО ОТКАЗА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА

В статье рассмотрен вопрос управления рисками в вагонном хозяйстве в результате проведения испытаний с помощью системы ЦПУВ. Определена наилучшая точечная оценка параметра закона распределения наработки до отказа, обладающая наименьшей дисперсией, и которая была получена с помощью метода максимального правдоподобия. В результате эксперимента получены наработки до отказов элементов конструкции универсального четырехосного грузового вагона. Получены эмпирические и теоретические функции распределения.

Ключевые слова: наработка до отказа, ЦПУВ, параметр безопасности.

Степень организации системы технического обслуживания и ремонта, качество выполняемых работ, нормативный срок службы вагона, значительно влияют на уровень безопасной эксплуатации нетягового подвижного состава.

В результате обоснования параметров системы технического обслуживания и ремонта вагонов используются показатели достигнутого в эксплуатации уровня безопасности. К таким показателям относится параметр безопасности вагона $L_{БД}$ – максимально допустимый пробег между глубокими диагностиками. Это тот объем диагностических работ, который производится в результате проведения деповского (ДР) и капитального (КР) ремонтов.

Показатель безопасности $L_{БД}$ отражает уровень безопасности транспорта в целом. В рассматриваемой модели заложен внутренний ресурс, который позволяет учесть повреждения и отказы из-за брака в работе персонала основных хозяйств на железнодорожном транспорте.

На кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» РУТ (МИИТ) разработана методика, которая выступает в пользу использования этого показателя безопасности и позволяет каждому его значению поставить в соответствие значение риска крушения поезда.

Для построения вероятностной модели схода вагона с рельсов наиболее удобным будет, разработка древовидной, а затем уже и адекватной двухполюсной модели аварийности рассматриваемого объекта.

Благодаря переходу от древовидного представления модели аварийности вагона к адекватному двухполюсному представляется возможным, сформулировать некоторые выводы качественного характера полезные для «надежностной» проработки конструкции грузовых вагонов на этапе их проектирования.

В эксперименте использовались события, которые не зарезервированы относительно завершающего события T (от 1 до 8).

Предположим, что безопасность грузового вагона определяется безотказной работой n составных его частей. Каждая из которых имеет ограниченную контролепригодность, отказ любой из них при роковом стечении обстоятельств может привести к крушению поезда.

Так как отказ любой из n составных частей вагона приводит к нарушению безопасности движения, то они соединены между собой последовательно в смысле надежности. Случайная величина τ, понимаемая как наработка вагона до аварийного состояния, выражается через случайные наработки до отказа своих составных частей следующим образом:

$$T = \min(\tau_1, \tau_2, ...\tau_n)\ , \qquad (1)$$

где τ_i – наработка i-й составной части вагона до опасного отказа (i=1, n).

Параметр безопасности $L_{БД}$ вагона понимается как максимально допустимый пробег вагона между глубокими диагностиками.

$$l_{БД}^{(P)} = M_\tau = (\Sigma_{i=1}^{n} m_i \lambda_i)^{-1}, \qquad (2)$$

где m_i – кратность i-го элемента конструкции вагона

С помощью эксплуатационных данных об отказах этих частей вагона во времени, нетрудно идентифицировать указанные функции с заранее заданной ошибкой.

Выражение для функции распределения наработки вагона до перехода его в аварийное состояние можно вывести следующим образом:

$$\begin{aligned} F(t) &= P\{\tau \le t\} = 1 - P\{\tau > t\} = 1 - P\{\min(\tau_1, \tau_2, ...\tau_n) > t\} = \\ &= 1 - P\{\tau_1 > t, \tau_2 > t, ...\tau_n > t\} = 1 - P\{\tau_1 > t\} \cdot P\{\tau_2 > t\} \cdot ... \cdot P\{\tau_n > t\} = \\ &= 1 - \overline{F_1}(t) \cdot \overline{F_2}(t) \cdot ... \cdot \overline{F_n}(t) \end{aligned} \qquad (3)$$

где $\overline{F_i}(t) = 1 - F_i(t)$.

Тогда, как известно из теории вероятностей, имеем:

$$M_\tau = \int_0^\infty \overline{F_1}(t) \cdot \overline{F_2}(t) \cdot ... \cdot \overline{F_n}(t) dt \,. \qquad (4)$$

Обозначим через $t_i = M_{\tau i} = \int_0^\infty \overline{F_i}(t) dt$ среднюю наработку i-ой составляющей части до ее опасного отказа.

Предположим, что наработки до опасных отказов $\tau_i (i = \overline{1,n})$ имеют экспоненциальное распределение. Расчетная величина периодичности глубокой диагностики вагона определяется по формуле:

$$l_{БД}^{(P)} = M_\tau = (\sum_{i=1}^{n} \frac{m_i}{t_i})^{-1} \,. \qquad (5)$$

Используя план испытаний NUT, в качестве источника информации рассматривается множество вагонов N.

Эксперимент проводился с помощью системы ЦПУВ. В эксперименте участвовало N=4102 универсальных четырехосных вагонов. Наблюдение проводилось в течение первых 12 месяцев после постройки вагона (T=12 мес.).

Эксплуатационная информация о надежности представляет собой многократно усеченную выборку наработок рассматриваемого элемента конструкции.

Всего в испытаниях был зафиксирован 101 случай грения и сдвига буксы по коду 150 и 151. При проведении испытаний по коду 205 - трещины или излом боковины было зафиксировано 4 случая. Зафиксирован 1 случай трещины или излома надрессорной балки по коду 217 исходя из проведенных испытаний. В результате эксперимента получены наработки до отказов колесных пар по кодам 112,114,115,118. Всего в результате испытаний выявлено 6 случаев отказа. Наработки до отказов по кодам 304,312,313,315 составили 2 случая, а по кодам 340,341,344,384 составили 1 случай, которые получены в результате эксперимента. Всего в испытаниях по коду 348 и 349 зафиксировано 23 случая неисправности поглощающего аппарата и излома или трещины упорной плиты.

Наилучшей точечной оценкой параметра закона распределения наработки до отказа является оценка, обладающая наименьшей дисперсией. Ее удобно получать с помощью метода максимального правдоподобия.

Для рассматриваемой выборки функция правдоподобия имеет вид:

$$\ln P = L = \sum_{i=1}^{m} \ln f_i(t) + \sum_{j=1}^{s} \ln(1 - F_j(t)), \quad (6)$$

где *F(t)* – функция распределения безотказной наработки;

f(t) – плотность распределения вероятностей наработки до отказа:

$$f(t) = F(t) = (-1) \cdot \frac{b}{a} \cdot (-1) \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}, \quad (7)$$

где $(1 - F(t))$ – функция распределения безотказной наработки.

Таким образом, функция правдоподобия имеет вид:

$$L = m \ln b - mb \ln a + (b-1) \sum_{i=1}^{m} \ln \tau_i - a^{-b} \left(\sum_{i=1}^{m} \tau_i^b + \sum_{j=1}^{s} t_j^b\right). \quad (8)$$

Вычислим частные производные по параметрам и приравняем их нулю:

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 0 => a = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} \tau_i^{\hat{b}} + \sum_{j=1}^{s} t_j^{\hat{b}}}{m}\right)^{\frac{1}{\hat{b}}}. \quad (9)$$

где $a, \hat{b}$ – точечные оценки параметров, *a* и *b* соответственно.

Подставив выражение (9) в (8), получим уравнение:

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 0 => \frac{m}{\hat{b}} = -\sum_{i=1}^{m} \ln \tau_i + m \frac{\sum_{i=1}^{m} \tau_i^{\hat{b}} \ln \tau_i + \sum_{j=1}^{s} t_j^{\hat{b}} \ln t_j}{\sum_{i=1}^{m} \tau_i^{\hat{b}} + \sum_{j=1}^{s} t_j^{\hat{b}}}. \quad (10)$$

Математическое ожидание наработки до отказа рассматриваемого элемента конструкции имеет вид:

$$\overline{T} = a \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\hat{b}}\right), \quad (11)$$

где $\Gamma(\cdot)$ – гамма – функция, значение которой находится по таблицам.

Получены интенсивности отказов и параметр безопасности (см. Табл.).

Таблица

Точечные оценки параметров законов распределения

№	Узел вагона	b	a	$n_{от}$	m_i	T	λ
1	Надрессорная балка	2	768	1	2	681,1	0,001468
2	Боковая рама тележки	2,29	248	4	4	219	0,004552
3	Тяговый хомут	1,8	1220	1	2	1085	0,000922
4	Букса	1	484,7	101	8	484,7	0,016504
5	Корпус автосцепки	1,9	664,2	2	2	589,4	0,001697
6	Колесо	1	8194	6	8	8194	0,000122
7	Поглощающий аппарат	1,29	656,8	23	2	607,2	0,001647

В соответствии с формулой 5 получим: $L_{БД} = 21$ мес.

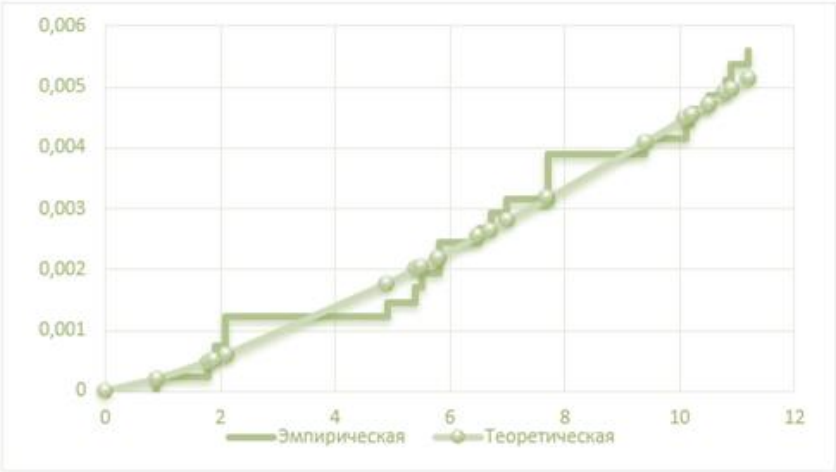

Рисунок. Эмпирическая и теоретическая функции распределения

Библиографический список

1. Устич П.А. Система технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов : учеб. пособие. М. : МИИТ. 1989. 153 с.

2. Устич П.А., Петров Г.И., Беспалько С.В., Иванов А.А., Курыкина Т.Г., Устич Д.П., Устич П.П. Обоснование мероприятий, направленных на повышение качества функционирования железнодорожного транспорта Российской Федерации : учеб. пособие по дисциплине «Вагонное хозяйство». М. : МГУПС (МИИТ). 2015. 75 с.

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

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

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА

В статье рассмотрен анализ технических средств по эксплуатационному вагонному комплексу. На основе анализа в процессе разработки корректирующих мероприятий определены основные ПТО вагонных депо с наибольшим количеством поездо-часов потерь от отказов в работе технических средств (в том числе эксплуатационного характера).

Ключевые слова: отказ технических средств, вагонное хозяйство, динамика отказов, структурное подразделение.

За период 9 месяцев 2020 года за структурными подразделениями службы вагонного хозяйства принято 10 отказов технических средств 1,2 категории эксплуатационного характера при целевом показателе 8 (увеличение на 2 ОТС или на 20 %), но достигнуто снижение количества ОТС к аналогичному периоду 2019 году (- 8 ОТС или снижение на 44,4 %)

За период 9 месяцев 2020 года за структурными подразделениями службы вагонного хозяйства принято 90 отказов технических средств 3 категории эксплуатационного характера при целевом показателе 134 (снижение на 44 ОТС или на 33 %), достигнуто снижение количества ОТС к аналогичному периоду 2019 году (-снижение на 360 ОТС или снижение на 80 %) [1, 2, 3].

Стоит отметить, что невыполнение установленного целевого показателя по количеству поездо-часов потерь вследствие отказов в работе технических средств допущено эксплуатационным вагонным депо Борзя

(при цели за 7 месяцев 2020 года 11,8 поездо-часов потерь, факт составил 19,6 поездо-часов потерь).

Динамика по количеству отказов **за 6 лет** показывает, что по вагонному хозяйству число отказов 1, 2 категории к уровню 2015 г. снижено на 40 отказов (или в 3 раза), количество допущенных отказов в сравнении с аналогичным периодом предыдущего года снижено на 6 отказов или 23 % (20 к 26) (табл. 1) [4, 5, 6].

Таблица 1

Динамика по количеству отказов

1,2 категория, 9 месяцев						
ВЧДЭ	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
ВЧДЭ-3	7	5	6	4	6	4
ВЧДЭ-6	11	9	10	8	5	4
ВЧДЭ-7	28	22	19	16	12	9
ВЧДЭ-13	6	4	8	3	1	1
ВРД Чита	8	5	2	3	2	2
В	0	0	0	1	0	0
Итого	**60**	**45**	**45**	**35**	**26**	**20**
Динамика отказов 1,2 категории по регионам, за 7 месяцев						
Регионы	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Регион 1	15	10	8	7	8	6
Регион 2	11	9	10	8	5	4
Регион 3	6	4	8	3	1	1
Регион 4	28	22	19	16	12	9

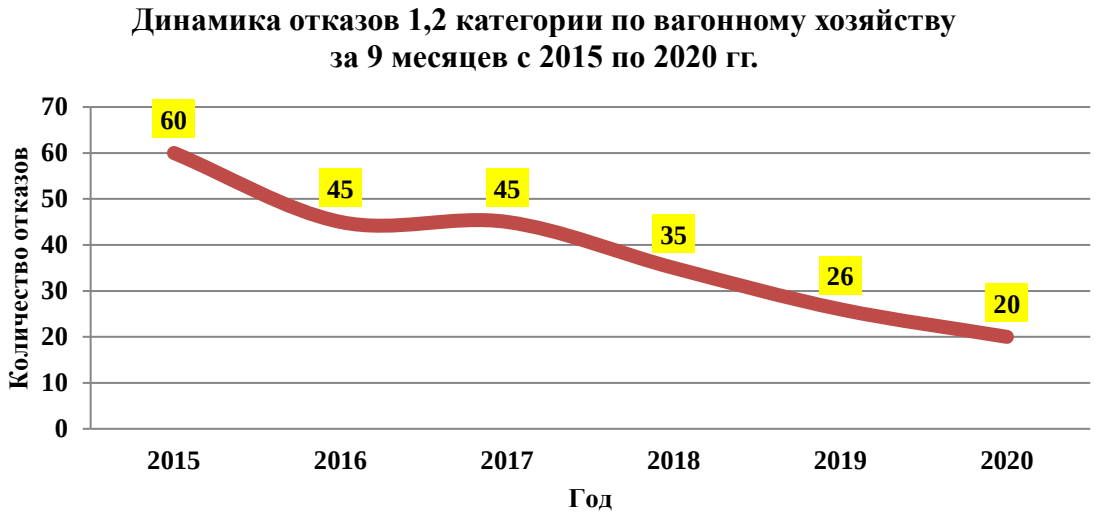

Рис. 1. Динамика отказов 1,2 категории по вагонному хозяйству

За 8 месяцев 2020 г. с нарушением сроков расследования принято 5 отказов технических средств, из них по ВЧДЭ-3 Карымская – 2 отказа и по ВЧДЭ-7 Белогорск – 2 отказа, по ВЧДЭ-6 Могоча – 1 отказ (табл. 2).

Таблица 2

Отказы технических средств

Наименование структурного подразделения	Всего	Из них приняты к учёту	Приняты к учёту с нарушением срока	Расследованы	Не приняты к учёту
ВЧДЭ-3 КАРЫМСКАЯ	4	4	2	4	0
ВЧДЭ-6 МОГОЧА	4	4	1	4	0
ВЧДЭ-7 БЕЛОГОРСК	9	9	2	9	0
ВЧДЭ-13 БОРЗЯ	1	1	0	1	0
ВРД ЧИТА	2	2	0	2	0
ИТОГО	20	20	5	20	0

За 9 месяцев 2020 г. по службе вагонного хозяйства вследствие учтенных отказов 1, 2, 3 категории задержано 802 грузовых, 24 пассажирских и 20 пригородных поездов. За аналогичный период 2019 года задержано 1101 грузовой, 39 пассажирских, 10 пригородных поездов. Показатель снижен к уровню 2019 г. на 304 поезда (или 26 %).

Таблица 3

Количество задержанных поездов

Количество задержанных поездов от отказов 1,2,3 категории						
Категория поезда	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Грузовой	142	365	673	1417	1101	802
Пассажирский	5	16	10	28	39	24
Пригородный	4	5	6	8	10	20
Итого	151	386	689	1453	1150	846

Рис. 2. Динамика по количеству задержанных поездов

За 9 месяцев 2020 г. общее время задержек поездов от учтенных отказов всех категорий составило 622,7 поездо-часов потерь, показатель снижен к уровню 2019 г. на 284,2 часа или 31 % (в 2019 г. общее время задержек составило 906,9 часа).

Таблица 4

Время задержки поездов от отказов 1,2,3 категории

Время задержки поездов от отказов 1,2,3 категории						
Категория поезда	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Грузовой	68,6	331,6	545,2	1424,1	886,35	589,1
Пассажирский	0,8	5,8	5,6	17,5	18,5	13,3
Пригородный	2,8	2,3	1,8	3,5	2	20,3
Итого	72,2	339,7	552,6	1445,1	906,9	622,7

Рис. 3. Динамика по времени задержки поездов

Критическая точка потерь поездо-часов соответствует существенному уровню, но близко к критическому, как «редкое» событие [7].

Таблица 5

Критическая точка на матрице рисков

Уровень частоты отказов 1 и 2 категории		Уровень потерь поездов-часов из-за отказов			
		Незначительный	Значительный	Существенный	Критический
		$T < 110$	$110 \le T < 280$	$280 \le T < 460$	$460 \le 840$
		1	2	3	4
Частое событие $44 \le t$	Ч				
Вероятное событие $32 \le t < 44$	В				
Случайное событие $24 \le t < 32$	С				
Редкое событие $12 \le t < 24$	Р				
Крайне редкое событие $8 \le t < 12$	К				
Маловероятное событие $t < 8$	М				

Выводы. С целью снижения количества отказов всех категорий, в том числе снижение эксплуатационных отказов 1,2 категории на 75 %, отказов 3 категории на 80 %, на 2 полугодие 2020 года разработаны корректирующие мероприятия для каждого вагонного депо, с декомпозицией до пунктов технического обслуживания вагонов, которые включают в себя адресную индивидуальную работу со смотровым составом, основные из которых: закрепление осмотрщиков вагонов, допустивших отказы в 2020 году за руководством депо в части кураторства и практической помощи, проведение дополнительных технических занятий, повышение квалификации как смотрового, так и командно-инструкторского состава по изучению порядка расшифровки лент скоростемеров и электронных носителей информации параметров движения локомотивов, а так же разработаны блоки технических и технологических мероприятий. Для быстрого реагирования и снижения времени устранения отказов на перегонах разработана памятка диспетчерскому аппарату ЦУСИ по действиям в случае срабатывания тормозов поезда на перегоне – перечень вопросов для оценки ситуации и определения тяжести возможных последствий. Постоянное своевременное пополнение запасными частями стеллажного хозяйства, меры по соблюдению технологии обработки поездов на ПТО Забайкальской дирекции инфраструктуры.

Библиографический список

1. 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. 356с.

2. Рожкова Е.А., Астафьева А.Н., Баранова Т.А. Анализ устойчивости вагона от опрокидывания при движении в кривых участках пути различного радиуса // Наука и молодежь : сборник трудов Шестой Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (19-21 мая 2020 г.). Иркутск : ИрГУПС, 2020. 680 с.

3. 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.

4. Ковригина И.В., Рожкова Е.А. Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов // Образование - Наука – Производство : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2019. 360 с.

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

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

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. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года. «Белая книга» [Электронный ресурс]. Режим доступа : //http://www.rzd-expo.ru/innovation/ BelKniga_2015

9. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных : учеб. 3-е изд. М. : ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

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

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЛУХОДОННОГО ПОЛУВАГОНА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Рост контейнерных перевозок потребовал увеличения количества специального подвижного состава – фитинговых платформ. Предлагается вариант переоборудования глуходнного полувагона под перевозку крупнотоннажных контейнеров путем оснащения его откидными фитинговыми упорами. Приведена схема размещения фитинговых упоров на полу вагона.

Ключевые слова: полувагон, контейнер, фитинговый упор, конструктивное изменение.

В настоящее время в ОАО РЖД на дальневосточном направлении сложилась напряженная ситуация, связанная с нехваткой фититнговых платформ для обеспечения контейнерных перевозок азиатского юго-восточного транзита в страны Евросоюза. Данную проблему удавалось частично решать путем погрузки контейнеров в полувагоны при условии применения устройств дополнительной фиксации при помощи деревянных проставок и скруток из проволоки.

Процесс закрепления контейнера был длительным и занимал от 40 до 90 минут. В то же время средства закрепления (проволока и деревянные проставки) были ненадежными и требовали постоянного контроля за состоянием целостности крепления в пути следования, что требовало дополнительных затрат и увеличение времени доставки. Все это привело к тому, что с 1 декабря 2014 года ОАО РЖД отменило действия местных технических условий на размещение и крепление универсальных контейнеров, перевозимых в полувагонах и запретило их перевозку в данном виде подвижного состава. Проблема нехватки специального и специализированного подвижного состава для перевозки крупнотоннажных контейнеров вновь обострилась.

В Забайкальском институте железнодорожного транспорта на кафедре «Подвижной состав железных дорог» проблему обеспечения контейнерных перевозок было предложено решить путем расширения функциональных возможностей универсальных глуходонных полувагонов. При установке на полу глуходонного полувагона откидных фитин-

говых упоров появляется возможность установки одного сорокафутового или двух двадцатифутовых контейнеров (см. Рисунок).

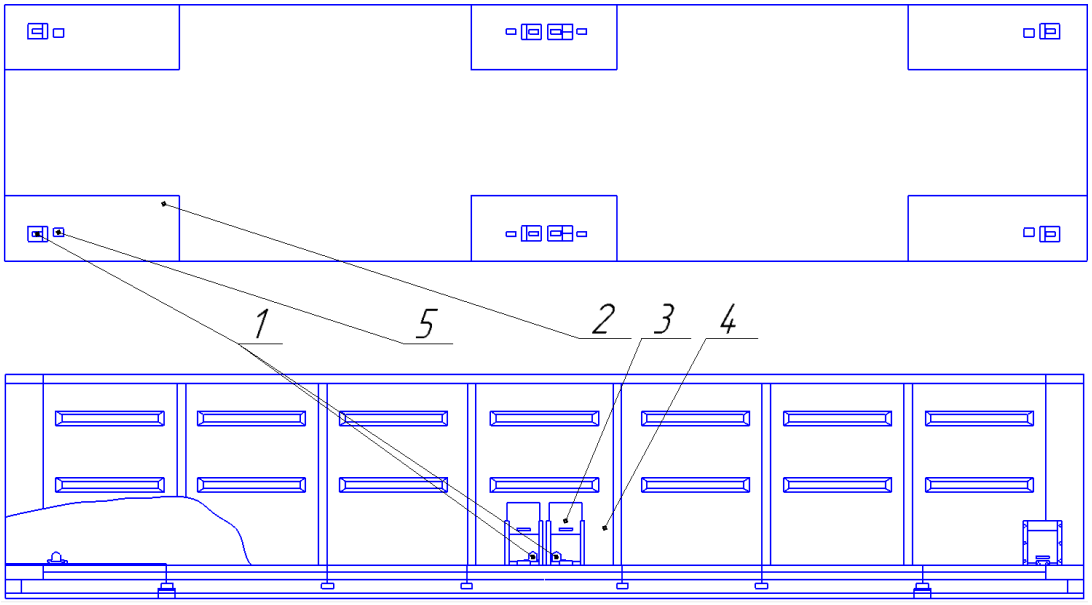

Рисунок. Кузов глуходонного полувагона мод. 12-1505, оборудованный для перевозки крупнотоннажных контейнеров: 1 – откидной фитинговый упор, 2 – опорная плита, 3 – смотровая заслонка, 4 – борт кузова вагона, 5 – паз

На пол вагона привариваются опорные плиты 2: четыре угловые и две средние. На плитах приварены откидные фитинговые упоры 1. Так же на плитах предусмотрены пазы 5 для помещения зуба откидного упора. Для приведения откидного упора в рабочее состояние и контроля правильности установки контейнера на борту 4 кузова вагона смонтированы сдвижные смотровые заслонки 3.

В результате внесения несложных конструктивных изменений существенно расширяются эксплуатационные возможности глуходонного вагона. При откинутых фитинговых упорах полувагон может использоваться для перевозки двух двадцатифутовых контейнеров. Для перевозки одного сорокафутового средние упоры необходимо средние упоры повернуть на 180º, при этом откидной зуб 1 входит в паз 5 и не мешает установке контейнера. При перевозке насыпных грузов все упоры переводятся в закрытое состояние, смотровые заслонки опускаются и вагон может использоваться по своему прямому назначению.

На выполнение всех работ по расширению функциональных возможностей глуходонного вагона разработан полный комплект конструкторской документации, а также проведены расчеты на прочность свар-

ных соединений, расчет на устойчивость, которые показали, что прочность сварных соединений и устойчивость груза обеспечиваются.

Подготовка вагона, оснащенного откидными фитинговыми упорами к перевозке контейнеров составляет не более 15 минут. Предварительная оценка пробегов вагонов в груженом и порожнем состоянии, исходя из среднесуточной потребности вагонов до и после модернизации, позволила сделать вывод о том, что порожний пробега может сократиться в два раза.

Библиографический список

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

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

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

Е.В. Федоров, В.Г. Маслюков
Забайкальская дирекция тяги,
г. Чита, Россия

А.Ф. Голиков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВИРТУАЛЬНАЯ СЦЕПКА

В статье рассмотрена реализация технологии «виртуальная сцепка» на железных дорогах Восточного полигона, подготовка локомотивного хозяйства к внедрению данной технологии.

Ключевые слова: виртуальная сцепка, локомотивное хозяйство, дирекция тяги.

В настоящее время цифровые технологии проникли практически во все сферы жизнедеятельности человека, повсеместно внедряются они и на транспорте.

Согласно дорожной карты по реализации технологии интервального регулирования движения поездов на железных дорогах Восточного полигона на Забайкальской железной дороге одним из пунктов данной дорожной карты является внедрение технологии «Виртуальная сцепка» [1].

Технология представляет собой управление локомотивом «ведомого» поезда в режиме автоведения с учетом информации о поездной ситуации, получаемой по радиоканалу от локомотива «ведущего» поезда. Технология предназначена для повышения пропускной способности проблемных участков (например, во время длительных «окон») за счет сокращения межпоездных интервалов до 4 минут. На рис. 1 приведена классическая схема соединения грузовых поездов с прицепкой локомотива ведомого поезда к хвостовому вагону ведущего поезда и объединением тормозной магистрали, однако при этом происходят потери времени на остановку двух поездов, на соединение поездов, на проверку автотормозов после объединения тормозной магистрали.

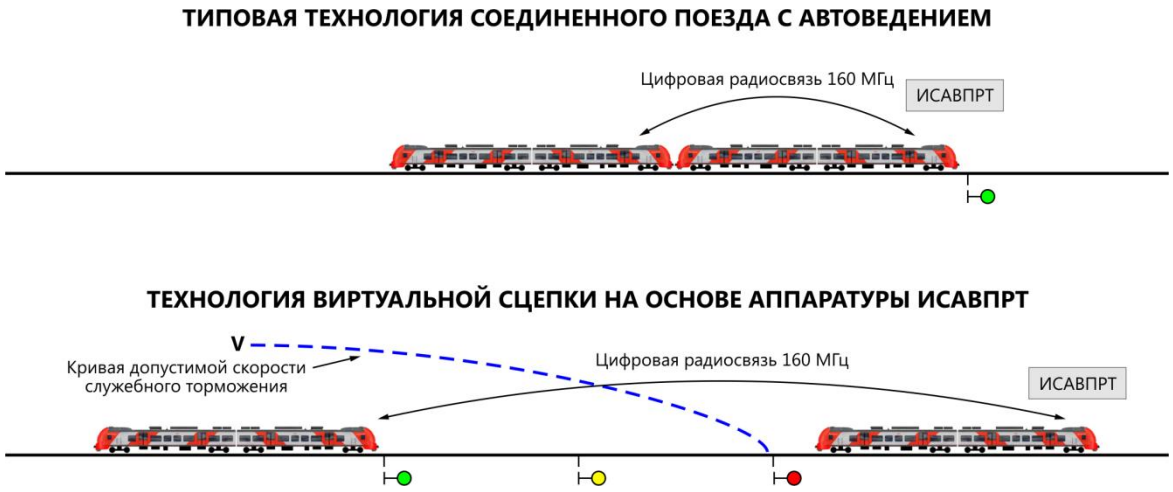

Рис. 1. Схема соединения грузовых поездов

При следовании по технологии «виртуальная» сцепка соединение поездов происходит по радиоканалу без физической прицепки локомотива ведомого поезда, к хвосту ведущего поезда сокращая при этом потери времени на данные операции.

Процесс соединения поездов представлен на рис. 2, который состоит из планирования поездов в зависимости от массы поездов, рода груза, наличия порожних вагонов в составе поездов и т.д., далее производится проверка связи между локомотивами по радиоканалу, после успешного тестирования каналов связи производится объединение поездов и управ-

ление ведомым локомотивом по командам системы автоведения из ведущего локомотива.

Рис. 2. Схема сквозного пропуска сдвоенных поездов на базе виртуальной автосцепки

Для обеспечения вождения поездов по технологии «виртуальная» сцепка парк электровозов серии 3ЭС5К «Ермак» приписки Забайкальской дирекции тяги был модернизирован системой ИСАВП-РТМ (Интеллектуальная система автоматического ведения поезда с распределенной тягой) [2].

На рис. 3 приведены данные об укомплектованности электровозов системой ИСАВП-РТМ для использования в рамках технологии «виртуальная» сцепка.

Рис. 3. Укомплектованность электровозов системой ИСАВП-РТМ

Структурная схема системы ИСАВП-РТМ приведена на рис. 4.

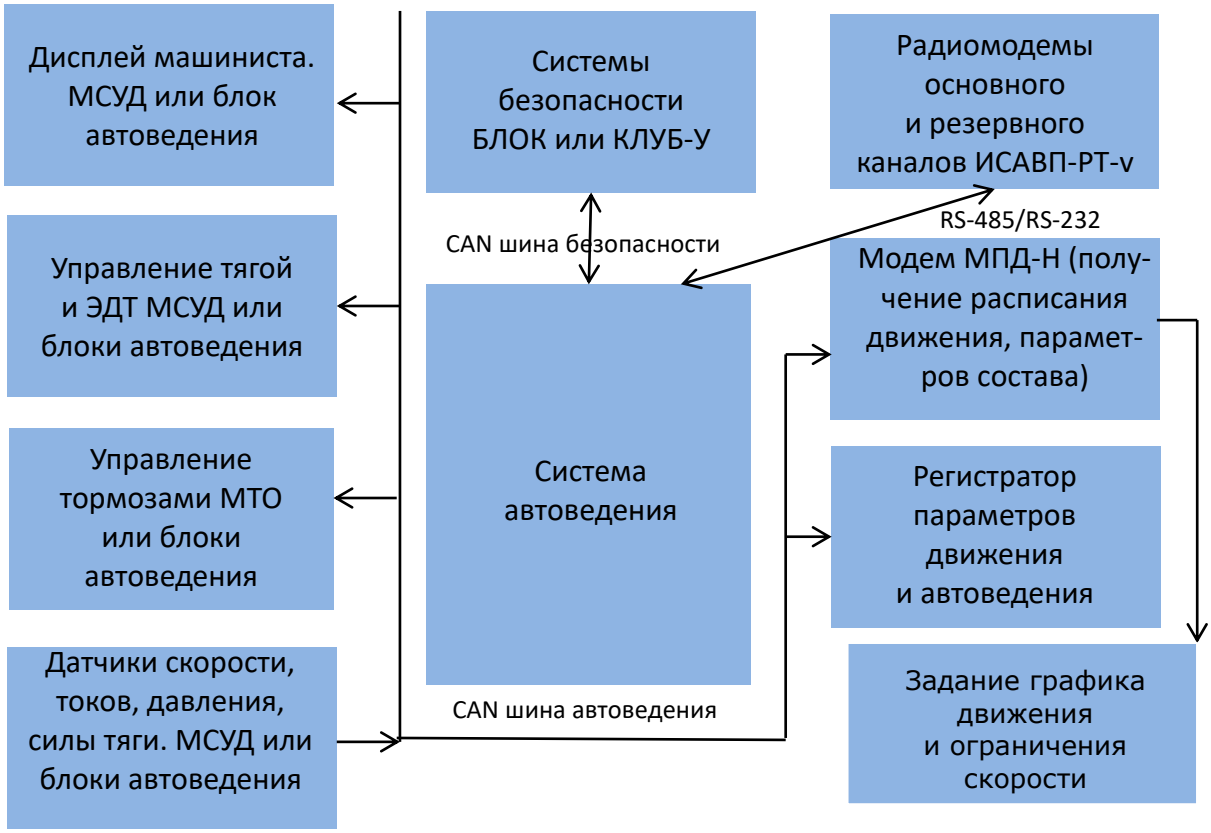

Рис. 4. Структурная схема системы ИСАВП-РТМ

Основными задачами, которые будут решаться в рамках внедрения интервального регулирования являются:

- обеспечение безопасного минимального интервала между попутно следующими поездами;
- согласованное движение поездов в потоке по перегонам и станциям выделенного полигона;
- обеспечение требуемого объема по пропуску поездов в период ремонта инфраструктуры;
- обеспечение надежного отслеживания бортовыми средствами постоянных и временных ограничений скорости;
- функциональное резервирование и киберзащищенность технических средств интервального регулирования для сокращения потерь поездо-часов при отказах и сбоях в их работе;
- возможность оперативного изменения графика движения поездов для устранения конфликтных ситуаций в автоматическом режиме с уче-

том запланированных резервов в пропускной способности в системах интервального регулирования [3].

Библиографический список

1. Памятка машинисту электровоза 2ЭС6 по использованию системы ИСАВП-РТ. М : ООО «АВП ТЕХНОЛОГИЯ». 2018. 67 с.

2. Интеллектуальная система автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины с распределенными по длине локомотивами ИСАВП-РТ : руководство по эксплуатации. 76 с.

3. Власьевский С.В., Малышева О.А., Шабалин Н.Г., Семченко В.В. Оценка энергетической эффективности электровозов 3ЭС5К при использовании технологии интервального регулирования движения по типу «виртуальная сцепка». М. : Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 1. С. 17–25

В.А. Ханис, С.В. Беспалько, А.А. Ханис
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

А.Л. Ханис
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Россия

ДИАГНОСТИКА И РАННЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЖАРООПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ В ВАГОНАХ ПАССАЖИРСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В настоящее время пожары в вагонах на железных дорогах представляют угрозу жизни пассажиров и персонала поездной бригады, приводят к срыву расписания движения поездов, наносят материальный ущерб личному и общественному имуществу.

Для предупреждения пожаров в пассажирских вагонах устанавливаются средства пожарной сигнализации и пожаротушения. Однако анализ современного состояния систем предупреждения о возникновении пожаров на пассажирском транспорте показал, что для эффективного решения задач обнаружения возгораний целесообразно к уже устанавливаемым в вагонах пассажирского подвижного состава средствам сигнализации и тушения пожаров дополнительно устанавливать средства диагностики контроля, обеспечивающих возможность долж-

ностным лицам своевременно принимать меры до возникновения возгораний.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, автоматические выключатели, плавкие предохранители, датчик измерения температуры, датчик измерения напряжения, датчик измерения тока, устройство диагностики и контроля пожароопасных состояний.

Задача повышения уровня пожарной безопасности пассажирского подвижного состава является одной из основных задач в рамках совершенствования системы безопасности на транспорте.

Анализ статистических данных в период с 2017 года по 2020 год показал, что на подвижном составе железных дорог произошло 23 пожара (2020 год – 9, 2019 год – 4, 2018 год – 4, 2017 год – 2), из них 70 % пожаров приходится на пассажирские вагоны дальнего и ближнего следования [1].

Основными причинами возникновения пожаров в пассажирских поездах железнодорожного транспорта явились неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации бытовых приборов и устройств защиты электрических сетей, короткое замыкание электропроводки, замыкание в сетевом оборудовании, технические неисправности, нарушение правил технической эксплуатации и выбора аппаратов защиты электрических сетей, нарушение правил обращения с электрооборудованием и правил перевозок [1].

Для обнаружения и тушения возгораний в помещениях пассажирских вагонов подвижного состава применяются устройства контроля и пожарной сигнализации, средства тушения пожаров. Для обеспечения системы защиты электрооборудования вагона применяются средства автоматики: автоматические выключатели плавкие предохранители, обеспечивающие выключение электрической сети и потребителей в случае изменения параметров сети [2-8].

Принципиальным недостатком существующих устройств пожарной сигнализации и средств автоматики в пассажирских вагонах является то, что они реагируют по уже свершившемуся событию - возгоранию. Очевидно, что эффективность обеспечения пожаробезопасности значительно возрастет при дополнительном использовании систем диагностика и раннего предупреждения пожароопасных состояний пассажирских вагонов. Таким образом, является актуальным оснащение пассажирских вагонов системами диагностики и контроля состояния электрооборудования на основе измерения параметров, позволяющих обнаруживать и оценивать физические процессы, приводящие к возгоранию [9].

Система диагностики и контроля пожароопасных состояний (ПОС) должна включать подсистему анализа данных датчиков температуры,

напряжения и тока в элементах электрооборудования, определения текущей частоты возгорания каждого элемента и вычисления общей вероятности возгорания вагона $P(t,\tau)$, связанной с текущим состоянием электрооборудования [9].

$$P(t,\tau) = 1 - e^{-\int_{t}^{t+\tau} \nu(t)dt}, \tag{1}$$

где $P(t,\tau)$ – вероятность возгорания на интервале времени от t до $t+\tau$;

$\nu(t)$ – частота возникновения возгорания.

$$\nu(t) = \sum_{q=1}^{Q}\sum_{k=1}^{K_q} \nu_{qk}[T_{qk}(t), U_{qk}(t), I_{qk}(t)], \tag{2}$$

где $\nu(t)$ – частота возгорания;

$q = 1,\ldots,Q$ – порядковый номер типа элемента электрооборудования;

$k = 1,\ldots,K_q$ – порядковый номер элемента электрооборудования в типе;

ν_{qk} – частота возгорания k-го элемента q-го типа в момент времени t;

$T_{qk}(t)$ – температура q-го типа k-го элемента в одной или нескольких точках;

$U_{qk}(t)$ – значение напряжения в q-ом типе k-го элемента;

$I_{qk}(t)$ – значение силы тока в q-ом типе k-го элемента.

Решение вышеперечисленных задач достигается на основе применения интеллектуальной системы диагностики и контроля ПОС электрических сетей энергоснабжения оборудования пассажирского вагона [10, 11].

Электроснабжение современных пассажирских вагонов осуществляется через автономную (от генераторов и аккумуляторных батарей), централизованную (от вагона-электростанции), централизованную с индивидуальным статистический преобразователем (от локомотива через поездную подвагонную магистраль), смешанную (от высоковольтной подвагонной магистрали и подвагонного генератора) системы, обеспечивающие номинальные напряжения в сети вагона 110 В; 380/220 В; 3000 В и 380/220 В; 3000 В и 110 В соответственно [7, 8].

В настоящее время на пассажирских вагонах наиболее распространена смешанная система электроснабжения. При такой системе устройства электро-отопления подключены к высоковольтной подвагонной ма-

гистрали, а остальные потребители питаются от подвагонного генератора [7, 8].

Основными потребителями электроэнергии пассажирского вагона являются система освещения, устройства сигнализации и контроля безопасности, управления, электробытовые приборы, электрокипятильник, принудительная вентиляция, система кондиционирования, электрическое отопление. Мощность системы электроснабжения вагона составляет от 4,5 кВт до 50 кВт, напряжение от 50 В до 3000 В постоянного или переменного тока [7, 8].

В современных пассажирских (купейных, плацкартных) вагонах система мониторинга за функционированием оборудования вагона осуществляется из служебного купе проводника визуально через монитор с touch-панелью, а управление, включение, выключение и контроль электрооборудования вагона осуществляется через распределительный щит, расположенный в помещении рядом со служебным купе. Централизованное управление и контроль всех систем вагонов осуществляется из купе с радиооборудованием пассажирского купейного штабного вагона, на сервер которого по локальной сети и через протоколы GSM поступает вся информация о состоянии элементов оборудования вагонов [7, 8]. Как правило, в состав пассажирских поездов дальнего следования включается один пассажирский купейный штабной вагон. В нём располагаются органы управления и интерфейсы поездных систем, рабочее место начальника поезда, а также купе с радиооборудованием.

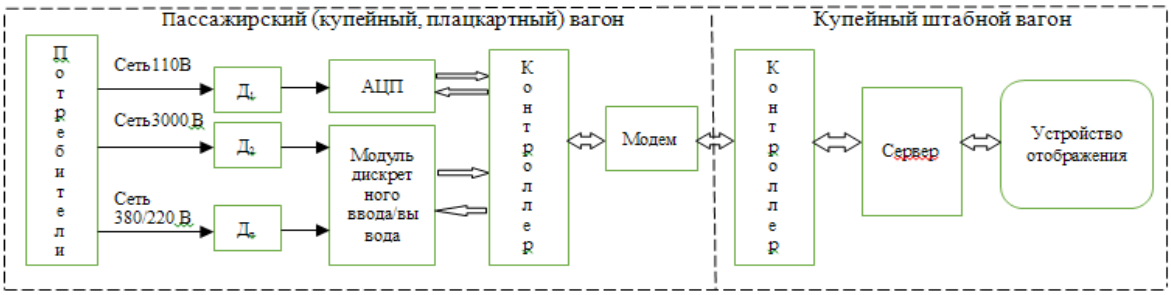

Рис. 1. Схема устройства диагностики и контроля ПОС электрических сетей энергоснабжения оборудования пассажирских (купейных, плацкартных) и пассажирского купейного штабного вагонов подвижного состава

На рис. 1 представлена структурно-функциональная схема устройства диагностики и контроля ПОС электрических сетей энергоснабжения оборудования пассажирских (купейных, плацкартных) и пассажирского купейного штабного вагонов подвижного состава.

Контроль параметров электрических сетей пассажирского (купейного, плацкартного) вагона, в зависимости от системы питания потребителей осуществляется аналоговыми или цифровыми датчиками измерения температуры, напряжения и силы тока $Д_1, Д_2, ... Д_n$.

Текущая информация с параметрами электрических сетей, питающих потребителей вагона, с аналоговых датчиков поступает на входы аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), с цифровых датчиков на входы модуля дискретного ввода/вывода. Управление АЦП и модулем дискретного ввода/вывода осуществляется контроллером путём адресного опроса.

Текущая информация от каждого датчика в цифровом виде по шине данных поступает в контроллер пассажирского (купейного, плацкартного) вагона. Контроллер анализирует и накапливает принятую информацию и формирует решение о продолжении наблюдения за состояниями электрических сетей, отсутствии рисков пожарной безопасности, накоплении текущих данных, передаче сжатой информации в контроллер пассажирского купейного штабного вагона. Если искрение в сети отсутствует, протечки тока в сети нет, параметры тока и напряжения в сети в норме, температура проводной части и соединителей в норме, то контроллер опрашивает датчики с заданным интервалом, накапливает оперативный массив данных по каждому из них и непрерывно анализирует текущую информацию. Таким образом риски ПОС сети пренебрежимо малы. В случае выявления риска возникновения и развития ПОС в первую очередь опрашиваются наиболее информативные датчики и принимается решение о передаче текущих данных в сжатом виде контроллеру штабного вагона с последующим накоплением и обработкой в базе данных сервера и формированием команд тревоги в визуальной и звуковой форме с одновременным отображением служебных команд на мониторе купе с радиооборудованием купейного штабного вагона [12-14].

Обмен данными между контроллерами пассажирского (купейного, плацкартного) и купейного штабного вагонов осуществляется через управляющие и сигнальные входа/выходы модемов локальной сети подвижного состава. Сигнальный выход контроллера штабного вагона соединен с сигнальным входом устройства обработки данных на базе сервера, первый сигнальный выход которого соединен со входом монитора радио-купе штабного вагона [12-14].

Предложенная и обоснованная структура системы диагностики и контроля состояния электрооборудования пассажирских вагонов является концептуальной моделью, на основе формализации которой могут быть проведены дальнейшие оценки эффективности системы обеспечения пожаробезопасности вагонов пассажирского подвижного состава [9].

Библиографический список

1. Причины возникновения пожаров на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] // URL: https://studopedia.ru/ (03.01.2019)

2. Мустапаева А.Д., Изтелеуова М.С., Доштаев К.Ж., Камзина А.Д. Автоматизированные системы управления (на транспорте) : учеб. пособие. 2008. 92 с.

3. Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Противопожарная защита и тушение пожаров на транспорте. 2006. 404 с.

4. Александров Ю.С. Пожарная безопасность вагонов : учеб. 1988. 53 с.

5. Сметанина М.И. Состояние пожарной безопасности на железнодорожном транспорте в Российской Федерации // Научное сообщество студентов : Междисциплинарные исследования : сб. ст. по мат. LII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 17(52)

6. Бутузов С.Ю., Дегтярев А.П. Проблемы управления профилактикой пожаров на локомотивах железнодорожного транспорта // Технологии техносферной безопасности. 2013, № 6(52)

7. Зыков Ю.В. Расчет и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагоноремонтного предприятия : учеб. пособие для студентов. Екатеринбург : УрГУПС, 2009. 66 с.

8. Ледащева Т.Ю. Электрические аппараты и цепи вагонов : учеб. пособие для студентов. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2016. 144 с.

9. Ханис В.А., Беспалько В.С., Ханис А.Л., Ханис А.А. Методика оценки вероятности возникновения пожаров на основе мониторинга пожароопасных состояний электрооборудования пассажирских вагонов // Транспорт Урала. 2020, № 1(64). С. 54–56

10. Проневич О.Б., Шубинский И.Б. Автоматизированная система прогнозирования пожарной безопасности объектов железнодорожного транспорта на основе оценки рисков // Надежность. 2019, № 19(1)

11. Гуменюк В.И., Гренчук А.М. О возможности массового применения средств диагностики пожароопасного состояния электрооборудо-

вания // Научно-технические ведомости Санкт-Петербурского государственного политехнического университета. 2014, № 2(195)

12. Устройство диагностики и мониторинга состояния пожароопасности электрических сетей энергоснабжения объектов : пат. № : RU 126876 Рос. Федерация : МПК H 02 H 3/00 (2006.01) / А.А. Бурмака, С.Г. Емельянов, О.И. Атакищев, Е.А. Титенко, С.Н. Фролов, Д.Г. Добросердов, С.В. Емельянов, А.В. Гриценко, А.В. Левченко, А.Л. Ханис, Д.Б. Борзов; заявитель и патентообладатель Курск, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». № 2011147572/07; заявл. 24.11.11; опубл. 10.04.13, Бюл. № 10

13. Серебровский В.В., Ханис Н.А., Журавлёва Е.В., Ханис А.Л. Метод и алгоритм анализа и прогнозирования пожаробезопасности при применении модульной структуры автоматизированной защиты помещений центров обработки данных // Известия ЮЗГУ. 2015, № 2(15)

14. Серебровский В.В., Ханис Н.А., Ханис А.Л. Метод анализа пожаробезопасности при применении модульной структуры автоматизированной защиты помещений центров обработки данных // Известия ЮЗГУ. 2015, № 1(14)

П.Н. Юманов

Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЯ

В статье сравниваются двигатели, которые используются в данный момент на железнодорожном транспорте; производится разбор классификаций и характеристик; описываются достоинства современных электромоторов и их недостатки; рассматривается вопрос об улучшении транспортной системы, в связи с внедрением сверхпроводниковых электродвигателей нового поколения; доказывается целесообразность создания новых двигателей, для сохранения окружающей среды, а также для улучшения качества предоставления услуг на железной дороге.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железные дороги, транспортная система, двигатели, тяговый электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания.

За всё время существования транспортной системы движения поездов, эксплуатируются различные двигательные аппараты, у каждого из

которых имеются свои достоинства и недостатки. На сегодняшний день имеют широкое применение следующие виды электромоторов: тяговый электродвигатель и двигатель внутреннего сгорания.

Тяговый электродвигатель служит для преобразования электрической энергии в механическую, получаемую из контактной сети, которая в последствии расходуется на движение поездов.

При этом, свойство обратимости электрических машин позволяет переключать двигатель в генераторный режим, преобразовывать механическую энергию движущего состава в электрическую, и возвращать ее в контактную сеть. Применяются ТЭД на локомотивах, электропоездах, бронетехнике, на городском транспорте (трамваи, троллейбусы). Питание электроэнергией производится от конструкции или контактной сети. Работа осуществляется в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах. Двигатель охлаждается через независимую вентиляцию, обдув, естественную вентиляцию, также и самовентиляцию.

К характеристикам тягового электродвигателя относят: электромеханические, электротяговые и тяговые. Электромеханические – отвечают за частоту вращения, КПД (коэффициент полезного действия); электротяговые – за коэффициент полезного действия на ободе колёс подвижного состава, силу тяги, зависимость от якоря и скорости движущихся колёс; тяговые – за отопление вагонов и движение поезда.

К достоинствам ТЭД относятся: простота в сборке; лёгкость в обслуживании; приемлемая цена; высокий уровень надёжности. Недостатками являются: повышенная склонность к боксованию; отсутствие автоматического перехода в режим электрического торможения.

Немалую роль в развитии транспортной системы железных дорог играет двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Применение такого типа двигателя широко используется как на железнодорожном транспорте, так и в других отраслях экономики, к примеру (самолёты, автомобили, теплоходы, тепловозы и т.д.). Двигатель внутреннего сгорания работает на жидком топливе, которое в процессе сжигания создает давление в цилиндрах и заставляет силовой агрегат двигаться, вырабатывая при этом выхлопные газы.

Классифицировать ДВС можно по числу цилиндров, так как объём двигателя зависит от их количества и может включать в себя как один цилиндр, так и несколько. Сами же цилиндры бывают разных видов, таких как: v-образный – содержит два ряда по шесть цилиндров, которые ставятся под углом, при этом поршни крутят коленчатый вал; w-образный – имеет три ряда по четыре цилиндра, расположенными сверху

под углом меньше 90 градусов по отношению друг к другу и х-образный – включает в себя три ряда по четыре цилиндра, которые размещаются друг напротив друга под углом от 10 до 120 градусов. Основными способами охлаждения являются воздушное и жидкостное.

К достоинствам такого двигателя можно отнести: дальность передвижения на одной заправке; компактность; лёгкость; дешевизна; долговечность. Недостатками такого двигателя являются: низкий КПД в эксплуатации; высокий уровень загрязнения окружающей среды; наличие КПП; отсутствие режима воспроизведения энергии [1]. Сравнивать электромоторы ТЭД и ДВС нельзя, так как каждый из них индивидуален и не имеет общего принципа в процессе эксплуатации.

На сегодняшний день в разработке находится абсолютно новый двигатель, который не только улучшит характеристики всех вышеперечисленных моделей, но и способен кардинально их изменить.

Сверхпроводниковый электродвигатель нового поколения, представляет собой электрический двигатель, обладающий способностью охлаждения при критической температуре. В такой двигатель устанавливаются высокотемпературные сверхпроводники с низкотемпературными свойствами, которые способны повышать удельную мощность, при охлаждении от 10 кВт/кг, а при пониженной температуре – до 50 кВт/кг.

Они могут проводить электроэнергию при температуре вплоть до минус двухсот градусов по Цельсию, что и приводит их к сверхпроводимости. Использование таких проводников значительно снижает вес данного двигателя и его размеры.

Исходя из характеристик такого двигателя, можно с уверенностью сказать, что в будущем он окажет сильное влияние на мощность тяговых двигателей.

Испытания сверхпроводникового электродвигателя с успехом было проведено в феврале 2019 года, в Центральном институте моторостроения города Москвы, на которых были отмечены его неоспоримые достоинства, такие как: низкий уровень шума; стабильность в переходных режимах; устойчивость к перегрузкам; его габариты; высокий КПД; не загрязняет окружающую среду [2].

Подводя итог всему вышеперечисленному, следует отметить, что технологический процесс по созданию электромоторов на сегодняшний день в РФ прогрессирует, и в скором времени произведёт настоящий прорыв в транспортной системе российских железных дорог.

Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания : / Г.А. Ленивцев, О.С. Володько. Кинель : Изд-во РИЦ СГСХА, 2016. С. 30–47

2. Электрические машины : учеб. пособие (практикум) / И.Г. Романенко, М.И. Данилов, О.И. Юдина. Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2018. С. 78–123

П.Н. Юманов
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВАГОННОГО ХОЗЯЙСТВА

В статье рассматриваются перспективы развития вагонного хозяйства, раскрывается его роль в становлении прочной индустриальной основы для обеспечения работоспособности вагонного парка в транспортной системе России, прослеживается совершенствование оборудования и модернизации устройств вагонов, обосновывается необходимость использования новых технологий путем внедрения новых инноваций в сферу вагонного хозяйства для достижение наибольшей эффективности работы предприятий и транспорта Российской Федерации в целом.

Ключевые слова: высокоразвитые технологии, вагонное хозяйство, железнодорожный транспорт, прогрессивные технологии, техническое обслуживание.

Большое внимание в современном мире уделяется железнодорожному транспорту, дальнейшему развитию его материально-технической базе и улучшению эксплуатационной деятельности. Первое место в совершенствовании перевозочного процесса принадлежит вагонному хозяйству. Вагонное хозяйство – это обеспечение работоспособности вагонного и контейнерного парка в техническом отношении, а также безопасное и бесперебойное движение поездов на основе проведения планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания вагонов. Достигнуть пика развития в условиях научно-технического процесса, возможно только путем обновления, дальнейшего совершенствования технического обслуживания и ремонта.

Поэтому главными задачами вагонного хозяйства является: поддержание грузовых и пассажирских вагонов в работоспособном состоянии, достижение наибольшей эффективности работы предприятия. Для

решения этих вопросов создаются крупные механизированные пункты подготовки вагонов к перевозкам, совершенствуется работа пунктов технического обслуживания, совершенствуется автоматизированная система непрерывного контроля за техническим состоянием подвижного состава, внедряются новые информационные технологии, способные не только облегчить труд предприятию, но и сохранить объем ручного ввода информации, в некоторых случаях исключить его полностью [1].

Таким образом, на этапе современности особое внимание в сфере вагонного хозяйства уделяется процессу внедрения прогрессивных форм организации труда, улучшением его пользования. В данной статье я попытаюсь раскрыть особенности новых технологий и эксплуатации их в ближайшее будущее.

На сегодняшний день единственным устройством, используемым на железной дороге для соединения вагонов в поезде, является автосцепное устройство модели СА-3, обеспечивающее сцепление вагонов при движении поезда. В связи с созданием новых видов пассажирского подвижного состава, разработчики пришли к выводу, что это устройство не соответствует повышенным требованиям из-за высокого уровня шума при движении поезда в связи с ударом о жуткую центрирующую балку, интенсивный износ автосцепок и возможность саморасцепов вагонов. Вследствие чего они модернизировали СА-3 в пассажирскую автосцепку (ПАЖ) жесткого типа с новым механизмом, обеспечивающим непосредственную сцепляемость с типовой автосцепкой СА-3. Она допускает опирание на нее переходной площадки, что предоставляет возможность пассажиру проходить между вагонами и значительно уменьшает шум при движении [2].

Для решения одной из поставленных задач, связанной с повышением технико-экономических показателей грузовых вагонов, создаются новые конструкции ходовых частей вагона. Было принято решение о создании штампо-сварной тележки нового образца модели 18-9999, с улучшенными технико-эксплуатационными характеристиками. Данная конструкция обеспечивает незначительное воздействие грузовых вагонов на полотно, надежную устойчивость при высоких скоростях на кривых участках дороги и повышает звукоизоляцию при движении поезда. В новой тормозной системе предусматривается применение раздельного постепенного торможения с установкой двух малогабаритных тормозных цилиндров диаметром 254 мм, воздействующих на рычажную передачу каждой тележки. Особенность данной конструкции является то, что для регулирования давления в тормозных цилиндрах применяется авторежим, а также сами наружные детали цилиндров изготавливаются по технологии горячей и холодной выдержки.

На данном этапе развития, модернизируется тележка модели 18-100 для осевых нагрузок 23,5 ТС по проекту М1698, состоящая из двух колесных пар с четырьмя буксами, двух комплектов центрального рессорного подвешивания, двух литых рам, надрессорной балки и тормозной рычажной передачи. Славится своей тормозной системой с односторонним нажатием колодок, которая имеет достаточную прочность и надежность в эксплуатации.

Идеей этого проекта является защита основных пар трения тележки от износов в эксплуатации, увеличение межфрикционные клинья, опорные поверхности подпятника защищается плоской прокладкой, скользуны оборудованы износостойкими клапанами. Для обеспечения потребностей в увеличении перевозок грузов требуется внедрение вагонов нового поколения с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. В связи с чем ряд предприятий реализовали проект организации скоростных контейнерных перевозок, основой которых является скоростной вагон-платформа, установленный на тележках пассажирского типа. Эта система позволяет сократить затраты на восстановление инфраструктуры.

В качестве одной из мер повышения надежности работы для сокращения количества обточек колес и увеличения жизненного цикла колесных пар, усовершенствовали тележку модели 18-100, в связи с оборудованием ее колесами повышенной твердости и подшипниками кассетного типа габарита 130*230*150 мм под адаптерами. Данная мера привела к сокращению плановых видов ремонта, уменьшению непроизводительных простоев подвижного состава. Наряду с современными технологиями создается скоростной вагон-платформа для перевозки контейнеров со скоростью 160 км/ч модели 13-6954. Тормозная система включает в себя пневматический тормоз с воздухораспределителем, обеспечивающим регулировочные торможения при экстренной разрядке тормозной магистрали.

В связи с увеличением эффективности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте была разработана универсальная платформа сочлененного типа погрузочной длиной 60 футов модель 13-1223-04, оборудована дополнительными фитинговыми упорами для размещения контейнеров длиной 22-24 футов, обеспечивающая перевозку 3-х тяжеловесных контейнеров. Внедрение тяжеловесного грузового движения повлекло, за собой и появление конструкции автосцепки модели СА-3, обеспечивающиеся сцепление и исключение разъединения вагонов при движении поезда. Автосцепка СА-3Т проектировалась совместно с другими составными частями автосцепного устройства. В результате был создан комплект изделий для тяжеловесного подвижного состава, вклю-

чающий: усиленный клин тягового хомута, плиту опорную, хомутяговый, центрирующий прибор, подпружиненного типа.

Улучшение технического обслуживания и ремонта вагонов связано с внедрением в сферу вагонного хозяйства средств комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП), автоматизированных систем управления, связанных с совершенствованием метрологического обеспечения предприятий. В период усовершенствования пассажирских и грузовых вагонов, парк стал пополняться новыми цельнометаллическими вагонами с улучшенными сварными кузовами, надежным тормозным оборудованием, усовершенствующимися ходовыми частями, комбинированным отоплением, люминесцентным освещением, автоматической системой регулирования температуры воздуха в вагонах. Особое внимание при этом будет уделено внедрению прогрессивных форм организации труда, мероприятий которых основан на научных достижениях в области технологии производства, улучшению его состояния, преобразованию системы прогрессивной технологии ремонта на основе широкого использования передовых достижений науки и техники.

Таким образом, в настоящее время большое внимание уделяется созданию современных пассажирских и грузовых вагонов нового поколения, с усовершенствующей системой оборудования и устройствами подвижного состава. Происходит развитие вагонного хозяйства путем внедрения новых прогрессивных технологических процессов, новых методов комплексной системы организации труда и современных технологий, укрепление трудовой и технологической дисциплины. Что является гарантом прочной индустриальной системы, обеспечивающую работоспособность вагонного парка.

Библиографический список

1. Гридюшко В.И. Вагонное хозяйство. М., 2016. С. 13–17

2. Савушкин Р.А. Автосцепка СА-3Т для вагонов тяжеловесного движения // Вагоны и вагонное хозяйство. 2018, № 1. С. 30–33

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

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

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

Т.Н. Асалханова, Е.А. Колисниченко
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье рассматриваются вопросы цифровой трансформации на железнодорожном транспорте, в частности внедрение цифровых технологий в путевом хозяйстве отрасли. В соответствии с Долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» и Стратегией цифровой трансформации ОАО «РЖД» в отрасли внедряются восемь цифровых платформ, которые выстраиваются на основе цифровых технологий. Благодаря эксплуатации в путевом хозяйстве корпоративных информационных систем управления, появилась возможность дальнейшего развития управления объектами инфраструктуры за счет внедрения цифровых технологий, пересмотреть бизнес-процессы, развитие персонала, повысить уровень безопасности движения поездов.

Ключевые слова: бизнес-процесс, ЕК АСУИ, железнодорожный путь, путевое хозяйство, цифровой «двойник», цифровая трансформация, цифровые технологии.

За последние годы экономика и железнодорожная отрасль России существенно изменили свой курс, особенно в направлении развития и внедрения цифровых технологий. Эта стратегическая линия значительно показала свою эффективность в критических условиях, которые сотрясают мир в 2020 году.

При таких обстоятельствах железнодорожный транспорт начал значительно менять существующие бизнес-процессы, разрабатывать новые цифровые проекты и выстраивать современные подходы к стратегии развития.

Стратегия развития холдинга ОАО «РЖД» на основе цифровой трансформации, которая принята в 2019 г., обусловлена не только внешними, но и внутренними потребностями отрасли. Внедрение современных информационных и цифровых технологий в производственные процессы компании направлено на повышение производительности труда

работников, улучшение условий труда, эффективное использование механизмов и оборудования, снижение использования бумажного документооборота, повышение качества мониторинга и диагностики неисправностей подвижного состава и железнодорожного пути, снижение стоимости жизненного цикла содержания объектов инфраструктуры [3].

Инфраструктура холдинга играет огромную роль в стратегии развития железнодорожного транспорта. В долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» до 2025 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации, поставлены общекорпоративные задачи. Одной из таких задач является проект развития инфраструктуры на основе внедрения платформ цифровой трансформации, что позволит смоделировать опережающее развитие инфраструктуры для обеспечения объемов перевозок и повышения производственной эффективности, а также обеспечить ожидаемый результат по уровню безопасности движения и экономики отрасли в целом [4].

На предприятиях путевого хозяйства постоянно внедряются современные технологии, в том числе информационные системы управления, что позволяет развивать информатизацию и цифровизацию бизнес-процессов путевого хозяйства.

В настоящее время эти два направления цифровой трансформации ОАО «РЖД» – информатизация и цифровизация отрасли, в том числе и путевого хозяйства, выстраиваются на основе цифровых платформ: мультимодальные пассажирские перевозки, оператор линейной инфраструктуры, мультимодальные грузовые перевозки, управление перевозочным процессом, тяговый подвижной состав, непроизводственные процессы, логистический оператор электронной коммерции и транспортно-логистические узлы [2].

Предусмотрены направления по развитию платформы оператора линейной инфраструктуры, которые включают в себя: комплексную диагностику стрелочных переводов, диагностику подвижного состава прямо на ходу поезда, автоматическое ведение технической документации, систему управления жизненным циклом путевых машин и механизмов, автоматизированную систему постоянного диагностирования электротехнического оборудования [3].

Для реализации стратегии цифровой трансформации в отрасли и путевом хозяйстве выбраны следующие инструменты: интернет-вещей (IoT), большие данные (Big Data), распределенные реестры (blockchain), интеллектуальные системы (AI/ML), виртуальная и дополненная реальность (VR/AR), новые технологии передачи данных, включая квантовые технологии.

Реализацией проектов по цифровой трансформации холдинга занимается компания ООО «РЖД-Технология». Основные направления данной компании – разработка проектов, программных продуктов, внедрение технологий на структурных подразделениях компании, а также координация всех направлений по цифровой трансформации, привлечение к разработкам ведущих компаний страны и ученых отраслевых вузов. Например, в 2020 г. Самарский государственный университет путей сообщения представил опытный образец обучающего виртуального тренажёра с цифровым «двойником» инструментов – для подготовки монтёров пути, который разрабатывался по запросу Куйбышевской железной дороги в рамках стратегии развития холдинга и будет передан в Куйбышевскую дирекцию инфраструктуры [7].

Одной из первых задач в части внедрения цифровых технологий перед путевым хозяйством поставлена задача разработки и внедрения цифрового «двойника» [3-6].

Впервые понятие цифрового «двойника» появилось 2002 г., благодаря Майклу Гривзу – профессору Мичиганского университета, который предложил дублировать реальное пространство в виртуальное и обмениваться информацией между этими пространствами на всем жизненном цикле продукта или процесса [1].

Существует уже несколько определений такого перспективного направления виртуального пространства, которое внедрено во многие отрасли (машиностроение, самолетостроение, медицину и т.д.). Приведем одно из таких определений: цифровой «двойник» – это виртуальные модели реальных технологических процессов, построенные на основе информации о протекании этих процессов, в том числе, позволяющие просчитывать и экономическую эффективность их модернизации [5].

Внедрение цифровых технологий невозможно без развития информационных технологий, которые показали свою эффективность на железнодорожном транспорте. Благодаря внедрению и развитию единой корпоративной системы управления содержанием инфраструктуры (ЕК АСУИ), в путевом хозяйстве появилась возможность создания цифрового «двойника» статических элементов верхнего строения пути. Как указывал главный инженер Центральной дирекции инфраструктуры Г.Ф. Насонов, что цифровой «двойник» будет показывать не только текущую информацию по объектам инфраструктуры, но и позволит смоделировать и спрогнозировать будущее их состояние с учетом предотказных состояний, выявления рисков на основе объективного контроля и анализа надежности объектов пути в условиях текущей эксплуатации [6].

Также в рамках системы ЕК АСУИ уже внедрены некоторые цифровые технологии – электронный паспорт рельсов («Рельсовая книга»), мобильные рабочие места («МРМ ЕК АСУИ»), расчет измерителей риск-факторов в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД» («Развитие ЕКАСУИ в части формирования факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД»»), организация хранения данных в цифровом виде диагностической информации с высокой дискретностью, полученных с мобильных и съёмных средств диагностики железнодорожного пути и данных видеоконтроля о состоянии железнодорожного пути, обеспечение сохранности данных о состоянии объектов инфраструктуры в части железнодорожного пути, аналитическая обработка данных для поддержки принятия решений по содержанию объектов железнодорожного пути с возможностью передачи информации в функциональные модули ЕК АСУИ («Информационно-аналитическая система комплексной диагностики и мониторинга железнодорожной инфраструктуры для обеспечения анализа и прогнозирования состояния объектов железнодорожной инфраструктуры в составе ЕК АСУИ (ЕК АСУИ СДМИ) в части геометрии рельсовой колеи, бесстыкового пути и земляного полотна»).

Кроме того, продолжается работа над разработкой интеллектуальной системы индивидуального планирования работников структурных подразделений инфраструктуры – это планирование технической учебы работников с элементами прогнозной и прескриптивной аналитики, где на основе оценки специалистов по качеству проведенного технического обслуживания, осмотров устройств, причин допущенных отказов, оценки знаний и системы предсменного тестирования будет формироваться индивидуальный план для работника.

Можно сказать, что внедрение цифровых технологий в путевое хозяйство осуществляется на основе уже внедренных и успешно эксплуатируемых информационных систем управления.

В августе 2020 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ (Росстандарт) утвердило 10 национальных стандартов «в области умного производства, в том числе и первые нормативно-технические документы, регулирующие сферу «цифровых двойников», что позволит унифицировать подходы к разработке и внедрению цифровых технологий в производство [8].

Таким образом, внедрение цифровых технологий в путевое хозяйство отрасли дает возможность проводить тщательный анализ технического состояния объектов инфраструктуры на новом уровне с учетом информации об объекте с различных ракурсов, интегрировать информацию из разных информационных систем в режиме реального времени в

единую систему с использованием технологий Big Data, blockchain и предиктивной аналитики [2], позволит выстраивать диагностические комплексы совершенно нового поколения, которые дадут возможность прогнозировать отказы и оценивать качество ремонтных работ за счет внедрения Интернет-вещей, искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности, что повысит безопасную эксплуатацию и эффективность перевозочного процесса.

Библиографический список

1. Michael, W. Grieves Digital Twin : Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication / W. Michael // LLC, 2014

2. Ефремова А.А., Асалханова Т.Н., Осколков А.А. Предпосылки к внедрению цифровых технологий на дистанциях пути [Электронный ресурс] // «Молодая наука Сибири» : электрон. науч. журн. 2020, № 3(9). Режим доступа : http://mnv.irgups.ru/toma свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

3. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года : утв. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р

4. Совет директоров ОАО «РЖД» утвердил стратегию цифровой трансформации [Электронный ресурс] / Сайт ОАО «РЖД». 2019. Режим доступа : https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=184629 свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

5. РЖД хотят создавать «цифровых двойников» технологических процессов для модернизации станций [Электронный ресурс] / Сайт ОАО «РЖД». 2020. Режим доступа : https:// company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=190657 свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

6. Насонов Г.Ф. Цифровая трансформация инфраструктуры [Электронный ресурс] / Автоматика. Связь. Информатика. 2019, № 4. Режим доступа : https://asi-rzd.ru/nomera/2019-4/cifrovaya-transformaciya-infrastrukturi свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

7. РЖД хотят создавать «цифровых двойников» технологических процессов для модернизации станций [Электронный ресурс] / Сайт ОАО «РЖД». Режим доступа : https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=190657 свободный – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

К.Ю. Ворончихин, Г.А. Аношенко
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

А.Ю. Ворончихин
Читинский проектно-изыскательский институт
«Забайкалжелдорпроект» –
филиал АО «Росжелдорпроект»,
г. Чита, Россия

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИНИМАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Принятие решений при разработке проектов новых и реконструируемых железных дорог происходит на основании различного рода исходной информации. Эта информация передается лицу, принимающему решение, в различном виде и всегда характеризуется определенными показателями. От полученной на этапе проектирования исходной информации зависит качество принимаемых решений в проектах. В связи с этим необходимо проводить оценку исходных данных по различным параметрам. В данной статье приведены критерии, по которым возможно оценить исходные данные при проектировании железных дорог.

Ключевые слова: информация, достоверность, принятие решений.

При проектировании железных дорог необходим большой объем различной исходной информации. От достоверности этой информации напрямую зависит эффективность принимаемых решений по выбору технических параметров в проектах железных дорог.

При этом информация о различных факторах, влияющих на принимаемое решение, может быть разная по степени достоверности. Используемая исходная информация может быть разделена три группы – детерминированная, вероятностная и неопределенная исходная информация.

К детерминированной информации для конкретного расчетного случая при выборе параметров проектируемой железной дороги можно отнести такие показатели как: протяженность участка, значение руководящего уклона, тип локомотива и т.д.

К информации с вероятностной степенью можно отнести данные о показателях, которым присущи известные законы распределения или имеется возможность их установления на основе статистических дан-

ных. Например, значения расхода воды при проектировании водопропускных сооружений.

К параметрам, характеризующихся неопределенностью информации, можно отнести следующие показатели: размеры перевозок на различные сроки эксплуатации, показатели капитальных и эксплуатационных затрат на длительную перспективу.

Информацию, используемую при разработке проектов, можно разделить на две группы – непрерывную и дискретную. Непрерывная информация имеет определенный коридор изменения и может принимать любые значения из этого интервала. При проектировании железных дорог к непрерывной информации можно отнести, например, размеры грузоперевозок на различные сроки эксплуатации, экономические показатели, величину руководящего уклона и т.д.

Дискретная информация может принимать лишь строго определенные значения, например: вид тяги (тепловозная или электрическая), стандартные длины приемо-отправочных путей согласно нормативных документов (850, 1050, 1700, 2100).

Еще одним показателем, характеризующим информацию, является ее ценность. При определении практической ценности информации нельзя принять какие-либо точные количественные параметры. Ценность информации можно лишь определять величиной потерь, которые эта информация может предотвратить, или величиной затрат (финансовых и временных) на получение этой информации.

При анализе информации сталкиваются с необходимостью оценки качества и определения количества полученной для проектирования исходной информации. Определить качество информации часто бывает очень затруднительно, а порой и вовсе невозможно. Какие-либо сведения, например исторические, могут десятилетиями считаться ненужными, и вдруг в один момент их ценность может мгновенно вырасти. Наряду с этим определить необходимое количество информации не только крайне необходимо, но и практически всегда возможно. Это, в первую очередь, необходимо для того, чтобы сравнить друг с другом массивы полученной информации и определить, какие размеры должны иметь материальные объекты для её хранения (бумага, жесткие диски облачные хранилища и т.д.).

Исходная информация при проектировании железных дорог для возможности и эффективности ее использования должна обладать различными потребительскими показателями качества. К числу таких показателей можно отнести следующие параметры:

Репрезентативность информации связана с тем, насколько правильно ее собирали и формировали для объективного представления характеристик исследуемого объекта.

Достаточность информации означает, что она содержит определенный минимум показателей, но его вполне достаточно для принятия правильного решения при разработке проектов железных дорог.

Доступность информации характеризуется выполнением различных действий для её получения и преобразования, в результате которых обеспечивается правильное восприятие пользователем.

Актуальность информации определяется степенью сохранения ценности информации в момент ее непосредственного использования. Данная характеристика зависит, во-первых, от того насколько динамично происходит изменение характеристик информации и, во-вторых, от промежутка времени, с момента появления данной исходной информации.

Своевременность означает получение проектировщиком информации не позже заранее обозначенного срока, согласованного со временем принятия решения той или иной задачи при проектировании железных дорог.

Точность информации определяется степенью близости полученной исходной информации к реальному состоянию исследуемого объекта, процесса, явления.

Достоверность определяется свойством информации характеризовать реально существующие объекты и процессы с достаточной для принятия верного решения точностью.

Устойчивость информации отражает ее способность воспринимать изменение исходных данных без потери необходимой точности данных.

Целесообразность информации означает, что она должна соответствовать решению тех задач, для которых она собрана. Информация должна помогать в достижении конкретных целей.

Рентабельность указывает на то, что затраты на подготовку информации не должны быть больше, чем выгоды от ее дальнейшего использования.

Объективность информации отражается в ее независимости от внешних факторов.

Прозрачность информации связана с невозможностью различных толкований данной информации.

Всю информацию, в том числе и используемую при проектировании железных дорог, можно подразделить на потоки внутри данной системы, между ее компонентами (внутренняя информация), и потоки информации, циркулирующей между данной системой и внешней средой, с которой она состоит в функциональных связях (внешняя информация).

Информация внутреннего порядка обеспечивает взаимодействие между отдельными элементами системы, объединяет их в единое целое, обеспечивает их движение к поставленной перед системой общей цели.

Информация внешнего порядка устанавливает связи этой системы с другими системами, оказывающими на нее разнообразного рода воздействие.

Проанализировав приведенные положения, можно сделать вывод о том, что информация представляет, прежде всего, какие – либо сведения об окружающем мире, событиях или объектах. При этом с получением информации уменьшается неопределенность, неполнота знаний. Кроме того, необходимо отметить, что не всякое знание может считаться информацией.

Библиографический список

1. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева [и др.]. М. : Радио и связь, 1989. 304 с.

2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для втузов. М. : Высш. шк., 2000. 480 с.

3. Грабовый П.Г. Риски в современном бизнесе / П.Г. Грабовый, С.Н. Петрова [и др.]. М. : Изд-во «Аланс». 1994. 200 с.

В.Ю. Линейцев, В.А. Лемехова, Д.Е. Полоротов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

Е.А. Линейцева
Читинский региональный центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ СТУДЕНТАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В статье рассмотрено описание ряда специальных компьютерных программ, используемых в учебном процессе студентами специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

Ключевые слова: прикладные программы, компьютер.

В связи с тем, что в последнее время произошел технологический скачок и стали повсеместно использоваться ПЭВМ, на кафедре «Строительство железных дорог» ЗабИЖТа организован компьютерный класс, в котором студент может в свободное от учебных занятий время заниматься на ПЭВМ. Стало возможным выполнять отдельные главы или полностью расчеты курсовых и дипломных проектов. Ради экономии времени, простоты и быстроты расчетов студентами часто используются система электронных таблиц Microsoft Excel и графический редактор AutoCAD.

Кроме этого разработан ряд специальных программ, служащих также этой цели:

– **Fsimpson** – программа, разработанная на кафедре «Строительство железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Данная программа предназначена для выполнения расчетов по дисциплинам «Строительная механика» и «Сопротивление материалов». Основная ее цель – качественное и быстрое выполнение расчетов по сопряжению единичных и грузовой эпюр по интегралу Мора.

Программой пользуются студенты 2-го и 3-го курсов специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

Результат работы программы – окончательная эпюра моментов. При работе программы ведется своеобразный протокол, и выдается конечный текстовый файл с промежуточными и конечными результатами, в т.ч. в нем приведены необходимые вычислительные проверки.

– **Speed, Tables** – программы, разработанные на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТа).

Программы предназначены для выполнения тяговых расчетов по дисциплине «Изыскания проектирование железных дорог». Основных их цели – определение ходовых и энергетических характеристик движения поезда по заданному перегону, а также веса состава. Кроме того, программы позволяют определить длину поезда, выполнить проверку его размещения в пределах приемоотправочных путей и определить основные режимы ведения поезда по перегону с учетом изменения его профильных условий.

Программой пользуются студенты 3-го, 4-го и 5-го курсов при курсовом и дипломном проектировании.

Программы выдают результаты в виде текстовой и графической информации с возможностью вывода результатов, как на экран, так и на принтер.

– **Opsp** – программа, разработанная на кафедре «Строительство железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Эта программа предназначена для расчета сетевых графиков любой сложности по дисциплине «Организация и планирование строительного производства» либо родственным с ней дисциплинам.

Программой пользуются студенты 4-го и 5-го курсов при выполнении курсового и дипломного проектирования.

Результат работы программы – текстовый файл расчета сетевого графика матричным способом, в котором показаны основные параметры расчета сетевого графика, такие как критический путь сетевого графика, раннее и позднее начало и окончание, общие и частные резервы графика.

– **Krivaja** – программа, разработанная на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТа).

Программа используется для выполнения раздела курсового проекта по дисциплине «Изыскания проектирование железных дорог». Программа предназначена расчета выправки кривых методом угловых диаграмм и определения сдвижек в точках существующей кривой для постановки ее в проектное положение.

Программой пользуются студенты 5-го курса.

Результат работы программы – текстовый файл расчета сбитой существующей кривой методом угловых диаграмм. Данная программа может также применяться при принятии проектных решений при реконструкции кривых участков пути.

– **Grand** – программа, разработанная на кафедре «Строительство железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Программа используется для выполнения прикладных расчетов при капитальном ремонте железнодорожного пути. Программа предназначена для определения величины забегов звеньев рельсошпальной решетки при их укладке в путь и расчета количества и положения в пути стандартно укороченных рельсов внутренней нити в кривых участках железнодорожного пути.

Программой пользуются работники технического отдела путевой машинной станции (ПМС), а также студенты-дипломники.

Результат работы программы – текстовые отчеты с указанием забегов стыков левого и правого рельсов по каждому звену с учетом длины нестандартных звеньев, а также положения стандартно укороченных рельсов.

– **Ac, Diitc** – программы, разработанные Новосибирским и Днепропетровским институтами железнодорожного транспорта.

Программы используются для прикладных расчетов при текущем содержании пути. Программы предназначены для аналитического расчета существующих кривых, заданных стрелами изгиба от хорды длиной 5, 10 или 20 метров и определения величины сдвижек в каждой точке существующей кривой для постановки ее в проектное положение.

Программами пользуются работники технического отдела дистанции пути (ПЧ), а также студенты-дипломники.

Результат работы программ – ведомость путевых точек с указанием номеров точек, поперечных сдвижек в них, а также величины изменения стыковых зазоров.

– **Pog_nagr** – программа, разработанная на кафедре «Строительство железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Программа используется для выполнения части раздела дипломного проекта по дисциплине «Изыскания проектирование железных дорог». Программа предназначена для обработки статистических данных по долям различных родов грузов и определения оптимальной нормативной погонной нагрузки и весовой нормы при наилучшем сочетании полновесности и полносоставности поездов.

Программой пользуются студенты 5-го курса и дипломники.

Результат работы программ – таблица с расчетными характеристиками и графики коэффициентов рациональности выбора оптимальной погонной нагрузки.

– **Расчет объемов** – программа, разработанная на кафедре «Строительство железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта.

Программа используется по дисциплине «Технология, механизация, автоматизация железнодорожного строительства». Программа предназначена для расчета объемов грунта, необходимого при отсыпке насыпей и разработке выемок земляного полотна под железнодорожный путь в табличном виде и последующем определении технологии выполнения этих работ.

Программой пользуются студенты 3-го и 5-го курсов при выполнении части курсового проекта и раздела дипломного проекта.

Результат работы программ – таблица в электронном виде с определением отдельных элементов общего объема земляных работ при сооружении железнодорожного земляного полотна.

Библиографический список

1. Железнодорожный путь : учеб. / под ред. Т.Г. Яковлевой. М. : Транспорт, 1999. 405 с.

2. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь : учеб. для вузов ж.-д. транспорта. 3-е изд., перераб. доп. М. : Транспорт, 1987. 479 с.

3. Каменский В.Б. Содержание железнодорожного пути в кривых / В.Б. Каменский, Э.Я Шац. М. : Транспорт, 1987. 189 с.

4. Справочная система и сопутствующая документация по программному обеспечению

А.А. Лукин

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Россия

ТРАНСПОЛЯРНАЯ МАГИСТРАЛЬ – КРУПНОМАСШТАБНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ ПРОЕКТ

Объектом исследования является Трансполярная магистраль. Цель работы – оценить эффективность и целесообразность капиталовложений в строительство крупномасштабного транспортного проекта Трансполярная магистраль. В процессе работы приведён макроэкономический анализ эффективности Трансполярной магистрали, рассмотрена её история и перспективы строительства, а также, с целью оценки эффективности проекта, проведён анализ внедрения проекта в межотраслевой баланс. В результате исследования был оценен объем капиталовложений в проект, рассчитан мультипликативный эффект валового выпуска, а также оценена эффективность проекта в динамике.

Ключевые слова: трансполярная магистраль, межотраслевой баланс, эффективность, крупномасштабный проект, мультипликативный эффект.

Крупномасштабный транспортный проект – это некоторое предполагаемое изменение транспортной системы (на одном или нескольких видов транспорта) [1]. Стоить отметить, что такое изменение оказывает значительное влияние на технические и социально-экономические характеристики как транспортной системы страны в целом, так и транспортной системы отдельных крупных регионов страны.

Трансполярная магистраль – это крупномасштабный транспортный проект, направленный на строительство железной дороги от стан-

ции Чум до станции Уэлен. Идея строительства данного проекта возникла ещё в 1907 году.

В 1915 году русский художник А.А. Борисов предлагает проект под названием «Великий Северный железнодорожный путь». Согласно данному проекту, железная дорога соединяла берега Баренцева моря с водными магистралями Западной Сибири с дальнейшим продолжением на восток до Татарского пролива. Таким образом, «Великий Северный железнодорожный путь» проходил бы через всю Сибирь, также включая арктическую территорию [2].

Из-за войн, протекающих в начале XX века, нанесших транспортному и, в частности, железнодорожному хозяйству громадный ущерб, в качестве первостепенных задач были поставлены восстановление разрушенных дорог. Вследствие этого проекты транспортного строительства, включая также сооружение ВСП, были отодвинуты на второй план.

Строительные работы железнодорожного пути были начаты в 1947 году [3]. Однако в мае 1953 года после смерти Сталина стройка была передана в ведение Министерства путей сообщения. 10 ноября 1953 года строительство железной дороги Салехард – Игарка было прекращено и поставлено на консервацию. Кроме того, вследствие объявления амнистии и освобождения около 1 200 000 заключённых, выбыла основная масса работавших на стройке.

Участки Великого Северного железнодорожного пути, после завершения строительных работ оказались заброшены. Многие из них были разобраны. Дорога также оказалась заброшенной, поскольку стоимость консервации оказалась крупной, что было не выгодно государству.

К началу XXI века, в связи с экономическими потребностями государства, было уделено внимание расширению транспортной инфраструктуры в Арктической зоне. Также была составлена Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года, куда была включена Трансполярная магистраль.

В 2018 году начато строительство участка Трансполярной магистрали – Северного широтного хода. Данный участок представляет собой линию, пролегающую между тупиковыми станциями Свердловской и Северной железных дорог, являющимися филиалами ОАО «РЖД» [4]. Протяжённость Северного широтного хода составляет 707 км. Согласно экономической модели стоимость СШХ в цене на 2019 год составит 235,9 млрд рублей.

Трансполярная магистраль пройдёт через северную часть Азии вплоть до своей крайней точкой маршрута на Дальнем Востоке – станции Уэлен. Протяженность железнодорожного пути составит примерно

7596 км. Трансполярная магистраль имеет окончание в Уэлене, находящимся близ Берингова пролива. Стоит добавить, что в последнее время идёт обсуждение вопроса о строительстве тоннеля или моста, проходящего на Аляску через Берингов пролив. Строительство моста, при имеющейся Трансполярной магистрали может поспособствовать интеграции железных дорог двух континентов в единую транспортную сеть [5].

Стоит обратить внимание также на то, что между Трансполярной, Северо-Сибирской, Байкало-Амурской и Транссибирской магистралями намечен ряд меридиональных соединений. Таким образом Трансполярная магистраль сыграет важную роль в экономическом развитии страны, а также поспособствует активному промышленному освоению восточных территорий Российского государства. Также строительство магистрали необходимо с точки зрения национальной безопасности для сохранения территориальной целостности России в пределах её сухопутных и морских границ.

Для оценки эффективности проекта применим метод, предложенный А.Г. Гранбергом, предполагающий оценку проекта с использованием межотраслевых моделей. В основу данной модели положен метод «затраты-выпуск», отражающий и характеризующий экономические взаимосвязи государства.

Для работы с данным методом необходимо выделим 16 производственных отрасли, среди которых отметим сельское хозяйство, добычу полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, строительство, транспорт и связь, финансовая деятельность и так далее.

Каждая из данных отраслей производит лишь то, что относится только к ней и не имеет отношения к остальным отраслям [7]. В нашем случае межотраслевой баланс представлен в денежных единицах (млн рублей).

Основное уравнение межотраслевого баланса представлено формулой (1):

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} + y_i, \qquad (1)$$

x_i – объём выпуска продукции i-й отрасли;

x_{ij} – текущие затраты продукции i-й отрасли;

y_i – конечный спрос i-й отрасли.

$$x_{ij} = a_{ij} x_{ij}, \qquad (2)$$

a_{ij} – коэффициент прямых затрат i-й отрасли на производство одной единицы продукции j-й отрасли.

Таким образом, в формуле (3) выделен расчёт коэффициента прямых затрат:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}. \quad (3)$$

Данными коэффициентами образована матрица прямых затрат. Она характеризует технологическую структуру экономики. При подстановке значений xij в формулу (1), получим формулу (4), с помощью которой возможно провести расчёты необходимого уровня производства, затрат и капиталовложений в проект.

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + y_i. \quad (4)$$

Целью проведения расчётов является выявление того, какое влияние могут оказать капиталовложения в Трансполярную магистраль на все другие отрасли экономики.

Известно, что стоимость строительства участка Трансполярной магистрали – Северного широтного хода составит примерно 235,9 млрд рублей [8]. Отсюда получим, что стоимость строительства 7 596 км Трансполярной магистрали составит примерно 2 537 064 млн рублей.

В результате проведенных вычислений по заданным формулам получено, что с учётом капиталовложений валовой выпуск вырос примерно на 2,09 %.

Таким образом, строительство Трансполярной магистрали поспособствует росту валового выпуска по производственным отраслям, что сыграет роль в развитии экономике страны. Особенно большую роль Трансполярная магистраль сыграет в развитии железнодорожного транспорта России. При этом влияние будет оказано и на остальной транспорт, а также добычу полезных ископаемых и финансовую деятельность.

Следовательно, Трансполярная магистраль является эффективным проектом и капитальные вложения в него целесообразны с позиций общественной эффективности.

Библиографический список

1. Лившиц В.Н. Крупномасштабные транспортные проекты в свете современного кризиса в России // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2010. М. : «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН». 2010. С. 85–95

2. Камаренко И.Б., Киселев М.Ю. Документы о «Великом железнодорожном Северном пути» в архиве Российской академии наук // Исследования Арктики в документах, памятниках и собраниях. М., 2016. С. 32–35

3. Постановление Совета Министров СССР № 1255-331сс от 22 апреля 1947 «О строительстве железнодорожной линии в морском порту к Обской губе»

4. Голубев А.А. Северный Широтный ход – головной участок Трансполярной магистрали // Научные горизонты. 2018, № 11-1. С. 77–81

5. Лежаева И.Г. Будущее восточных регионов России // Academia. Архитектура и строительство. 2017, № 3. С. 84–92

6. Базовые таблицы «затраты-выпуск» за 2016 год // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/ (дата обращения: 25.11.2020)

7. Пятаев М.В. Железнодорожный транспорт в таблицах «Затраты-выпуск» // Логистические системы в глобальной экономике. 2019, № 9. С. 202–205

8. ОАО «РЖД» набирает «Северный широтный ход» // Газета Коммерсантъ. 2017, № 34. С. 7–9

С.С. Полищук

Иркутский государственный университет путей сообщения,

г. Иркутск, Россия

АЛГОРИТМ ПОДБОРА ГЛУБИНЫ ПОТОКА ПРИ РЕШЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

В статье приведен алгоритм поиска искомой глубины потока при решении задач на равномерное и неравномерное движение жидкости при построении кривых свободной поверхности. Приводится блок-схема и её реализация на языке программирования FORTRAN в качестве примера для определения критической глубины. Приведенный алгоритм подбора глубины может быть использован при построении кривых свободной поверхности по способу Чарномского, Павловского.

Ключевые слова: трансцендентное уравнение, блок-схема, искомая глубина, ЭВМ.

Для задач на равномерное и неравномерное движение жидкости в открытых руслах, в том числе при проектировании искусственных сооружений в области дорожно-мостового строительства, существует проблема нахождения значения глубины потока $h_{иск}$, отвечающего определенным условиям или критериям. В первом приближении для нахождения такой глубины используют трудоемкий метод последовательных приближений. Сократить расчеты и повысить их точность можно с помощью ЭВМ. Решение сводится к отысканию единственного корня $h = h_{иск}$ трансцендентного уравнения вида [1]:

$$\varphi(h) = A - A(h) = 0, \qquad (1)$$

Алгоритм его решения показан на Рисунке и состоит в следующем:

1. Вычисляется значение не зависящей от искомой h величины A.

2. Задаются значением $h = h_1$, шагом Δh изменения величины h и вычисляются значения $A(h_1)$. При $\varphi(h_1) \geq 0$ в выражении

$$h_2 = h_1 + a\Delta h, \qquad (2)$$

принимается $a = +1$, а при $\varphi(h_1) < 0$ знак второго слагаемого меняется на обратный, т. е. $a = -1$;

3. Вычисляются значения $A(h_2)$ и $\varphi(h_2)$. Если $\varphi(h_1)$ и $\varphi(h_2)$ имеют одинаковые знаки, то границы интервала $[h_1; h_2]$ сдвигаются на шаг. Это происходит до тех пор, пока значения $\varphi(h)$ не будут разных знаков. В этом случае шаг делится пополам и вычисления продолжаются. Они заканчиваются тогда, когда разность $(h_2 - h_1)$ станет меньше заданной величины ε.

Для каких задач это может быть использовано.

Определение нормальной глубины

Для решения задаются значениями: Q, n, i_0, b, m_1, m_2. В данном случае уменьшаемое A в трансцендентном уравнении (1), представляет расходную характеристику при нормальной глубине ($A = K_0 = Q/\sqrt{i_0}$). В качестве вычитаемого $A(h)$ можно использовать величину $\omega C\sqrt{R}$, которая вычисляется на каждом шаге. Искомым решением при $\varphi(h) = 0$ будет нормальная глубина h_0.

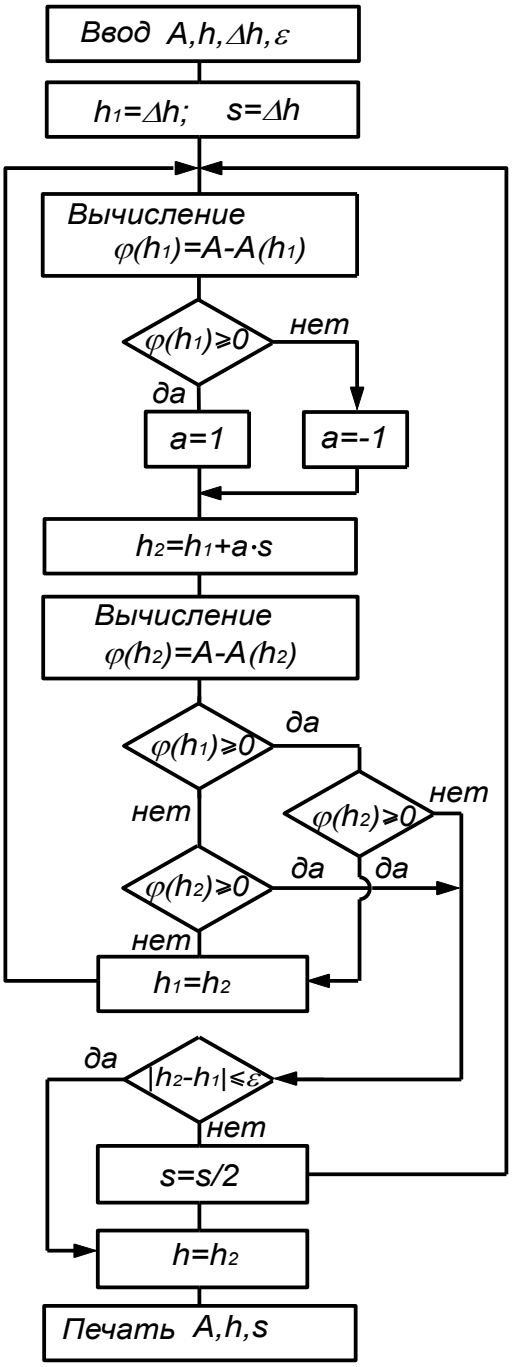

Рисунок. Блок схема решения

Определение критической глубины

Исходными данными являются Q, b, m_1, m_2. Члены трансцендентного уравнения (1) в рассматриваемом случае принимают значения $A = \frac{\alpha Q^2}{g}$ и $A(h) = \frac{\omega^3}{B}$, где ω – площадь живого сечения и B – ширина русла поверху вычисляются на каждом шаге по формулам [1,2,3]:

$$\omega = (b + \frac{m_1 + m_2}{2} h)h, \quad (3)$$

$$B = b + (m_1 + m_2)h, \quad (4)$$

Полученное значение h при $\varphi(h) = 0$ и будет являться критической глубиной $h_к$.

Решения обратной задачи неравномерного движения в открытых руслах

В данном случае имеют место непростые решения.

В задачах этого типа глубина в каком-либо сечении неравномерного плавно изменяющегося потока определяется методом подбора по известной глубине в другом сечении и расстоянию между сечениями. Это нужно, например, при построении кривых свободной поверхности неравномерного потока на участке русла значительной протяженности. В зависимости от условий задачи для ее решения может быть использован один из вышеперечисленных способов: В.И. Чарномского, Н.Н. Павловского. Способ Чарномского является наиболее общим. Он пригоден для расчета неравномерного движения как в непризматических, так и в призматических руслах. Способ Павловского справедлив для призматических русл правильной и неправильной формы поперечного сечения [1].

Текст программы на языке программирования FORTRAN для нахождения критической глубины на основе приведенного выше алгоритма представлен ниже. Также в программу добавлен модуль времени для удобства.

```
*************************************************************************
*          PROGRAM  POTOK 2020                                  !
*************************************************************************
      integer*2    H11,M11,sec1,hu1,H12,M12,sec2,hu2
      REAL ALFA,Q,M1,B,EP,G
      COMMON/A1/ALFA,Q,M1,B,H,DH,EP,FH1,FH2
      open(2,FILE='POTOK.REZ')
      open(7,FILE=' ', STATUS='OLD')
      NAMELIST /ISHD/ ALFA,Q,M1,B,H,DH,EP
      READ(7,ISHD)
      close(7)
      Call  GetTim(H11,M11,sec1,hu1)
      WRITE(2,*) '-----------------------------------------------------'
      WRITE(2,*) 'Результаты расчета'
      WRITE(2,*) '-----------------------------------------------------'
        H1=H
1       S=DH
       G=9.81
       A=ALFA*Q**2/G
       W=(B+M1*H1)*H1
       B1=B+2*M1*H1
       AH1=W**3/B1
       write(*,*) 'A=',A, ' AH=',AH1
       FH1=A-AH1
       IF(FH1.GE.0.) GOTO 4
       A2=-1
       GOTO 8
4      A2=1
8      H2=H1+A2*S
       W=(B+M1*H2)*H2
       B1=B+2*M1*H2
       AH2=W**3/B1
       FH2=A-AH2
       write(*,*) 'h2=',h2 , 'FH2=',FH2,'FH1=',FH1
       IF(FH1.GE.0.) GOTO 3
       IF(FH2.GE.0.) GOTO 6
       GOTO 5
3      IF(FH2.GE.0.) GOTO 5
       GOTO 6
5      H1=H2
       write(*,*) 'h2=',h2, ' S=',S
       GOTO 1
6      T=ABS(H2-H1)
       write(*,*) 'TOCHOST=',T,' EP=', EP
       IF(T.LE.EP) GOTO 7
       DH=S/2
       write(*,*) 'S=',S,'H2=', H2,'H1=', H1
       GOTO 1
7     WRITE(2,9) A,AH2,H2,S
9     FORMAT(2X,'A=',F7.3,2X,'AH=',F7.3,2X,'H=',F6.4,2X,'S=',F6.4,)
      CALL GetTim(H12,M12,sec2,hu2)
      H12 = h12 - H11
```

```
      M12 = m12 - m11
      sec2 = sec2 - sec1
      if(sec2.lt.0.) then
      M12 = m12 - 1
      sec2 = sec2 + 60
      end if
      if(m12.lt.0.) then
      h12 = h12 - 1
      m12 = m12 + 60
      end if
      print 189,h12,m12,sec2
      write(*,189)h12,m12,sec2
189   format(10x,'TIME',i2,':',i2,':',i2)
     WRITE(2,*) '-------------------------------------------------'
     STOP
     END
```

Результаты расчета с учетом следующих исходных данных: α=1.0,Q=37.1 м^3/с, m=1.0, b=3.0, h=2.0, dh=0.5, ε=0.001:

A=140.307, A(h)=140.094, h=1.9893, s= .0010.

Заключение. Приведенный алгоритм [1] и реализованная на его основе программа для нахождения критической глубины будет полезной при исследовании и построении кривых свободной поверхности равномерного и неравномерного потока, а также студентам транспортного вуза изучающих дисциплину «Гидравлика и гидрология» при выполнении ими практических занятий по курсу дисциплины [3].

Библиографический список

1. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учеб. пособие для вузов : в 2 ч. Ч. I. Общие законы. М. : Высшая школа, 1987. 304 с.

2. Штеренлихт Д.В. Гидравлика : учеб. для вузов. М. : Энергоатомиздат, 1984. 640 с.

3. Полищук С.С. Гидравлика и гидрология : практикум [Электронный ресурс]. Иркутск : ИрГУПС, 2017. 78 с.

В.С. Сизиков, В.И. Личагина
Читинский техникум железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОРГАНИЗАЦИЯ ТОЧЕК ПОДКЛЮЧЕНИЯ К ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI ПО СТАНЦИЯМ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ВАГОНОВ ДЕФЕКТОСКОПОВ НА МЕСТАХ ОТСТОЯ

В статье рассмотрены основные направления на обеспечение безаварийной работы железнодорожного транспорта. Была выявлена проблема в оперативной передаче информации, решением проблемы выступило организация беспроводного канала передачи данных.

Ключевые слова: дефект рельсов, вагон-дефектоскоп, железная дорога, результат контроля.

Железнодорожная сеть России представляет собой огромную, единую систему, работающую по единому плану. Работа этой системы возможна, в первую очередь, при бесперебойном движения поездов, при безусловном обеспечении безопасности движения.

Одной из мер, направленной на обеспечение безаварийной работы железнодорожного транспорта, является дефектоскопия рельсов. Ежегодно системой неразрушающего контроля обследуется более 4,5 млн. км рельсового пути; 2,5 млн. сварных рельсовых стыков. Предотвращается более 70 тысяч потенциально возможных изломов ответственных узлов технических объектов пути. Вероятность обнаружения дефектов средствами неразрушающего контроля составляет 99,3-99,7 %.

Для выявления внутренних дефектов рельсов используются различные технические средства, перечень их довольно широк, основным средством контроля являются вагоны-дефектоскопы. Вагон-дефектоскоп относится к средствам скоростной дефектоскопии рельсов. Им могут быть выявлены внутренние дефекты в головке рельсов, в виде поперечных трещин, которые поражают более 30-35 % площади сечения головки и залегающие в глубине до 5-6 мм от поверхности ее катания.

В настоящее время на дорогу поступают новые вагоны-дефектоскопы, работающие по методу как магнитной так и ультразвуковой дефектоскопии, то есть объединяющие оба метода контроля с компьютерной регистрирующей системой.

Работа вагонов-дефектоскопов осуществляется в светлое время суток, в ночное время вагоны ставятся в пункты отстоя на станциях определенных графиком проследования, где производится обработка данных обследованных участков рельсового пути.

Результаты проверки ежедневно передаются в электронном виде в Центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры, из Центра управления содержанием инфраструктуры, информация передается соответствующим службам, дистанциям, подразделениям.

Вагоны-дефектоскопы по ряду причин не всегда могут быть поставлены на определенные места отстоя на станции. В результате возникает необходимость организации беспроводного высокоскоростного канала передачи данных с подключением к корпоративной сети Ethernet.

Результаты контроля представляют значительный объем информации который необходимо хранить на сервере для накопления статистических данных и дальнейшей обработки. В свою очередь встает вопрос организации подключения к высокоскоростной сети для оперативной передачи массива информации с подвижного объекта на стационарный сервер Центра диагностики пути. В данной статье будет рассмотрена возможность организации точек подключения к высокоскоростной сети передачи данных на основе технологии WI-FI.

Для организации беспроводной сети рассматривается возможность использования сети Pharos, построенной на базе оборудования TP-Link. Сеть Pharos относится к межсетевому взаимодействию (подключению), в которой применяются соединения «точка-точка», «точка-многоточка». Как правило, в этих случаях устройства устанавливаются в зоне прямой видимости и используют внутренние, или внешние направленные антенны. Наружная базовая станция WBS510, с антенной имеющей секторную диаграмму направленности, будет развернута на постах ЭЦ с подключением к высокоскоростной сети передачи данных.

Для беспроводной передачи данных с вагона дефектоскопа предполагается осуществлять подключение по схеме «точка-многоточка» с точкой доступа CPE510, которая поддерживает диапазон частот – 5ГГц, а также способной обеспечить передачу данных на расстоянии до 15 км со скоростью передачи данных до 300Мбит/с. На вагоне-дефектоскопе планируется применение антенны с круговой диаграммой направленности. Таким образом, будет решена задача организации беспроводного канала передачи данных.

Библиографический список

1. Автоматика, телемеханика и связь на станциях и перегонах [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.vagoni-jd.ru/razdel_10-5-ats/

2. Криворудченко В.Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта : учеб. пособие / В.Ф. Криворудченко, Р.А. Ахмеджанов; под ред. В.Ф. Криворудченко. М. : Маршрут, 2005. 436 с.

3. Организация работы вагона-дефектоскопа [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://cyberpedia.su/7x9f8a.htm

4. Основы беспроводных сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://academy.infinetwireless.com/ru/online-education/rtghtyh/3

5. Outdoor Wi-Fi : уличные Wi-Fi сети и мосты на оборудовании TP-Link [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://habr.com/ru/company/tp_link_russia/blog/334248/

6. Широкополосные, узкополосные и всенаправленные антенны [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://kazanantenna.ru/ article/primenenie-shirokopolosnyh-uzkopolosnyh-i-vsenapravlennyh-antenn

В.В. Четвертнова, В.А. Кудрявцева, Э.М. Давтян
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭТАПНОГО УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПРИ РАВНОЦЕННОСТИ СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Стратегия дальнейшего развития существующих железных дорог представляется сложной и многовариантной задачей. Выбор оптимальной стратегии этапного наращивания мощности, как правило проводится на основе сопоставления приведенных строительно-эксплуатационных затрат по методике многоэтапных капиталовложений. В работе рассмотрена возможность более точного экономического обоснования выбора оптимальной схемы усиления железнодорожной линии в случае равноценности рассматриваемых вариантов.

Ключевые слова: график овладения нарастающими перевозками, многоэтапные капиталовложения, равноценность вариантов, стоимостной критерий, элементы технической вооруженности дороги.

Задача выбора оптимальной стратегии усиления железнодорожной линии решается с позиции поиска решения, удовлетворяющего, прежде всего минимальному стоимостному критерию. В качестве критерия может выступать величина приведенных затрат за весь период сравнения со второго до пятнадцатого-двадцатого годов эксплуатации.

Вместе с тем, необходимо отметить, что оптимальной стратегия будет в том случае, если реализуется принцип вариантности, позволяющий выполнить сравнительную оценку по анализируемым критериям. Однако при оценке двух и более схем нередко возможны ситуации, когда рассматриваемые варианты могут позиционироваться, как равноценные. Практика проектирования показывает, как зачастую бывает сложно найти убедительные преимущества у одного из равноценных вариантов.

Проведенные ранее исследования кафедры МИИТа [1], давали возможность вести такую оценку по наличию или отсутствию определенных сочетаний элементов технической вооруженности в рассматриваемой схеме. Оценка этих сочетаний подтверждалась их экономической нецелесообразностью и была получена на основании проведенных расчетов при определенных исходных данных, включающих район проектирования, нормативную базу, протяженность дороги, количество перегонов, длину приёмо-отправочных путей, величину грузооборота линии и темпов его роста и так далее.

Общий анализ результатов показывал, что грузооборот и темпы его роста являются главными факторами, определяющим пути развития технического оснащения линии, немаловажную роль при этом играет и стоимость топлива и электроэнергии.

Например, проведенные исследования показали, что при средних темпах роста грузооборота, оптимальная схема этапного усиления не могла на различных этапах содержать переход с частично-пакетного графика движения на двухпутные вставки с последующей организацией безостановочного скрещения поездов. При больших темпах роста грузооборота оптимальная схема, предусматривающая переход ко вторым путям также не могла включать частично-пакетный график. Большие темпы перевозок позволяли говорить о целесообразности электрификации линии и строительстве дополнительных путей.

Перечень таких рекомендаций велик, но он все-таки не может охватить все возможные случаи, встречающиеся при проектировании, когда

нам надо отдать предпочтение какому-то одному варианту, анализируя не только стоимостные показатели.

Какое бы мы не рассматривали сочетание, его эффективность или не эффективность всегда может быть оценена с позиции соотношения капиталовложений и эксплуатационных годовых расходов. При этом для осуществления сравнительной оценки разных вариантов используется минимум приведенных затрат.

На примере представленных трех схем этапного усиления сделан вывод о возможном подходе к выбору одной оптимальной стратегии усиления железнодорожной линии из нескольких равноценных. На рис. 1 представлена сетка состояние время, созданная по сформированному графику овладения нарастающими перевозками.

Приведенные затраты по представленным схемам этапного усиления за период со второго до пятнадцатого года эксплуатации в ценах 1 квартала 2020г. составили: $З_1$=2209,104 млн. руб.; $З_1$=2232,984 млн. руб; $З_1$=2215,333 млн. руб.

Все принятые к анализу схемы равноценны по стоимостным показателям.

Оценка равноценности проводилась по формуле

$$\delta_{\Delta з} = \frac{\sqrt{З_I^2 \cdot \delta_{II}^2 + З_{II}^2 \cdot \delta_{3II}^2}}{\Delta З}, \quad (1)$$

где $\delta_{\Delta з}$ – погрешность разности приведенных затрат;

ΔЗ – разность приведенных затрат по рассматриваемым вариантам определяется по формуле (2)

$$\Delta З = |З_I - З_{II}|, \quad (2)$$

$З_I$, $З_{II}$ – приведенные затраты по вариантам, тыс. руб.;

δ_{3I}, δ_{3II}, – погрешность определения приведенных затрат, которая для рассматриваемой стадии проектирования принята 0,10.

Все эти схемы равноценны, так как погрешность разности приведенных затрат не превышает погрешности их определения, то есть, $\delta_{\Delta з} \geq 1$.

При этом, анализ приведенных затрат, предварительно по стоимостным показателям позволяет отдать предпочтение первой схеме.

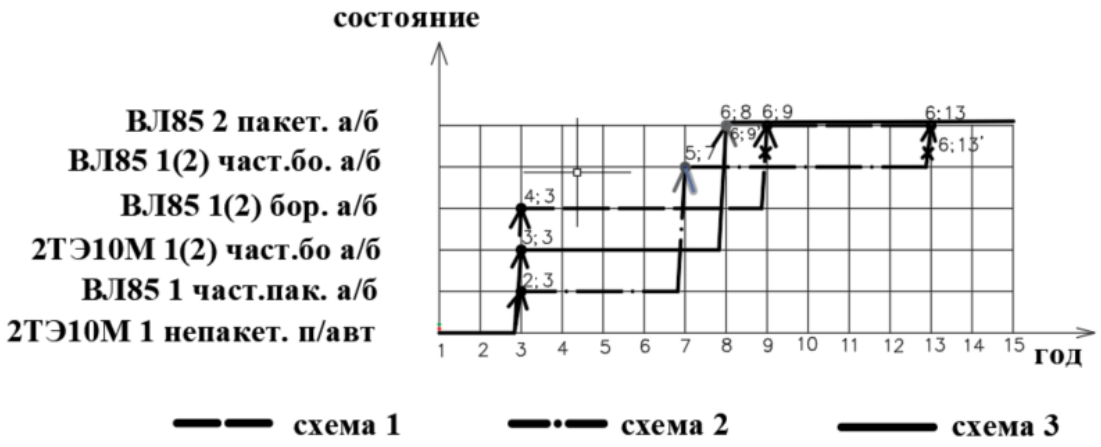

Рис. 1. Схемы этапного усиления на сетке «состояние-время»

Суммарные поэтапные капиталовложения $\sum_{i=1}^{m} K_{ij}$ и суммарные эксплуатационные расходы, $\sum_{i=1}^{m} \sum_{t=t_н}^{t=t_k} C_t^i \, \eta_t$ за весь период сравнения по трем схемам этапного усиления сведены в таблицу.

Таблица

Показатели	Схема 1	Схема 2	Схема 3
$\sum_{i=1}^{m} K_{ij}\eta_t$, млн. руб	876.0	891.8	864,4
$\sum_{i=1}^{m} \sum_{t=t_н}^{t=t_k} C_t^i \, \eta_t$, млн. руб.	1036.6	1041.8	1044.2

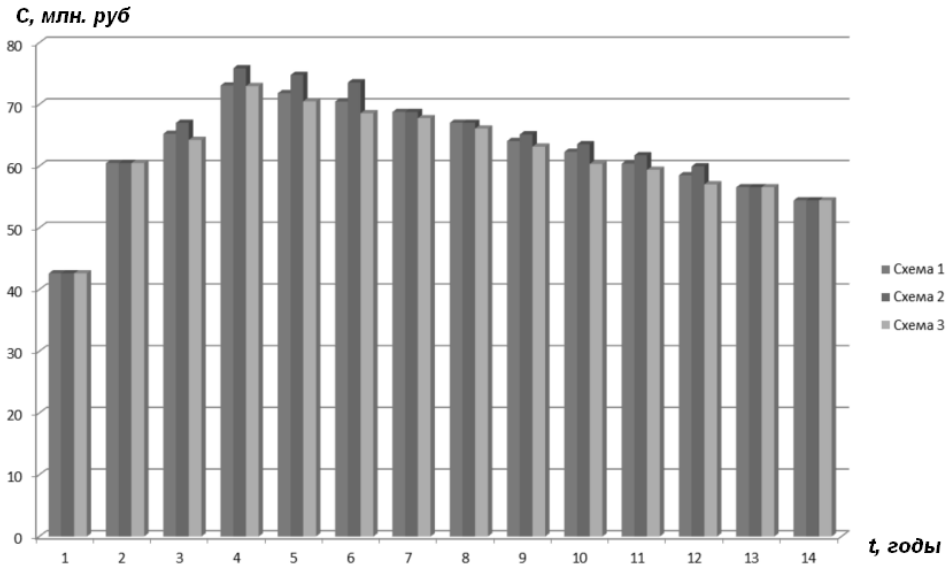

Рис. 2. Диаграмма годовых эксплуатационных дисконтированных затрат

На рис. 2 показана диаграмма годовых дисконтированных эксплуатационных затрат за весь период сравнения по трем схемам.

Проведем попарное сравнение 1 и 2, 1 и 3 схем. Сравнение будем проводить по сумме поэтапных затрат и сумме эксплуатационных расходов за весь период сравнения с учетом коэффициента дисконтирования, приведенных в таблице.

Анализ первой и второй схемы показывает явное преимущество первой, с сокращением суммарных капиталовложение на 15,8 млн. руб. и сокращением при этом и суммарных эксплуатационных расходов на 5,2 млн. руб. при минимальных приведенных расходах. Анализ первой и третьей схем показывает, что в третьей схеме рост суммарных эксплуатационных дисконтированных затрат на 7,6 млн. руб. перекроется экономией суммарных поэтапных капиталовложений, которая составит 11,6 млн. руб.

Такой подход позволяет отдать окончательно предпочтение все-таки третьей схеме, не смотря на то, что она имеет большие приведенные затраты в рамках равноценности.

Выводы. Предложенная схема анализа позволяет заменить анализ возможных сочетаний элементов технической вооруженности в стратегии этапного усиления за весь период сравнения, анализом экономического эффекта, который может определяться сравнительной экономией годовых дисконтированных эксплуатационных затрат или экономией в поэтапных капиталовложениях.

Библиографический список

1. Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.А. Бучкин [и др.] ; ред.: Ю.А. Быков, Е.С. Свинцов. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2009. 447 с.

2. Турбин И.В., Гавриленков А.В., Кантор И.И. Изыскание и проектирование железных дорог. М. : Транспорт, 1989. 479 с.

3. Волков Б.А., Турбин И.В. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог. М. : Маршрут, 2005. 408 с.

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Т.Л. Алексеева, Н.Л. Рябченок, Л.А. Астраханцев, В.В. Немыкина
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Решение задач по снижению потребления электрической энергии, повышению коэффициента полезного действия, увеличению производительности транспортных работ относятся к важнейшим направлениям совершенствования электроэнергетической системы. Оценка энергетической эффективности системы выполнена на основе предложенного в работе баланса мощностей на входе полупроводниковых преобразователей электроустановок. Расчеты энергетических показателей получены с использованием компьютерного моделирования и ФФТ анализа несинусоидального напряжения и тока. Доказана целесообразность повышения напряжения в системе тягового электроснабжения постоянного тока.

Ключевые слова: эффективность, мощность, полупроводниковый преобразователь, напряжение, ток.

Одной из стратегических инициатив холдинга ОАО «РЖД» является обновление и унификация оборудования системы энергетического обеспечения движения поездов (СОД) и электроподвижного состава (ЭПС) локомотивного комплекса. За счет инновационных разработок поставлена задача по снижению потребления электроэнергии и непроизводительных потерь энергии во всех режимах работы не менее чем на 10 %. Решение задачи по повышению коэффициента полезного действия, в среднем на 3 % во всём диапазоне мощности локомотивов намечено реализовать за счет комплексной модернизации оборудования электрической тяги поездов [1].

Известные оценки энергетической эффективности элементов электроэнергетической системы с полупроводниковыми регуляторами активной и реактивной мощности получены в зависимости от способа управления силовыми полупроводниковыми приборами (СПП) [2]. Энергетическая оценка элементов системы, выраженная с помощью коэффициента искажения синусоидальности кривой тока первой гармоники и угла смещения ее относительно основной гармоники напряжения,

ограничивает направления технических решений для повышения эффективности работы электроэнергетической системы.

Энергетические оценки оборудования электроэнергетической системы основаны на уточненном законе сохранения энергии в электромагнитном поле [3] с использованием второго закона Кирхгофа, и теории спектрального анализа [4] и предложен баланс мощностей (1).

$$\sqrt{S^2 - \Delta S^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \qquad (1)$$

где P – активная мощность учитываемых составляющих ряда Фурье напряжения и одноименных составляющих ряда Фурье тока на входе полупроводникового преобразователя,

Q – реактивная мощность учитываемых составляющих ряда Фурье напряжения и одноименных составляющих ряда Фурье тока на входе полупроводникового преобразователя,

ΔS – часть полной мощности на входе полупроводникового преобразователя с нагрузкой, учитывающая сокращение продолжительности необратимого преобразования электрической энергии в иной вид энергии силовыми полупроводниковыми приборами (СПП) преобразователя.

С помощью предложенных энергетических характеристик выявлена причина снижения эффективности и электромагнитной совместимости элементов электроэнергетической системы. Из-за коммутационных процессов в полупроводниковых преобразователях ЭПС переменного тока и непроводящего состояния СПП сокращается продолжительность использования напряжения системы электроснабжения потребителей электрической энергии. Во время непроводящего состояния и коммутации тока в СПП полупроводникового преобразователя напряжение не используется для выполнения работы, а питающая электрическая сеть загружается завышенным током I = 459,8 А (рис. 1).

Полная мощность на шинах тяговой подстанции S_{tr} = 12258 кВА, полная мощность на токоприемнике 3-х секционного грузового электровоза с номинальной нагрузкой 7772 Н·м на валах ТЭД S_{tp} = 11481 кВА. С помощью программы *MATLAB* в среде *Simulink*, блока *powergui* и осциллоскопа (рис.1) выполнен ФФТ-анализ мгновенных значений напряжения и тока [5]. Полученные действующие значения и начальные фазы гармоник напряжения и тока на токоприемнике ЭПС позволили рассчитать составляющие предложенного баланса мощностей (1).

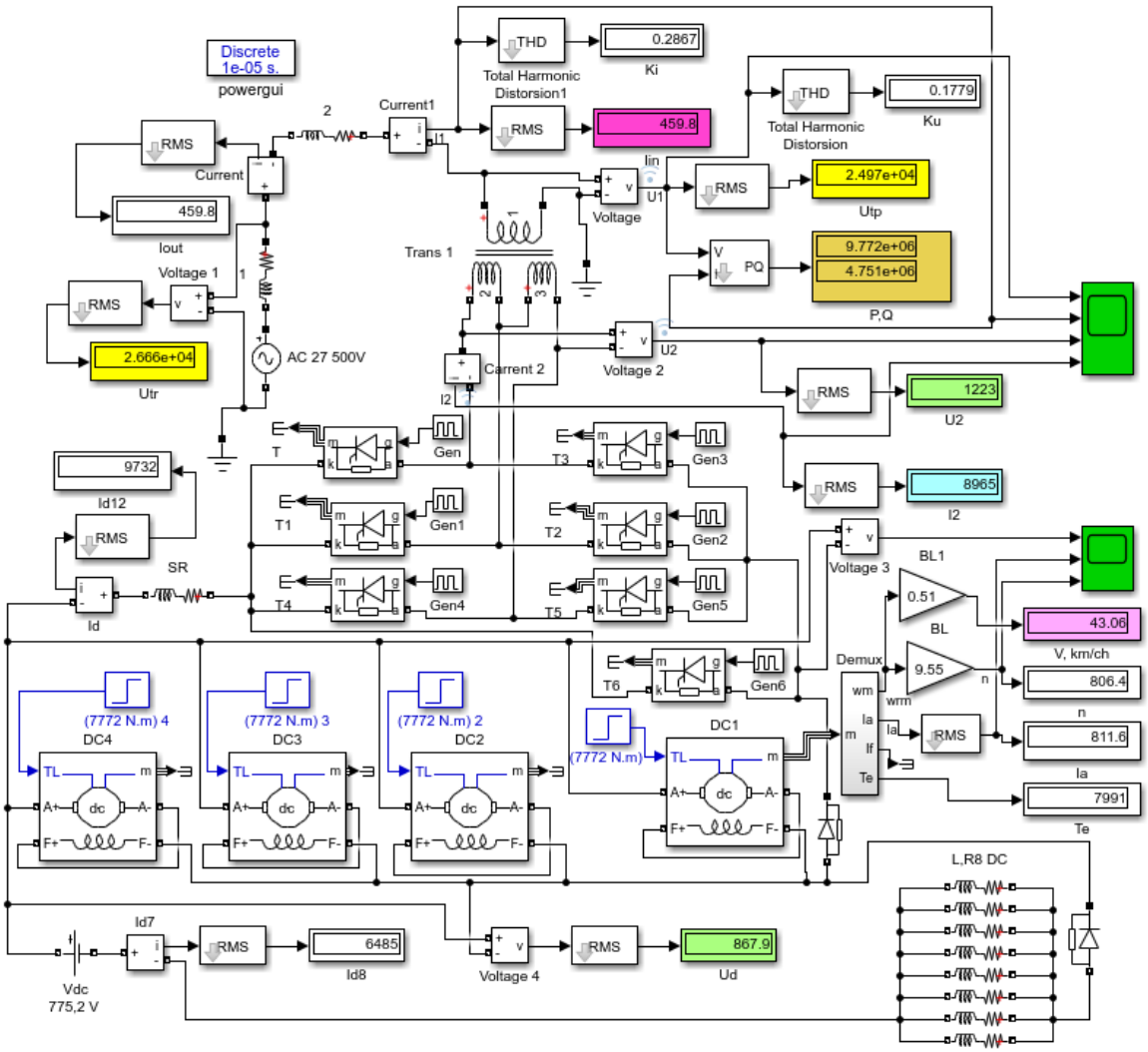

Рис. 1. Математическая модель работы системы тягового электроснабжения и ЭПС в середине межподстанционной зоны

Активные мощности гармонических составляющих P_1 = 9773,1 кВт, P_3 = 98,4 кВт, P_5 = 44,4 кВт, P_{11} = 2,9 кВт, P_{15} = 1,14 кВт, P_{19} = 1,16 кВт. Активные мощности 7, 9, 13, 17 гармоник находятся в пределах погрешности измерения из-за угла сдвига по фазе близким к 90 или 270 градусов. Реактивные мощности намагничивания гармонических составляющих тягового трансформатора ЭПС Q_1 = 4745,6 кВАр, Q_3 = 350,6 кВАр, Q_5 = –86,7 кВАр, Q_7 = 15,7 кВАр, Q_9 = –6,7 кВАр, Q_{11} = 5,2 кВАр, Q_{13} = –3,3 кВАр, Q_{15} = 1,2 кВАр, Q_{17} = –0,24 кВАр, Q_{19} = 0,022 кВАр. В пределах погрешности расчетов оказываются активные и реактивные мощности гармоник выше 19-й гармоники.

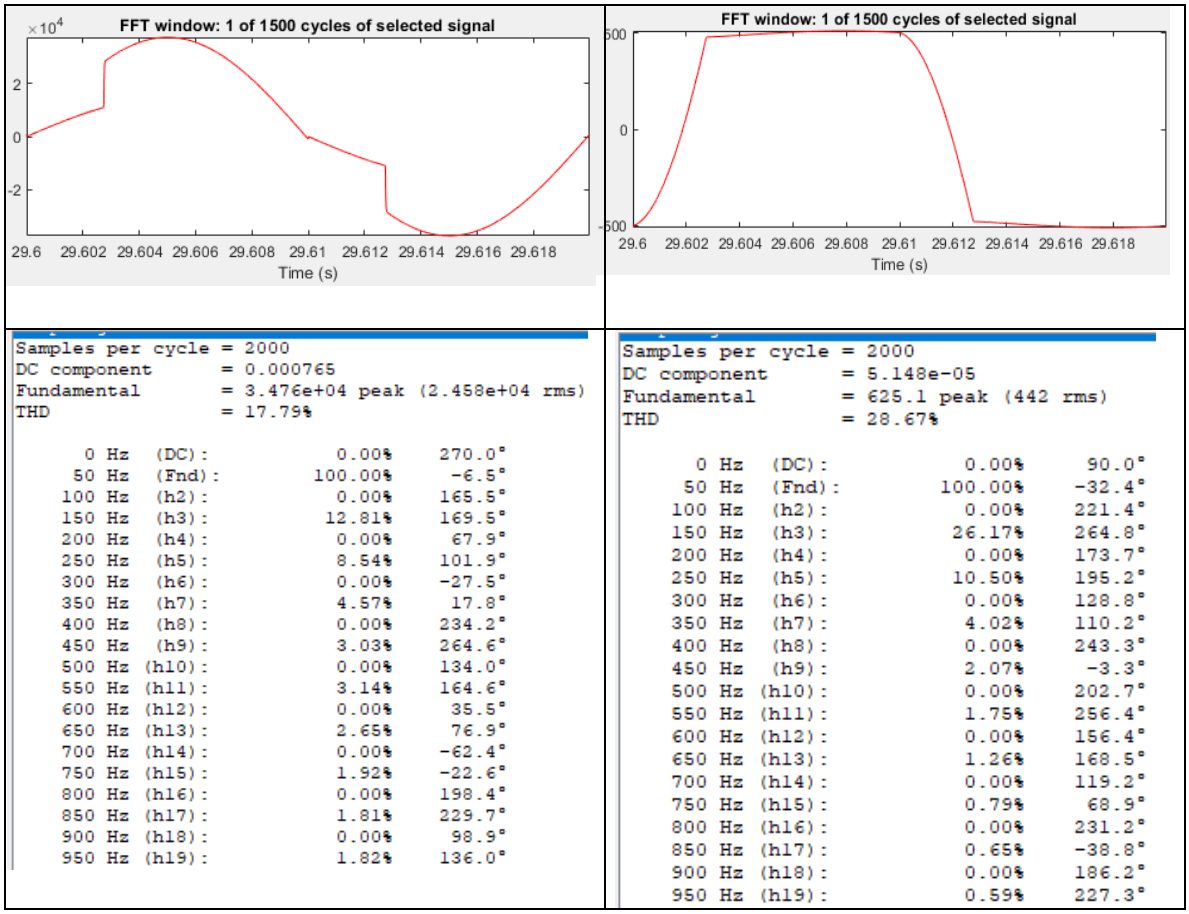

Рис. 2. Осциллограммы напряжения, тока и результаты ФФТ-анализа

Из осциллограммы напряжения и тока (рис. 2) следует, что из-за индуктивности трансформаторов тяговой подстанции, контактной сети переменного тока и индуктивности тягового трансформатора ЭПС переключение тока с одного плеча тиристоров на другое плечо длится в течение 54 электрических градусов, что составляет 31 % времени работы трансформатора ЭПС в режиме короткого замыкания от периода переменного напряжения.

Коэффициент мощности на шинах 27,5 кВ тяговой подстанции $К_М = 0{,}9$, коэффициент мощности тягового электропривода ЭПС $К_М = 0{,}86$. Из-за работы тягового трансформатора ЭПС в режиме короткого замыкания во время коммутации тока в тиристорах ВИП в составе полной мощности S образуется мощность $\Delta S = 3202$ кВА. Напряжение на шинах тяговой подстанции снижается с 27,5 кВ до 26,6 кВ. На токоприемнике ЭПС переменного тока напряжение равно 24,97 кВ, а напряжением на обмотках ТЭД 867 В ограничивается скорость движения поезда на уровне 43 км/ч. КПД СОД переменного тока 94,6 %. КПД тяго-

вого трансформатора с ВИП составляет 85 %, а КПД тяговых электродвигателей 93 %, поэтому КПД тягового электропривода ЭПС в целом равен 79,3 % из-за значительных потерь активной мощности в силовых электрических цепях ЭПС. Для увеличения пропускной и провозной способности железной дороги заводами изготавливаются грузовые электровозы в 4-х секционном исполнении, внедряются технологии вождения поездов повышенной массы, соединенных поездов, что сопровождается снижением технической скорости движения.

В ИрГУПСе разработаны полупроводниковые регуляторы для управления мощностью коллекторных и асинхронных трехфазных электродвигателей. Вместо 8 тиристорных плеч ВИП с импульсно-фазовым управлением для 4-х зонного регулирования мощности предложен однофазный выпрямитель, собранный на диодах. Предусмотрено плавное регулирование напряжения на обмотках ТЭД с помощью IGBT-транзистора. В силовой схеме тягового электропривода устранен сглаживающий реактор, а энергия магнитного поля ТЭД используется для сглаживания пульсаций тока и тяги поезда. Техническое решение позволяет значительно улучшить энергетические показатели СОД и ЭПС на этапах пуска, трогания и разгона поезда (рис. 3).

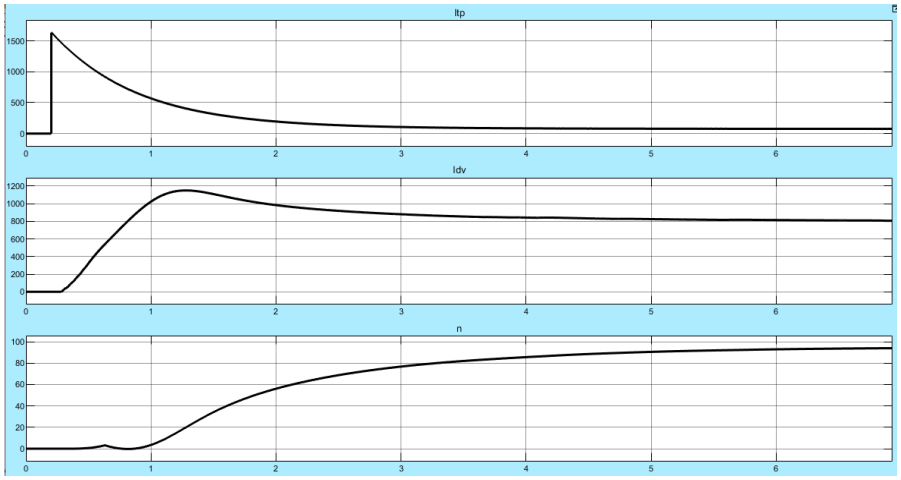

Рис. 3. Осциллограммы тока I_{tp} на токоприемнике ЭПС, тока I_{dv} в обмотках ТЭД и скорости вращения n вала ТЭД при пуске и разгоне поезда

При работе в номинальном режиме тяги поезда, время коммутации тока с одной пары диодов на другую пару диодов однофазного выпрямителя практически равно времени коммутации тока в тиристорах ВИП. Поэтому энергетические показатели электрической тяги на переменном токе напряжением 27,5 кВ не удается улучшить с помощью разработанного регулятора.

С целью увеличения входного электрического сопротивления ЭПС переменного тока исследована возможность повышения энергетической эффективности СОД и ЭПС за счет применения на тяговых подстанциях силовых трехфазных трехобмоточных трансформаторов с напряжением 115/38,5/11 кВ и однофазных трансформаторов напряжением 35000/1260 В на ЭПС. Повышение переменного напряжения в контактной сети на 28 % позволило снизить действующий ток в СОД на 28 %, а КПД СОД увеличить на 0.4 %. Скорость движения поезда увеличилась на 2 км/ч. КПД тягового электропривода, коэффициент мощности СОД и ЭПС практически не изменились по сравнению с электрической тягой при напряжении 27,5 кВ. Таким образом, коммутационные процессы в СПП однофазных выпрямителей ЭПС оказывают решающее влияние на энергетические показатели и сдерживают развитие электрической тяги на переменном токе.

Так как на тяговых подстанциях широко применяются трехфазные тяговые трансформаторы с линейным напряжением вторичных тяговых обмоток на 27,5 кВ, то исследована оценка энергетической эффективности электрической тяги на постоянном токе напряжением 37,1 кВ. Для этого тяговые подстанции можно укомплектовать трехфазными шести пульсовыми выпрямителями, собранными на диодах. Стабилизацию напряжения в контактной сети выполнять с помощью РПН, УКРМ и разработанными регуляторами мощности. На ЭПС постоянного тока можно применить входной преобразователь высокого напряжения с разработанным регулятором мощности.

Электрическая тяга поездов на постоянном токе напряжением 37,1 кВ за счет снижения действующего тока в контактной сети на 40 % обеспечивает повышение КПД электрической тяги на 6 %, технической скорости движения не менее, чем на 20 %. Уровень напряжения в межподстанционной зоне позволяет обеспечивать движение до трех соединенных трехсекционных поездов с номинальной нагрузкой.

Библиографический список

1. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. М. : Министерство образования и науки РФ. 2014. 244 с.

2. Маевский О.А. Энергетические характеристики вентильных преобразователей. М. : Энергия, 1978. 320 с.

3. Воротилкин А.В., Михальчук Н.Л., Рябченок Н.Л., Алексеева Т.Л. Инновационные перспективы тягового электроподвижного состава // Мир транспорта. М., 2015. Т. 13, № 6. С. 62–76

4. Алексеева Т.Л., Рябченок Н.Л., Астраханцев Л.А., Тихомиров В.А. Энергетическая эффективность в электрических цепях с полупроводниковыми приборами // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2020. Т. 20, № 2. С. 89–99

5. Рябченок Н.Л., Алексеева Т.Л., Астраханцев Л.А., Тихомиров В.А. Энергетическая эффективность тягового привода магистральных электровозов // Известия Транссиба. Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2020. № 1(41). С. 29–41

Е.И. Банкерова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье раскрываются возможные пути развития железнодорожного транспорта с применением энергосберегающих технологий для более эффективного использования имеющихся ресурсов, доказывается целесообразность строительства железнодорожных путей с использованием экспериментальных технологий, актуализируется проблема сбережения ресурсов на железной дороге с использованием новейших методов, предлагается введение новых путей развития для повышения безопасности движения железнодорожного транспорта и скорости перевозок.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, однопутный железнодорожный путь, метрополитен, монорельс, поезда на магнитной подвеске.

Железная дорога давно стала одной из самых крупных видов транспорта в современности, без которого нельзя представить нашу жизнь сегодня. С момента своего появления железнодорожный транспорт стал стремительно развиваться, так как зачастую это был единственный способ быстрого и безопасного передвижения пассажиров на большие расстояния. С течением времени появлялись иные виды транспорта, такие как автомобильный и воздушный, но железная дорога смогла конкурировать с новыми видами перевозок, благодаря своей экономичности, отсутствие которой приводит к нерациональному использованию экономических и трудовых ресурсов, и к повышению материальных расходов производителя.

Поэтому нужно знающе и рационально применять то, что даёт природа, и то, что человек изготовляет сам. Это отступление присутствует здесь неслучайно, потому что и на железной дороге можно существенно сохранить количество ресурсов и, соответственно, материальных вложений, требующихся для строительства пути.

Существуют несколько путей развития энергосберегающих технологий. Первый путь – создание гироскопического поезда, представляющего собой состав, работа которого основана на гироскопическом эффекте. В 1820-х гг. зародилась идея о том, что гораздо выгоднее двигаться по одному рельсу, нежели по двум. Первую модель однорельсового поезда представил немецкий инженер Август Шерль, которая показывала, как будет работать этот поезд.

Спустя пару лет Луи Бреннан в Джилингхеме (Великобритания) представил и полностью рабочий однорельсовый вагон на 50 пассажиров, способный самостоятельно передвигается по однорельсовому пути [1]. Основу работы однорельсового поезда представляет игрушка юла. Эта игрушка, как её ещё называют – волчок, не что иное, как гироскоп – устройство с диском и незанятой осью, сохраняющее своё равновесие за счет вращения. У технологии гироскопического поезда есть существенный недостаток, связанный со сложностью поддержания поезда в равновесии, но, тем не менее, в нём существуют и множество достоинств.

В первую очередь однорельсовый состав отлично подойдёт для сегодняшнего железнодорожного пути, так как вся инфраструктура железнодорожного пути сохраняется. Помимо этого, применение гироскопических вагонов может быть отлично использовано в сфере городского транспорта. С учётом применения новейших технологий строительства, сооружение этого железнодорожного полотна потребует существенно меньших материальных затрат по сравнению с существующей системой транспорта, использующих два рельса.

Существует ещё один путь развития энергосберегающих технологий, под названием магнитоплан, представляющий из себя поезд на магнитной подушке. Данный состав является наиболее знаменитым представителем однорельсовой железной дороги, поддержание которого осуществляется на специальном пути, а движение производится благодаря интенсивному бегущему магнитному полю, образованному линейными асинхронными генераторами, размещенными внутри рельса или в корпусе поезда. Взаимодействие поля и нижней площадки поезда обеспечивает движение состава, при этом скорость передвижения составляет 500 км/ч и более, что является, несомненно, его достоинством. Но высо-

кая стоимость строительства и больший перерасход электроэнергии представляет собой существенный его недостаток.

Ещё одним путём развития железнодорожного транспорта является строительство междугородних и международных линий метрополитена.

Достоинством этой технологии считается её экологичность, в сравнении с обычной железной дорогой, которая представляется источником многих видов загрязнений [2]. Примером такой дороги является железнодорожный туннель под проливом Ла-Манш. На такой дороге можно использовать высокоскоростные поезда, поскольку подача энергии на ней осуществляется третьим рельсом, а не контактной сетью, что уменьшает потерю электроэнергии.

Все вышеперечисленные пути развития железной дороги имеют как свои достоинства, так и недостатки. У однорельсового состава плюсом является простота и экономичность создания железнодорожного пути, но минусом – сложность поддержания поезда в равновесии; у магнитоплана к осуществленному недостатку относится очень большая стоимость строительства железнодорожных путей, но достоинством является то, что он способен двигаться с очень большой скоростью.

Помимо этого, магнитоплан экономичнее по сравнению с другими видами железнодорожного транспорта в обслуживании, из-за отсутствия контактов с рельсом. Расширенные линии метрополитена способны взять на себя нагрузку на транспортную систему городов и междугороднее сообщение, но проблемой подземной железной дороги является большая стоимость её строительства, из-за сложности прокладывания туннелей для этой дороги. Таким образом, самым лучшим путём развития железнодорожного транспорта на сегодняшний день в России является строительство магнитоплана, позволяющего из-за своей высокой скорости движения увеличивать уровень грузоперевозок, а благодаря отсутствию контакта с рельсом – уменьшить его расходы в эксплуатации, что позволит в будущем железным дорогам нашей страны быть ещё более безопасным, экологически чистым и дешёвым видом транспорта.

Библиографический список

1. Лисицын А.Л. Железнодорожный транспорт России в XXI веке // Железнодорожный транспорт. 2017, № 10. С. 41–48

2. Сотников Е.А. Железные дороги мира из XIX в XXI век. М. : Транспорт. 2018. 323 с.

Ю.Н. Булатов
Братский государственный университет,
г. Братск, Россия

А.В. Крюков, А.Е. Крюков
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕТЯГОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОРОУТЕРОВ

Цель представленных в статье исследований состояла в определении эффективности применения энергетических роутеров в системах электроснабжения железных дорог для повышения бесперебойности электроснабжения нетяговых потребителей, уменьшения несимметрии и несинусоидальности, а также снижения провалов напряжений в аварийных режимах.

Полученные результаты показали, что в типовых схемах систем электроснабжения линейных потребителей при коротких замыканиях в питающей сети возникают провалы напряжения, глубина которых достигает 100 %. Применение энергороутера и подключаемого на шины постоянного тока накопителя энергии позволяет поддерживать напряжение на зажимах потребителей вблизи номинального значения.

Ключевые слова: системы электроснабжения железных дорог, нетяговые потребители, энергороутеры, надежность электроснабжения.

Введение. В современных условиях к системам электроснабжения (СЭС) предъявляются повышенные требования по эффективности, качеству электроэнергии и надёжности энергообеспечения потребителей. Выполнить эти требования возможно на основе модернизации СЭС с использованием технологий интеллектуальных электросетей smart grid [1].

Перспективное направление, позволяющее реализовать перечисленные свойства, состоит в применении энергетических роутеров (ЭР) [2–10], центральной частью которых являются твердотельные трансформаторы [5]. Энергороутер можно отнести к классу кибер-физических систем, обеспечивающих управление энергопотоками, обмен информацией между активными устройствами и электроприемниками, интеграцию в СЭС накопителей энергии (НЭ) и установок РГ. Наиболее значимый эффект от внедрения ЭР, оснащенных НЭ, состоит в существенном повышении надёжности электроснабжения в аварийных и послеаварий-

ных режимах СЭС. Кроме того, необходимо отметить возможности ЭР по улучшению качества электроэнергии, что особенно актуально для СЭС железнодорожного транспорта.

На трассах железных дорог располагаются транспортные объекты, которые по степени бесперебойности электроснабжения относятся к особой группе и предъявляют повышенные требования к бесперебойности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии. К таким потребителям относятся объекты телекоммуникации, а также сигнализации, централизации и автоблокировки (СЦБ). От надежного функционирования таких объектов зависит безопасность движения поездов.

Ниже представлены результаты моделирования режимов СЭС, предназначенной для электроснабжения перечисленных объектов и присоединенной к сети энергоснабжающей организации (ЭСО) через ЭР.

Центральным звеном энергороутера, который подключается к сетям среднего напряжения 6–10 кВ и может использоваться в СЭС объектов телекоммуникаций или СЦБ, является твердотельный трансформатор (SST). Данное устройство обычно изготавливается в моноблочном исполнении и включает в свой состав следующие сегменты:

- высокочастотный силовой трансформатор;
- два активных моста, выполненных на элементах силовой электроники.

За счет наличия шин постоянного тока и преобразования напряжений на высокой частоте достигаются следующие положительные результаты:

- значительно уменьшаются размеры и вес силового трансформатора;
- появляется возможность подключения электроприемников постоянного и переменного тока, а также накопителей в виде аккумуляторных батарей;
- формируется интерфейс для присоединения установок РГ, реализованных на базе синхронных и асинхронных машин, генераторов постоянного тока, фотоэлектрических панелей, топливных ячеек.

Результаты моделирования. Для оценки эффективности использования энергороутеров при организации высоконадежного электроснабжения линейных потребителей особой группы, к которым относятся объекты телекоммуникаций, а также СЦБ, было выполнено моделирование нормальных и аварийных режимов. Изучаемая система электроснабжения (рис. 1) включала тяговую подстанцию (ТП), фрагменты контактной сети, линию электропередачи 10 кВ, смонтированную на отдельных опорах, к которой через трансформатор 10/0,4 кВ был подключен линейный потребитель, относящийся по надежности электроснаб-

жения к особой группе первой категории. Моделирование выполнялось с помощью пакетов Simulink и SimPowerSystems системы MATLAB.

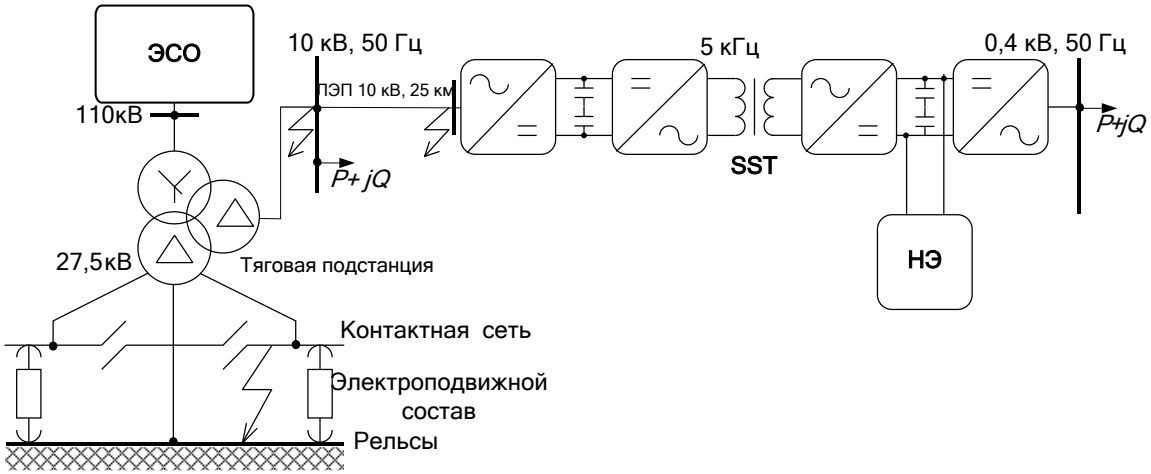

Рис. 1. Схема электроснабжения линейного потребителя через энергороутер

При моделировании энергороутера использовался высокочастотный трансформатор 10/0,4 кВ мощностью 3000 кВ·А. Нагрузка потребителей на шинах 0,4 кВ составляла 1 + *j*0,5 МВ·А. При моделировании сравнивались показатели качества электроэнергии в СЭС при использовании энергороутера и типового силового трансформатора одинаковой мощности.

В результате моделирования было выявлено, что при включении энергороутера без фильтра высших гармоник со стороны высокого напряжения наблюдается значительные гармонические искажения в сети 10 кВ по сравнению с ситуацией, в которой рассматривался типовой трансформатор: коэффициенты гармоник напряжения увеличиваются примерно в 3…4 раза. Это объясняется тем, что энергороутер, оснащенный сложной силовой электроникой, генерирует в сеть дополнительные нечетные гармоники. Применение пассивного фильтра на стороне 10 кВ позволяет не пропускать эти гармоники в сеть. Результаты измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) на шинах 10 кВ ТП, приемном конце линии 10 кВ и на шинах 0,4 кВ потребителя представлены в Таблице.

Таблица

Показатели качества электроэнергии

Способ подключения потребителей СЦБ	Место измерения ПКЭ	Коэффициенты гармоник напряжения, %			Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %
		k_{Ua}	k_{Ub}	k_{Uc}	k_{2U}
Через обычный силовой трансформатор	Шины 10 кВ ТП	6,9	7,2	5,2	5,2
	После ЛЭП 25 км 10 кВ	5,9	6,1	4,3	5,2
	На шинах 0,4 кВ	5,4	5,5	4,01	5,2
Через ЭР с фильтром гармоник	Шины 10 кВ ТП	6,6	6,6	4,5	5,3
	После ЛЭП 25 км 10 кВ	3,3	6,8	5,4	5,5
	На шинах 0,4 кВ	0,2	0,2	0,2	0,03

Результаты компьютерного моделирования позволили сделать следующие выводы:

- для исключения понижения качества электроэнергии в питающей сети по критерию синусоидальности кривых напряжения и тока при использовании энергороутера необходимо применять фильтры гармоник;
- использование энергороутера позволяет решить проблему низкого качества электроэнергии в сети потребителей 0,4 кВ, полностью устраняя несимметрию напряжений и гармонические искажения.

С помощью энергороутера можно подключать в сеть постоянного тока накопители электроэнергии без дополнительного оборудования. В экспериментах применялась модель НЭ, работающего на базе литий-ионных аккумуляторов, с системой управления, отслеживающей напряжение у потребителей с целью подключения НЭ при его снижении и отключения в случае превышения установленного значения.

Ниже представлены результаты моделирования аварийных режимов, вызванных трехфазными короткими замыканиями (КЗ) на шинах 10 кВ ТП, приемном конце линии 10 кВ и замыканием контактного провода на рельс в сети 25 кВ. Исследовались провалы напряжения у потребителей 0,4 кВ для следующих ситуаций:

1) типовая СЭС без накопителя энергии;
2) типовая СЭС с НЭ;
3) СЭС с энергороутером без НЭ;
4) СЭС с энергороутером и НЭ.

Для ситуации 2 накопитель энергии подключался через инвертор на шины 0,4 кВ. Результаты моделирования представлены на рис. 2 в виде

временных зависимостей напряжений на шинах 0,4 кВ нетягового потребителя: объекта телекоммуникаций или СЦБ.

Результаты моделирования аварийных режимов позволили сформулировать следующие выводы:

- в типовой СЭС, предназначенной для питания объектов телекоммуникаций или СЦБ, в рассмотренных аварийных режимах наблюдаются значительные провалы напряжений (рис. 2), глубина которых достигает 100 % от номинала;
- использование накопителей электроэнергии, подключаемых через инвертор на стороне 0,4 кВ типовой СЭС, позволяет уменьшить провал напряжения в среднем до 60 % (рис. 2); однако при этом наблюдается большая подпитка места повреждения током от НЭ.
- энергороутер позволяет уменьшить провал напряжения до 20 % от номинального значения из-за наличия выпрямителей, инверторов и LC-фильтров. Применение энергороутера и подключаемого на шины постоянного тока управляемого НЭ позволяет поддерживать напряжение вблизи номинального значения у потребителей во всех рассмотренных аварийных режимах; при этом существенно ограничивается подпитка места повреждения током от НЭ.

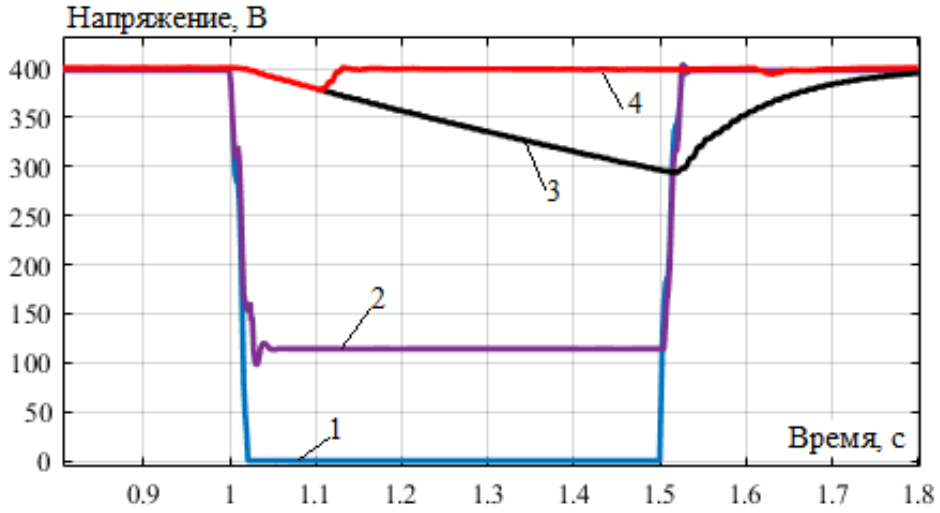

Рис. 2. Временные зависимости действующих значений напряжений на шинах 0,4 кВ при трехфазном КЗ на приемном конце линии 10 кВ длиной 25 км: 1 – типовой трансформатор без НЭ; 2 – типовой трансформатор с НЭ; 3 – энергороутер без НЭ; 4 – энергороутер с НЭ

Заключение. Энергороутер, построенный на основе SST с двойным активным мостом, может использоваться для формирования надежных систем электроснабжения ответственных нетяговых потребителей, к которым относятся объекты телекоммуникаций и СЦБ. Такой подход позволяет получить высокие ПКЭ на шинах 0,4 кВ подстанции потребителя по отклонениям напряжений, несимметрии (k_{2U} = 0,03 %) и гармоническим искажениям (k_U = 0,2 %). В аварийных режимах, вызванных короткими замыканиями на питающей ЛЭП или в контактной сети, система электроснабжения, оснащенная энергетическим роутером с накопителем энергии, позволяет обеспечить ликвидацию провалов напряжений на шинах 0,4 кВ.

Библиографический список

1. Buchholz B.M., Styczynski Z. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks. Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2014. 396 p.

2. Juneja A., Bhattacharya S. Energy router : Architectures and functionalities toward Energy Internet // 2011 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm). 2011. pp. 31–36

3. Shilpakala G. Bansode, Prassad M. Joshi. Solid state transformers: new approach and new opportunity // Proceedings of 11th IRF International Conference, 15th June-2014, Pune. India. pp. 15–21

4. Tiefu Zhao, Liyu Yang, Jun Wang, Huang, A.Q. 270 kVA Solid State Transformer Based on 10 kV SiC Power Devices // Electric Ship Technologies Symposium, 2007. ESTS '07. IEEE , pp.145–149

5. Xiaolin Mao, Sixifo Falcones, and Raja Ayyanar. Energy-Based Control Design for a Solid State Transformer // Proc. FREEDM Annual Conference 2009, North Carolina State University, Raleigh, NC, 2009, pp. 217–220

6. Rathod D.K. Solid State Transformer (SST) “Review of Recent Developments” // Advance in Electronic and Electric Engineering. 2014. Vol. 4. N. 1. pp. 45–50

7. Alzola R.P., Gohil G.V., Mathe L., Liserre M., Blaabjerg F. Review of modular power converters solutions for smart transformer in distribution system. In Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress and Exposition: ECCE 2013, pp. 380–387. IEEE Press. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, DOI: 10.1109/ECCE.2013.6646726

8. Соснина Е.Н., Шумский Н.В., Шрамко П.А. Обучение распределённой системы управления энергороутера на базе нейронной сети // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике. Чебоксары, 2020. С. 328–330

9. Малышева Н.Н., Третьяков Е.А. Моделирование группового управления напряжением с источниками активной и реактивной мощности в электрических сетях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2019, № 31. С. 22–34

10. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Арсентьев Г.О. Распределенная генерация и энергетические роутеры в системах электроснабжения железных дорог. М.; Берлин : Директ-Медиа, 2020. 171 с.

Е.М. Бушуев, А.А. Проничкин, Р.А. Ефремов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СЧЁТА ОСЕЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВЫ РЕЛЬСОВЫМ ЦЕПЯМ

Рельсовые цепи являются важным фактором безопасности движения поездов. Развитие рельсовых цепей, как и других устройств, проектируются математически. Большинство стран обратили внимание на системы счета осей. В статье проводится разбор систем счета осей для применения в качестве основных устройств контроля занятости железнодорожного участка и их сравнение с рельсовыми цепями.

Ключевые слова: рельсовые цепи, системы счёта осей, системы интервального регулирования движения поездов.

Работа рельсовых цепей является важным фактором безопасности и бесперебойности движения поездов. С повышением грузоперевозок важно сохранять бесперебойность в движении поездов. Соответственно, понижение количества отказов системы интервального регулирования движения поездов приведет к повышению фактической пропускной способности.

В отличие от рельсовых цепей, устанавливающих свободность или занятость участка пути через пробегающий сигнальный ток, система счета осей работает последовательно относительно пунктов начала и конца. Если в начальный период участок был свободным, а затем число въехавших и выехавших колесных пар совпало, участок регистрируется как освободившийся от подвижного состава. Если данное условие не выполняется, участок будет считаться занятым.

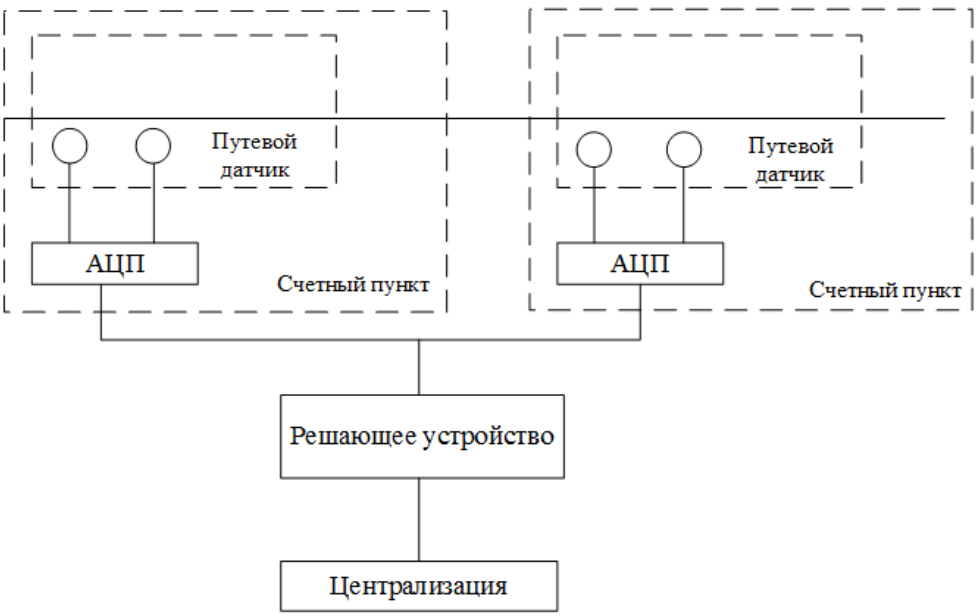

Рисунок. Структурная схема системы счета осей

На Рисунке представлена общая структура современных систем счета осей. В состав таких систем обязательно входят:

– путевой датчик, регистрирующий проезд колеса. Наиболее часто датчики устанавливаются парные на один счетный пункт для определения направления движения. Датчик является индуктивным, т.е. определяет колёсную пару по повышению магнитного потока благодаря металлу колесной пары;

– аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразует аналоговый сигнал путевого датчика в цифровой сигнал. АЦП обычно располагают вблизи путевого датчика, что позволяет уменьшить помехи при передаче аналогового сигнала. Аналого-цифровой преобразователь состоит из нескольких узлов:

- узла усиления сигнала;
- узла фильтрации;
- узла преобразования.

Преобразователь последовательно дискредитирует аналоговый сигнал, и, сравнивая амплитуду пика, присваивает цифровой код, привязанный к определенной амплитуде, в результате сигнал принимает цифровой вид прямоугольных импульсов одной амплитуды. В завершение этого сигнал передается в полосовой фильтр, который отсеивает излишние частоты, оставляя только сигнал;

– решающее устройство, фактически является счетчиком и подсчитывает результаты. По результатам счета выдается решение о свободности или занятости участка железной дороги. В современных системах для этого используются квазибезопасные микропроцессоры. В некоторых системах элементы, выполняющие задачи решающего устройства, полностью или частично размещают в путевом ящике у путевого датчика [1]. Так же возможно дублирование некоторых элементов для уменьшения числа ошибок и повышения безотказности устройства. Так же добавление дополнительных элементов для повышения надёжности системы, например применение волоконно-оптических линий связи, для исключения внешних помех в линии связи. Количество элементов систем счета осей меняется от системы к системе.

Микропроцессорные устройства, а также средства передачи информации должны работать без появления опасных отказов. Эта задача решается аппаратной и программной избыточностью. Аппаратная избыточность не только уменьшает число отказов, вызванных ошибками, но и позволяет применять резервирование элементов системы. При любых сомнениях секция должна считаться занятой, поскольку это является принципом защитного отказа. Требования безопасности подвижного состава включают в себя следующие условия:

– даже если только один из двух элементов путевого датчика регистрирует проезд колесной пары (и потому невозможно определить направление ее движения), участок должен считаться занятым;

– секция должна считаться свободной только в том случае, если число выехавших из нее колесных пар сойдется с числом вошедших ранее в одном направлении;

– никакой отказ не должен вызывать ложную свободность участка;

– система должна работать также при воздействии вибраций, вызванных колесными парами;

Аппаратура не требует регулировок, зависящих от сезона, имеет малые габариты и не сложна в установке. Установка путевых датчиков производится к подошве рельс. Аппаратура счётного пункта располагается в стандартном путевом ящике. Так, основное оборудование достаточно просто в установке и обслуживании. Исполнение корпуса путевых датчиков и путевые ящики обладают экранированием, что позволяет защитить напольные устройства от электромагнитных помех.

Но устройства счета осей не контролируют целостность рельсовых нитей, а при отсутствии рельсовых цепей, как правило, невозможно осуществить кодирование путей кодами АЛСН. По этой причине применение счетчиков осей на главных путях станций, путях, по которым

осуществляется движение пассажирских поездов, путях безостановочного пропуска, а также на перегонах, которые оборудованы автоблокировкой, нецелесообразно [2].

При необходимости рядом с рельсами на участках пути могут укладываться шлейфы, имеющие длину не более 250–300 м. Данные шлейфы производят кодирование участков пути.

Отказ рельсовой цепи приводит к блокированию участка или участков, что увеличивает простой подвижных составов. Исключение из эксплуатации рельсовых цепей, являющихся причиной 30–40 % всех отказов устройств СЦБ, приведет к снижению задержек и простоев подвижного состава, повышению оборота вагонов и локомотивов. При этом исключаются эксплуатационные расходы по подрезке балласта, по замене и содержанию элементов изоляции рельсовых линий, уменьшение числа напольных объектов [2].

Процент отказов зависит от типа рельсовых цепей. Цепи с использованием изолирующего стыка имеют высокий уровень отказов, возникающих с его использованием. При этом рельсовые нити пути служат системой возврата обратного тягового тока на тяговую подстанцию. Большая часть рельсовых цепей требует использования изолирующих стыков для разделения участков пути, для прохождения обратного тягового тока в обход изолирующих стыков используется дроссель-трансформатор.

Надежность элементов современных систем счета осей достаточно высока, ошибки случаются достаточно редко: не более одной на 200 колесных пар. Тем не менее должны учитываться возможные ошибки в подсчетах [4].

В соответствии с требованиями обеспечения безопасности во всех сомнительных случаях участок должен считаться занятым. Тем не менее две одновременно возникшие неисправности могут привести систему в опасное состояние. Например, система счета осей при выезде состава с участка ложно регистрирует две дополнительные колесные пары, в то время как один двухосный вагон отцепился от состава и остался на участке. Вероятность такого двойного отказа очень мала. Большинство вагонов является четырехосными, что потребует увеличение числа одновременных ошибок.

Несмотря на возникшие ошибки, система должна продолжать работу. Иногда это требует вмешательства человека, который должен ввести ответственную команду, что снижает безопасность системы [3]. На данный момент система передачи ответственных команд используется в системах диспетчерской централизации, и имеет высокие условия защиты.

Контроль сброса счёта осей является единственной ответственной командой для системы счета осей.

Рельсовые цепи наиболее распространены на российских железных дорогах. Рельсовые цепи позволяют контролировать целостность рельсовых нитей, снабжать кодированием автоматической локомотивной сигнализацией, при контроле свободности участка дороги. При этом рельсовые цепи чувствительны к электромагнитным помехам. Асимметрия обратного тягового тока, невозможность работать при определенных системах электроснабжения и т.д. – данные факторы увеличивают число напольных объектов для обеспечения безопасности движения.

Системы счета осей возможны к применению на перегонах и станциях. При этом эффективной длины такого участка не существует, что позволяет использовать данную систему в различных условиях. В отличие от рельсовых цепей нет требований к системе электроснабжения и состоянию пути. Асимметрия тягового тока не создает помех для контроля колёсных пар.

При этом система обладает недостатком в шансе опасного отказа (при случае двойного отказа на одном участке), хоть и шанс существует, то является очень малым, им фактически можно пренебречь. Второй недостаток – это отсутствие контроля целостности рельс. Рельсовые цепи во время свободности проверяют целостность рельсовой плети, что обеспечивают безопасность линии.

В современных европейских и американских системах интервального регулирования движения поездов системы контроля счёта осей получили огромное распространение. Большую часть отказов систем интервального регулирования движения поездов берут на себя рельсовые цепи, порядка 35 %.

Можно предположить следующий вывод: системы счёта осей могут применяться в качестве основных элементов контроля свободности участков железных дорог при регулировании движения поездов, при условии дополнительных систем контроля целостности рельс или формирования более эффективным методов диагностики рельсовых нитей с помощью вагона-дефектоскопа, как в европейских странах. Системы счета осей менее требовательны к состоянию балласта, асимметрии тягового тока и других условий, но существует возможность более серьезных повреждений при сходе колесной пары, в отличие от рельсовых цепей. На данный момент замена рельсовых цепей на системы счета осей маловозможна.

Библиографический список

1. Grundnig G. The future challenges of wheel detection and axle counting : Part 2 // Signal and Draht. 2011. No. 12. Pp. 44–51
2. Могильников Ю.В. Оценка эффективности рельсовых цепей и средств дефектоскопии при выявлении изломов и дефектов рельсов. Екатеринбург, «ТРАНСПОРТ УРАЛА». 2019. С. 64–67
3. Антонов А.А., Мащенко П.Е., Шаповалова А.С. Влияние тягового тока на бесстыковые рельсовые цепи // Мир транспорта. М., 2010, № 1
4. Bahnsicherungstechnik Wolfgang F.; Naumann P; Trinckauf J.; Hoboken : John Wiley & Sons, 2011. 472 с.

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

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Освоение новых территорий неизбежно сопровождается строительством новых магистральных железных дорог. Суровые условия эксплуатации, множество отрицательных факторов окружающей среды накладывают ограничения на системы автоматики и телемеханики системы тягового электроснабжения электрических железных дорог.

Ключевые слова: беспроводная технология, GSM, условия окружающей среды, сопротивление кабеля связи, частотный диапазон, сигнал управления, автоматика и телемеханика, грузооборот, Восточный полигон.

Поступательное развитие Российской Федерации невозможно без хозяйственного освоения территорий, которые относятся к так называемым сложноосвояемым. К таким относятся Дальний Восток, Якутия (Саха), Амурская область, Забайкалье. По их территориям проходят Забайкальская, Дальневосточная и Амурская железные дороги,

Проблема состоит в том, что нижняя граница сезонноотаивающей мерзлоты постепенно сдвигается на юг. [1]. При этом трассы, в которых уложены кабельные сети, становятся переувлажнёнными, в зависимости

от сезона года и количества осадков. Попадающая в кабельные каналы влага, конечно, скатывается вниз, ниже уровня дна канала, но песок, насыпанный на дно, становится влажным, что особенно плохо в преддверии холодного сезона с отрицательными среднесуточными температурами.

Замерзая, песочная масса теряет подвижность, и замерзший песок становится причиной нарушения целостности кабельной оболочки и. как следствие – переувлажнения внутренностей кабельной линии и её повреждение. [2].

Данное повреждение нашло свое отражение в ряде нормативных документов ОАО РЖД. [3]. Кроме того, учитывая электрическую схему замещения кабельной линии, в том числе и как симметричной системы, зависит от температурных показателей и колебания сезонных значений температуры в пределах от $+45^0$ до -45^0, свойственных данным районам, то волновое сопротивление кабельной линии колеблется в пределах ±3–4 % от номинальной величины волнового сопротивления во всем диапазоне частот сигнала, что может привести, в итоге, к нарушению условия согласования линии и генератора сигнала.

Нарушение условия согласования нагрузки приводит к неустойчивому режиму работы генераторного оборудования и нестабильному прохождению сигнала по линии. Так что кабельные линии в условиях нестабильного количества осадков и широкого температурного разброса становятся не совсем отвечающими потребностям электрических систем, передающих сигналы автоматики и телемеханики энергоснабжающих систем.

Таким образом, с целью обеспечения надежности передачи сигналов систем телеуправления – телесигнализации (ТУ – ТС) необходимо обеспечить разумную альтернативу кабельным сетям передачи сигналов управления. Таких вариантов не так уж и много: система радиочастотного управления, подобная системе АТСР, оптическая линия передачи сигналов – оптоволоконная система, подобная применяемой системе АМТ, или система GSM-телемеханики.

Рассмотрим все варианты по отдельности: и первая – система, подобная АТСР, работает в диапазоне радиочастот средневолнового диапазона [3]. Но это является негативным фактором, дестабилизирующим всю систему, так как электроподвижной состав переменного тока является по определению источником мощных электромагнитных помех во всем диапазоне частот. И потому подобные системы применяются только для управления энергохозяйством районных электрических систем, в условиях равнинных местностей, таких, как Барабинские степи на поли-

гоне Западно-Сибирской железной дороги постоянного тока, с минимумов помех.

Поэтому в условиях Забайкальской железной дороги применение систем, подобных АТСР, невозможно принципиально! Сложный гористый рельеф, большие весовые массы подвижного состава и существенный климатический разброс средне-сезонных температур. Нестабильная работа среднечастотных диапазонов радиоаппаратуры вполне объяснима – сложные условия прохождения радиоволн.

Вторая система – оптоволоконная для микропроцессорной аппаратуры телемеханики АМТ или микроэлектронная система телемеханики типа МСТ-95 [4, 5] Всем хороша и не зависит от высоковольтного оборудования, т.е. контактной сети или оборудования тяговых подстанций. Таким образом, не подвержена высоковольтному электромагнитному влиянию! И самое главное – диапазон частот оптического излучения слишком далеко отстоит от 50 Гц промышленной частоты! И поэтому электромагнитные помехи от ЭПС не оказывают влияния на оптику! И все хорошо, но одно препятствие. Но самое существенное – высокая стоимость оконечного оборудования. И это сдерживает широкое распространение оптической техники в системах автоматики и телемеханики! Слишком высокая себестоимость системы.

Третий тип системы – GSM телемеханика. Главным, принципиальным отличием системы является отсутствие физического канала передачи данных. Ибо он размещен в системе провайдера, предоставляющего услуги сотовой связи широкой сети передачи сигнала! Самое главное – кодирование и шифрование сотового сигнала обеспечивается по определению, провайдером услуг сотовой связи, так что необходимый уровень защиты информации обеспечивается.

Более того, учитывая, что теперь ОАО «РЖД» имеет свои, сертифицированные каналы передачи сотовых сигналов, задача использования этой системы существенно облегчается! И используя тот факт, что опробывание этой системы, поставленной и смонтированной на Красноярской дороге китайской фирмой «Хуавэй», а также положительный опыт эксплуатации участка высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Сочи», показывает, что добавление в системы автоматики и телемеханики сигнализации и связи систем телемеханики энергоснабжающих устройств повысит суммарную эффективность перевозочного процесса, объединит системы управления и обеспечит потребности в услугах сотовой связи для районов, непосредственно прилегающих к железной дороге.

Самое интересное, дальнейшее развитие стальных магистралей на северном направлении как раз соответствует предмету рассмотрения!

Наличие сверхнизких температур, большое вибрационное воздействие на путевое полотно и все, что с ним связано, большие перегоны, где отсутствует хоть какая – то инфраструктура, однозначно решает вопрос в пользу GSM-телемеханики!

Отсутствие деталей, которые по определению могут перемещаться, малые потребности в оборудовании, попутное решение задач по обеспечению перевозочного процесса, таких, как коммуникации пассажиров, работа АРМ – систем информационного сопровождения пассажиров! И все это – благодаря одной системе!

Сейчас эта задача принципиально недостижима в виду функционального и административного разобщения всех служб и подразделений ОАО «РЖД», хотя и выполняющих одну и ту же функцию – обеспечение перевозочного процесса, как грузового, так и пассажирского.

Поэтому, перевозочный процесс можно интенсифицировать и повысить экономическую эффективность работы системы тягового энергоснабжения, если увеличить интеграционные процессы между службами, выполняющими похожие функции – служб «Щ» и ЗабНТЭ.

В конечном итоге, они делают работу, которая направлена на одну и ту же целевую задачу: обеспечение быстрой доставки пассажиров с максимально возможным комфортом к месту путешествия! Потому что от этого, в конечном итоге, зависят конкурентные преимущества этого вида транспорта, а значит и экономическая прибыль ОАО «РЖД»?

Так что, применение подобных систем сотовой связи в устройствах автоматики и телемеханики позволит повысить надежность систем автоматики и телемеханики систем тягового электроснабжения. Кстати, повысить надежность работы позволяет наличие трехсимочных устройств сотовой связи и если взять симки от трех поставщиков услуг сотовой связи, наиболее популярных, например: МТС, Мегафон и Билайн, надежность связи будет однозначно выше.

Переключение между симками происходит автоматически, если уровень рабочего сигнала понижается ниже критического значения сигнала. Кроме того, карта покрытия систем сотовой связи Забайкальского края как раз показывает, что зоны уверенного приема сигнала сотовой связи сосредоточены рядом или вокруг объектов именно железнодорожной инфраструктуры…

Подводя итог, хочется сказать, что за системами беспроводной связи будущее, именно они позволят не только отвязать источник и приемник сигнала, но и значительно повысят надежность работы систем автоматики и телемеханики в целом! Поможет существенно повысить уровень конкурентоспособности железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг и комфорта пассажиров.

Библиографический список

1. Оценочный отчет : Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород : прогноз на основе синтеза наблюдений и моделированиия. Колл. авт. под ред. О.А. Анисимова. М. : МННО «Совет Гринпис», 2010. С. 44
2. Анализ состояния безопасности движения поездов, надежности работы систем и устройств ЖАТ в хозяйстве автоматики и телемеханики в 2012 году. М. : ОАО «РЖД», 2013. С. 158
3. Московский энергомеханический завод – структурное подразделение ДКРЭ – филиал ОАО «РЖД». «Аппаратура телемеханики для сетевых районов АТСР». Техническое описание и паспорт А356.00.00.000.2. М.МЭЗ ДКРЭ ОАО «РЖД», 2003. С. 8
4. Московский энергомеханический завод – структурное подразделение ДКРЭ – филиал ОАО «РЖД». «Аппаратура микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95». Техническое описание и паспорт А340.00.00.000. М.МЭЗ ДКРЭ ОАО «РЖД», 2001. С. 14
5. Московский энергомеханический завод – структурное подразделение ДКРЭ – филиал ОАО «РЖД». «Аппаратура микропроцессорной телемеханики АМТ». Техническое описание и паспорт А366.00.00.000. М.МЭЗ ДКРЭ ОАО «РЖД», 2017. С. 11

Е.Л. Епифанов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению – СП «Трансэнерго» – филиал ОАО РЖД,
г. Чита, Россия

О.А. Соловьева, С.А. Филиппов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПОДХОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

В работе исследуются основные направления и методологии совершенствования дистанционной защиты, так как проблема ложных срабатываний 3 ступени дистанционной защиты по-прежнему актуальна, ввиду постоянно увеличивающейся нагрузки на системы электроснабжения и усложняющихся в связи с этим условий соблюдения селективности, качества и надежности работы защиты.

Ключевые слова: релейная защита, селективность, дистанционная защита, нейронные сети, система тягового электроснабжения, нечеткая логика.

Современные системы электроснабжения – очень сложные структуры, которые обеспечивают одновременно производство, трансформацию, распределение и электроснабжение конечных потребителей электрической энергией, при этом все части системы должны работать вместе системно.

Реле защиты обеспечивают такие функции как надежность, селективность, скорость, экономичность и т. д., которые рассматриваются как основные параметры хорошо защищенной системы.

Основной задачей системы защиты является наиболее быстрое отключение поврежденных элементов системы. Однако эта задача является очень сложной и неопределенной для взаимосвязанных сетей, которые питаются от нескольких источников. Прогнозирование всех сценариев не представляется возможным.

С начала 20 века дистанционная защита прошла значительный путь развития от электромеханических реле до полупроводниковых реле защиты и микропроцессорных комплексов. В настоящее время основной элементной базой дистанционной защиты является микропроцессорная элементная база, которая позволяет обеспечить более широкий функционал помимо основных задач защиты.

Традиционно расчет уставок дистанционной защиты строится на том, что защита должна реагировать в зоне действия защищаемого элемента и не должна реагировать за его пределами, что делает ее уязвимой для ошибок при измерении комплексного сопротивления с сопоставимыми значениями в нормальном и аварийном режимах [1].

Основные причины возникновения ошибок при измерении комплексного сопротивления: насыщение трансформаторов тока, погрешность при измерении переходного сопротивления, погрешности при расчете сопротивления линии, изменение сопротивления линии из-за атмосферных условий, максимальный режим нагрузки близкий по значению или сопоставимый с минимальным током короткого замыкания, перетоки мощности, компенсация реактивной мощности, влияние вида повреждения.

Далее в работе рассмотрим принципы работы защиты, которые позволят усовершенствовать алгоритм работы 3 ступени дистанционной защиты.

Микропроцессорная элементная база позволяет контролировать и рассчитывать большее количество параметров, чем было доступно в элементных базах ранних поколений. Помимо доступности большего количества отслеживаемых параметров также стало возможным организовать более сложные математические расчеты и вычисления с существующими параметрами, на основании которых доступны совершенно новые алгоритмы работы дистанционной защиты. Основные методологические направления представлены на рис. 1.

Рис. 1. Современные методологические подходы построению интеллектуальной дистанционной защиты

A. Нечеткая логика

В нечеткой логике, в отличие от классической, вместо величин истина и ложь используется величина степень истинности, принимающая любые значения из бесконечного множества от 0 до 1 включительно. Как следствие, логические операции уже нельзя представить в табличной форме, и они задаются функциями.

Ключевые преимущества нечеткой логики базируется на следующем:

- формализуется и объединяется опыт операторов и разработчиков в настройке петель регулирования;
- предлагается простой метод управления для сложных процессов;
- постоянно учитывается опыт по управлению процессами данного типа, принимая во внимание исключения разного рода и особенности системы;
- учитываются исходные данные разного рода, и производится объединение разных исходных данных.

При построении алгоритмов защиты на базе нечеткой логики обязательны три основных этапа, как это показано на рис. 2:

1. фазификация (*fuzzification*) – переход от точных исходных данных решаемой задачи к нечетким, на основе входных функций принадлежности;

2. решение задачи с использованием нечетких рассуждений (нечеткой логики);

3. дефазификация (*defuzzification*) – переход от нечетких инструкций к четким на основе выходных функций принадлежности.

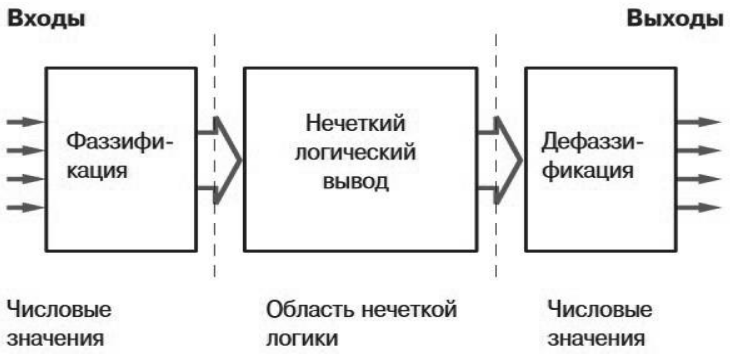

Рис. 2. Процесс обработки нечеткой логики

Нечеткая логика не заменяет традиционные методики управления, а наоборот, используется совместно с традиционными методами и позволяет упростить создание и расширить возможности традиционных методик.

В. Искусственные нейронные сети

Искусственные нейронные сети (ИНС) – это математические модели, либо их программные и аппаратные реализации, построенные по принципу организации функционирования наподобие биологических нейронных сетей. Подобная организация представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой искусственных нейронов, которые обычно соответствуют довольно простым математическим функциям, организованным в несколько слоев.

Основным преимуществом искусственных нейронных сетей является:

- определение аварийных и ремонтных режимов работы системы;
- определение элемента или участка сети;
- оценка воздействия отклонений на режим работы сети;
- анализ и расчет нового установившегося режима;
- определение возможности снижения нагрузки;
- определение новых параметров уставок срабатывания устройств релейной защиты [2],

• нейронная сеть может обучаться посредством выявления сложных зависимостей между входными и выходными данными.

В научной статье [3] предложена сеть радиально-базисных функций и ИНС для расчетов параметров расстояния до места короткого замыкания в реле дистанционной защиты. Архитектура защиты использует многослойные нейронный сети обратной связи, состоящие из входного слоя (*X*), скрытого слоя (*H*), и выходного слоя (*Y*), как показано на рис. 3.

Архитектура радиально-базисных функций ИНС состоит из трех слоев: входной слой *R1*, скрытый радиальный базовый слой нейронов *S1*, и выходной линейный слой нейронов *S2*. Архитектура сети представлена на рис. 3.

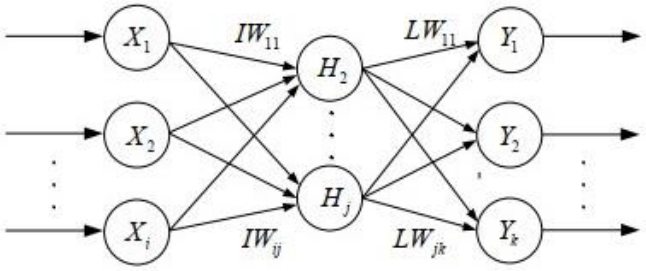

Рис. 3. Архитектура нейронной сети обратной связи

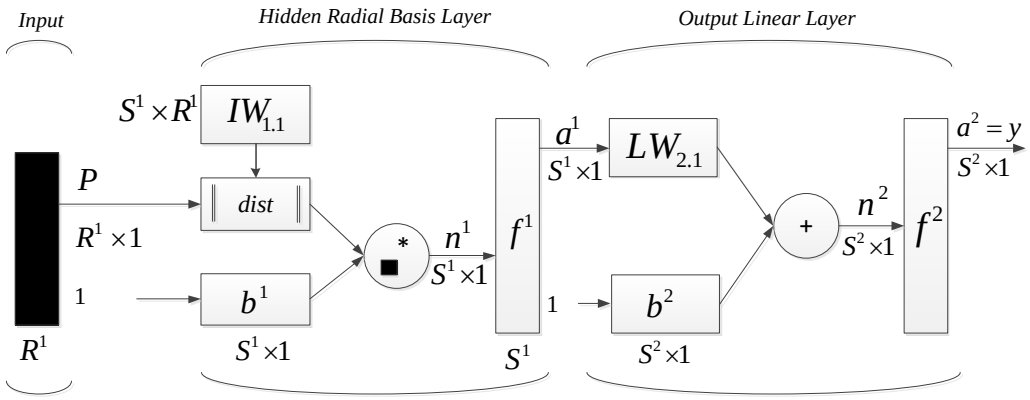

Рис. 4. Архитектура радиально-базисных функций ИНС

Данная архитектура использует входные значения напряжения и тока для того, чтобы выяснить скрытые отношения, существующие между входными величинами. Сигналы подаются на ИНС, что позволяет увеличить скорость обнаружения неисправностей, а также повысить точное определения места короткого замыкания.

С. Адаптивные алгоритмы

Адаптивные алгоритмы основаны на том, что посредством анализа текущего состояния объекта, в частности, параметров электрической системы, происходит автоматическая подстройка параметров защиты к изменяющимся внешним условиям системы, что позволяет более точно выполнять функции, возложенные на дистанционную защиту [4].

Так в работе [5] авторы предлагают следующую характеристику, представленную на рис. 5.

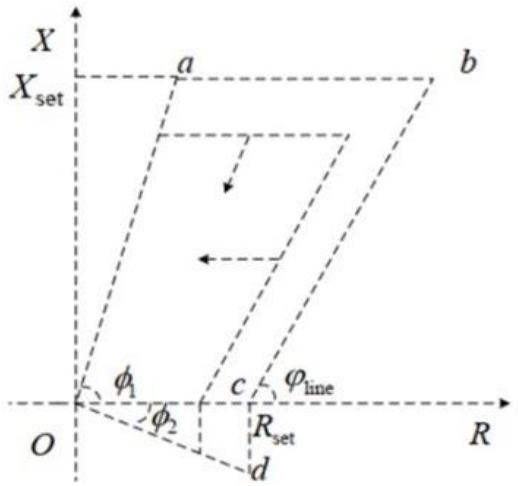

Рис. 5. Адаптивная характеристика срабатывания защиты

Характеристика имеет границы изменения с учетом отстройки от влияния высших гармонических составляющих.

В предлагаемом алгоритме отстройка параметров нормального режима от параметров аварийного режима происходит за счет корректировки тока уставки и второй гармоники, на основании решения следующей системы уравнений.

$$\begin{cases} I_1 - KI_\Sigma \geq I_{set} \\ \dfrac{I_2}{I_1} < K_{2,set} \end{cases}, \qquad (1)$$

где I_1, I_2 – первая и вторая гармоники пускового тока электровоза, KI_Σ – сумма гармоник пускового тока электровоза, I_{set} – ток уставки, K_{2set} – значение уставки по второй гармонике.

Предложенный авторами подход и приведенные в их работе результаты тестирования данного алгоритма позволяют сделать вывод, что данный алгоритм значительно повышает способность защиты к селективной работе

D. Учет других параметров при принятии решения

Учет других параметров при принятии решения – это возможность рассчитывать и учитывать в одном терминале параметры, которые раньше было очень сложно рассчитать и отследить. В данном направлении исследований представлено очень мало.

Дистанционная защита на сегодняшний день представляет интенсивно развивающиеся направление совершенствования автоматики энергетических систем.

Наиболее перспективными направлениям является искусственный интеллект, но внедрение искусственного интеллекта в рамках системы требует модернизации значительной ее части и больших экономических затрат.

Поэтому на сегодняшний момент наиболее перспективным направлением исследований являются адаптивные алгоритмы, позволяющие реализовать в себе частичные функции искусственного интеллекта в отдельном терминале и не требующие модернизации всей системы целиком.

Библиографический список

1. Филиппов С.А., Яковлев Д.А., Трифонов Р.С. Разработка способа идентификации режима работы системы тягового электроснабжения третьей ступенью дистанционной защиты фидеров контактной сети при пропуске поездов повышенной массы // Вестник РГУПСа. Ростов-на-Дону, 2015, № 2 (58). С. 132–140

2. Федоров В.А. Библия релейной защиты и автоматики. Новосибирск, 2004, 278 с.

3. Онсивилаи А., Сайчумди С. Дистанционная защита линий передачи на основе радиальной базисной функции нейронной сети. Всемирная академия науки, техники и технологий : международный журнал по электротехнике и вычислительной технике. 2009, вып. 12 (3), С. 2247–2250

4. Филиппов С.А., Соловьева О.А. Анализ работы определителей мест повреждения в контактной сети электрифицированных железных дорог // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск, 2018. С. 370–373

5. Го Дж-Кью, Юань М-Х., Лю Би-Й, Ли Л-Л. Исследование защиты фидера тяговой сети на основе адаптивного расчета параметров // Ком-

пьютер, потребитель и контроль : международный журнал. 2016, № 2, № 4 (5), С. 34–42

Д.К. Иванов, М.О. Погодаев
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО НЕСУЩЕГО ТРОСА МК-95 НА УЧАСТКЕ КРАСНОЯРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ МАРИИНСК – КРИТОВО

В статье представлены сведения об инновационном несущем тросе марки МК, его преимущества. Приведены данные об использовании несущих тросов на участке Красноярской железной дороги Мариинск – Критово. По участку Красноярской железной дороги Мариинск – Критово в программе КОРТЭС произведен расчет сопротивления тяговой сети и допустимого тока, полученные данные сведены в таблицу. Выполнен анализ внедрения инновационного несущего троса МК-95.

Ключевые слова: несущий трос, контактная сеть, железная дорога, электроэнергия.

Несущий трос – провод цепной контактной подвески, который прикрепляется к консолям контактной сети. Несущий трос – один из первостепенных компонентов тяговой сети как с точки зрения надежности, так и со стороны энергоэффективности. С помощью несущего троса можно задать контактному проводу беспровесное положение в пролете и установить его как можно с меньшей стрелой провеса. Компактированный, пластически деформированный трос марки МК был создан в России. Такой трос позволяет передавать большую электрическую мощность при меньших потерях электроэнергии, что крайне необходимо с ростом нагрузок. Несущие тросы марки МК способны выполнять сразу несколько функций: несущего троса, усиливающего провода и электрического соединителя.

Преимущества несущего троса МК:

– редуцирует амплитуду и интенсивность пляски;
– сокращает вероятность обрыва троса при внешних воздействиях;
– понижает степень усталости металла в данном тросе;
– увеличивает срок службы за счет самогашения колебаний;

– уменьшает скопление снега и возникновение гололёда за счет своей исключительной конструкции;

– имеет высокую механическую прочность;

– отличается несущественно изменяющейся длиной при колебаниях температуры;

– стойкий к коррозии;

– обладает внушительной электрической проводимостью;

– по сравнению с другими тросами контактной сети, имеет лучшие аэродинамические характеристики.

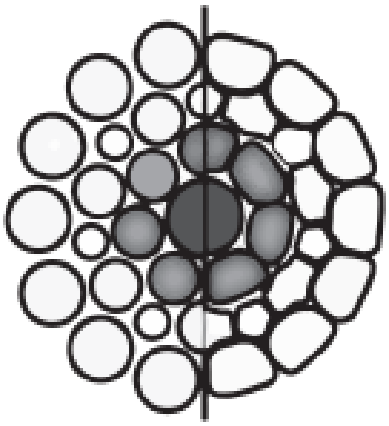

Рисунок. Разрез несущих тросов круглой и компактированной формы

Таблица 1

Характеристики исследуемых несущих тросов

Тип провода	Удельное электрическое сопротивление, Ом/км,	Радиус, см	Допустимый длительный ток, А	Разрывное усилие, кН, не менее
ПБСМ-95	0,605	0,63	335	54,6
МК-95	0,155	0,63	690	60,3

Таблица 2

Данные по участкам

Дистан-ция	МПЗ	Контактная подвеска до изменения			Контактная подвеска после изменения		
		Тип подвески	R, Ом/км	I, А	Тип подвески	R, Ом/км	I, А
ЭЧ – 1	1. Мариинск – Тяжин	ПБСМ-95+МФ-100+АС-185	0,119	1192	МК-95+МФ-100+АС-185	0,094	1349
	2. Тяжин – Каштан	ПБСМ-95+МФ-100+АС-185	0,119	1192	МК-95+МФ-100+АС-185	0,094	1349
	3. Каштан – Критово	ПБСМ-95+МФ-100+А-185	0,119	1387	МК-95+МФ-100+А-185	0,094	1571

После изучения характеристик троса МК, в программном комплексе КОРТЭС были проведены расчёты для заданного участка, результаты сведены в табл. 2. На Боготольской дистанции электроснабжения (ЭЧ-1) на межподстанционной зоне Мариинск–Тяжин используется контактная подвеска ПБСМ-95+МФ-100+АС-185, значение сопротивления на данном участке RТС = 0,119 Омкм, тока Iдоп = 1192 А. На межподстанционной зоне Тяжин–Каштан используется контактная подвеска ПБСМ-95+МФ-100+АС-185, значение сопротивления на данном участке RТС = 0,119 Омкм, тока Iдоп = 1192 А. На межподстанционной зоне Каштан–Критово используется контактная подвеска ПБСМ-95+МФ-100+АС-185, значение сопротивления на данном участке RТС = 0,119 Омкм, тока Iдоп = 1192 А.

Из табл. 2 видно, что использование контактной подвески с применением инновационного троса МК-95+МФ-100+АС-185 позволяет уменьшить активное сопротивление на 21 % и увеличить значение допустимого тока на 12 %.

Библиографический список

1. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. Качество электроэнергии в системах светодиодного освещения. В сборнике : Электроэнергия : от получения и распределения до эффективного использования. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Редакторы : Б.И. Кудрин, Б.В. Лукутин, А.С. Сайгаш, 2012. С. 87–90

2. Колмаков В.О., Колмакова Н.Р. Энергосберегающее оборудование и электромагнитная совместимость. В сборнике : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузов-

ской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 46–53

3. Плотников С.М., Колмаков В.О. Способ определения постоянной времени нагрева сухого трансформатора. Патент на изобретение RU 2683031 C1, 26.03.2019. Заявка № 2018116287 от 28.04.2018

4. Плотников С.М., Колмаков В.О. Упрощенное определение момента инерции асинхронного двигателя серии 4А. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 1. С. 87–91

5. Плотников С.М., Колмаков В.О. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. № 5. С. 13–17

6. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. Электромагнитная совместимость и энергосберегающее оборудование. Энергетик. 2012, № 11. С. 47–49

7. Плотников С.М., Колмаков В.О. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. № 5. С. 13–17

8. Колмаков О.В., Колмаков В.О. Метод динамической диагностики механических узлов. В сборнике : 120 лет железнодорожному образованию в Сибири : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. 2014. С. 198–203

9. Колмаков О.В. Определение коэффициента затухания частотозависимых звеньев. В сборнике : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 3–5

10. Плотников С.М., Колмаков О.В. Метод расчета ёмкости компенсирующего конденсатора асинхронных двигателей малой мощности. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2016, № 5. С. 59–63

11. Плотников С.М., Колмаков О.В. Экспериментальные исследования размагничивания генератора постоянного тока. Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020, № 18. С. 37–40

12. Орленко А.И., Петров М.Н., Колмаков В.О., Колмаков О.В. Анализ состояния силовых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской железной дороги : науч. издание // под ред. проф. М.Н. Петрова. Красноярск. 2020. 119 с.

А.В. Кузнецов
Служба «Автоматики и телемеханики» ЗабДИ СП ЦДИ –
филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

К.В. Менакер
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПУЛЬТ-ТАБЛО РЕЛЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Выносные пульт-табло систем электрической централизации релейного типа обладают низкой информативностью и эргономичными показателями, не в полной мере позволяют зафиксировать и запротоколировать несанкционированные действия дежурного по станции. Современные микропроцессорные технологии позволяют повысить культуру труда специалистов в области управления движением поездов и значительно расширить функции протоколирования их действий.

Ключевые слова: пульт-табло, промышленный контроллер, «сухие» контакты, интерфейс, визуализация, модуль дискретного ввода, электрическая централизация, дежурный по станции.

В настоящее время около 80 % железнодорожных станций на Забайкальской железной дороге оснащено системами электрической централизации (ЭЦ) релейного типа. На указанных станциях рабочее место дежурного по станции оснащено пульт-табло желобкового или блочного типа (рис. 1, 2).

Основным недостатком указанных пульт-табло, не считая низких показателей эргономики, является невозможность фиксации и протоколирования действий дежурного по станции (ДСП) за исключением нажатия им нескольких кнопок специального назначения: групповая кнопка «Пригласительный сигнал», «Вспомогательный перевод стрелок», «Искусственное размыкание», кнопка «Выкл. фидеров», которые выполнены со счетчиком числа нажатий. Однако имеющиеся счетчики числа нажатий не позволяют зафиксировать момент времени нажатия соответствующей кнопки, что бывает крайне важно при расследовании различных аварийных ситуаций.

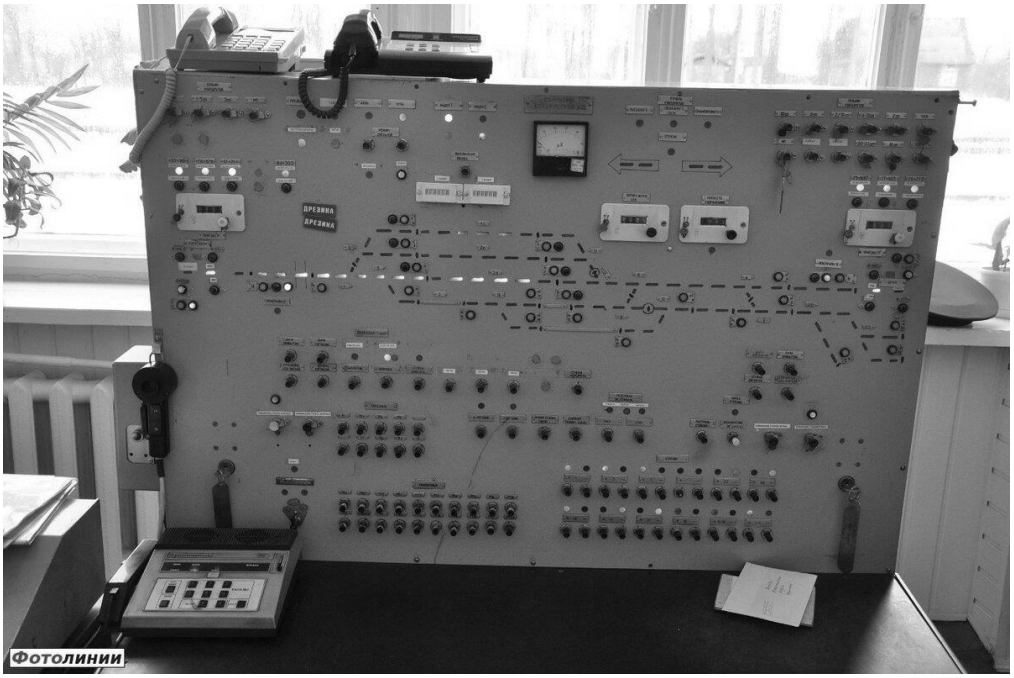

Рис. 1. Пульт-табло желобкового типа

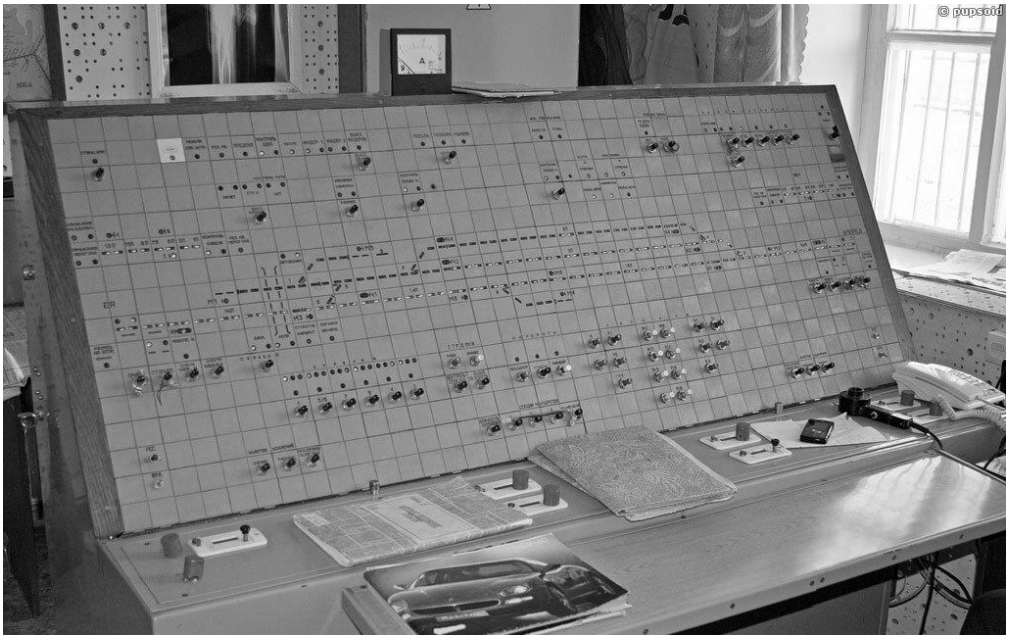

Рис. 2. Пульт-табло блочного типа

В настоящее время на основе современных промышленных контроллеров и цифровых средств визуализации появляется возможность унифицировать интерфейсы управления железнодорожными станциями, оснащенными релейными, релейно-процессорными и микропроцессор-

ными системами электрической централизации с реализацией возможности фиксации и протоколирования всех действий дежурного по станции в релейных системах ЭЦ.

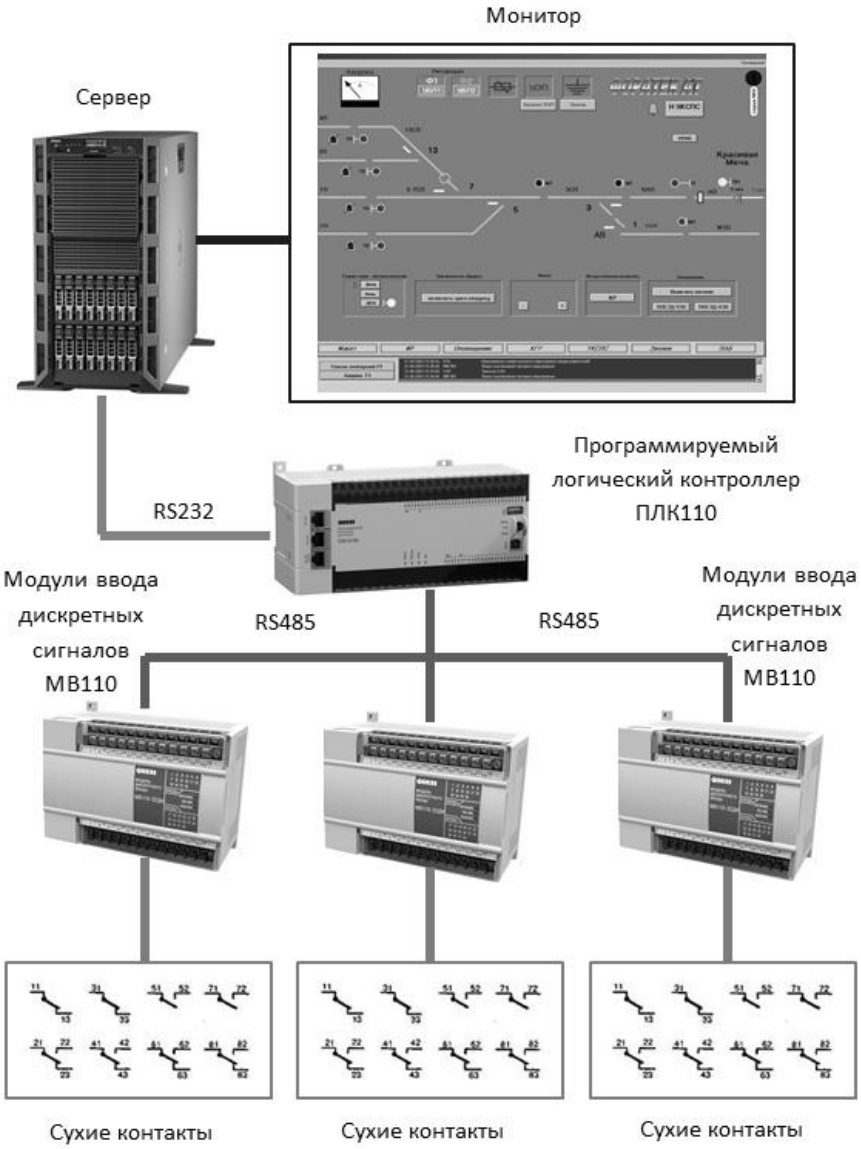

Рис. 3. Структурная схема подсистемы визуализации пульт-табло релейных электрических централизаций на основе современных микропроцессорных технологий

Система электрической централизации состоит из наборной и исполнительной группы. В релейных системах ЭЦ указанные группы реализуются на релейной элементной базе. Управление устройствами индикации выносного пульт-табло осуществляется через «сухие» контакты реле. С целью снятия информации с «сухих» контактов реле, ее преобра-

зования и отображения на современных технических средствах предлагается структурная схема, представленная на рис. 3, реализованная на отечественной приборной базе, разработанной и производимой фирмой ОВЕН.

Предложенная структурная схема подсистемы визуализации пульт-табло состоит из монитора, выполняющего роль выносного табло, сервера на безе персональной ЭВМ, программируемого логического контроллера ПЛК110, нескольких модулей аналогового ввода сигналов МВ110 (в зависимости от числа стрелок на станции).

В качестве средства отображения информации используется монитор, плазменная панель или ЖК-телевизор с диагональю от 24 и более дюймов в зависимости от конфигурации железнодорожной станции.

Для снятия информации с «сухих» контактов реле используются модули аналогового ввода МВ110 [1], имеющие 32 безопасных дискретных входа с «сухих» контактов реле. Данный прибор изготавливается в двух модификациях, МВ110-220.8АС, МВ110-24.8АС на номинальное напряжение питания соответственно 220 В переменного тока частотой от 47 до 63 Гц и 24 В постоянного тока. Прибор МВ110 предназначен для измерения аналоговых сигналов, преобразования измеренных параметров в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485.

Прибор работает в следующих режимах:

• измерение тока в диапазоне от 4 до 20 мА;
• измерение тока в диапазоне от 0 до 20 мА;
• измерение тока в диапазоне от 0 до 5 мА;
• измерение напряжения в диапазоне от 0 до 10 В.

Основу предложенной схемы составляет программируемый контроллер ПЛК110 [2]. ПЛК110 – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными входами/выходами, предназначенная для автоматизации средних систем. ПЛК110 также имеет две модификации по напряжению питания (220 В и 24 В) и отличается наличием: дискретных входов/выходов (от 30 до 60 в зависимости от модификации); последовательных портов (RS-232, RS-485); порта Ethernet для включения в локальные или глобальные сети верхнего уровня; поддержки протоколов обмена Modbus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCON; мощными вычислительными ресурсами и большим объемом памяти.

Алгоритм управления подсистемы визуализации пульт-табло состоит в следующем: при задании, отмене маршрута или совершении других действий дежурным по станции на пульте, происходит срабатывание или отпускание соответствующих реле. С «сухих» контактов реле, на которые подается напряжение до 10 В с дополнительного блока пита-

ния, сигнал поступает в модули аналогового ввода сигналов МВ110. Сигнал предварительно обрабатывается и передается с модулей МВ110 по интерфейсу RS485 в программируемый контроллер ПЛК110, в котором осуществляется дополнительная обработка информации. С программируемого контроллера информация по интерфейсу RS232 или Ethernet поступает на вычислительное устройство верхнего уровня, в качестве которого используется персональная ЭВМ (ПЭВМ). Информация в ПЭВМ проходит обработку в системе SCADA с целью дальнейшей визуализации на экране монитора или ЖК телевизора.

SCADA – полноценный программный инструмент по сбору данных и формированию технологических и оперативных схем отображения информации [3]. В системе SCADA специалистом уровня инженера АСУ без глубоких знаний и квалификаций программиста для каждой железнодорожной станции разрабатывается визуальный интерфейс, который должен соответствовать принятым нормам для микропроцессорных систем электрической централизации (рис. 4).

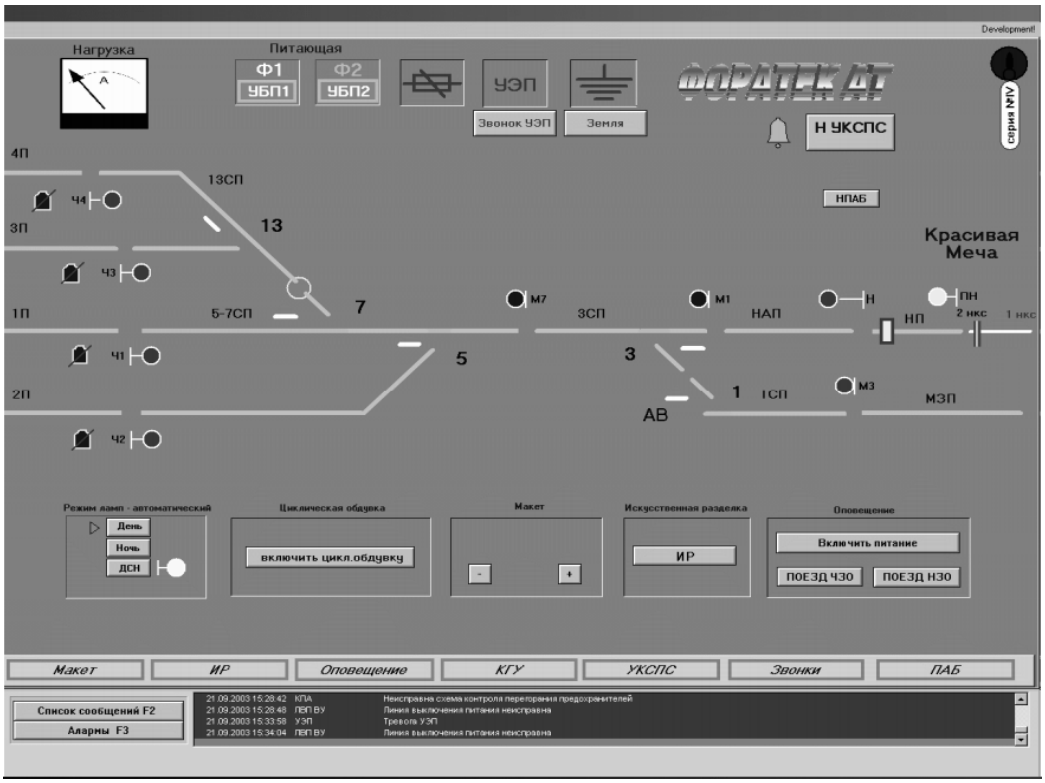

Рис. 4. Визуальный интерфейс одной из железнодорожных станций, оснащенной микропроцессорной системой ЭЦ - МПЦ-МЗ-Ф

К преимуществам предложенной подсистемы визуализации пульт-табло релейных систем ЭЦ следует отнести:

- удобный эргономичный цветной интерфейс, стандартизованный со всеми используемыми на российских железных дорогах, релейно-процессорными и микропроцессорными системами электрической централизации;
- повышение эффективности и безопасности работы ДСП. В настоящее время визуализация объектов управления и контроля в релейных системах ЭЦ осуществляется дежурным по станции на устаревшем физически и морально выносном пульт-табло;
- возможность фиксации и протоколирования всех действий дежурного по станции, включая стандартные действия по заданию и отмене маршрутов.

Следует отметить, что предложенный проект является первым этапом цифровизации релейных систем электрической централизации. Реализация второго этапа позволит осуществлять управления объектами на станции с помощью манипулятора типа мышь и клавиатуры и при обеспечении необходимого уровня безопасности аппаратных средств перевести любую станцию на диспетчерское управление.

Библиографический список

1. MB110-24/220.8AC Модуль аналогового ввода : руководство по эксплуатации. Версия 1.17, 2020
2. ПЛК110 Контроллер программируемый логический : руководство по эксплуатации
3. SCADA-система ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ : руководство по эксплуатации

В.С. Кузьмин, Р.О. Рядчиков, С.А. Петров
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

К ВОПРОСУ О ТРЕБОВАНИЯХ К ПРОКЛАДКЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ШЛЕЙФА

В настоящей работе рассматривается вопрос влияния геометрического положения испытательного шлейфа на контрольных пунктах АЛСН на качество проверки локомотивной аппаратуры АЛСН. Проводится анализ допустимых отклонений геометрического положения испытательного шлейфа в условиях эксплуатации. Результаты исследования могут быть использованы при дальнейшем изучении особенно-

стей индуктивной связи приемных катушек и испытательного шлейфа с учетом влияния рельсов.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, электромагнитное поле рельса, шлейф, асимметрия.

Наиболее распространенным техническим средством, предназначенным для проверки правильности функционирования комплекта локомотивных устройств безопасности без их снятия с подвижного состава, является путевое оборудование испытательных участков контрольных пунктов АЛСН, состоящее из испытательного шлейфа и подключенного к нему управляемого генератора сигналов с контролем величины сигнального тока. Испытательные шлейфы, предназначенные для имитации электромагнитного поля, формируемого сигнальным током в рельсе, обладают рядом важных технико-эксплуатационных параметров, в частности, высотой прокладки относительно подошвы рельса. Требования нормативных документов однозначно определяют высоту прокладки испытательного шлейфа относительно подошвы рельса [1, 2], в связи с чем возникает ряд проблем:

- запрет на эксплуатацию испытательных участков при отклонении высоты прокладки стационарных шлейфов вследствие изменения температуры окружающей среды в течение года из-за особенностей системы крепления шлейфа к рельсу;
- невозможности получения точных результатов проверки локомотивной аппаратуры АЛСН при номинальной величине сигнального тока в шлейфе при высоте прокладки шлейфа, соответствующей требованиям нормативной документации из-за экранирующего влияния рельсов.

В соответствии с этим, целью настоящей работы является оценка существующих требований к высоте прокладки испытательного шлейфа относительно подошвы рельса, а также оценка допуска к его провисанию.

Для оценки указанных параметров было осуществлено моделирование электромагнитных полей, формируемых вокруг рельсов сигнальным током, с применением программного комплекса COMSOL Multiphisics™. Графики зависимости величины магнитной индукции (действующие значения) от высоты относительно уровня головки рельса вдоль его оси при частоте 50 Гц и действующем значении тока 1 А показаны на рис. 1.

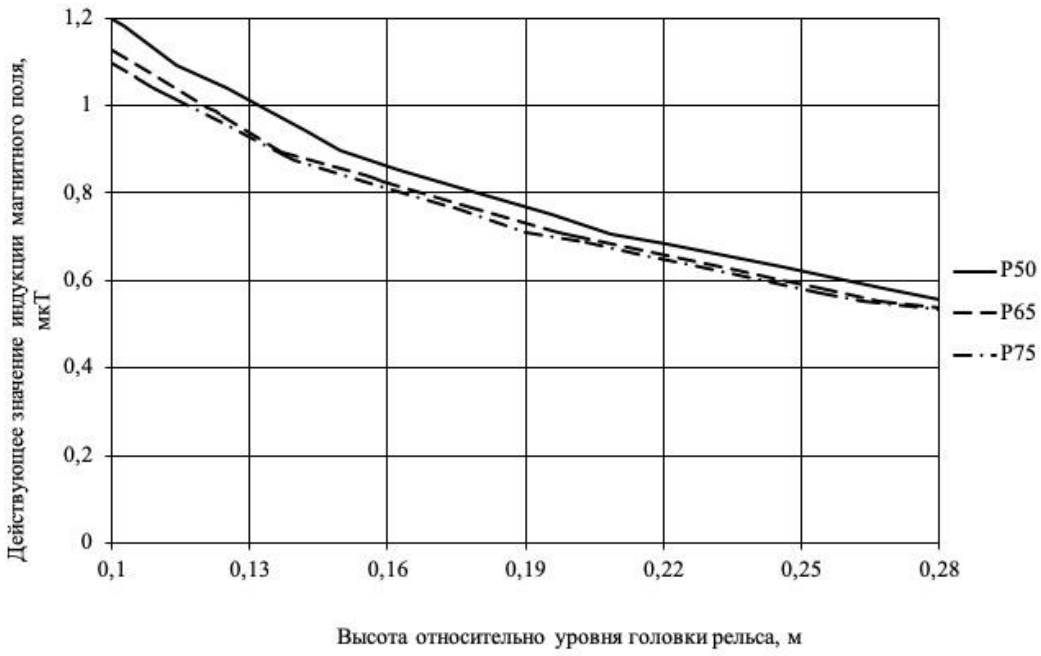

Рис. 1. Зависимость величины магнитной индукции от расстояния относительно уровня головки рельса

По форме полученной зависимости очевидно, что электромагнитное поле, формируемое током в рельсе, эквивалентно электромагнитному полю, формируемому током вокруг проводника с током круглого сечения. В связи с этим далее целесообразно осуществить расчет, направленный на определение местоположения оси такого проводника (центра силовых магнитных линий) и, как следствие, определение местоположения испытательного шлейфа относительно уровня головки рельса. Для действующих значений для бесконечно длинного проводника с током представляется возможным записать следующее соотношение (1):

$$H + H_0 = \frac{\mu_0 I_Д}{2\pi B_Д}\ , \qquad (1)$$

где H_0 – высота точки, в которой действующее значение магнитной индукции равно $B_Д$, относительно уровня головки рельса; H – расстояние от оси проводника, формирующего эквивалентное электромагнитное поле, до уровня головки рельса.

Тогда для рельса типа Р75 H = 86 мм, для рельса типа Р65 H = 86 мм, а для рельса типа Р50 H = 70 мм. Относительно подошвы рельса имеют место следующие значения высот прокладки испытательного шлейфа: для рельсов типа Р75 – 106 мм, для Р65 – 94 мм, для Р50 –

82 мм. Полученные величины оказываются больше, чем аналогичные, установленные нормативными документами, на 36, 39 и 52 мм соответственно. Следует отметить, что данный результат получен без учета индуктивной связи испытательного шлейфа и рельса, особенности которой в настоящее время недостаточно изучены.

Индукция магнитного поля вокруг бесконечного проводника с током круглого сечения может быть определена по формуле (2):

$$B(h) = \frac{\mu_0 I_Д}{2\pi h}, \qquad (2)$$

где h – расстояние от точки, в которой определяется действующее значение магнитной индукции B, до оси испытательного шлейфа.

Для оценки требований к допускам к прокладке испытательного шлейфа целесообразно воспользоваться тем, что разность величин ЭДС в приемных катушках не должна превышать 5 %, а величина ЭДС, наводимая в приемной катушке, зависит как от собственных параметров приемной катушки: индуктивности, добротности – так и от ее геометрического положения относительно ходового рельса (и испытательного шлейфа): от высоты подвеса и смещения относительно его оси.

На рис. 2 представлен график зависимости расстояния между высотами прокладки испытательного шлейфа на ходовых рельсах одной колеи, дающего разницу в 5 % в величине индукции магнитного поля, от расстояния между осью испытательного шлейфа, проложенного ниже, и точкой, в которой определяется асимметрия.

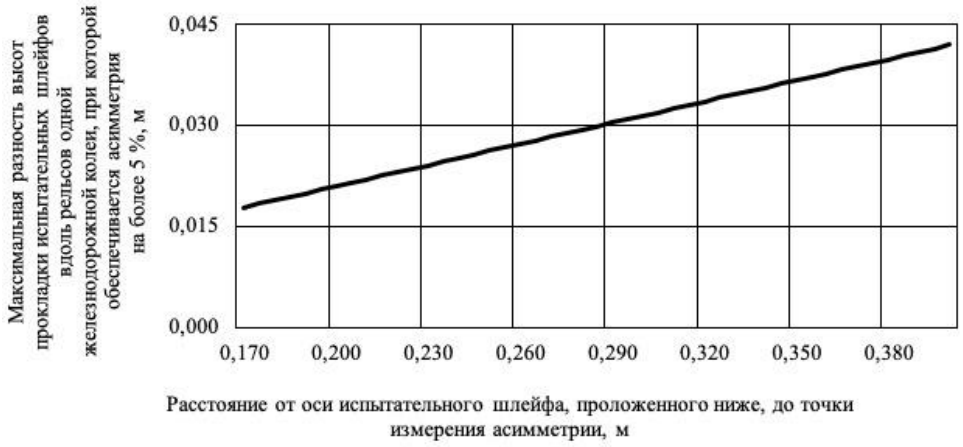

Рис. 2. Зависимость расстояния между высотами прокладки испытательного шлейфа при асимметрии электромагнитного поля в 5 %

Полученная зависимость линейна и позволяет утверждать, что при любом расстоянии между высотами прокладки испытательного шлейфа ниже показанной линии асимметрия ЭДС в приемных катушках не будет превышать 5 %. В новой нормативной документации [2] указан допуск к провисанию испытательного шлейфа в 10 мм вне зависимости от высоты прокладки одного из проводов, что не противоречит полученным результатам.

На основе проделанной работы представляется возможным сформулировать следующие выводы:

1. При изучении особенностей индуктивной связи приемной катушки и рельса последний может быть заменен проводником с током, размещенным на высоте *H* ниже уровня головки рельса на его оси. Высота *H* может быть определена для каждого типа рельса как по результатам экспериментального исследования, так и путем компьютерного моделирования.

2. Высота прокладки испытательного шлейфа, полученная в ходе моделирования с применением программного комплекса COMSOL Multiphisics™ не соответствует аналогичному параметру, установленному существующими нормативными документами и в целом оказывается выше (шлейф размещается ближе к уровню головки рельса).

3. Допуск к прокладке испытательного шлейфа в 10 мм не приводит к асимметрии ЭДС, наведенных в приемных катушках более 5 %, при любой высоте прокладки испытательного шлейфа во всем диапазоне допустимых высот подвеса приемных катушек при равенстве собственных электрических параметров приемных катушек.

Полученные результаты предполагается применить в дальнейшем анализе особенностей индуктивной связи приемных катушек и испытательного шлейфа с учетом влияния рельсов.

Библиографический список

1. Контрольный пункт АЛСН : метод. указания по проектированию и оборудованию 36090-00-00 МУ. Альбом 1 : Министерство путей сообщения Российской Федерации / Москва. 1996

2. Об утверждении Инструкции по оборудованию, техническому обслуживанию и ремонту испытательных шлейфов и путевых устройств АЛС контрольного пункта АЛСН № 35002-000-00 : Распоряжение ОАО «РЖД» N 463/р от 2 марта 2020 г. // Москва. 2020

3. 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

В.Г. Литвинцев, М.А. Самодуров
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА КАК ОДИН ИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОБУЧЕНИЯ МОНТЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

В статье рассмотрен способ подготовки монтеров контактной сети с использованием тренажерного комплекса на учебно-тренировочном полигоне Забайкальского института железнодорожного транспорта. Определены основные направления и перспективы развития профессиональных компетенций при подготовке монтеров контактной сети для нужд электрифицированных железных дорог.

Ключевые слова: отказы, тренажер, подготовка, обучение, компетенции, монтер контактной сети.

Контактная сеть электрифицированных железных дорог является основным элементом устройства электроснабжения, поэтому к ее техническому состоянию и надежности работы постоянно предъявляются самые высокие требования. Отсутствие резерва в работе, сложные внешние климатические и сейсмические условия – все это влечет за собой увеличение числа отказов в работе устройств и сооружений контактной сети наряду с человеческим фактором. На основе комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАС АНТ) получены данные общего числа отказов вследствие неисправности устройств контактной сети в пределах энергоучастков на Забайкальской железной дороге за 2018 и 2019 годы [1]. Эксплуатационный характер причин таких отказов указывает на нарушения установленных правил и условий эксплуатации устройств электроснабжения. По собранным статистическим данным построена диаграмма (рис. 1), анализируя которую можно отметить, что в рассматриваемый период самое большое число отказов работы (37,2 % к общему числу отказов по всем энергоучасткам) наблюдается в Сковородинской дистанции электроснабжения. Одним из факторов такого большого числа отказов из-за неисправности контактной сети можно от-

нести отсутствие квалифицированного обслуживающего электротехнического персонала, а также большая «текучка» кадров.

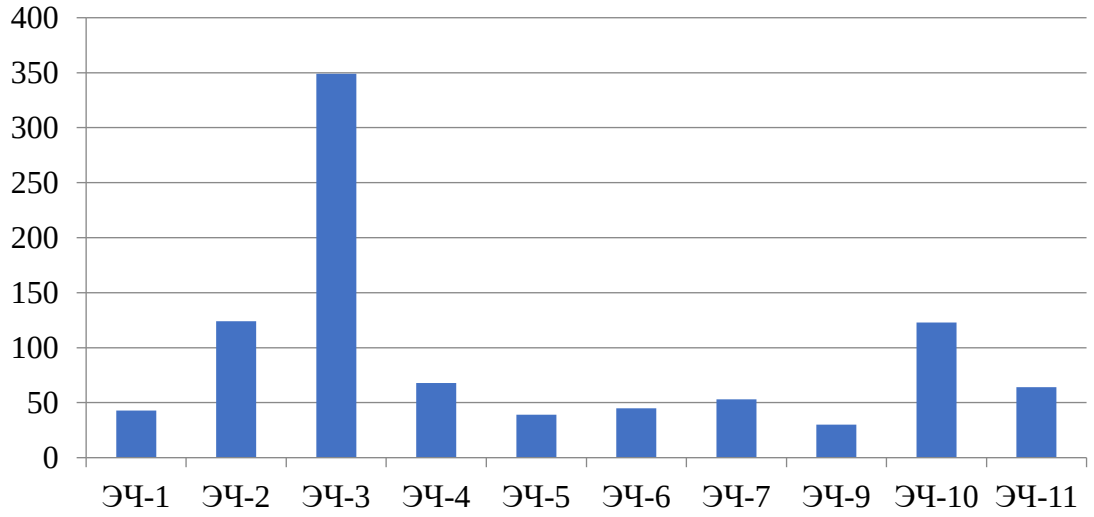

Рис. 1. Суммарное количество неисправностей устройств контактной сети за 2018 и 2019 годы

В настоящее время ведется ряд актуальных исследований по влиянию человеческого фактора на безотказную работу устройств контактной сети на всех железных дорогах компании. К таким факторам можно отнести отсутствие необходимой квалификации персонала, ошибки в работе персонала, неправильное распределение обязанностей, неверное использование того или иного метода или технологической карты при работе и т.д.

Как и другие профессии в области электрического хозяйства, должность электромонтера контактной сети сопряжена с повышенной опасностью, даже в случаях, когда по внешним признакам никаких видимых угроз не существует.

Работникам участков контактной сети приходится постоянно быть очень внимательными и владеть широким спектром методов защиты от удара электрическим током. Более того, зачастую мало что зависит от одного отдельно взятого человека. Нельзя исключить случайных ошибок других людей, работающих в бригаде.

Согласно профессиональному стандарту, основной целью трудовой деятельности работника по обслуживанию и ремонту контактной сети железнодорожного транспорта является обеспечение бесперебойного токосъема при движении поездов с установленными скоростями, весовыми нормами, размерами движения при расчетных климатических

условиях района, в котором расположен электрифицированный участок, с оптимальным значением износа контактных проводов и контактных вставок токоприемников [2]. В связи этим к обучению и практической подготовке монтеров контактной сети должны предъявляться повышенные требования.

В современных условиях эксплуатации электрифицированных железных дорог происходит постоянное обновление и совершенствование электрического оборудования, поддерживающих конструкций, опорного хозяйства и т.д. В таких условиях отмечается очень высокая востребованность квалифицированных электромонтеров и электромехаников, ведь даже короткие перебои в электропитании оборачиваются существенными убытками вследствие задержек поездов и перерыва в электроснабжении.

На учебно-тренировочном полигоне Забайкальского института железнодорожного транспорта силами научно-педагогических работников кафедры «Электроснабжение» при тесном взаимодействии с Забайкальской дирекцией по энергообеспечению «Трансэнерго» – филиала ОАО «РЖД» создан тренажер монтера контактной сети напольного исполнения с расположением основных элементов поддерживающих устройств и проводов контактной сети на уровне земли (рис. 2, а, б).

Тренажер монтера контактной сети позволяет формировать, поддерживать и совершенствовать профессиональные умения, навыки и компетенции у студентов старших курсов разных форм обучения по оперативному управлению оборудованием и основными устройствами контактной сети и линий электропередачи дорог переменного тока.

а)

б)

Рис. 2. Тренажер монтера контактной сети:
а) общий вид тренажера; б) рабочее место

Обучение действующих специалистов районов контактной сети на факультете повышения квалификации и новичков в этой профессии на базе Забайкальского учебного центра повышения квалификации на данном тренажере позволит сформировать и поддержать на необходимом для безаварийной эксплуатации оборудования уровне квалификации оперативного персонала, сокращение экономических потерь из-за ошибочных или неправильных его действий, повышение экономичности, надежности и уровня безопасности эксплуатации оборудования в штатных и аварийных режимах его работы.

Таким образом, тренировочный комплекс поможет быстрее и эффективнее изучать и оттачивать порядок выполнения основных видов работ по регулировке и замене деталей и устройств контактной сети и линий электропередачи на уровне земли без использования страховочных механизмов и приспособлений согласно действующим технологическим картам.

Библиографический список

1. Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ // Распоряжение ОАО «РЖД». 2016. № 1375р

2. Профессиональный стандарт «Работник по техническому обслуживанию, ремонту и монтажу контактной сети и воздушных линий электропередачи железнодорожного транспорта // Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ. 2020. № 636н

А.С. Маниковский, М.Г. Комогорцев, А.В. Рогалёв, И.А. Копылов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭНЕРГОДИСПЕТЧЕРА

В статье рассматривается возможность использования автоматизированных систем управления, построенных на базе аппарата искусственных нейронных сетей, как вспомогательного инструмента в работе энергодиспетчера. Правильные и своевременные решения минимизируют влияние аварий энергосистемы на график движения поездов, а в некоторых случаях и защищают оборудование системы тягового электроснабжения от необратимых повреждений, вызванных ошибочными действиями человека. Быстродействие систем, построенных на

аппарате искусственных нейронных сетей, во много раз выше, чем у человека-оператора, а решения не зависят от «человеческого фактора».

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, искусственная нейронная сеть, энергодиспетчер, система тягового электроснабжения.

На электрифицированных участках железных дорог энергодиспетчер в тесном взаимодействии с поездным диспетчером организует движение поездов с учетом возможностей системы тягового электроснабжения (СТЭ), а также на основании минимально допустимых межпоездных интервалов, чередуя между собой тяжеловесные поезда с более легкими [1].

Энергодиспетчер в процессе работы обрабатывает большой объем данных, сопровождающийся выполнением ряда обязанностей [2]:

- организация технического обслуживания и ремонта устройств электроснабжения;
- организация устранения нарушений нормального режима работы устройств электроснабжения;
- оперативное управление устройствами электроснабжения с использованием средств связи, телемеханики;
- контроль соответствия схем утвержденным схемам питания и секционирования контактной сети, линий электроснабжения, автоблокировки, продольного электроснабжения, тяговых подстанций, линий электропередачи и других устройств электроснабжения.

Таким образом, от правильных и своевременных действий энергодиспетчера зависит бесперебойная работа систем электроснабжения, а в некоторых случаях и жизни рабочего персонала. На правильность и адекватность принимаемых решений может негативно влиять осознание личной ответственности человека за принимаемые решения в неожиданно возникшей сложной аварийной ситуации.

Перспективным представляется использование систем, построенных на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) как вспомогательного инструмента в работе энергодиспетчера [3, 4]. Системы автоматизированного управления (САУ), построенные на базе ИНС, по быстродействию превосходят в разы человека-оператора. Скорость и правильность принятия решений при авариях на железнодорожном транспорте имеют ключевое значение при предотвращении или минимизации ущерба.

Структурная схема предлагаемой методики представлена на рис. 1.

Предварительно определяются все возможные штатные и аварийные режимы работы на заданном диспетчерском участке, т.е. формиру-

ется база данных, которая необходима для «обучения» искусственной нейронной сети [5].

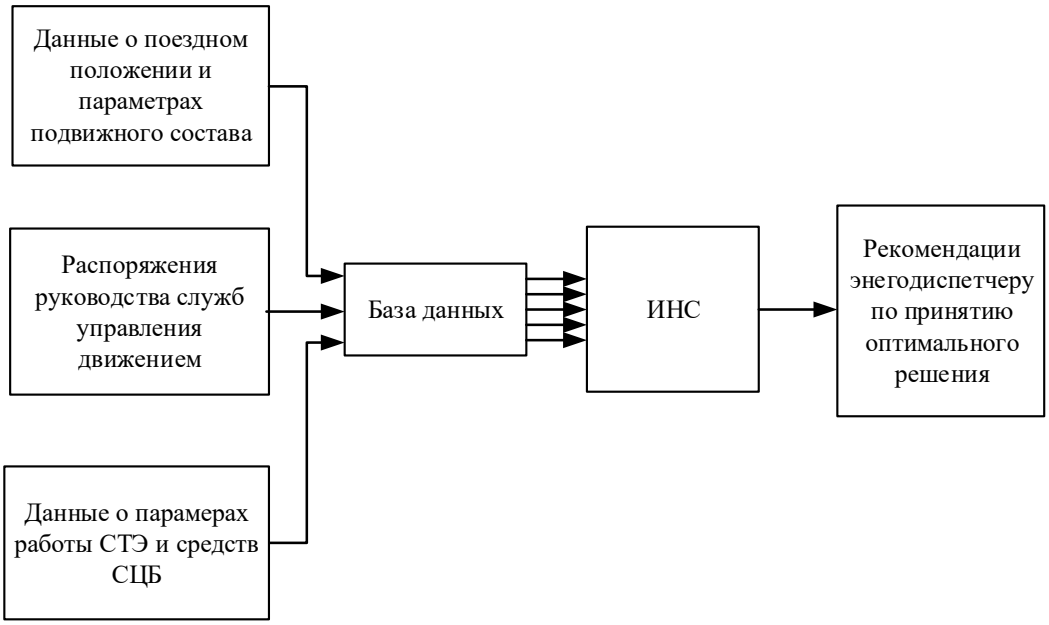

Рис. 1. Структурная схема методики взаимодействия

Во время оперативной работы, поездная ситуация на диспетчерском участке сравнивается с базой данных. Программными средствами выбирается режим, адекватно отражающий режим работы в настоящий момент времени, который становится шаблоном для управления работой.

При возникновении аварийных режимов работы САУ на основании «шаблона» ИНС определяет алгоритм действий, который в большей степени подходит для возникшей ситуации. Например, формировать алгоритмы действий ИНС в случае аварийной ситуации в СТЭ, рассчитывать и устанавливать минимально допустимую величину межпоездного интервала на основе данных о фактическом местоположении поездов.

Для работы нейронной сети и выполнении поставленных задач она должна пройти процесс обучения. Каждый элемент базы данных, попадая на входы сети, проходит обработку внутри структуры ИНС. Далее определяется выходной сигнал сети, который сравнивается с требуемым выходом сети. После этого вычисляется ошибка и происходит изменение весовых коэффициентов связей внутри нейронной сети. Процесс идет до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемо уровня. Процесс обучения ИНС представлен на рис. 2.

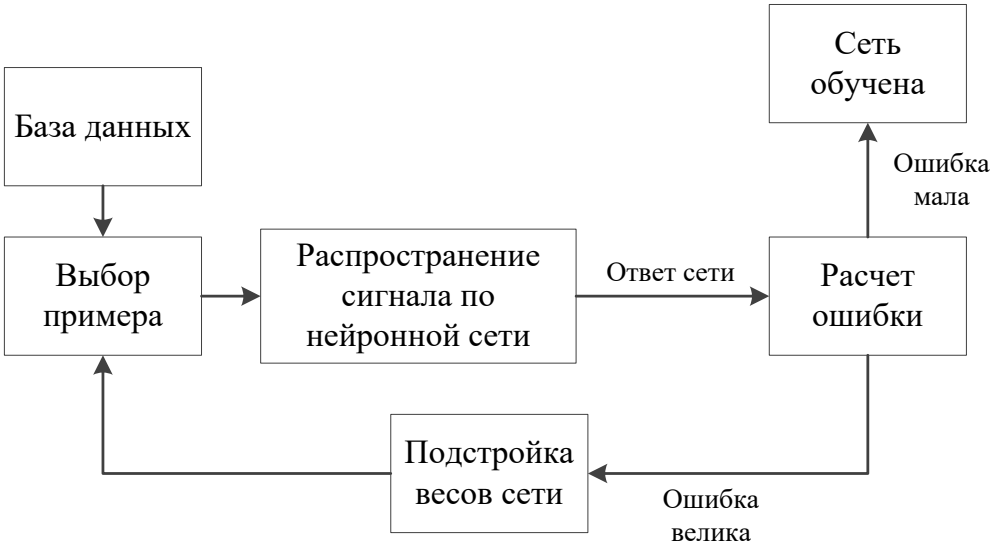

Рис. 2. Иллюстрация процесса обучения нейронной сети

В результате обучения ИНС на выходе должен получиться универсальный вспомогательный инструмент энергодиспетчера, способный оперативно реагировать на нестандартные ситуации и принимать решения, позволяющие минимизировать влияние аварий энергосистемы на график движения поездов, защитить оборудование СТЭ от необратимых повреждений.

Библиографический список

1. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утв. ОАО «РЖД» 10 ноября 2010 г. N 128

2. Инструкция энергодиспетчера, управляющего электроустановками дистанции электроснабжения ОАО «РЖД». Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 19.12.2013 № 2802р в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 16.01.2020 № 58/р

3. Маниковский А.С. Автоматизация диспетчерского управления на железнодорожном транспорте с использованием систем машинного интеллекта / А.С. Маниковский, М.Г. Комогорцев // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : труды Всероссийской научно-практической конференции творческой молодежи с международным участием. Хабаровск, ДВГУПС. 2019. С. 67–70

4. Маниковский А.С. Использование систем машинного интеллекта в работе диспетчерских служб на железнодорожном транспорте / А.С. Маниковский, М.Г. Комогорцев // Транспортная инфраструктура

сибирского региона : материалы Девятой международной научно-практической конференции. Иркутск, ИрГУПС. 2018. С. 87–90

5. Хайкин С. Нейронные сети : полный курс. 2 изд. М. : Вильямс, 2006. С. 89–102

Н.В. Морозов, У.А. Окладникова, В.О. Колмаков
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПАССИВНЫХ ФИЛЬТРОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассматриваются пассивные фильтры, их важность и целесообразность применения.

Ключевые слова: фильтр, пассивный фильтр, активный фильтр, частота, напряжение, электроэнергия, гармоники, сигнал.

В реальное время больших технологий всё больше распространёнными становятся нелинейные нагрузки, которые являются проблемой для качества электроэнергии. В связи с этой проблемой значимой темой этого десятилетия стало исследование качества электроэнергии и нахождение путей решения для снижения высоких значений гармоник. Из-за таких значений мы сталкиваемся с рядом проблем в системе электроснабжения такие, как перегрев трансформаторов и вращающихся машин, перегрузка проводников нейтрали, поломка конденсаторных батарей, приводят к сильному увеличению расходов на эксплуатацию электрических устройств, главным последствием может стать снижение качества электроэнергии и производительности труда.

Чтобы не допустить эти трудности, необходимо использовать в системе электроснабжения пассивные и активные фильтры. Именно они помогут понизить степень гармоник.

Пассивный фильтр – это электронный фильтр, который состоит из простых элементов, таких как конденсатор и резистор. Данные фильтры не требуют ни малейшего источника энергии для собственного функционирования. Установка таких фильтров является эффективной в следствие того, что уменьшаются гармоники и не происходит проблем в системе электроснабжения, этим самым уменьшаются эксплуатационные расходы.

Главное предназначение фильтра заключается в том, дабы ликвидировать все возможные прохождения сигналов конкретного спектра ча-

стот и в то же время гарантировать передачу сигналов другого диапазона частот. Фильтры разделяются на активные и пассивные. К пассивным фильтрам относятся резисторно-ёмкостные и индуктивно-ёмкостные фильтры. Фильтры пропускают или подавляют разные диапазоны частот, поэтому их можно разделить на четыре вида:

1. Фильтр верхних частот.
2. Фильтр низких частот.
3. Полосно-пропускающий фильтр.
4. Полосно-заграждающий фильтр.

Фильтрующие элементы, основанные на базе сопротивления и ёмкости производят, как правило, фильтрацию сигналов невысоких частот. Схема фильтра высоких частот и его амплитудно-частотная характеристика показана на рис. 1.

Рис. 1. Схема фильтра высоких частот
и его амплитудно-частотная характеристика

В данной схеме входное напряжение приложено к резистору и конденсатору, а выходное напряжение снимается с сопротивления. Если сократить частоту сигнала, то начнет расти реактивное сопротивления, а следовательно и полное сопротивление цепи. Ток, проходящий через цепь, будет уменьшаться, так как входное напряжение постоянное. Таким образом, и ток, проходящий через активное сопротивление, будет понижаться.

Можно заметить, что все выше рассмотренные фильтры предполагают собой резисторно-ёмкостные цепи, которые характеризуются тремя параметрами, а именно: активным, реактивным и полным сопротивлениями. Величина затухания, обеспечиваемая данными резисторно-

ёмкостные фильтрами, зависит от отношения активного или реактивного сопротивления к полному сопротивлению.

Для получения более высокого качества фильтров используют катушки индуктивности и конденсаторы. Так, например, в индуктивно-ёмкостный фильтр могут входить и резисторы. Взаимосвязь входной и выходной цепей производится таким образом, чтобы численные значения их реактивных или полных сопротивлений были равны.

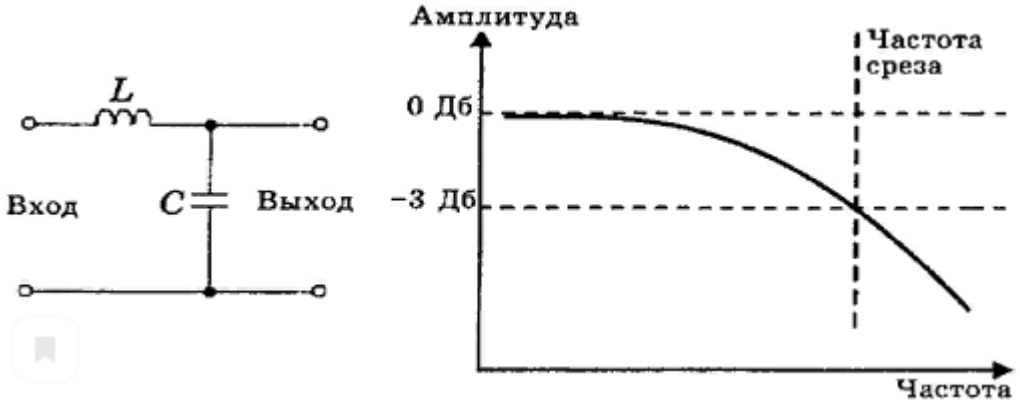

Рис. 2. Схема фильтра низких частот

Главное преимущество индуктивно-ёмкостных фильтров заключается в том, что функционирование конденсаторов и катушки индуктивности на переменном токе происходит взаимообратно, т.е. при повышении частоты сигнала емкостное сопротивление падает, а индуктивное растет. Этим образом, в индуктивно-ёмкостном фильтре нижних частот реактивное сопротивление параллельного элемента при повышении частоты сигнала уменьшается и данный элемент шунтирует сигналы высокой частоты. К достоинствам следует также отнести простоту конструкции фильтров и надежность.

К недостаткам пассивных фильтров нужно и можно отнести их большие массы габаритов, в большей степени это относится к индуктивно-ёмкостным фильтрам. Их эффективность и целесообразность применения уменьшается при изменении гармонического состава токов и напряжений, а также при изменении параметров сети. Другой недостаток – возможность появления резонанса токов в параллельном колебательном контуре, образуемом фильтром и индуктивностью питающей сети.

По схеме включения в защищаемую цепь помехоподавляющие фильтры разделяются на сосредоточенные и распределенные. По месту установки помехоподавляющие фильтры делятся на сетевые и сигналь-

ные. В то же время сетевые фильтры не нужно сравнивать с силовыми фильтрами, которые устанавливаются для пресечения гармоник в сети переменного тока или же для сглаживания вибраций в сети постоянного тока.

Установка этих фильтров рядом с нелинейной нагрузкой гарантирует замыкание на землю токов высших гармоник через соответствующий колебательный контур.

Подводя итог, хочется отметить, что эксплуатация фильтро-компенсирующих устройств нужно для пресечения высших гармоник в сетях электроснабжения – их следует устанавливать для улучшения качества электроэнергии в распределительных сетях и уменьшения эксплуатационных расходов.

Уменьшения потерь во вращающихся машинах, трансформаторах, линиях электропередач; медленное старение изоляции электрооборудования; снижения количества ложных срабатываний устройств релейной защиты и автоматики, всё это можно получить при правильном использовании фильтро-компенсирующих устройств.

Библиографический список

1. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2019 году

2. Внедрение интеллектуальных электрических сетей в России / Д.А. Буторин // Энергетика и промышленность России : информационное издание. 2014, № 22

3. Технологии интеллектуальных электросетей // Журнал ABB «ЭНЕРГИЯ РАЗУМА», 2011

4. Что такое Smart Grid? Каковы перспективы развития технологий Смарт Грид в России? [Электронный ресурс] / В.В. Волобуев. Режим доступа : www.rsci.ru

5. Схемотехническое обеспечение качества электрической энергии в сетях с нелинейными электроприемниками массового применения / В.О. Колмаков : дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2014

6. Качество электроэнергии в системах светодиодного освещения / В.О. Колмаков, В.И. Пантелеев // В сборнике : Электроэнергия : от получения и распределения до эффективного использования. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; редакторы: Б.И. Кудрин, Б.В. Лукутин, А.С. Сайгаш, 2012. С. 87–90

7. Analysis of dynamic characteristics of frequency-dependent links. Kolmakov V.O., Kolmakov O.V., Iljin E.S., Ratushnyak V.S. В сборнике : IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 2020. С. 012–026

8. 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

9. Энергосберегающее оборудование и электромагнитная совместимость / В.О. Колмаков, Н.Р. Колмакова // В сборнике : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 46–53

10. Электромагнитная совместимость и энергосберегающее оборудование / В.О. Колмаков, В.И. Пантелеев. Энергетик. 2012, № 11. С. 47–49

11. Метод динамической диагностики механических узлов / О.В. Колмаков, В.О. Колмаков // В сборнике : 120 лет железнодорожному образованию в Сибири : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. 2014. С. 198–203

12. 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

13. Определение коэффициента затухания частотозависимых звеньев / О.В. Колмаков // В сборнике : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Отв. ред. В.С. Ратушняк. 2018. С. 3–5

В.А. Надежкин, К.А. Грядкина, С.Н. Походай
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ АПК-ДК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ

В статье рассматриваются вопросы совершенствования системы технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Рассмотрена возможность применения современных диагностических комплексов (на примере системы АПК-ДК) для решения вопроса совершенствования технического обслуживания устройств сигнализации, централизации и блокировки.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля, диагностические комплексы, отказы, системы диагностики, техническое обслуживание.

Улучшение и развитие устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), отвечающих прогрессивным требованиям железнодорожного транспорта, считается одной из наиболее весомых задач, в сфере увеличения пропускной способности и обеспечение безопасности движения поездов. На железных дорогах, для обеспечения высококачественных перевозок, постоянно ведётся обильная работа по совершенствованию технологических средств и созданию новейших систем автоматического управления и обеспечения безопасности движения поездов, а также улучшение средств и способов по их обслуживанию.

В сложной совокупности средств управления, диагностики и контроля, которыми снабжены железные дороги, одно из ключевых мест занимает аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля АПК-ДК.

Система диспетчерского контроля АПК-ДК предназначена для централизованного контроля состояния устройств железнодорожной автоматики [1]. АПК-ДК позволяет выполнять сбор, обработку, сбережение и отображение информации в формате реального времени о состоянии объектов на перегонах и станциях и производить ее учёт.

Комплекс создаёт вычислительную сеть для обеспечения оперативной информацией диспетчерского аппарата дистанций сигнализации, управления и отделения дороги.

Система позволяет совершенствовать предпосылки плохой работы приборов автоматики, автоматизировать поиск отказов в устройствах, обнаруживать предотказные состояния. Внедрение системы АПК-ДК даёт возможность перехода на технологию обслуживания по состоянию. Как раз именно эти способности системы позволяют использовать её, для увеличения качества системы технического обслуживания устройств ЖАТ.

Чем дольше работает устройство ЖАТ, тем выше становится вероятность появления его отказа, из-за этого увеличивается угроза нарушения безопасности движения поездов. Для того, чтобы предотвратить отказы, организуется достаточно большое количество мероприятий по диагностированию устройств ЖАТ.

Отказы устройств СЦБ можно разделить на два вида: внезапные и постепенные. Начнём с внезапных.

Внезапные отказы, которые возникают с определённой вероятностью, никак не могут поддаваться прогнозированию [2]. В случае постепенных отказов, наоборот, есть возможность оценить, насколько изменяются параметры и на этом основании спрогнозировать его состояние во времени.

Если обратиться к статистическим данным, то можно увидеть, что доля постепенных отказов в устройствах СЦБ составляет 40–50 %, а внезапных – 55–60 %. Значит можно сделать вывод, что эффективное использование систем контроля технического состояния и оперативный ремонт в КИПах позволит уменьшить число отказов на 40–50 %, тем самым сократить время обнаружения неисправности на 25–30 %.

Статистический анализ отказов устройств ЖАТ помогает найти элементы, которые подвержены наиболее частому отказу. Прогнозировать количество отказов можно по значению их интенсивности.

Значения интенсивности отказов дают возможность увидеть, что на разнообразных железных дорогах она практически не изменяется. Основой для определения перечня контролируемых параметров в устройствах СЦБ могут стать средние величины.

Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля АПК-ДК является самой удобным решением для расширения функций диспетчерского контроля на современном техническом уровне.

Применение вычислительной техники расширяет функции системы АПК-ДК не только для поездного диспетчера, но и позволяет решать основные задачи по контролю состояния на перегонах и станциях диспетчерского круга технических средств систем ЖАТ.

Таким образом, можно сказать, что система АПК-ДК имеет два назначения одновременно и обеспечивает:

- оперативное снятие информации на сигнальных точках перегонов о состоянии рельсовых участков, светофоров и других средств и передачу её на станции для последующего использования по контролю поездного положения и технического диагностирования перегонных устройств;

- оперативное снятие информации на станциях о состоянии путевых объектов и технических средств и передачу её поездному диспетчеру и диспетчеру дистанции СЦБ;

- обработку и отображение информации у пользователей по ведению ГИД; расчету прогнозного графика по текущему поездному положению; расчету показателей работы участка и выдаче справок; логическому определению ложной свободности участка и опасного сближения поездов; анализу работы устройств; определению предотказного состояния устройств; обнаружению отказа; оптимизации поиска и устранению

отказа; архивации и восстановлению событий; статистике и учету ресурсов приборов.

На станциях выполняется сбор, преобразование, концентрация информации о состоянии перегонных и станционных устройств. Затем данная информация может быть отображена на АРМ дежурного по станции и дежурного электромеханика, но обязательно ДНЦ, и на АРМ диспетчера дистанции СЦБ.

В представленной статье мы провели оценку возможности применения комплекса АПК-ДК, в решении вопроса совершенствования технического обслуживания устройств ЖАТ.

Опираясь на результаты проведенного анализа, можно сделать вывод: использование данной системы во многом облегчит труд электромонтеров и электромехаников в процессе снятия показаний работы устройств ЖАТ, а также минимизирует влияние человеческого фактора и сможет косвенно контролировать качество выполнения работ по техническому обслуживанию.

Также мы выяснили, что система ТДМ способна вовремя выявлять отказы и предотказы, но ещё не в состоянии обосновать причину отказов. Но уже такая способность комплекса предоставляет возможность немного ускорить процесс поиска причин отказов.

Благодаря возможности фиксирования данных о работе устройств СЦБ, система АПК-ДК позволяет гораздо более достоверно составить картину, при расследовании различных аварийных ситуаций и катастроф. Потенциально это может помочь улучшить производительность труда и экономические показатели всей отрасли. Стоит отметить, что в современных условиях, когда компании, в первую очередь, заботятся о скорости и качестве труда, улучшение данных показателей благоприятно сказывается на имидже компании.

Современные комплексы диагностики пока ещё ограничиваются лишь снятием и передачей определённого числа показателей работы приборов СЦБ.

В связи с этим, труд высококвалифицированных работников дистанций СЦБ будет востребован до тех времён, пока не внедрятся принципиально новые устройства ЖАТ, которые не потребуют пристального внимания обслуживающего персонала. Однако в будущем остро встанет проблема замены кадров на автоматические системы, которые в перспективе позволят железной дороге сэкономить необходимые ресурсы. Экономия в данном случае позволит в достаточно короткое время возместить средства, потраченные на внедрение системы АПК-ДК.

Библиографический список

1. АПК-ДК. Руководство по эксплуатации. Утв. главным инженером Департамента автоматики и телемеханики ОАО «РЖД». 2007

2. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Шаманов В.Ж. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. Вл.В. Сапожникова. М. : Маршрут, 2003. 263 с.

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

АНАЛИЗ НОВЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В статье рассматриваются вопросы внедрения новейших перегонных систем на основе «подвижных» блок-участков. Рассмотрены различные варианты разработок новых систем интервального регулирования движения поездов от ведущих отечественных производителей.

Ключевые слова: пропускная способность, перегонные системы, системы интервального регулирования движением поездов, «подвижные» блок-участки, пропускная способность, организация движения.

Пропускная способность перегонов и безопасность движения поездов достаточно сильно зависят от технических средств, которые применяются в управлении. Для того, чтобы увеличить пропускную способность перегонов, их делят на блок-участки, ограждаемые проходными светофорами. Показания, снятые с них, дают информацию машинисту локомотива или мотор-вагонного поезда, о том, сколько осталось свободных блок-участков перед поездом.

Системы автоблокировки, которые дополнили путевыми устройствами автоматической локомотивной сигнализации, в данный момент могут обеспечивать требуемый уровень безопасности движения поездов. Пропускная способность однопутных участков, которые оборудованные автоблокировкой, на 30 % выше, чем в случае полуавтоматической блокировки, а на двухпутных и многопутных участках – выше более чем в 2 раза.

Но у современных систем автоблокировки существует некоторый недостаток: у них числится достаточно большое количество технических средств на перегонах (светофоров, кабельных линий, путевых трансформаторов, дроссель-трансформаторов и др.). Этот недостаток очень сильно снижает надёжность системы и повышает расходы на эксплуатацию.

В Европе, США и ряде других стран активно разрабатываются и внедряются технические средства, чтобы управлять движением поездов на перегонах, которые были построены на радио-канальной базе подвижных блок-участков [1]. В качестве радиоканала обычно используется радиосеть: GSM-R, DMR, TETRA, LTE.

В настоящее время, пропускная способность железных дорог ОАО «РЖД» во многих местах эксплуатируется практически на пределе своих возможностей. Если мы сможем и дальше совершенствовать алгоритмы управления, основывающиеся на цифровом радиоканале и спутниковой навигации «подвижных» блок-участков, то это позволит нам уменьшить интервал попутного следования, и тем самым повысить пропускную способность, а также понизить эксплуатационные затраты.

Под подвижным или плавающим блок-участком, обычно подразумевается одна или даже несколько рельсовых цепей, находящихся за хвостом поезда, которые кодируются одним и тем же сигналом АЛС. Но стоит учесть, что при этом длина блок-участка, соответственно число рельсовых цепей, которые включены в него, определяется системой в режиме реального времени, с помощью расчетного пути, которое зависит от местонахождения попутно следующих поездов, их типа и характеристик.

Если сравнивать четырёхзначную автоблокировку с ТРЦ (АБТЦ-2000) (см. рис. 1), то системы именно интервального регулирования движения поездов, которые используют «подвижные» блок-участки, имеют гораздо меньший межпоездной интервал, равный 3,5 минуты, против 6 минут четырёхзначной АБ с ТРЦ. Движение без использования светофорной сигнализации на перегонах и в автоматическом режиме на станции, против движения по светофорам и кодам АЛСН у четырехзначных АБ.

По цифровому радиоканалу, работа систем управления основывается на передаче информации между стационарным и бортовым оборудованием. Стационарное оборудование служит тем, что отправляет на поезд разрешение на движение до указанной точки следования. Основываясь на полученное разрешение, бортовое оборудование начинает строить кривую торможения, для того, чтобы остановиться в назначенной точке.

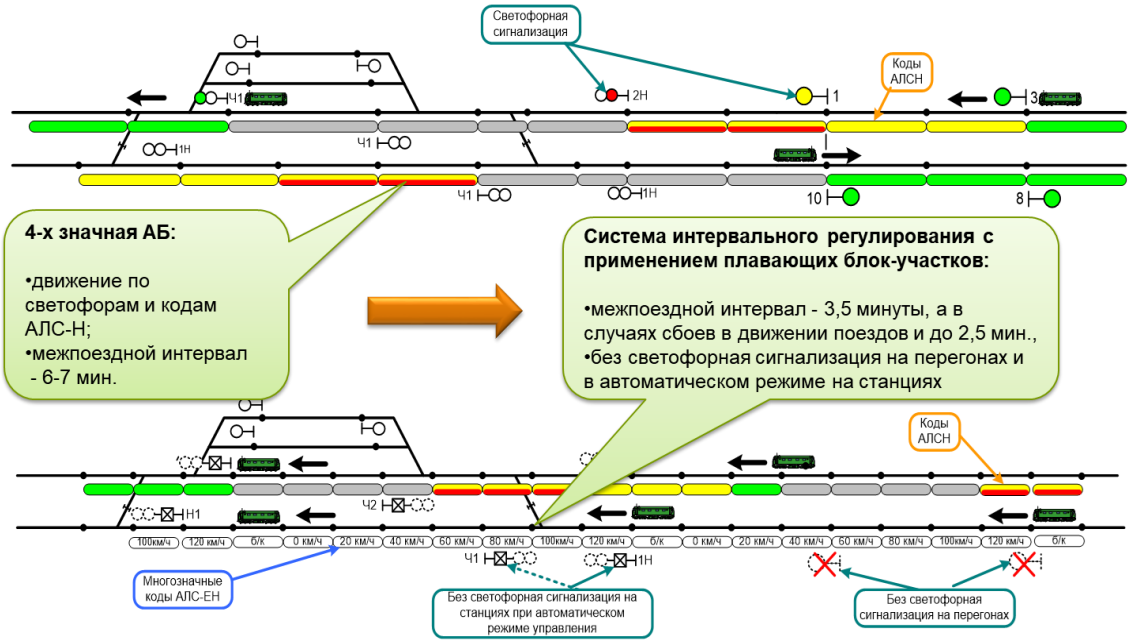

Рис. 1. Сравнение 4-х значной АБ с ТРЦ по альбому АБТЦ-2000 и системы интервального регулирования с подвижными блок-участками

Сейчас мы перечислим основные задачи, которые необходимо решить при создании системы СИРДП-Е: создание системы связи, создание протоколов взаимодействия, создание системы контроля местоположения, контроль целостности и сохранности состава и создание алгоритмов формирования команд управления.

Данные системы разрабатываются следующими компаниями:

Группа компаний «ПОЛИВИД», которые совместно с ОАО «Ижевский радиозавод» смогли создать систему комплексного управления движением поездов СИРДП, взяв за базу радиоканал и спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС/GPS[1]. С помощью неё реализован принцип функционирования, который максимально приблизился к алгоритму работы существующих видов автоблокировок.

Компания ООО «Bombardier Transportation Signal» и ОАО «НИИАС» в данный момент разрабатывают системы интервального регулирования движения поездов, базируясь на радиоканале (СИРДП-Е). Система уже полностью адаптировалась к используемым требованиями «пространства 1520». Обмен данными между поездом и центром радиоблокировки в указанной системе, осуществляется через принципиальную систему радиосвязи стандарта TETRA. При этом СИРДП-Е вполне может работать со всеми стандартами радиосвязи (GSM-R, DMR, TETRA, LTE).

Ниже мы подробнее рассмотрим разработки ООО «Bombardier Transportation Signal» и ОАО «НИИАС»:

Решить проблему реализации принципов координатного регулирования движения поездов, на основе радиоканала «подвижных» блок-участков возможно с помощью набора аппаратно-программных средств, построенных по определенной конструкции.

В реальности, для внедрения принципов координатного регулирования движения поездов, каждому поезду необходимо знать расстояние до хвоста состава, который идёт впереди.

Самый популярный способ интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала, является централизованная структура, с применением центра радио-блокировки (см. рис. 2).

Центр радио-блокировки может контролировать все поезда на участке и именно этим обеспечивать безопасный интервал попутного следования между поездами. Сбор информации о местоположении поездов, расчет разрешенной дистанции для проследования каждого поезда и отправка этой информации на бортовое оборудование локомотивов – является главным принципом работы центра радио-блокировки.

Когда поезда следуют до станции, им необходима дополнительная информация об установленных маршрутах, поэтому к центру радио-блокировки подключают системы МПЦ.

Рис. 2. Центр радиоблокировки и взаимодействие с другими подсистемами

Таким образом, из всего вышеперечисленного мы можем сделать вывод, что системы автоблокировки с «подвижными» блок-участками позволят нам уменьшить интервал попутного следования, обеспечив этим повышение пропускной способности, а также снижение эксплуатационных затрат.

Библиографический список

1. Журнал «Автоматика, связь, информатика». 2013, № 7. С. 8–9
2. Попов П.А. Совершенствование методов и алгоритмов управления в системах интервального регулирования движения поездов с использование радиоканала. СПб., 2014
3. Тарасов Е.М., Андрончев И.К., Тепляков В.Б., Тарасова А.Е. Исследование возможностей определения координаты поезда информацией отдельных признаков // Перспективные информационные технологии : сб. науч. тр. 2019. С. 505–508

В.Л. Незевак
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

В статье представлено одно из направлений применения систем накопления электроэнергии на тяговых подстанциях постоянного тока. Экономический эффект применения систем накопления электроэнергии обусловлен возможностью приема энергии рекуперативного торможения для последующего применения в системе собственных нужд постоянного и переменного тока для снижения потребляемой мощности через трансформаторы собственных нужд. Эффективность указанных проектов определяется рядом факторов, к которым относятся показатели нагрузки собственных нужд и избыточной энергии рекуперации на шинах тяговой подстанции. Применение данного решения на подстанции не требует выпрямительно-инверторного преобразователя для передачи энергии на шины переменного тока низшего и высшего напряжений подстанции (для питания электротяговой нагрузки сохраняется выпрямительный преобразователь) и обеспечивает прием рекуперации от электроподвижного состава.

Ключевые слова: тяговая подстанция, постоянный ток, система накопления электроэнергии, рекуперативное торможение, энергия рекуперации, система собственных нужд.

Развитие железнодорожного транспорта обусловливает поиск новых направлений повышения эффективности перевозочной работы, в том числе и в сфере энергетического хозяйства. Задачи по повышению пропускной и провозной способности и энергетической эффективности определяют основные направления развития систем тягового электроснабжения. На сегодняшний день разработан и используется перечень мероприятий для усиления систем тягового электроснабжения и повышения эффективности их работы. Одним из перспективных направлений в данной области является применение систем накопления электроэнергии, позволяющей решать различные актуальные задачи, стоящие перед системами тягового электроснабжения [1–4].

Применение систем накопления электроэнергии в энергетическом хозяйстве следует рассматривать в следующих основных областях [5–9]:

1) применение в границах межподстанционных зон с целью повышения пропускной и провозной способности участка железной дороги путем поддержания необходимого уровня напряжения в контактной сети;

2) применение на тяговых подстанциях с целью повышения нагрузочной способности силового оборудования;

3) применение в системах электроснабжения железнодорожных узлов и системах с распределенной генерацией;

4) применение на тяговых подстанциях с целью применения избыточной энергии рекуперации для собственных нужд.

В настоящее ОАО «РЖД» из указанных направлений применения систем накопления электроэнергии в энергетическом хозяйстве рассматривает два – применение систем в границах межподстанционных зон и на тяговых подстанциях для покрытия нагрузки собственных нужд.

Применение систем накопления электроэнергии на тяговых подстанциях для покрытия графика нагрузки собственных нужд ориентировано на участки железных дорог постоянного тока с высокой удельной рекуперацией. В качестве основных характеристик данных участков, на которых обращается электроподвижной состав, имеющий возможность применения рекуперативного торможения, можно привести следующие:

1) участки с горным профилем пути, обусловливающие применение рекуперативного торможения;

2) участки с расположенными на них станциями приема, отправления и формирования поездов, связанные с необходимость торможения и остановки электроподвижного состава;

3) участки с интенсивным городским или пригородным движениям мотор-вагонного подвижного состава с частой сменой циклов разгон-торможение-остановка.

Повышение эффективности применения рекуперативного торможения связано с обеспечением приемников энергии рекуперации. Реализация безусловного приема энергии рекуперации достигается путем применения выпрямительно-инверторных преобразователей на тяговых подстанциях постоянного тока. Принятая энергия рекуперации распределяется по присоединениям низшего напряжения подстанции и при ее избытке передается на уровень высшего напряжения. Эффективность указанного способа передачи энергии приемникам зависит от потерь электроэнергии на пути преобразования и распределения по присоединениям.

В тех случаях, когда мощность присоединений мала, а передача на уровень высшего напряжения подстанции по каким-либо причинам затруднена целесообразным является использовать энергию рекуперации для покрытия нагрузки потребителей собственных нужд как постоянного, так и переменного тока.

В состав приемников собственных нужд переменного тока тяговых подстанций входят: устройства электроотопления помещений, горячего водоснабжения, подогрева силового и коммутационного оборудования, систем вентиляции и кондиционирования, освещения и др. В состав приемников собственных нужд постоянного тока входя приемники, подключенные к системе оперативного постоянного тока, а также категорированные приемники переменного тока, подключенные к шинам постоянного тока через преобразователь.

Подключение системы накопления электроэнергии на тяговой подстанции выполняется к шинам 3,3 кВ через преобразователь П1 (см. Рисунок) для приема энергии рекуперации от электроподвижного состава (ЭПС) через контактную сеть (к.с).

Система накопления электроэнергии (СНЭ) при размещении на тяговой подстанции включает в себя накопитель электроэнергии (НЭЭ), выполненный на базе одного или двух видов накопителей, преобразователь П1 и преобразователь П2 для преобразования постоянного тока напряжением 110(220) В в переменный напряжением 0,4 кВ. Через преобразователь П2 обеспечивается передача мощности на шины переменного тока 0,4 кВ от трансформатора собственных нужд подстанции (ТСН), который подключен к шинам 6–35 кВ подстанции.

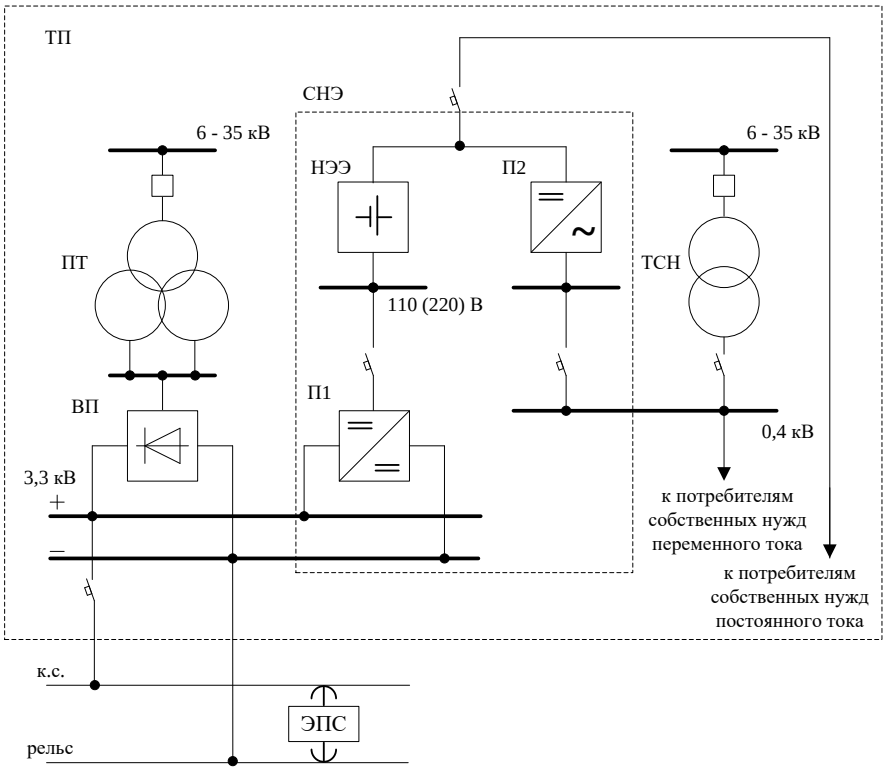

Рисунок. Схема подключения системы накопления электроэнергии для питания цепей собственных нужд подстанции

Размещение системы накопления электроэнергии позволяет без передачи энергии рекуперации на уровень напряжения 6–35 кВ обеспечить эффективный прием, хранение и передачу энергии в систему собственных нужд подстанции. В этом случае не требуется выпрямительно-преобразовательных агрегат, питание электротяговой нагрузки с шин 3,3 кВ обеспечивается посредством преобразовательного трансформатора (ПТ) и выпрямительного преобразователя (ВП).

Особенностью работы системы накопления электроэнергии на подстанции является непродолжительность зарядных режимов, обусловленная условиями применения рекуперативного торможения. В этом случае система накопления должна позволять за относительно короткий промежуток времени (1–10 мин) принять энергию рекуперации большой мощности и обеспечить передачу мощности в систему собственных нужд, мощность которых, как правило, находится в диапазоне 250–400 кВт. Интенсивность рекуперативного торможения и продолжительность эпизодов определяются графиком движения поездов и состоянием схемы питания и секционирования контактной сети [10].

Экономический эффект применения систем накопления электроэнергии для питания потребителей собственных нужд тяговых подстанций постоянного тока основан на сокращении потребления электроэнергии ТСН. При достаточном уровне избыточной энергии рекуперации решение позволяет перейти к питанию через ТСН только в случаях резервирования питания.

При определении технических требования к системе накопления электроэнергии необходимо оценить интенсивность рекуперации, определить график электрической нагрузки собственных нужд и возможность устойчивой работы накопителя электроэнергии. В частном случае для тяговых подстанций постоянного тока можно определить только примерные целевые параметры системы накопления. Например, при мощности трансформаторов собственных нужд 250 кВ·А и условии полного резервирования его системой накопления необходима соответствующая мощность. Максимальный объем энергии за сутки для данного трансформатора составляет 6000 кВт·ч, что позволяет оценить максимальную энергоемкость системы. Однако, следует учитывать, что график электрической нагрузки собственных нужд является неравномерным, что при данном подходе может привести к избыточной мощности и энергоемкости и существенно увеличить срок окупаемости проекта или сделать его нецелесообразным.

Библиографический список

1. Electric energy storage units applicability assessment of different kinds in the conditions of Moscow central ring / Nezevak V., Cheremisin V., Shatokhin A. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 1115 AISC. С. 42–51

2. Assessment of energy intensity of the drive for traction power supply system / Nezevak V., Cheremisin V., Shatokhin A. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 982. С. 524–538

3. Характеристика тяговой нагрузки для определения параметров накопителя электрической энергии / В.Л. Незевак, А.П. Шатохин // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 2 (75). С. 84–94

4. Применение накопителей электроэнергии в системе тягового электроснабжения с целью повышения пропускной способности на лимитирующих участках / В.Л. Незевак, С.С. Самолинов // Транспорт Урала. 2020. № 1 (64). С. 104–109

5. Оценка влияния пакетной организации движения на объем электроэнергии на тягу на участках постоянного тока с I типом профиля / В.Т. Черемисин, В.Л. Незевак, С.С. Саркенов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 3 (55). С. 135–144

6. Мониторинг выполнения норм удельной рекуперации в границах произвольной зоны мониторинга участка постоянного тока / В.Л. Незевак, А.П. Шатохин // Известия Транссиба. 2015. № 2 (22). С. 87–96

7. Оценка эффективности параллельной работы выпрямительных преобразователей тяговых подстанций на основе данных измерительных систем / А.А. Комяков, В.В. Эрбес, В.Л. Незевак // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 2 (46). С. 137–143

8. Основные зависимости изменения объема электроэнергии от параметров графика движения поездов на участках постоянного тока с i-м типом профиля / В.Л. Незевак // Известия Транссиба. 2017. № 2 (30). С. 87–99

9. Перспективы применения систем накопления электроэнергии на Московском центральном кольце / В.Т. Черемисин, В.Л. Незевак // Бюллетень результатов научных исследований. 2020. № 2. С. 33–44

10. Моделирование режимов нагрузки на шинах постов секционирования при работе в системе тягового электроснабжения накопителей электроэнергии / В.Л. Незевак // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (68). С. 159–170

А.А. Платоненко, Д.И. Пшеничникова,
В.О. Колмаков, О.В. Колмаков
Красноярский институт железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСЕТИ КАК НОВЫЙ ВИД СБЕРЕЖЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

В статье говорится о новой системе потребления электроэнергии, с помощью которой можно повысить эффективность, экономическую выгоду, надежность, экологичность, устойчивость распределения энергии. Доказана важность внедрения интеллектуальных сетей для жизненной необходимости.

Ключевые слова: электричество, интеллектуальные сети, новая система, электроэнергия, технологии, экология, окружающая среда, электрическое оборудование.

Электричество является самой универсальной и широкомасштабной формой энергии в мире. В наше время в мире более пяти миллиардов людей имеют доступ к электрической энергии, и этот показатель растёт.

В Единой энергетической системе России потребление электроэнергии в 2019 году составило 1 059,4 млрд. кВтч, а в 2018 году фактическое потребление электроэнергии составило 1 055,6 млрд. кВтч (рост 0,36 %), что больше 2017 года на 15,7 млрд. кВтч (рост 1,51 %). Относительно реального объема потребления электроэнергии в 2016 году увеличение составило 28,7 млрд. кВтч (рост 2,8 %).

Динамика потребления электроэнергии в ЕЭС России по месяцам 2019 года в сравнении с 2018, 2017 и 2016 годами представлена на Рисунке.

Из графика видно, что потребление электроэнергии увеличивается с каждым годом. В то же время, многие энергопередающие и распределительные компании сталкиваются с серьезными проблемами.

К ним относятся – стареющая инфраструктура сети, увеличивающиеся максимальные нагрузки, массовое распространение новых технологий генерации электроэнергии, а также необходимость приоритетной замены активов, совершенствование качества сервиса для клиентов, модернизация сети, поддержание постоянно высокого уровня надежности сети. Такие проблемы можно решить благодаря внедрению в энергосистему интеллектуальных электросетей (Smart Grid).

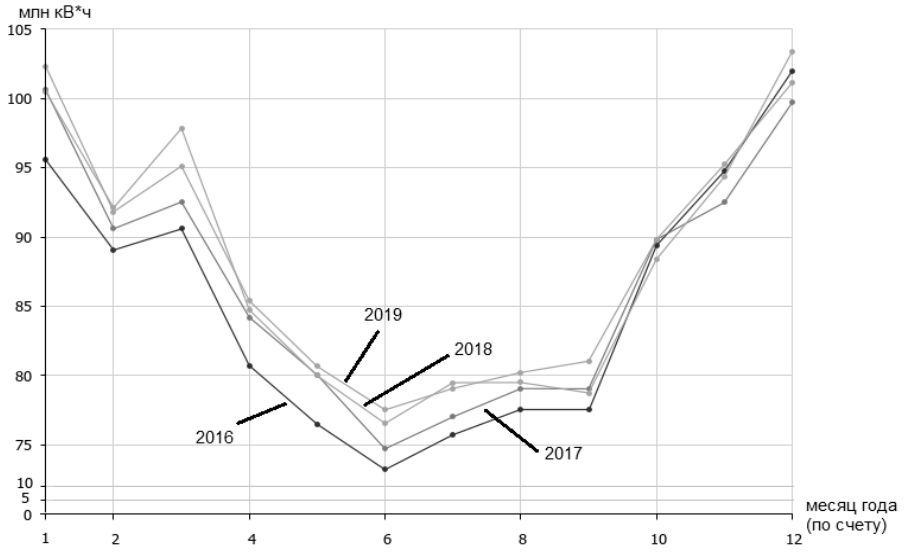

Рисунок. Динамика потребления электроэнергии в ЕЭС России по месяцам 2016–2019 г.

Инновационная технология решает некоторые основные задачи: самой главной, из которых является экологичность, она заключается в использовании только новых ресурсов в процессе производства электричества. Кроме этого, немаловажными задачами являются и такие, как: снижение расходов на производство и передачу энергии, обеспечение потребителей достаточным количеством электроэнергии высочайшего уровня, оперативное реагирование на всевозможные конфигурации в сети.

Интеллектуальная электросеть – это новая система взглядов на роль технологий в обновлении энергетической инфраструктуры, в переосмыслении нашей ответственности как потребителей энергии и, в конечном итоге, в деле сбережения экологии и жизненно необходимых энергоресурсов.

Интеллектуальная электросеть подразделяется на четыре технологии:

1. Нижний, или физический, уровень, где происходит преобразование, передача, накопление и потребление энергии, подобен мускулам в человеческом теле;

2. Так называемыми сенсорными и моторными нервами на уровне приводов и датчиков происходит восприятие окружающего пространства и управление мускулами;

3. Передача сенсорно-моторных сигналов осуществляется «нервами» на уровне связи;

4. Верхнему уровню, уровню принятия решений, аналогичен мозг человека. Уровень принятия решений состоит из всех компьютерных программ, работающих в реле, интеллектуального электронного устройства (IED), системы автоматики подстанции, центра управления или вспомогательного отдела предприятия.

Взаимодействие и безопасность играют весомую роль в обеспечении повсеместной связи между системами разных сред и топологий, а также в поддержке оперативного подключения устройств, которые не могут конфигурироваться автоматически при подключении к сети.

Система буквально всецело ликвидирует потери энергии, в режиме on-line автоматически приостанавливая подачу электричества на данный участок сети, это же касается и нерадивых потребителей (неплательщиков), они будут обнаружены мгновенно. Нет надобности в дополнительных генераторах, которые будут обеспечивать потребителей электроэнергией в случае аварий, потому что единая система имеет возможность между всеми объектами цепи эффективно перераспределять энергию, а способность к самовосстановлению делает ее еще более эргономичной. Так же не менее важным достоинством является возможность

активного участия в работе сети потребителей. Smart Grid «сообщит» более экономичные пути применения электричества, к примеру, запуск посудомоечных и стиральных машин выгоднее производить тогда, когда электричество используется меньше и киловатт стоит дешевле, т.е. в ночное время. Многие эксперты считают, что именно внедрение технологии Smart Grid подтолкнет потребителей к выбору электрокаров, пришедших на замену автомобилям, использующим газ и бензин, что явно, более экологично. Если говорить об экологичности выработки электричества, то Smart Grid вырабатывает её, за счет возобновляемых источников энергии, используя в своих технологиях в основном энергию ветра и солнечные батареи.

В России под интеллектуальной сетью понимается комплекс электрического оборудования (воздушные линии передачи, трансформаторы, выключатели и т.д.), подключенный к генерирующим источникам и потребителям. В то же время используются новые принципы, технологии передачи и управления процессом. Так, ожидается объединение электрических сетей, потребителей и производителей электроэнергии в одну автоматизированную систему. В будущем, система с активно-адаптивной сетью будет обладать такими главными качествами как: самодиагностика и самовосстановление. В автоматическом режиме она способна обнаружить даже самые «слабые» участки сети и для предотвращения возникновения технологических нарушений изменять ее работу. На случай нештатных ситуаций в энергосистеме «умные» электросети позволят резервировать мощности, и, накапливая излишки электроэнергии, применять их в часы максимальных нагрузок.

Подводя итог, хочется сказать, что внедрение и разработка интеллектуальных сетей в нашу жизнь – это не простое верное решение, а интересный комплекс из уже существующих и новейших технологий, работающих совместно.

Увеличение эффективности производства, транспортировки и потребления энергии; повышение надежности и экономичности эксплуатации; интеграция возобновляемой энергии и увеличение финансовой эффективности на счет электроэнергетических рынков и участия потребителей, всего этого можно добиться при верной реализации технологий Smart Grid.

Помимо вышесказанного, в концепциях интеллектуальных сетей прослеживается ещё один довольно значимый и положительный момент: интеллектуальные сети являются катализатором экономического подъёма. Осуществление положений предоставленной концепции будет подразумевать развитие инновационных технологий и расширение масштабов производства высокоинтеллектуальной продукции.

Библиографический список

1. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. Качество электроэнергии в системах светодиодного освещения. В сборнике : Электроэнергия : от получения и распределения до эффективного использования. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2012. С. 87–90

2. Колмаков В.О. Схемотехническое обеспечение качества электрической энергии в сетях с нелинейными электроприемниками массового применения : дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2014

3. Петров М.Н., Колмаков О.В., Колмаков В.О., Орленко А.И. Мониторинг состояния тяговых трансформаторов на основе тензорного анализа. В сборнике : Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава. Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 263–269

4. Kolmakov V.O., Kolmakov O.V., Iljin E.S., Ratushnyak V.S. Analysis of dynamic characteristics of frequency-dependent links. В сборнике : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 012–026

5. Колмаков В.О., Колмакова Н.Р. Энергосберегающее оборудование и электромагнитная совместимость. В сборнике : Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. 2018. С. 46–53

6. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. Электромагнитная совместимость и энергосберегающее оборудование. Энергетик. 2012. № 11. С. 47–49

7. Орленко А.И., Петров М.Н., Колмаков В.О., Колмаков О.В. Анализ состояния силовых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской железной дороги : науч. издание / под ред. проф. М.Н. Петрова. Красноярск, 2020. 119 с.

А.В. Пультяков, А.В. Шейкин, Ю.А. Сивакова
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

О ПРИМЕНЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ В УСТРОЙСТВАХ СЦБ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА

Широкое внедрение систем автоматизации контроля и управления различными технологическими процессами, которое обусловлено развитием интернета вещей и технологии «умный дом» делает актуальной задачу контроля параметров устройств СЦБ с построением системы удаленного контроля посредством мобильного интернета. В данной статье рассматриваются вопросы построения системы удаленного контроля напряжения устройств СЦБ на примере контроля напряжения в релейном шкафу сигнальной установки кодовой автоблокировки и выбора промышленного микроконтроллера, который бы, безусловно, обеспечивал надежную и безотказную работу. Рассмотрены микроконтроллеры Wiren Board 6, ЦЕНСОР УСИ-8EG и SNR ERD PROject 2.

Ключевые слова: устройства сигнализации, централизации и блокировки, контроль напряжения, микроконтроллер, мобильный интернет.

Устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) среди всего комплекса устройств и систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи непосредственно обеспечивают безопасность и бесперебойность движения поездов и маневровой работы на железнодорожном транспорте [1]. Техническая эксплуатация устройств СЦБ носит планово-предупредительный характер по отношению к их возможным отказам, что влечёт за собой значительные эксплуатационные затраты [2].

Вопросам совершенствования системы технической эксплуатации устройств СЦБ за счёт изменения технологии и научно-обоснованного увеличения периодичности технического обслуживания и ремонта территориально-рассредоточенных устройств СЦБ посвящен ряд работ [3, 4, 5].

В данной работе рассматривается возможность сокращения эксплуатационных расходов при технической эксплуатации устройств СЦБ за счёт внедрения системы удаленного контроля напряжения устройств СЦБ, которая позволит значительно сократить время на измерение и анализ полученных данных о контроле напряжения; сократить время, за-

трачиваемое на расследование причин сбоев и отказов; уменьшить количество отказов по причине влияния человеческого фактора из-за неправильных действий персонала и позволит производить непрерывный мониторинг напряжения в контрольных точках.

Данное направление развивается достаточно быстро и имеет широкое внедрение, которое обусловлено развитием систем автоматизации, интернета вещей и технологии «умный дом». Для устройств СЦБ подобные задачи решались в работах многих авторов, в том числе [6, 7, 8, 9].

Проведённый анализ различных микроконтроллеров, предназначенных для промышленной автоматизации, мониторинга и комплексного технологического контроля состояния устройств, с безусловным обеспечением надежной и безотказной работы, показал возможность использовать для решения задачи удаленного контроля напряжения устройств СЦБ, посредством мобильного интернета трёх микроконтроллеров – Wiren Board 6, ЦЕНСОР УСИ-8EG и SNR ERD PROject 2. Внешний вид указанных микроконтроллеров представлен на рис. 1.

а) б) в)

Рис. 1. Внешний вид рассматриваемых микроконтроллеров:
а) Wiren Board 6; б) ЦЕНСОР УСИ-8EG; в) SNR ERD PROject-2

Сравнительные технические характеристики выбранных микроконтроллеров представлены в табл. 1.

Из Таблицы видно, что каждый контролер имеет широкие технические возможности как по контролю непосредственно напряжения, так и например, по контролю температуры окружающей среды. Габаритные размеры контролеров почти идентичны, при этом крепление контроллеров Wiren Board 6 и ЦЕНСОР УСИ-8EG, а также дополнительных модулей для них осуществляется с помощью DIN-рейки.

Таблица

Технические характеристики микроконтроллеров

Параметр	Wiren Board 6	ЦЕНСОР УСИ-8EG	SNR ERD PROject-2
Производитель	Россия Wiren Board	Россия ООО НПЦ «Компьютерные технологии»	Китай SNR
Аналоговые входы	=0…+28 В (x4) =-50…+50 В (x6) ~0…265 В (x3)	~40...270 В (x3) =5…72 В (x4)	~10…250 В (x1) =0..75 В (x2+5(SNR-ADC-EXPANDER))
Дискретные входы	16	5…72В (x8)	6
Термодатчиков	10-20	1	10
Напряжение питания, В	=9…48	=12	=9…48
Встроенная память	4 Гб + micro SD	Отсутствует	Отсутствует
Габаритные размеры, мм	106.25x90.2x57.5	90x70x65	50x105x135
Рабочая температура, ˚С	-40…+85	0...+40	-40…+50
Рабочая влажность	90%	85%	85 % при 25 °С
Вес, грамм	800	200	800
Примерная цена, руб.	16 100	15 000	13 000
Автономная работа	min 1 час при max загрузке	Нет	Есть
Связь с телефоном	SMS, Web, Wi-Fi	Web	SMS, Web
Подключение к ПК	Ethernet, Web, Wi-Fi	Ethernet	Ethernet, Web

Главным определяющим параметром при выборе контроллера для применения в разрабатываемой системе служило наличие необходимого количества аналоговых входов для обеспечения возможности измерения напряжения в нескольких контрольных точках, отличающегося по уровню измеряемого напряжения и роду тока.

Наиболее подходящим оказался контроллер Wiren Board 6 Российского производства одноименной компании Wiren Board [10]. У него «с запасом» имеются вольтметры, которые можно использовать для измерения и контроля напряжения в различных устройствах, например, в релейном шкафу сигнальной установки кодовой автоблокировки [8].

Если использовать контроллер ЦЕНСОР УСИ-8EG [11], также российского производства, то для обхвата всех измеряемых полюсов питания в том же релейном шкафу автоблокировки необходимо 2 таких контролера. При использовании китайского контроллера SNR ERD PROject-2 [12] при условии использования дополнительного модуля SNR ADC EXPANDER, возможно контролировать все полюса питания в

релейном шкафу автоблокировки, кроме резервного питания от резервной питающей линии.

Температурный диапазон работы контроллера Wiren Board 6 позволяет устанавливать его в неотапливаемых помещениях и использовать без дополнительного охлаждения летом и обогрева зимой. У него возможна установка датчиков задымления, и многих других датчиков, есть дополнительная возможность подключиться через Wi-Fi, устанавливаются 2 sim-карты (основная и резервная), так же есть возможность установить GPS/Глонасс-модуль, есть батарея, которая позволяет работать контролеру автономно (дополнительная опция). Каждый из производителей этих контролеров может персонально доработать функциональные возможности под индивидуальные требования заказчика.

Благодаря большому количеству слотов к Wiren Board 6 можно подключить различные модули. Например, модуль WBIO-AI-DV-12 позволяет увеличить количество вольтметров, а модуль WBIO-DI-WD-14 предназначен для ввода дискретных сигналов и может проверять состояние реле, дверей шкафа, а также целостность предохранителей. Встроенная память в Wiren Board 6 позволяет сохранять последние результаты измерений и отдельные события.

С помощью дополнительных модулей можно производить измерение температуры, влажности, освещенности, уровня шума, концентрации CO2 и летучих органических соединений, а также контролировать факт движения. Кроме этого, при использовании специальных модулей можно производить управление низковольтной нагрузкой – реле, низковольтными моторами, сигнальными лампами, а также производить регулировку выходного напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 10 В.

Связь с контролерами осуществляется через SMS-оповещение, телефонный звонок, беспроводное соединение Wi-Fi, проводное соединение Ethernet, WEB-сайт или мобильное приложение. В настоящее время интенсивно развивается сервис предоставления платных услуг на удалённых серверах для осуществления мониторинга и удобной визуализации поступаемых результатов.

Структурная схема системы удаленного контроля напряжения устройств СЦБ на примере контроля напряжения в релейном шкафу сигнальной установки кодовой автоблокировки, посредством мобильного интернета на базе микроконтроллера Wiren Board 6 представлена на рис. 2.

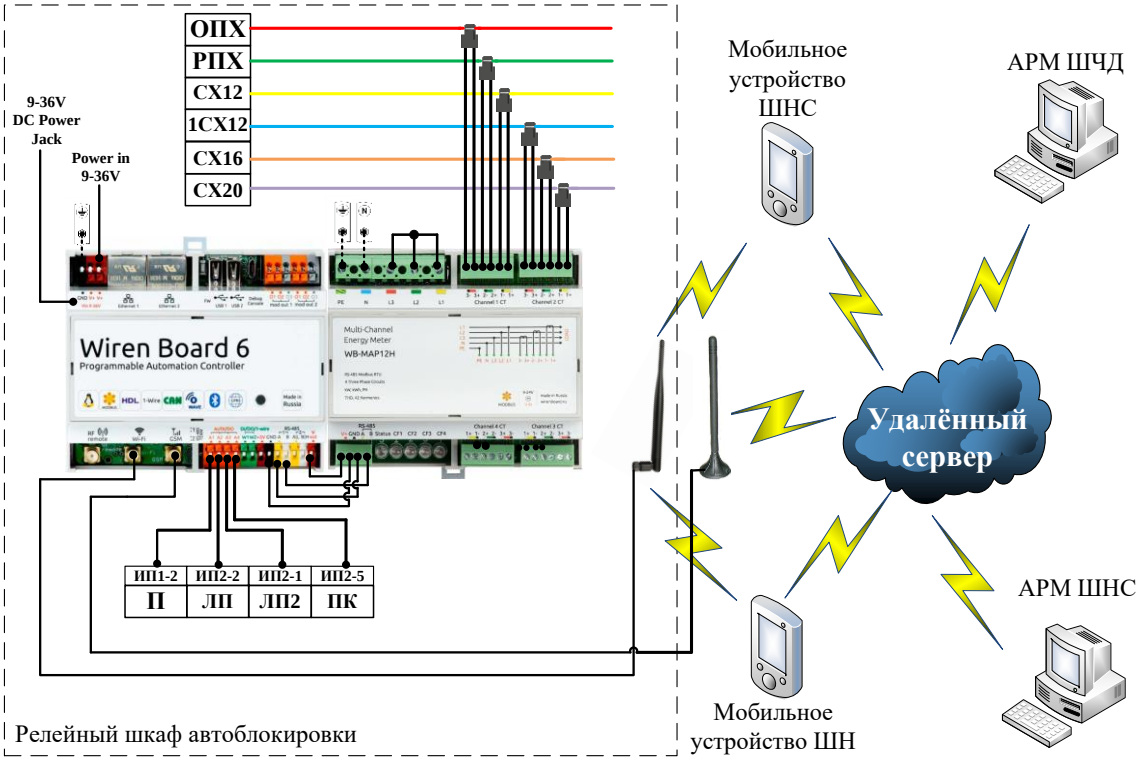

Рис. 2. Структурная схема системы удаленного контроля напряжения устройств кодовой автоблокировки на базе микроконтроллера Wiren Board 6

Разработанная система позволяет обеспечить непрерывный контроль напряжения с передачей измеренных значений в онлайн режиме напрямую на мобильное устройство электромеханика, отвечающего за содержание контролируемых устройств, с отображением получаемых данных в цвете, например, при номинальном напряжении зелёным цветом, при предотказном состоянии – жёлтым, а при отказе – красным. В мобильном приложении можно настроить PUSH-уведомления о снижении напряжения до предотказного уровня.

Внедрение данной системы удаленного контроля напряжения при подведении нормативной базы позволит исключить «ручные» и трудоемкие периодические контрольные измерения в тех устройствах, где отсутствуют системы удаленного мониторинга устройств СЦБ. Это поспособствует повышению надежности работы и снижению затрат на техническую эксплуатацию устройств СЦБ.

Библиографический список

1. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : в 2 ч. / А.В. Горелик, Д.В. Шалягин, Ю.Г. Боровков, В.Е. Митрохин

[и др.]; под ред. А.В. Горелика. М. : ФГБОУ «УМЦ по обр. на ж.-д. трансп.», 2012. 477 с.

2. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Вл.В. Сапожников, Л.И. Борисенко, А.А. Прокофьев, А.И. Каменев / под ред. Вл.В. Сапожникова. М. : Маршрут, 2003. 336 с.

3. Бушуев С.В., Ускова М.Л. Жизненный цикл устройств ЖАТ и оптимизация его стоимости // Инновационный транспорт. 2013, № 2(8). С. 15–20

4. Володарский В.А. Оптимизация технического содержания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики при неопределенности исходной информации // Автоматика на транспорте. 2020. Т. 6. № 1. С. 7–24

5. Шаманов В.И. Совершенствование системы технического обслуживания устройств автоматики / В.И. Шаманов, А.В. Пультяков // Автоматика, связь, информатика. 2008, № 12. С. 13–15

6. Сети передачи данных для мониторинга объектов инфраструктуры / Г.Ф. Насонов, Г.В. Осадчий, Д.В. Ефанов, Д.В. Седых // Автоматика, связь, информатика. 2017, № 2. С. 5–8

7. Пультяков А.В. Организация передачи и вывода данных удаленного контроля параметров устройств СЦБ [Электронный ресурс] / А.В. Пультяков, Ю.А. Сивакова // Молодая наука Сибири : электрон. науч. журн. 2020, № 3. Режим доступа : http://mnv.irgups.ru/toma/39-20, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 18.10.2020)

8. Пультяков А.В., Шейкин А.В., Медведев С.М. Удалённый контроль напряжения электропитания на сигнальных установках автоблокировки [Электронный ресурс] / А.В. Пультяков, А.В. Шейкин, С.М. Медведев // Молодая наука Сибири : электрон. науч. журн. 2019, № 1. Режим доступа : http://mnv.irgups.ru/toma/13-2019, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 18.10.2020)

9. Гришечко С.В. Организация передачи данных о качестве питающих напряжений перегонных устройств ЖАТ / С.В. Гришечко, С.А. Лунев, М.М. Соколов // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте : мат-лы научн. конф. Омск : ОмГУПС, 2019. С. 248–252

10. Wiren Board 6. Универсальный контроллер для автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://wirenboard.com/ru/product/wiren-board-6, свободный – (18.10.2020)

11. УСИ-8EG. Устройство сбора информации [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.censor-m.ru/product/usi-8eg-ustroystvo-sbora-informatsii, свободный – (18.10.2020)

12. SNR-ERD-PROject-2 – устройство удалённого контроля и управления [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://plcontroller.ru/product/ustrojstvo-udalyonnogo-kontrolya-i-upr, свободный – (18.10.2020)

В.А. Савватеев
Забайкальская дирекция по энергообеспечению – СП «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД», г. Борзя, Россия

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

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ USB ОСЦИЛЛОГРАФОВ ДЛЯ ON-LINE РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФОРМЫ КРИВЫХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ С УСТРОЙСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЦЗА-27,5-ФТС

В статье рассмотрены недостатки эксплуатируемых систем микропроцессорных защит фидеров контактной сети ЦЗА-27,5-ФТС в части отсутствия визуализации осциллограмм токов и напряжений, протекающих в контактной сети в нормальном и предаварийном режимах работы СТЭ участка. Предложен способ получения, записи и обработки данной информации, получаемой в on-line режиме с помощью использования современных USB осциллографов и соответствующего программного обеспечения. Полученная таким образом информация может в дальнейшем использоваться для анализа и оценки аварийных режимов, приходящихся на долю пусковых и переходных токов, а, следовательно, и для возможного снижения числа ложных срабатываний устройств релейной защиты.

Ключевые слова: микропроцессорная защита, фидер контактной сети, ЦЗА-27,5-ФТС, МДТН, пусковые токи, USB осциллограф, аварийный режим, ложное срабатывание, осциллограмма, график движения поездов, on-line режим.

Авторами ранее [1, 2, 3] уже были освещены основные недостатки в работе и эксплуатации микропроцессорной релейной защиты ЦЗА-27,5-ФКС (ФТС), применяемой на ряде тяговых подстанций ЗабЖД, в части получения дополнительной информации о характере изменения формы кривой тока и напряжения, протекающих в контактной (тяговой) сети при нормальном и предаварийном режиме работы СТЭ участка в режиме реального времени.

Под предаварийным режимом для устройств релейной защиты понимают следующие переходные процессы: начало трогания тяжеловесного и длинносоставного поезда, движение таких поездов по переломным элементам профиля пути, смена режимов работы тяговых двигателей электровоза, наличие рекуперации и т.д.

Также в [2, 3] была рассмотрена возможность организации мониторинга и записи информации о пусковых и переходных токах, протекающих в тяговой сети в on-line режиме с помощью предварительно модернизированных типовых плат микропроцессорной защиты ЦЗА-27,5-ФТС (модуля датчиков тока и напряжения (МДТН)) и подключаемых к ним электронных цифровых осциллографов марки Tektronix TBS 1052B. Однако к сложности такого метода следует отнести тот факт, что для подключения модернизированных плат МДТН к ЦЗА-27,5-ФТС требуется сначала произвести незапланированное оперативное отключение фидера контактной сети, затем замену эксплуатируемых плат на предлагаемые и снова ввести в работу указанный фидер, повторно изменив схему питания и секционирования контактной (тяговой) сети участка. По окончании записи регистрируемых параметров все указанные выше операции нужно производить повторно.

Обработку полученной информации планировалось производить в специализированном программном обеспечении «TekScope Anywhere™», стоимость которого на текущий момент составляет около тысячи долларов. Кроме этого, при анализе и обработке осциллограмм, возникли бы проблемы с подбором масштабных коэффициентов.

Полученные осциллограммы предполагалось использовать в качестве исходных данных при отладке и компиляции имитационной модели обучаемого микропроцессорного устройства дистанционной защиты фидеров контактной сети с элементами адаптивной параметрической идентификации, разрабатываемой в среде Matlab.

Проведя массовый анализ среди современных микроэлектронных регистрирующих приборов для решения задачи в рамках внутреннего гранта ЗабИЖТ, были приобретены два электронных USB осциллографа марки Hantek (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид и комплектация USB осциллографа марки Hantek (прибор, USB кабель, диск с ПО, щупы с переключателем 1: 10/1:100, зажимы-крокодилы с BNC соединением, BNC кабель)

К преимуществам использования осциллографов данной серии и марки следует отнести [4]: наличие четырех рабочих каналов с чувствительностью от 2 мВ/дел; интерфейс USB 2.0, не требующий внешнего питания; возможность работы в ОС: Windows 7, 8, 10; эмуляцию электронного люминофора; возможность математического сложения, вычитания, умножения, деления, X-Y графика и 23 функции измерения; сохранение сигнала в несколько форматов: текстовый, jpg/bmp, MS Excel/Word file; прилагаемое на CD диске программное обеспечение (рис. 2).

В качестве недостатков, выявившихся в процессе натурных испытаний, следует отметить невозможность использования оригинальных щупов T3100 при их подключении к вторичным цепям трансформаторов тока и напряжения релейной защиты вследствие ограничения напряжения на входах измерительных приборов, а также тот факт, что время записи и объем записываемых данных ограничен объемом жесткого диска ноутбука или стационарного компьютера, поскольку данный осциллограф не имеет собственной внутренней памяти.

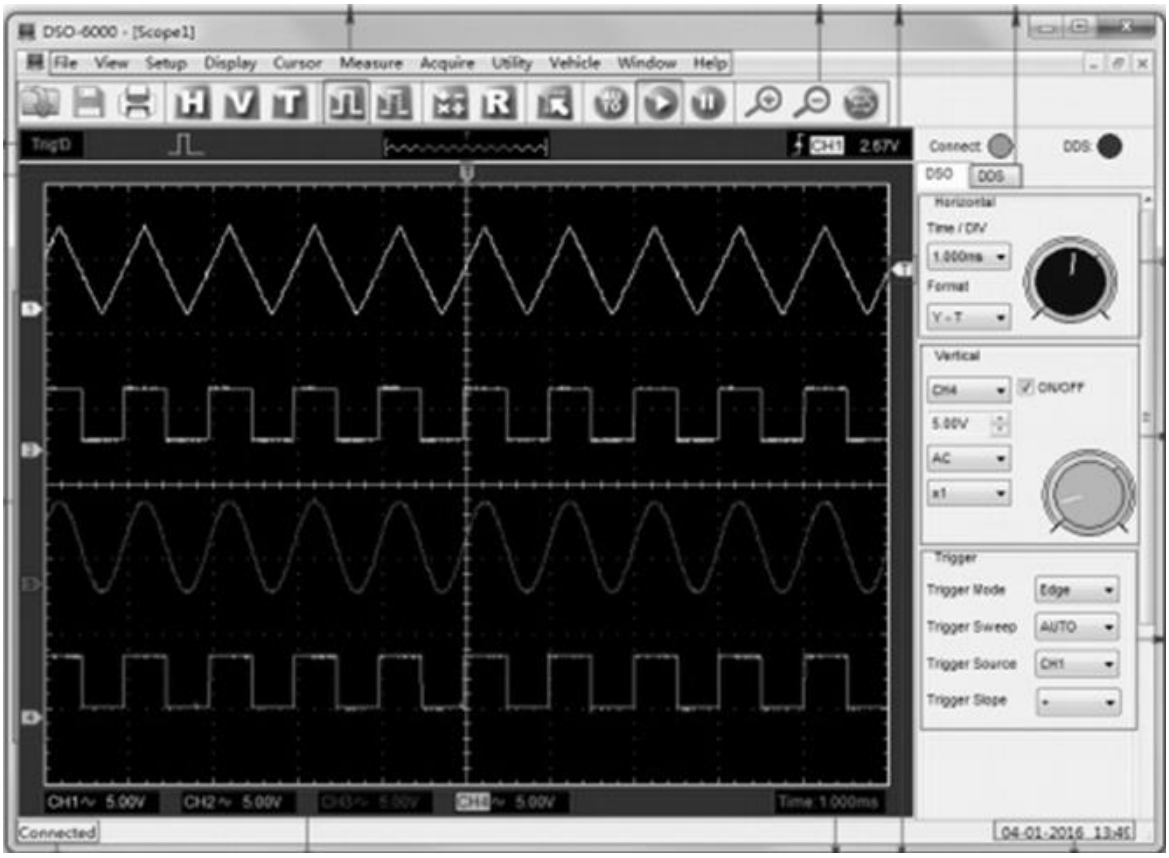

Рис. 2. Интерфейс программного обеспечения Hantek-6000 ver. 2.2.5

В процессе дальнейших экспериментов было решено в качестве связующего звена между объектом измерения и устройством измерения использовать токоизмерительные клещи-приставку к мультиметру для измерения переменного тока бесконтактным способом MS3302, имеющие следующие характеристики: диапазон переменного тока – 0,1 А…600 А; выходное напряжение на пределе 10 мВ/А – 1 мВ/0,1 А, на пределе 1 мВ/А – 1 мВ/1 А; тип датчика – индукционная катушка трансформатор переменного тока; диаметр раскрытия клещей – 28 мм. Работает без питания, диапазон рабочих температур – 0 °С...+50 °С (рис. 3).

Первоначальные практические натурные эксперименты проводились на лабораторном оборудовании кафедры (рис. 4). В результате был получен устойчивый сигнал изменения формы кривой тока нагрузки, опробованы режимы мониторинга, записи и последующей обработки снимаемого массива информации (рис. 5).

Рис. 3. Внешний вид токоизмерительных клещей-приставки MS3302

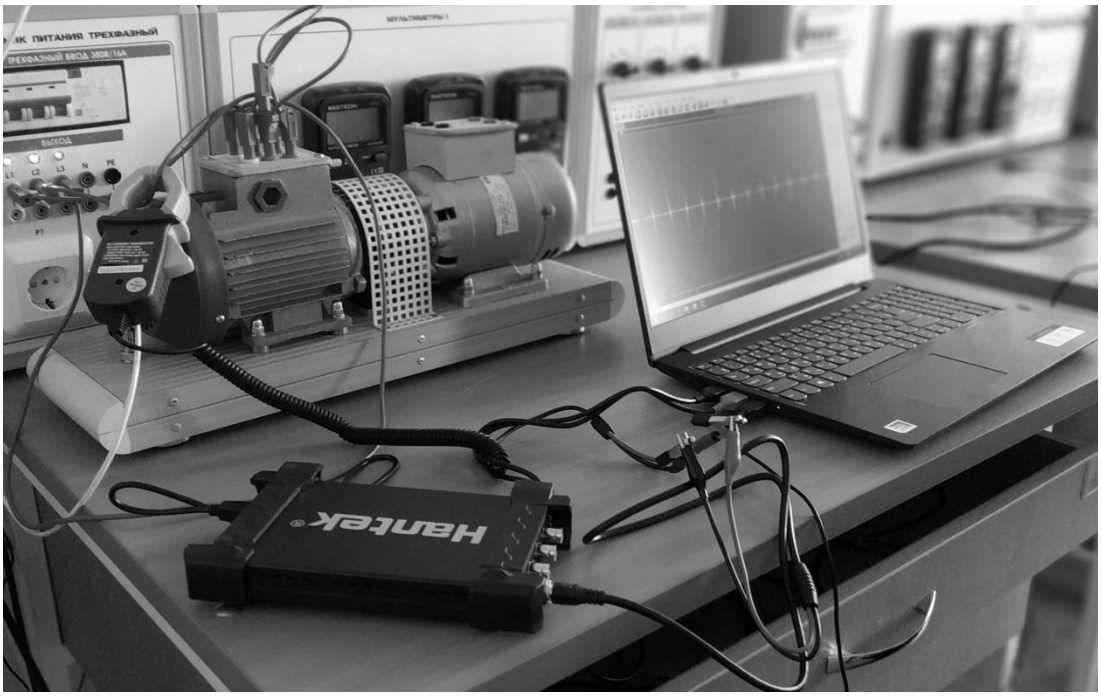

Рис. 4. Постановка натурного эксперимента в учебной лаборатории (режим отладки совместной работы устройств)

Предварительные испытания, проведенные в лабораторных условиях, подтвердили правильность выбора и сочетания измерительных приборов, а также предлагаемой методики измерений для решения указанных выше задач.

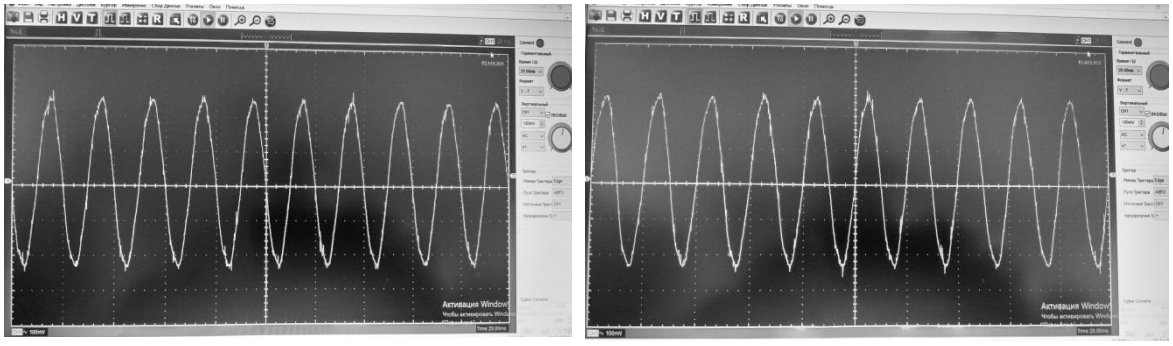

Рис. 5. Фрагменты записи осциллограмм изменения кривой тока в разные моменты времени

В ближайшее время данную методику планируется опробовать при проведении суточных замеров и записи электрических параметров с действующего блока ЦЗА-27,5-ФТС на примере наиболее загруженного фидера контактной сети ТП Борзя. В режиме реального времени также становится возможным вести непрерывный мониторинг осциллограмм с МДТН, что позволит провести развернутый анализ с дальнейшей привязкой к графику движения поездов и фиксацией моментов ложных срабатываний, приходящихся на пусковые и переходные токи, протекающих в контактной (тяговой) сети.

Библиографический список

1. АСУ ЦЗА ФТС. fcLabe 15 v 5.1.1. Инструкция по работе с программой АСУ-ФКС2. ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» 03.04.2012 г. СПб. 14 с.

2. Савватеев В.А., Востриков М.В., Титова Е.А.. Альтернативный способ снятия информации о пусковых и переходных токах, протекающих в тяговой сети, с микропроцессорной релейной защитой ЦЗА-27,5-ФТС // ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2019. Т. 1. С. 221–226

3. Востриков М.В., Титова Е.А. Возможность мониторинга информации о пусковых и переходных токах в контактной сети с привязкой в on-line режиме к графику движения поездов для снижения числа ложных срабатываний микропроцессорной релейной защиты ЦЗА-27,5-ФТС // «МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА» : материалы XXIV Всероссийской студенческой научно-практической конференции, май 2020 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2020. (в печати)

4. Hantek 6000BC/BD/6074BE. Цифровой осциллограф. Руководство пользователя V1.0.0. 2016. 82 с.

Р.С. Трифонов, С.А. Филиппов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Д.Ю. Янкин
Забайкальская дирекция по энергообеспечению –
структурное подразделение «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД»
г. Чита, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ТОКА ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПРИ ПРОПУСКЕ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССЫ

В статье исследуется распределение значений тока фидеров контактной сети при пропуске поездов повышенной массы на основе экспериментальных замеров, проведенных на тяговых подстанциях «Сохондо» и «Чита-1» Забайкальской железной дороги. Основной целью исследования является определение фактического распределения значений тока с целью дальнейшего использования полученных данных при решении задачи повышения селективности, надежности и быстродействия дистанционной защиты фидеров контактной сети.

Ключевые слова: ток фидера, поезда повышенной массы, дистанционная защита фидеров контактной сети, система тягового электроснабжения.

Ввиду своего географического положения Забайкальская железная дорога является транзитной дорогой по передачи грузов на Дальний восток, а также ключевым опорным пунктом для поддержания и развития торгово-экономических отношений с Китайской народной республикой. Развитие этих отношений привело к тому, что на протяжении последнего десятилетия происходит интенсификация грузооборота между нашими странами, выражающаяся в том числе в увеличении массы составов поездов и сокращении межпоездного интервала.

Данные обстоятельства привели к тому, что на регулярной основе стали оборачиваться сдвоенные поезда повышенной массы 12 000 тонн. Это в свою очередь имело значительное влияние на показатели надежности системы тягового электроснабжения (СТЭ), в том числе на работу релейной защиты. Данное утверждение можно проиллюстрировать анализом количества отключений за 2018 и 2019 годы по Забайкальской железной дороге, представленных на рис. 1 и 2.

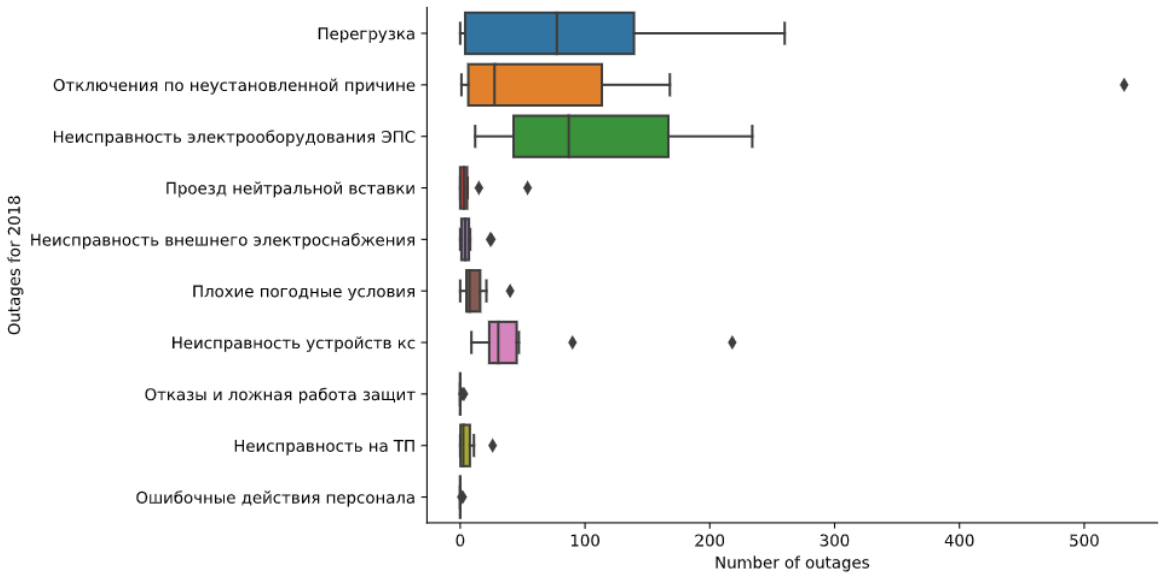

Рис. 1. Статистика отключений релейной защиты на Забайкальской железной дороге за 2018 год

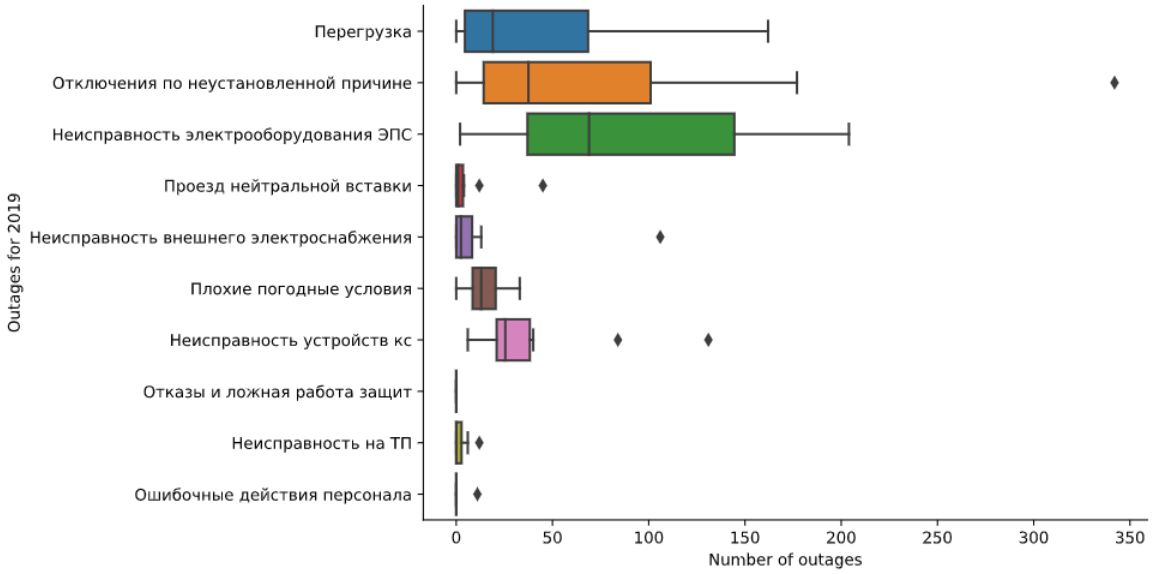

Рис. 2. Статистика отключений релейной защиты на Забайкальской железной дороге за 2019 год

На рис. 1 и 2 представлено суммарное количество срабатываний защит фидеров контактной сети по видам отключений для всех дистанций электроснабжения Забайкальской железной дороги. Анализ диа-

грамм показывает, что наибольшее количество срабатываний защит наблюдается по следующим видам отключений:

- неустановленная причина;
- неисправность электрооборудования ЭПС;
- перегрузка.

С целью более детального анализа причин в период с 2020-09-08 04:22:49.242 по 2020-09-19 18:03:11.715 на межподстанционной зоне «Сохондо – Чита-1» были проведены замеры показателей качества электрической энергии с помощью анализатора PQM-700 фирмы Sonel.

На рис. 3 представлен график распределения тока по времени. Анализ рисунка показывает, что ток принимает широкий диапазон значений от 0 до 1033.10 А. С точки зрения работы релейной защиты наибольший интереса представляют значения более 850 А, т.к. согласно [1] эти значения относятся к короткому замыканию.

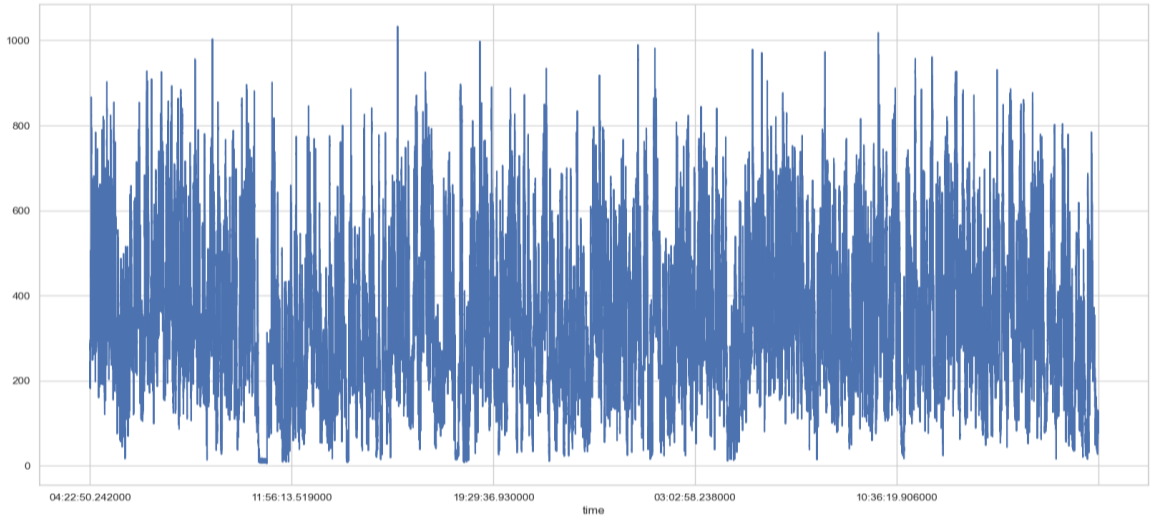

Рис. 3. Распределение значений ток фидера
4 тяговой подстанции «Сохондо» по времени

На рис. 4 представлен график плотности распределения значений тока фидера ФКС-3 тяговой подстанции «Сохондо». Визуальный анализ графика показывает, что распределение по своей форме близко к нормальному, однако с правой стороны графика наблюдается хвост значений более 800 А, который представляет интерес для дальнейшего исследования.

На рис. 5 и 6 представлены графики распределения значений тока по времени и график плотности распределения значений при токе более 850 А. Значения более 850 А относительно редки, объем выборки составляет 3936 наблюдений. Рассматриваемая выборка составля-

ет 0,393 % от результатов наблюдений, принятой за генеральную совокупность. При этом 25 % от рассматриваемой выборки имеют значение более чем 924.34 А. Среднее значение для рассматриваемой выборки равно 897,23 А.

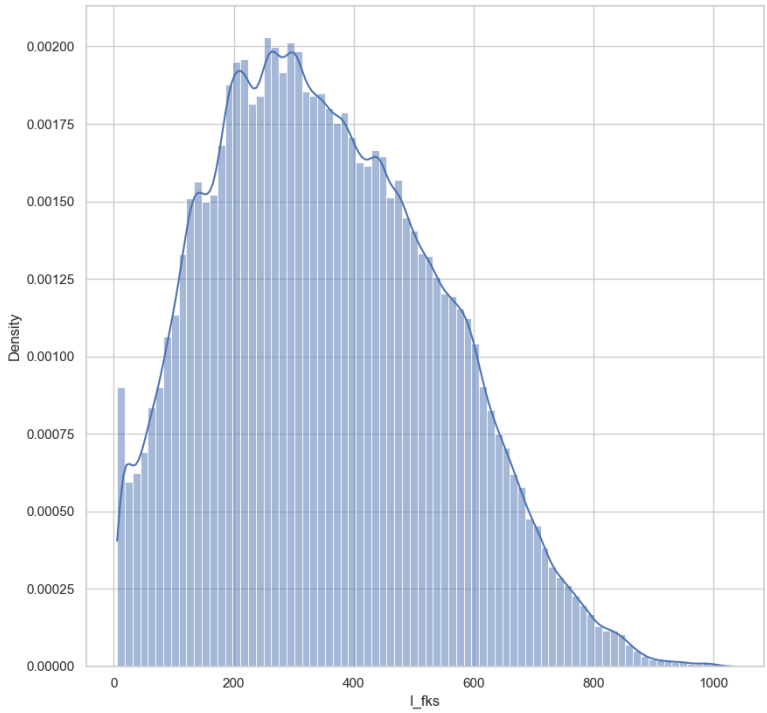

Рис. 4. График плотности распределения значений тока фидера ФКС-3 тяговой подстанции «Сохондо»

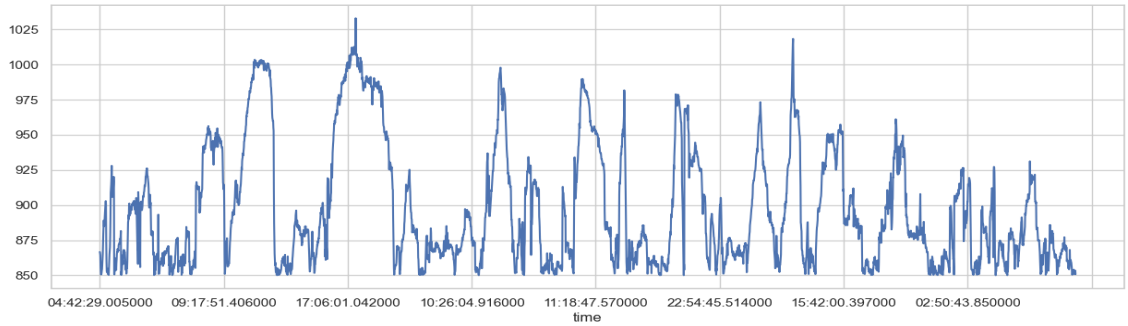

Рис. 5. Распределение значений тока от 850 А фидера ФКС-4 тяговой подстанции «Сохондо» по времени

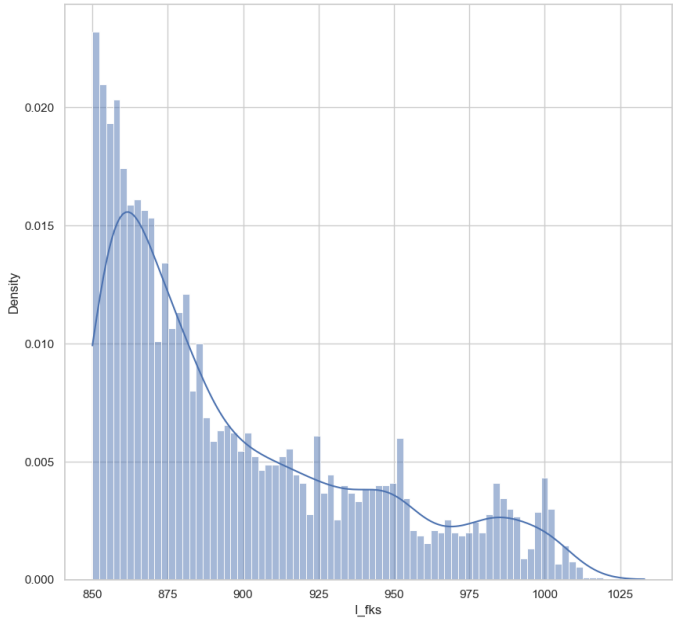

Рис. 6. График плотности распределения значений тока от 850 А фидера ФКС-4 тяговой подстанции «Сохондо»

Анализ результатов экспериментальных замеров тока показывает, что значения тока фидера стремятся к максимально допустимым значениям и выходят за границы нормального режима, что негативным образом сказывается на надежности СТЭ, т.к. приводит к неселективным и ложным срабатываниям третьей ступени направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети.

При этом необходимо отметить, что с одной стороны текущая элементная база позволяет реализовывать принципиально новые алгоритмы защиты, но используемые сегодня классические подходы: во-первых не реализуют весь потенциал текущей элементной базы, а во-вторых не позволяют однозначно разграничить нормальный и аварийный режим работы и как следствие невыполнение ключевых требований, предъявляемых к релейной защите в виде селективности, надежности и устойчивости.

Библиографический список

1. СТО РЖД 07.021.1-2015 Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Часть 1. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах тягового электроснабжения, утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27.05.2015 г. № 1351р

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА

М.М. Алаев, А.Н. Ефимова
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ ОДИНЦОВО ПРИ СООРУЖЕНИИ ТПУ С УЧЕТОМ НЕОБХОДИМОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ К ОБЪЕКТАМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В статье на примере существующей станции Одинцово представлен вариант проектирования, строительства и эксплуатации единого пассажирского комплекса – транспортно-пересадочного узла. Доводы в необходимости строительства и эксплуатации данного объекта транспортной инфраструктуры приведены в статье.

Ключевые слова: люди с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), наземный пешеходный переход, конкорс, пассажиропоток, объекты транспортной инфраструктуры.

В настоящее время в Российской Федерации существует проблема обеспечения беспрепятственного доступа гражданам с ограниченными возможностями к объектам социальной, инженерной и транспортной инфраструктур. Для решения данной проблемы Государственная Дума 20 июля 1995 года приняла Федеральный закон N 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации», который после был одобрен Советом Федерации 15 ноября 1995 года. Главной задачей данного документа является: создание таких условий, благодаря которым инвалиды не будут чувствовать ущемленными в экономической, политической сферах жизни, а также своих прав и свобод (по отношению к другим гражданам РФ), которые предусмотрены Конституцией Российской Федерацией, нормами международного права и международными договорами Российской Федерации.

Решением важнейшей задачей холдинга ОАО «РЖД» и ее дочерних компаний, в число которых включается АО «ЦППК», является одним из приоритетных направлений ОАО «РЖД». Для решения поставленной

проблемы ОАО «РЖД» выпустило распоряжение от 15.07.2016 N 1427Р "Об утверждении методики оценки доступности для пассажиров из числа инвалидов объектов пассажирской инфраструктуры, вагонов, пассажирских поездов и предоставляемых услуг».

Рассматриваемая выше проблема наблюдается и в Подмосковном городе Одинцово. В настоящий момент, как и вблизи железнодорожной станции Одинцово, принадлежащей ДЦС-3, входящей в направление МЦД-1, так и в ее окрестностях, остро стоит вопрос доступа к транспортной инфраструктуре маломобильным гражданам, нарушающий безопасное движение поездов. В связи с включением железнодорожной станции в направление МЦД-1, возрос пассажиропоток. Больше людей стали использовать транспортные услуги, оказываемые железной дорогой и автопарком, обслуживающими станцию. Нынешняя инфраструктура, находящаяся на станции и на привокзальной территории, не соответствует требованиям, которые смогли бы обеспечить безопасность пользования гражданами данными объектами. Рассмотрим поэтапно каждый объект и выведем правильные решения сложившейся ситуации.

Для обеспечения безопасности движения поездов на станции должна быть установлена соответствующая инфраструктура, благодаря которой были бы предотвращены или сведены к своему минимуму несчастные случаи. Так одним из главных средств по обеспечению безопасности поездной и маневровой работе являются пешеходные переходы разного типа.

На железнодорожной станции Одинцово в настоящее время справляется с пассажиропотоком, переходящим главные (Iа и IIа) и приемоотправочные пути станции (IV и 6), а также тупиковый путь, только один надземный пешеходных переход, соединяющий привокзальную площадь с Союзной улицей. Данный мост не обеспечивает полный и беспрепятственный доступ к платформам пригородного и дальнего сообщения гражданам всех слоев населения. Мост не оборудован с двух сторон лифтами и подъемными механизмами.

Установленные пандусы нарушают государственные стандарты, угол, под которым установлены пандусы, превышает 30 градусов, вследствие этого маломобильные граждане не могут воспользоваться данным устройством. Так же мост разделен на две части сечением, выполненным разделительной решеткой, предназначенным разделить пассажиропотоки на два направления.

Данное устройство выполнено с нарушениями, вследствие чего создаются трудности пользования пешеходным переходом из-за малого расстояния между решеткой и стеной моста и ориентацией на данном объекте инфраструктуры. Чтобы сделать пригодным надземный пеше-

ходный мост необходимо провести ряд модернизаций: установить подъёмные механизмы, соответствующие стандартам с двух сторон моста, а также с каждой платформы; снести разделительную полосу в виде решетчатого забора; расширить мост. Так как невозможно осуществить установку подъемных механизмов с каждой высокой пассажирской платформы (IA и IIA-5), из-за нехватки расстояния, предназначенного под безопасную установку подъемного механизма, не нарушающего габарит приближения строения, и произвести расширение пространства внутри моста по ряду конструктивных причин.

Вследствие этого появляется необходимость в сносе пешеходного моста и установке конкорса, основываясь на технических требованиях. До сноса единственного пешеходного моста на станции необходимо проложить два пешеходных перехода, а именно: в четной горловине станции через Iа и III пути станции, вблизи начала пассажирских платформ до стрелки 23 и через IIа, IV и 6 пути.

Каждый пешеходный переход должен соответствовать стандартам и нормам строительства. Чтобы узнать, чем должен быть оборудован наземный пешеходный переход через железнодорожные пути станции Одинцово необходимо произвести расчет интенсивности движения поездов (суммарно в двух направлениях) за одни сутки.

Расчет максимальных размеров движения поездов в сутки:

(Скоростные поезда «Ласточка» – 4 пар ежесуточного курсирования сообщением Москва-Смоленск) + (Пригородные электропоезда – 217 пар, из них поездов: Поезда «Аэроэкспресс» Аэропорт Шереметьево – Москва – 40 пар; «МЦД» Одинцово – М-П-С – 40 пар) + (Транзитных электропоездов – 55 пар) + (Оборот по станции – 115 пар, из них поезда по направлениям: Москва-Пассажирская – Смолнеская – 26 пар, М-П-С – Лобня – 34 пары) + (Заход в депо ООО «Аэроэкспресс» – 6 пар) + (Засылы (Внуково, Домодедово) – 2 пары) = 399 поездов в сутки.

На основании расчетов и таблицы «Категории пешеходных переходов», приписанной в своде правил 227.1326000.2014 «Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями данный временный переход» (см. Таблицу), делаем вывод о категории перехода (1 категория) и о его оснащении.

Наземные пешеходные переходы первой категории должны быть оснащены пешеходным настилом, ограждениями для обеспечения безопасности пассажиров, искусственного освещения и зоны накопления пешеходов. Информационная система пешеходных переходов 1-ой категории включает в себя предупредительные знаки (указатели, плакаты), а также устройства автоматической сигнализации о приближении поезда.

Для обеспечения лучшей информированности пешеходов о ходе приближающегося поезда, необходимо установить дополнительные технические средства, а именно: светозвуковую сигнализацию, указатели направления движения поезда, предупреждающие плакаты.

Таблица

Категории пешеходных переходов

Интенсивность движения поездов (суммарно в двух направлениях), поездов/сутки	Расчетная интенсивность движения пешеходов через переход (человек в час)		
	До 150	151-600	Более 600
До 50 включительно	3 категория	3 категория	2 категория
51-100	3 категория	2 категория	1 категория
101-200	2 категория	1 категория	1 категория
Более 200	1 категория	1 категория	Пешеходные переходы в разных уровнях
Линии скоростного движения	1 категория	1 категория	Пешеходные переходы в разных уровнях
Линии высокоскоростного движения	Пешеходные переходы в разных уровнях	Пешеходные переходы в разных уровнях	Пешеходные переходы в разных уровнях

А для обеспечения доступности маломобильных граждан по пешеходному переходу необходимо установить плакат с предупреждением о пересечении железнодорожных путей только с сопровождающими лицами, проложить тактильные плиты, на поручни необходимо прикрепить тактильные наклейки с предупредительной информацией. На станции должны быть работники, которые смогут помочь гражданам с ОВЗ в доступе к железнодорожной инфраструктуре, так как невозможно с технической точки зрения выполнить абсолютно безопасный пешеходный переход в силу ряда причин. Одними из этих причин являются установка по всей длине пешеходного перехода перил, а также устранение зазора между настилом и головкой рельсов с двух сторон внутри железнодорожной колеи.

Только после сооружения безопасных временных альтернативных действующему надземному пешеходному мосту переходов возможен его снос и строительство конкорса. Данный объект инфраструктуры должен быть также возведен со всеми стандартами, которые удовлетворяют всем правилам и задачам. Места, предназначенные для спуска пассажиров, необходимо сделать половине ширины платформы, но не менее 2.5 метров. Минимальная допустимая ширина части надпутного пе-

шеходного перехода, предназначенной для прохода граждан, должна обеспечивать безопасный переход при наибольшей интенсивности движения пассажиропотоков в каждом поперечном сечении по всей длине конкорса, но должна быть не меньше 2,25 метров.

Вся ширина зоны, отданной под пешеходное движение, обязана быть константой по всей длине конкорса. При установлении более точных размеров ширины поперечного сечения и пропускной способности надпутного пешеходного моста, необходимо руководствоваться методикой расчета пропускной способности и главных параметров при планировании поперечного сечения, зависящих от интенсивности движения пассажиропотоков в часы «пик», расчетным способом.

Конкорс сможет обеспечить лучшее распределение пассажиропотоков, которые выходят с конечной станции МЦД-1, обеспечит выход ко всем нужным частям инфраструктуры станции и гарантирует безопасность движения всех групп пассажиров. Также конкорс сможет стать частью ТПУ, которого сможет соединить железнодорожное и автомобильное пассажирское сообщение.

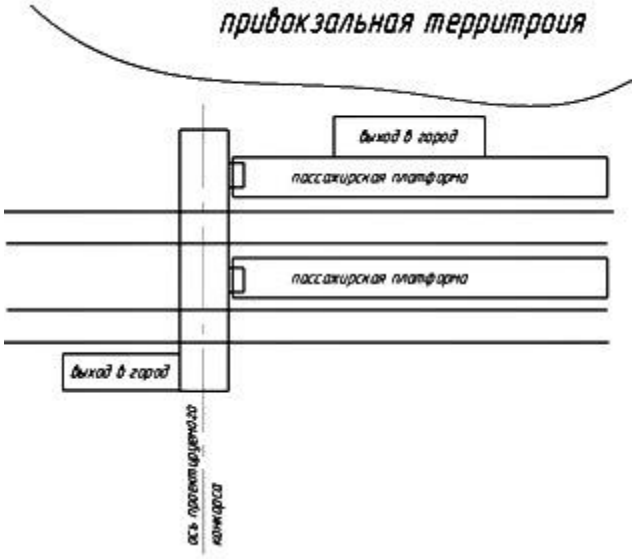

Рисунок. Схема предлагаемого конкорса

При рассмотрении отдельно привокзальной территории выявляются проблемы правильной организации разделения привокзальной территории на сегменты для посадки-высадки пассажиров, перехода с одного вида транспорта на другой, обеспечение безопасности передвижения граждан на привокзальной территории, отсутствие остановок, несоблю-

дение программы доступности маломобильных граждан к объектам транспортной инфраструктуры.

Для решения всех этих проблем необходимо правильно рассчитать площадь привокзальной территории, количество автобусов и автолайнов, использующих представленное место в роли конечного пункта маршрута, произвести расчеты вместимости мест, отведенных под автобусы с учетом их расписания курсирования по маршруту следования, разделение привокзальной площади на участки, разбивающие площадь по протяжённости маршрутов: городские автобусы 1–6, пригородные автобусы 30, 32–34, 36, 37, 39, 43, 49, 50, 52, 54, междугородние автобусы 339, 418, 461 (все на Москву), 468 (до платформы Переделкино); произвести строительство навеса, который сможет закрыть площадь от осадков и ветров (при проектировании навеса необходимо рассчитать розу ветров, чтобы навес справлялся со своим назначением), оборудовать пункты посадки расписанием, звуковыми сигналами, зарядными разъемами для устройств персонального пользования, настилами для маломобильных групп лиц, предупреждающими плакатами, поручнями (соответствующими СНиП 35-01-2001 и ГОСТ Р 51261-99), пандусами (согласно СНиП 35-01-2001) в необходимых случаях. Навес должен начинаться от входа на станцию и заканчиваться вблизи здания по адресу ул. Свободы, д.1.

Для полной укомплектованности транспортно-пересадочного узла необходимо построить «перехватывающую» парковку, ее возможно расположить со стороны Союзной улицы. Плюсами данного расположения может служить: место без застройки, находящееся между двумя входами на территорию станции Одинцово, вблизи билетных касс, около данного места расположены супермаркеты.

По итогам строительства ТПУ с правильной его организацией можно будет добиться осуществления программы: обеспечение доступности маломобильных граждан к объектам транспортной инфраструктуры, «сухие ноги». Все это сможет обеспечить возрастание количества пассажиропотоков на железнодорожной станции Одинцово, обеспечение безопасности на станции поездной и маневровой работы, обеспечение безопасности на привокзальной территории, что в свою очередь обеспечит в несколько раз сокращение летальных и несчастных случаев среди пассажиров на железнодорожной станции и приближенной к ней территории.

Также будет наблюдаться увеличение эффективности обслуживания пассажиров по сравнению с нынешними показателями примерно на 60 %, что обеспечит рост экономической выгоды и доходов от организации пассажирского движения на данном участке.

Библиографический список

1. Федеральный закон N 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»
2. Распоряжение ОАО «РЖД» от 15.07.2016 N 1427Р «Об утверждении методики оценки доступности для пассажиров из числа инвалидов объектов пассажирской инфраструктуры, вагонов, пассажирских поездов и предоставляемых услуг»
3. СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция» СНиП 35-01-2001 (с Изменением N 1). Дата введения 2013-01-01

И.Н. Боднар, В.В. Толмачев
Забайкальский территориальный центр
фирменного транспортного обслуживания,
г. Чита, Россия

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПЕРЕВОЗОК НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В КОНТЕЙНЕРАХ ТИПА OPEN TOP

Рассмотрены вопросы актуальности перевозок грузов в крупнотоннажных контейнерах. Дана краткая характеристика контейнеров типа Open Top. Проведен анализ научно-исследовательских работ по указанной теме.

Предложены три метода исследования проблемы: аналитические расчеты, эксперимент, имитационное моделирование. Кратко описаны результаты проведенного исследования.

Ключевые слова: навалочные грузы, крупнотоннажные контейнеры, Забайкальская железная дорога.

1. Актуальность темы. Крупнотоннажные контейнеры как универсальная многооборотная тара являются наиболее перспективным способом перевозки грузов как железнодорожным, так и другими видами транспорта.

В то же время существует сложившаяся практика в отрасли, которая предполагает деление грузов на традиционно контейнеризируемые и не контейнеризируемые. К последним относятся в частности наливные, насыпные, навалочные массовые грузы. Однако новые конструкции контейнеров и дополнительных средств (таких как флекси-танк, вкладыши

для перевозки насыпных грузов и т.п.) расширяют номенклатуру грузов, допускаемых к перевозке в контейнерах.

Одним из таких видов является контейнер open top, который представляет собой универсальный крупнотоннажный контейнер без крыши. Возможна перевозка грузов в таких контейнерах с использованием либо без использования тента из брезента или иного гибкого материала. Вторым вариантом является применение жесткой снимаемой крыши (вариант hard open top). Такой конструкцией представлены как 20-футовые, так и 40-футовые контейнеры. Данный вид контейнеров позволяет перевозить широкую номенклатуру грузов: оборудование, грузы в биг-бэгах и мягких контейнерах, трубы, пиломатериалы. Отдельный интерес на железнодорожном представляет перевозка насыпных и навалочных грузов без упаковки в экспортном направлении в Китай.

Данное логистическое решение выгодно как грузовладельцам, так и перевозчику. Для клиентов оно дает возможность получения субсидирования перевозок по территории Китая, а также возможность погрузки инертных грузов в период конвенционных ограничений.

Для перевозчика этот эффект также является положительным, поскольку позволяет увеличить перерабатывающую способность пограничных станций. Например, традиционной проблемой на станции Маньчжурия является выгрузка смерзшегося угля, из-за которой полувагоны несколько суток простаивают в Китае, снижается перерабатывающая способность перегрузочных мест. При контейнерных перевозках угля и руды предложенное решение снимает ограничения на погранпереходе, позволяет ускорить оборот вагонов колеи 1520 мм.

2. Анализ научно-исследовательских работ. При всей актуальности темы вопросы перевозки контейнеров open top в научной литературе являются малоизученными. Общие принципы использования таких контейнеров рассмотрены в статье Гришковой Д.Ю. и Тяботовой А.А. «Преимущества и недостатки перевозок грузов в контейнерах Open-Top» [1]. В данной работе проанализирована техническая возможность перевозки трубной продукции в контейнерах с открытым верхом, а также доказана экономическая эффективность такой логистической схемы по сравнению с повагонными отправками платформами и полувагонами.

Сравнительно более изученным является вопрос перевозки насыпных и навалочных грузов в универсальных контейнерах. Одной из первых работ в данном направлении стала кандидатская диссертация Редькина А.Ф. «Исследование вопросов доставки насыпных грузов в крупнотоннажных контейнерах и повышение эффективности их использования на морском транспорте».

Большую работу по этой тематике провели Гагарский Э.А., Кириченко С.А., Кириченко А.С., Бобина М.А. [2-5], которые разработали предложения по вертикальной погрузке груза в контейнер с предварительной кантовкой их при погрузке. Рассмотрены технологические, коммерческие и организационные аспекты перевозок жидких, наволочных и сыпучих грузов в универсальных контейнерах. Изложены преимущества технологической схемы с использованием мягких флекситанков и вкладышей в контейнеры, а также технология погрузки в предварительно скантованные в вертикальное положение универсальные крупнотоннажные контейнеры. Приведено описание действия используемого специализированного оборудовании – контейнерных кантователей.

Курилов Е.Г., Маликов О.Б., Илесалиев Д.И. в своей работе «Некоторые вопросы экономической эффективности перевозки сыпучих грузов в контейнерах» [6] рассматривали перевозку с использованием вкладышей, обосновывая данный способ перевозки как наиболее рациональный, а также выявили зависимость расходов на доставку одной тонны перевозимых грузов на объемную массу этого груза.

Курилов Е.Г. в статье «К вопросу о перегрузке грузов на приграничных станциях с разной шириной колеи» [8] рассмотрел варианты перегрузки насыпных и навалочных грузов в перегрузочном сообщении, сравнивая перевозку в вагонах и в универсальных контейнерах с использованием вкладышей. Подробно разобраны технологические схемы выгрузки.

3. Аналитические расчеты. На первом этапе исследования были проведены экономические расчеты размеров тарифа на перевозку груза в контейнерах open top. Расчеты согласно Прейскуранту 10-01 [13] показали, что стоимость перевозки одного груженого контейнера от станции Краснокаменск до станции Забайкальск составляю 7453 рубля. Аналогичные расчеты произведены для станций Борзя и Приаргунск, а также обратной загрузки порожних контейнеров.

Также были определены сроки доставки грузов в международном сообщении согласно СМГС [12].

Так, срок доставки полувагонов со станции Краснокаменск до станции Забайкальск равняется:

$$T = 1 + \frac{219}{200} + 2 = 5 \text{ суток.}$$

Срок доставки контейнеров со станции Краснокаменск до станции Забайкальск равняется:

$T = 1 + \frac{219}{150} + 2 = 5$ суток.

4. Эксперимент. На Забайкальской железной дороге проведены опытные перевозки железорудного концентрата и угля в контейнерах open top.

4.1. Первый этап эксперимента

Два вагона (четыре контейнера) погружены железорудным концентратом 20.05.2020 г. на станции Борзя, приняты к перевозке 21.05.2020 г. В двух контейнерах масса груза нетто составила 31825 кг и 31825 кг соответственно, масса каждого контейнера – по 2910 кг. В двух других контейнерах масса груза нетто составила 31775 кг и 31775 кг соответственно, масса каждого контейнера – по 2910 кг. Груз перевозился насыпью, без упаковки.

В ходе погрузки грузоотправителем выявлены следующие затруднения:

1) частично демонтировал и изменил конфигурацию узла погрузки силоса, т.к. вагон с контейнерами не проходил по габариту;

2) ввиду зазора между стенками контейнеров, размещенных на одной платформе, в ходе погрузки произошло просыпание 0,5 тонн груза;

3) погрузка заняла два дня ввиду нарушения поточности;

4) отсутствие механизмов для выравнивания груза в контейнерах;

5) себестоимость перевозки железорудного концентрата в контейнерах в 1,9 раза выше, чем в полувагонах.

По итогу опытной погрузки использование контейнеров Open-Top для погрузки железорудного концентрата признано нецелесообразным.

4.2. Второй этап эксперимента

Состав из 61 вагона с 122 контейнерами с грузом уголь был принят к перевозке и оформлен на станции Краснокаменск 03.10.2020 г., прибыл на станцию Забайкальск 05.10.2020 г., сдан на станцию Маньчжурия 08.10.2020 г. Общий вес груза составил 4191 тонну, из которых 355 тонн – тара контейнеров, 3836 тонн – на собственно уголь. Груз перевозился насыпью, без упаковки.

Проведенный эксперимент показал практическую реализуемость данной логистической схемы. Регулярное применение данного способа перевозки навалочных грузов в перспективе приведет к:

– повышению уровня контейнеризации;

– увеличению количества передаваемого экспортного груза (за счет сдачи по номенклатуре «грузы в контейнерах» вместо «уголь», что актуально в период действия ограничения погрузки и приема поездов китайской стороной);

– росту доходов ОАО «РЖД».

Эксперимент показал, что доходная ставка при перевозке угля со станции Краснокаменск на станцию Забайкальск (эксп.) в полувагонах составляет 166,18 рублей за тонну, а в контейнерах – 237,04 рубля за тонну.

Впоследствии проводились еще восемь подобных перевозок с изменением длины состава поезда, которые также показали увеличение доходов перевозчика.

5. Имитационное моделирование. Необходимо отметить, что в дальнейшем возможно изменение тарификации, связанное с организацией контейнерных поездов. Тарифная система на железнодорожном транспорте России предусматривает использование понижающего коэффициента за счет формирования контейнерного поезда, что снизит доходную ставку до 184,81 рубля за тонну. При этом частично данное уменьшение тарифа будет компенсировано для перевозчика за счет продажи услуги по резервированию вагоно-мест в составе поезда, следующего по твердым ниткам графика движения («Грузовой экспресс»).

Дополнительным фактором, обеспечивающим экономическую привлекательность данной логистической схемы для перевозчика, является увеличение тарифа за перевозку подвижного состава по маршруту Забайкальск (эксп.) – Краснокаменск. Так, тариф за перевозку порожнего полувагона составляет 3475 рублей, тариф за перевозку платформы с двумя порожними контейнерами – 10704 рубля.

Исходя из вышеизложенного, построена математическая модель, которая предусматривает изменение количества вагонов в составе, загрузку контейнеров, применение понижающих коэффициентов, использование дополнительных услуг, порожний рейс и т.д. Определена экономическая эффективность перевозок угля в контейнерах Open-Top для различных заданных условий.

Библиографический список

1. Гришкова Д.Ю. Преимущества и недостатки перевозок грузов в контейнерах Open-Top [Электронный ресурс] / Д.Ю. Гришкова, А.А. Тяботова. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2014, № 1 (60). С. 78–80. URL: https://moluch.ru/archive/60/8834/ (дата обращения: 19.11.2020)

2. Бобина М.А. Особенности организации и оформления грузов при международных перевозках в контейнерах, с предварительной кантовкой их при погрузке [Электронный ресурс] / М.А. Бобина. Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2013, № 9 (56). С. 37–40. URL: https://moluch.ru/archive/56/7626/ (дата обращения: 19.11.2020)

3. Гагарский Э.А. Зарубежный и отечественный опыт перевозок наливных, насыпных и навалочных грузов в универсальных контейнерах на принципах логистики / Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко // Транспорт : наука, техника, управление. 2009, № 12. С. 26–29

4. Гагарский Э.А. Развитие контейнерных перевозок лома / Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко, А.С. Кириченко // Бюллетень транспортной информации. 2009, № 2 (164). С. 18–21

5. Гагарский Э.А. Развитие перевозок насыпных грузов и навалочных грузов в универсальных контейнерах / Э.А. Гагарский, С.А. Кириченко, А.С. Кириченко // Бюллетень транспортной информации. 2010, № 4 (178). С. 14–18

6. Курилов Е.Г. Некоторые вопросы экономической эффективности перевозки сыпучих грузов в контейнерах / Е.Г. Курилов, О.Б. Маликов, Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 493–500

7. Илесалиев Д.И. Анализ существующих способов доставки насыпных грузов в универсальных контейнерах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018, № 3. С. 304–311

8. Курилов Е.Г. К вопросу о перегрузке грузов на приграничных станциях с разной шириной колеи // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017, № 1

9. Контейнеры Open Top – универсальное решение для негабаритных грузов [Электронный ресурс]. URL : https://foot-container.ru/kontejnery-open-top/ (дата обращения: 19.11.2020)

10. Возможности использования контейнеров для логистики навалочных грузов [Электронный ресурс]. URL : https://morproekt.ru/articles/blog/589-vozmozhnosti-ispolzovaniya-kontejnerov-dlya-logistiki-navalochnykh-gruzov (дата обращения: 19.11.2020)

11. Новое наполнение контейнеров [Электронный ресурс]. URL : https://gudok.ru/content/freighttrans/1505396/ (дата обращения: 19.11.2020)

12. Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении, 01.11.1951

13. Постановление ФЭК РФ от 17 июня 2003 г. N 47-т/5 «Об утверждении Прейскуранта N 10-01 "Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами" (Тарифное руководство N 1, части 1 и 2)»

Н.В. Быкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

М.В. Белозёрова
Забайкальский территориальный центр фирменного транспортного обслуживания, г. Чита, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА ПОЕЗДОВ И ВАГОНОВ

Единая автоматизированная система актово-претензионной работы хозяйства коммерческой работы в сфере грузовых перевозок (ЕАСАПР М) является одной из составляющих обеспечения сохранности грузов и выявления коммерческих неисправностей, а также применяется для повышения эффективности работы пунктов коммерческого осмотра (ПКО). В ЦФТО проводится работа по автоматизации Классификатора коммерческих неисправностей в системе ЕАСАПР М.

Ключевые слова: коммерческий осмотр, «смотровая вышка», программно-технические средства, пункт коммерческого осмотра вагонов, система ЕАСАПР М.

Коммерческий осмотр – это комплекс мероприятий, направленных на выявление несоответствий условий размещения и крепления грузов требованиям технических условий ЦМ-943, правил перевозки и сохранности груза, в том числе с использованием программно-технических средств проведения коммерческого осмотра (далее – ТСКО).

Коммерческий осмотр проводится:

- перед отправлением состава поезда на станциях погрузки;
- по прибытии на станциях выгрузки;

- в пути следования на пунктах коммерческого осмотра вагонов в поездах (далее – ПКО), постах коммерческой безопасности (далее – ПКБ) или постах коммерческой диагностики (далее – ПКД), на станциях формирования и расформирования поездов, не являющихся ПКО, ПКБ, ПКД;

- перед отправлением со станции временного отставления поезда от движения.

Для качественного коммерческого осмотра, исключающего человеческий фактор, применяются разные технические средства:

- Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов АСКО ПВ;

- Автоматизированная система коммерческого осмотра «Смотровая вышка» АСКО СВ (рис. 1);

- Электронные вагонные весы;

- Тепловизионный комплекс дистанционного контроля загрузки вагонов (рис. 2).

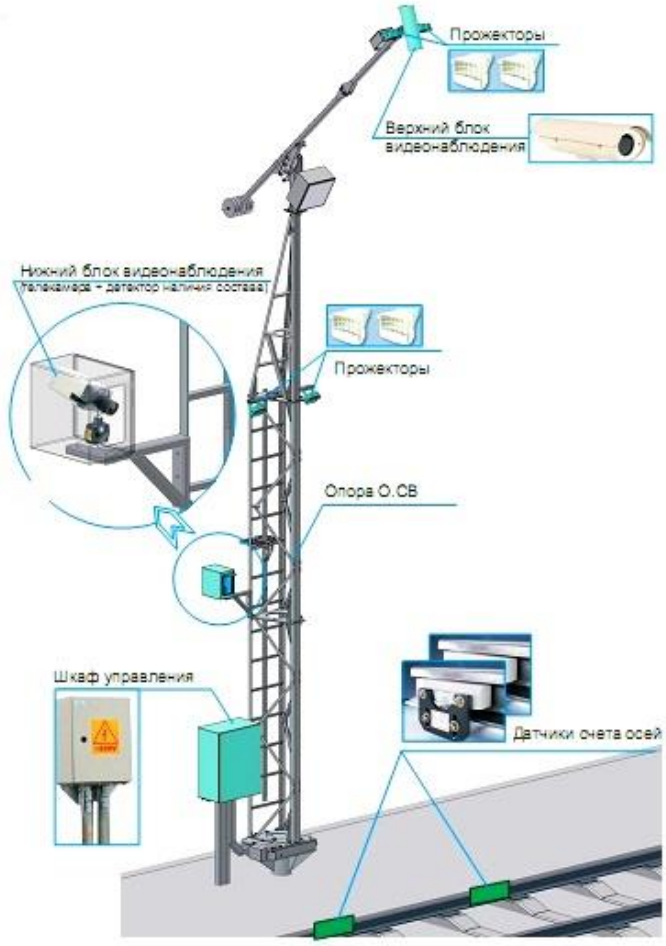

Рис. 1. АСКО СВ «Смотровая вышка»

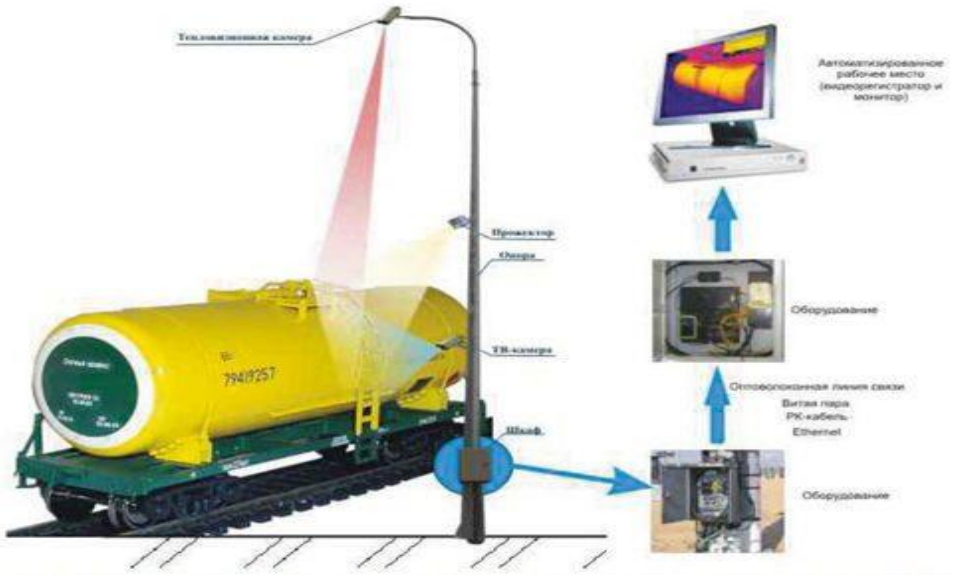

Рис. 2. Тепловизионный комплекс дистанционного контроля загрузки вагонов

При проведении коммерческого осмотра вагонов и поездов происходит оформление технологических операций и документов с использованием Единой автоматизированной системы актово-претензионной работы хозяйства коммерческой работы в сфере грузовых перевозок (ЕАСАПР М) во взаимодействии со смежными автоматизированными системами и ТСКО.

Система ЕАСАПР введена на всех железных дорогах с 2005 года. В 2013 году были проведены исследования показателей работы с использованием ЕАСАПР на Северной железной дороге. В результате были получены результаты, свидетельствующие о том, что система ЕАСАПР не совершенна и сумма претензий, предъявленных дороге, в сравнении с предыдущим годом увеличилась на 20,6 %. Впоследствии стала применяться доработанная система ЕАСАПР М, которая позволяет реализовать возможность составления первичных документов, сформировать базу данных, позволяющую своевременно производить служебное расследование, а также проводить служебное расследование при определении ответственности за просрочку доставки грузов и порожних собственных вагонов в подсистеме «Сроки доставки».

Именно по невыполнению срока доставки часто возникают споры между перевозчиком ОАО «Российские железные дороги» (далее – ОАО «РЖД») и грузополучателями (грузоотправителями). Например, фактически груз прибыл на станцию назначения с просрочкой в трое суток. Грузополучатель рассчитал пени за просрочку доставки груза в со-

ответствии со ст. 97 Федерального закона от 10.01.2003 N 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» и направил в адрес перевозчика ОАО «РЖД» претензию с требованием о добровольной уплате суммы пеней. ОАО «РЖД» отказало в удовлетворении данной претензии на основании того, что причиной просрочки доставки груза послужило устранение коммерческого брака вагонов, о чем свидетельствуют составленные акты общей формы ГУ-23. Данный отказ послужил основанием для обращения грузополучателя в арбитражный суд с исковым заявлением о взыскании с перевозчика суммы пеней за просрочку доставки груза. Отказывая предпринимателю в удовлетворении исковых требований, все судебные инстанции исходили из того, что:

- просрочка доставки груза по железнодорожной накладной была вызвана коммерческим браком вагона, что зафиксировано актами общей формы;
- в представленных в материалы дела актах общей формы содержится указание на нарушение требований к средству крепления грузов на колесной технике, что относится согласно коду неисправности к коммерческим неисправностям грузовых вагонов, угрожающим безопасному движению в соответствии с классификацией, утвержденной распоряжением N 834р (Классификатор коммерческих неисправностей грузовых вагонов).

В 2020 г. на железнодорожном транспорте утвержден в новой редакции Классификатор коммерческих неисправностей грузовых вагонов [1], с отменой действующего ранее. В рамках проекта «Развитие ЕАСАПР М. Разработка подсистемы коммерческого осмотра вагонов и поездов на железнодорожных станциях» в ЦФТО проводится работа по автоматизации данного Классификатора в системе ЕАСАПР М.

По данному классификатору все неисправности подразделяются на:

1. Коммерческие неисправности, связанные с подвижным составом (Коммерческие неисправности кузова вагона, Коммерческие неисправности устройств/оборудования вагона, Устройство/оборудование вагона, Коммерческие неисправности кузова контейнера и др.);

2. Коммерческие неисправности, связанные с нарушением условий перевозки грузов (Течь груза, Просыпание груза, Нарушения крепления груза, Реквизиты крепления, Нарушение укрывного материала, Перегруз вагона сверх грузоподъемности, Несоответствие зоны и степени негабаритности данным, указанным в перевозочных документах и др.);

3. Коммерческие неисправности, связанные с ЗПУ, закрутками, пломбами (Неисправность ЗПУ, Невозможность считывания нанесенной информации, Длина каната менее стандартной, Запирающий механизм корпуса неисправен, свободный конец каната можно вытянуть и др.);

4. Прочие:

- Несоответствие наименования груза данным, указанным в перевозочных документах;
- Несоответствие массы груза данным, указанным в перевозочных документах;
- Несоответствие количества мест груза данным, указанным в перевозочных документах;
- Обнаружение груза без перевозочных документов;
- Обнаружение перевозочных документов без груза;
- Отсутствие сопроводительных документов;
- Наличие неснятых реквизитов крепления*;
- Остатки ранее перевозимого груза*;
- Повреждение, порча груза.

Примечание. (*) Для порожнего вагона, контейнера.

На сегодняшний день проводится дальнейшая работа по совершенствованию системы ЕАСАПР М с целью:

- повышения качества юридической корректности материала;
- облегчения составления документов: автоматизация проведения расследования и сбор материала из смежных систем;
- возможности вести расчеты, которые раньше детализировались до уровня региона, чтобы теперь автоматически велись и на уровне станций;
- улучшения качества проведения аналитической работы, установление причин неисправностей и создание системы информационной поддержки принятия решений.

Внедрение системы ЕАСАПР М на железных дорогах позволило:

- сократить размеры убытков железных дорог за несохранность перевозок, за счет проведения качественного анализа и вовремя проведенных профилактических операций;
- повысить производительность труда исполняющих лиц;
- повысить доходы железных дорог за счет предоставления информации о риске несохранных перевозок заинтересованным внешним организациям: страховым компаниям, экспедиторским компаниям, грузовладельцам.

Следует отметить, что в августе 2019 г. утверждена распоряжением ОАО «РЖД» Методика размещения пунктов коммерческого осмотра вагонов в поездах и коммерческих постов безопасности с расчётным обоснованием, предназначенная для формирования схемы размещения пунктов коммерческого осмотра вагонов в поездах (далее – ПКО), постов коммерческой безопасности (далее – ПКБ) и постов коммерческой диа-

гностики (далее – ПКД) на инфраструктуре ОАО «РЖД» в целях обеспечения сохранности и безопасности грузовых перевозок.

Методика предусматривает проведение необходимых расчетов с использованием статистических данных Автоматизированной системы оперативного контроля и анализа качества коммерческой работы и безопасности грузовых перевозок (АСКМ) и ЕАСАПР М, а также сведений, предоставляемых специалистами ЦФТО в ручном режиме. Расчетные данные, получаемые в соответствии с данной Методикой, основаны на результатах идентификации опасностей и рисков, связанных с безопасностью грузовых перевозок, выполненной в соответствии с СТО УРРАН (СТО РЖД 1.02.033-2010 «Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности».

Выбор схемы размещения ПКО, ПКБ и ПКД осуществляется на основании комплекса критериев, в числе которых учитывается выявленные коммерческие неисправности, способные привести к опасным для ОАО «РЖД» событиям. В качестве таких событий в соответствии с СТО УРРАН рассматриваются виды транспортных происшествий и иные связанные с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта события (развал груза в пути следования, отцепка вагона от поезда из-за нарушения требования технических условий погрузки грузов или расстройства крепления груза).

На основе полученных данных формируется начальная схема расположения ПКО, ПКБ и ПКД с графическим отображением на общей схеме железных дорог ОАО «РЖД» и примыкающих администраций. Разрабатывается промежуточная схема размещения ПКО, ПКБ, ПКД автоматически системой АСКМ на основе начальной схемы размещения и затем проводится проверка безопасности промежуточной схемы размещения на соответствие требованиям безопасности грузовых перевозок методом расчета гарантийных расстояний перевозки номенклатурных групп грузов. Гарантийное расстояние – среднее расстояние перевозки, на котором не наступает расстройство погрузки в пути следования. Величина гарантийного расстояния зависит от груза и рода подвижного состава.

Значение гарантийного расстояния определяется как максимальное расстояние, которое может пройти груз данной номенклатурной позиции в данном подвижном составе без расстройства погрузки и крепления в пути следования.

Библиографический список

1. ОАО «Российские железные дороги». Распоряжение от 13 марта 2020 года N 551/р «Об утверждении Классификатора коммерческих неисправностей грузовых вагонов» [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://gudok.ru/zdr/179/?ID=966402&archive=31018
2. Единый типовой технологический процесс коммерческого осмотра вагонов и поездов на железнодорожных станциях : доклад М.В. Белозеровой, начальника отдела контроля грузовой и коммерческой работы Забайкальского территориального центра фирменного транспортного обслуживания

А.В. Дмитренко, Л.И. Пушкарёва
Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия

ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА ПОГРАНИЧНЫХ ПУНКТОВ

Пандемия вызовет значительные сокращения перевозок пассажиров в международном сообщении, и значительное увеличение грузовых перевозок, в частности, продуктов питания, сельскохозяйственных продуктов. Изменения в технической политике страны, а также неожиданное появление коронавируса и развитие пандемии окажет влияние на размеры международной торговли, а, следовательно, на структуру пограничных переходов в целом.

Образование потоков продуктов питания со всей страны будет концентрироваться на малом количестве пограничных пунктов, то есть, пунктов перехода между государствами. Увеличение размеров международной торговли потребует создания специальной системы, для которой в пограничных пунктах будут концентрироваться потоки качественных продуктов питания для последующего его подбора и экспортной реализации.

Ключевые слова: вагоны, грузораздельный пункт, железнодорожный транспорт, пограничные станции, сельскохозяйственные продукты.

На современном этапе научно-технического прогресса в связи с развитием разных видов транспорта возрастают экономические связи между странами мира. Организация международной торговли позволяет доставлять в другие государства мира более высокопроизводительную

технику, которой нет в своей стране. Это на перспективу обеспечивает более быстрый рост экономики в целом для всех стран мира. Масштабы организации международных перевозок развивались с изменением обстановки в мире, с возможностью получения дополнительного эффекта от взаимной торговли.

В советские годы вследствие ограниченности в экономических связях между Советским Союзом и другими странами мира объем международной торговли был очень мал. Поэтому пограничные станции имели слабую мощность и ограниченную пропускную способность их технических средств.

Однако в последние три-четыре десятилетия значительно увеличился объем перевозок между странами мира [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Это привело к необходимости усиления мощности технических устройств путем увеличения пропускной способности различных элементов пограничных пунктов.

Подход к проблеме развития технического оснащения пограничных пунктов в значительной степени зависит от характера грузопотоков между отдельными государствами мира. Для России грузопотоки характеризуются определенными особенностями, которые в значительной степени отличаются от всех других стран мира.

На протяжении многих десятилетий за рубеж экспортировались сырье, металл, топливо, энергетические ресурсы и в малых количествах изделия промышленного производства.

В то же время, в течение многих лет советской власти страна в огромных количествах закупала продукты питания за границей.

Так, начиная с 1962 года, Россия закупала пшеницу в США, Канаде и в Аргентине.

Кроме того, Россия осуществляла продажу на экспорт товаров, являющихся природными богатствами России и имеющихся в избытке, но которых не хватало для большого количества технически и экономически развитых стран мира с большим населением. Это лес, уголь, нефть, минеральные удобрения.

Причем, сырье выгоднее всего для принимающего государства приобретать в необработанном виде. Это позволяет использовать отходы сырья после первой обработки и обеспечивает повышение цены на данный вид товаров после переработки, что позволяет улучшить экономические показатели развития страны, принимающей в огромных объемах первичное сырье. Поэтому данные виды товаров, например лес, грузятся в пунктах их избытка. Минеральное сырье может быть сравнительно легко погружено в вагоны в местах добычи полезных ископаемых. Од-

нако подобный вид груза может быть погружен в ограниченном количестве крупных пунктов зарождения таких грузов.

Совершенно другая ситуация складывается с продукцией сельского хозяйства. Сельскохозяйственные продукты питания могут выращиваться в любой части территории страны с благоприятным климатом, либо в тепличном хозяйстве. Однако данные виды товаров, особенно ягоды и фрукты, которые пользуются повышенным спросом для потребления, имеют короткий срок их хранения, исчисляемый всего несколькими сутками, но не более недели. Это приводит к тому, что продукты питания, выращенные в первую очередь в пограничной полосе, являются наиболее конкурентоспособными для направления их на экспорт.

Поэтому и подход к организации заграничной торговли должен быть различным:

a) Для товаров промышленного производства и сырья для промышленности, к торговле топливом.

b) Для продуктов сельскохозяйственного производства, которые участвуют в международной торговле и будут направляться в соседнюю страну или далее транзитом в другие страны мира, через пограничные пункты на железнодорожном транспорте.

Данный тип грузов грузится сразу в вагоны на месте производства. Сырье грузится в пунктах добычи полезных ископаемых. На пограничных пунктах с данными вагонами будет осуществляться только их пропуск через пограничные пункты (со многими странами, например, Китаем, часто будет осуществляться перегрузка грузов из вагонов колеи 1520 мм в вагоны колеи 1435 мм).

С данным видом грузов на пограничной зоне своего государства проводятся простейшие технологические операции, связанные с передачей грузов и вагонов из своего государства в соседнее государство на экспорт. Никаких дополнительных производственных операций в пограничных пунктах не осуществляется.

Следует учитывать, что заграничные государства, особенно с малой территорией, не имеют такого вида сырья и нуждаются в нем. Это приводит к тому, что данный вид товаров с нашей территории требует малых затрат, связанных с торговлей и реализацией произведенных видов товаров. Эти виды товаров с коротким сроком их доставки до пунктов их назначения являются конкурентоспособными на мировом рынке.

Совершенно иные условия будут с импортными товарами или с сельскохозяйственными продуктами. В течение многих десятилетий наша страна была крупнейшим в мире потребителем продуктов питания, произведенных в других странах мира. Поэтому все тяготы пограничной

торговли, в том числе и затраты на проход пограничного барьера в международной торговле брала на себя другая сторона. Следовательно, проблем, связанных с пропуском поездов с продуктами питания через пограничные пункты, у железнодорожников нашей страны не было, затраты по их пропуску имели сравнительно малую величину [7, 8, 9, 10].

На сегодняшний день одной из приоритетных задач «Большой Евразии» призвано стать сопряжение проекта Евразийского экономического союза и китайской инициативы «Один пояс – один путь». Реализация стратегии КНР «Один пояс – один путь» для России считается выгодным проектом, однако, связанным с некоторыми экономическими рисками.

Строительство новых евразийских железнодорожных магистралей в рамках Экономического пояса Шелкового пути (ЭПШП) и реконструкция старых на территории СНГ помогает укрепить транзитные позиции ЕАЭС на сухопутных путях перевозки грузов между Европой и АТР (в настоящее время большинство транспортировки грузов между странами Европы и АТР проходят по морским путям через Суэцкий канал с техническими ограничениями). Для России, например, возможно осуществление состыковки северного направления ЭПШП с российским проектом «Трансевразийский пояс RAZVITIE» (ТЕПР) и программой по модернизации Транссиба и Байкало-Амурской магистрали с учетом наличия у России богатого опыта в разработке железнодорожного проекта на основе достоверной базы данных по геологии и гидрографии на территории Евразии, а также необходимости осваивать потенциалы Сибири и Дальнего Востока – «зоны приоритетного развития России» [7, 8, 9, 10].

В результате охлаждения отношений России с Западом сотрудничество с Китаем имеет огромное значение, как для России, так и для КНР. Сопряжение Транссиба и БАМа с будущими маршрутами Нового Шелкового пути могло бы приобрести значительный экономический эффект. Транзит монгольских и китайских грузов по Транссибирской магистрали растет ускоренными темпами, следовательно, увеличиваются нагрузки на пограничные станции, такие как Забайкальск, Наушки и другие.

Кроме того, ОАО «РЖД» связала железнодорожной линией российскую станцию Хасан с северокорейским городом-портом Раджин, Приморье с Китаем и Северной Кореей (а через нее – и с Южной). Реализация этого проекта началась еще в 2009 году, в 2011 прошел первый контейнерный поезд. Ввод в эксплуатацию обеспечивает дополнительные перевозки до 4 млн. тонн сыпучих грузов и до 100 тыс. контейнеров из Южной Кореи в Россию, Европу, страны СНГ. Железная дорога способна пропускать 15 пар поездов в сутки, что полностью покроет потреб-

ность в обеспечении контейнерных грузоперевозок в объеме 200 тыс. TEU в год (в двух направлениях).

В прошлом технические устройства пограничной зоны, прилегающие к пограничным железнодорожным станциям, имели слабую мощность особенно на Восточном направлении. Совершенно иные условия пропуска продуктов питания и других грузов через границу появятся в настоящее время, когда наша страна становится ведущей аграрной державой и из принимающей превратится в страну, направляющую большую часть продуктов питания за рубеж. Необходимо учитывать наличие крупнейшего грузораздельного пункта в Восточной Сибири, где встречаются потоки продуктов питания импортные и экспортные. Возрастут затраты своей страны, связанные с организацией торговли на экспорт. В организации международной торговли произойдут существенные изменения, связанные с новой политической обстановкой в мире, с пандемией коронавируса. Значительно сократится количество туристических поездок. При оценке перспектив развития международной торговли необходимо учитывать изменения в характере грузопотоков, проходящих через пограничные пункты между государствами. Все грузопотоки нужно разделить на грузы промышленного и сельскохозяйственного производства.

Вывод. С увеличением объемов перспективных железнодорожных экспортных и импортных перевозок в восточном направлении необходимо проанализировать готовность технического оборудования пограничных станций и пограничных пунктов к освоению соответствующего вагонопотока с учетом перспективной номенклатуры грузов, кроме того, потребуется создание специальных регулировочных баз в пограничных зонах.

Укрупнение партий грузов потребует разработки особой модели пограничной станции в условиях изменения порядка организации международной торговли продуктами питания.

Библиографический список

1. Технология работы пограничных станций [Электронный ресурс] : учеб. пособие. М. : УМЦ ЖДТ, 2013. 300 с. Режим доступа : https://e.lanbook.com/book/58929

2. Губарь М.В. Обоснование параметров и рациональных схем пограничных передаточных станций : дисс. канд. техн. Наук : 05.22.08. СПб., 2007. 181 с.

3. Цвигун И.В., Суходолов Я.А. Внешнеторговые связи Китайской Народной Республики : общая характеристика, факторы влияния /

И.В. Цвигун // Развитие российско-китайских отношений : новая международная реальность. 2016. С. 116–123

4. Голубев П.В. Развитие пограничных станций / П.В. Голубев, М.Ю. Телятинская // Мир транспорта. 2010, № 5. С. 90–93

5. Дмитренко А.В., Пушкарева Л.И. Эффективные способы усиления пропускной способности пограничных пунктов. В сб. : Проблемы и перспективы развития науки в России и мире. Ч. 2. Киров : НИЦ Аэтерна, 2016. С. 21–27

6. Пушкарева Л.И. Особенности развития пограничных станций восточного полигона в современных условиях. В сб. : Совершенствование технологии перевозочного процесса к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок». Новосибирск, 2015. С. 120–128

7. Дмитренко А.В., Пушкарева Л.И., Панькова С.М. Выбор принципов обеспечения устойчивости в эксплуатационной работе пограничных пунктов. В сб. : Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск, 2019. С. 40–45

8. Официальный сайт ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. Режим доступа : www.rzd.ru

9. Транспортная инфраструктура / И.О. Загорский, П.П. Володькин, А.С. Рыжова. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. 228 с.

10. Герами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики : учеб. и практикум для вузов. 2-е изд., исправл. и доп. М. : Юрайт, 2020. Книга доступна на образовательной платформе «Юрайт», urait.ru

С.В. Дружин
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ВИРТУАЛЬНАЯ СЦЕПКА» В ГРАНИЦАХ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

В статье рассмотрена эффективность применения технологии «Виртуальная сцепка» (ВСЦ) в границах Восточного полигона. Представлена общая концепция ВСЦ, ее цели и задачи. Приведены результаты испытаний на Восточном полигоне, выявлены объективные ограни-

чения в реализации технологии ВСЦ. Определены требования к технологии ВСЦ в условиях «встраивания» в действующий ЕТП ВП. Установлены общие критерии для расчёта «идеальной» траектории движения ВСЦ поезда в границах Восточного полигона.

Ключевые слова: технология «Виртуальная сцепка» (ВСЦ), Восточный полигон, система интервального регулирования движения поездов, сокращение межпоездного интервала, повышение пропускной способности, соединение локомотивов, подвижные блок-участки, ЕТП ВП, график движения поездов, расписание движения поездов, ведущий поезд, ведомый поезд.

Динамичный рост объёмов перевозок в направлении Дальнего Востока требует сбалансированного развития инфраструктуры железных дорог Восточного полигона и инновационных технологий организации и управления перевозочным процессом. На территории Восточного полигона с начала 2019 года проходят наладочные испытания технологий, программных и технических средств интервального регулирования движения поездов по технологии «виртуальная сцепка» (далее ВСЦ). Комплексная технология интервального регулирования движения поездов является одним из инструментов повышения пропускной способности железных дорог, а ВСЦ – одним из вариантов этой технологии, целью которой является сокращение межпоездного интервала и значительное повышение пропускной способности линии.

В соответствии с Долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» на период до 2025 года и Концепцией внедрения на сети железных дорог комплексной технологии интервального регулирования движения поездов, принятой в 2020 году, внедрение современной технологии ВСЦ стало актуальным для железных дорог сети. «Виртуальная сцепка» (ВСЦ) – это соединение локомотивов последовательно следующих поездов по радиоканалу. При этом ведение второго («ведомого») поезда осуществляется с учетом информации, получаемой с первого («ведущего») поезда. Управление ведущим и ведомым локомотивами может осуществляться как в режиме автоведения, так и в ручном режиме машинистом. Для расчета режима ведения ведомого поезда используется информация о скорости и показаниях локомотивного светофора ведущего поезда. Концепция ВСЦ представлена на Рисунке.

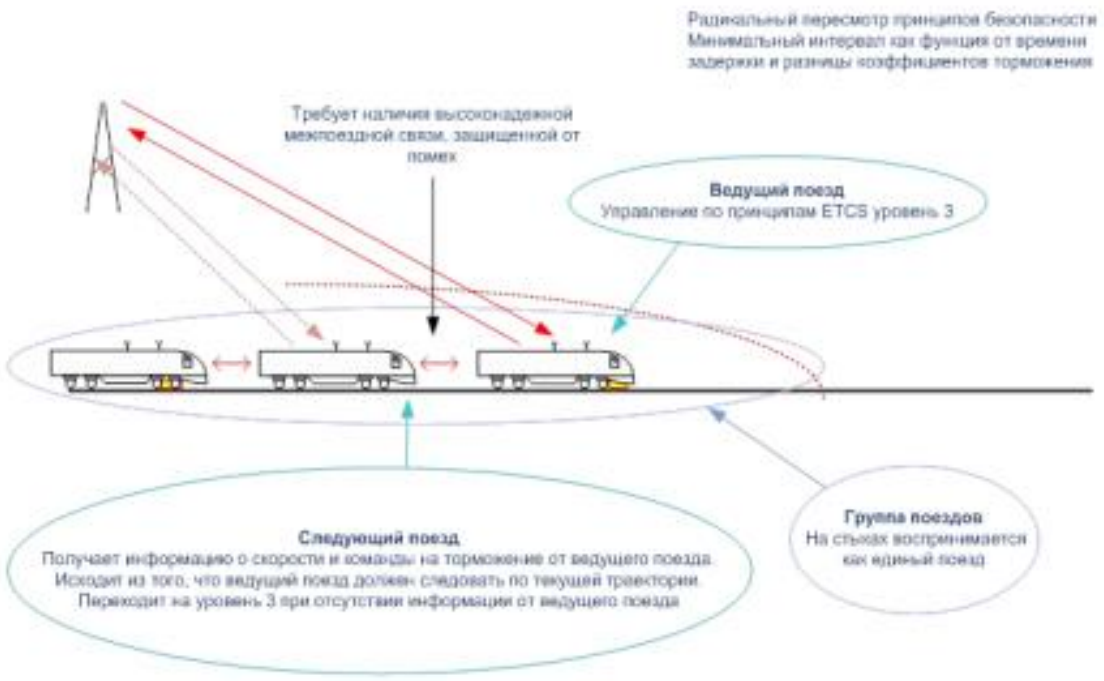

Рисунок. Концепция ВСЦ

Особенность данной технологии состоит в необходимости постоянной связи между локомотивами, а также в возможности использования вторым (ведомым) локомотивом информации первого (ведущего) локомотива с имеющейся собственной алгоритмизацией использования, учитывая разницу расстояний, и дополнительно режимы работы первого локомотива, обеспечивающие сохранение интервала. На сегодняшний день «Виртуальная сцепка» реализуется только для двух поездов с локомотивами серии «Ермак». Режим виртуальной сцепки реализуется модернизированной интеллектуальной системой автоматизированного ведения поездов повышенной массы и длины с распределенными по длине локомотивами ИСАВП-РТ-М.

В ходе испытаний на Восточном полигоне выявлены объективные ограничения в реализации технологии ВСЦ. Это станции, имеющие интервалы приема и отправления, отличающиеся в большую сторону от перегонных, отсутствие участков оборудованных автоблокировкой с подвижными блок-участками, а также временные ограничения скорости по состоянию инфраструктуры, вызывающие увеличение интервала попутного следования. Такие ограничения снижают возможные эффекты от использования новой ВСЦ технологии.

К эффектам инновационной ВСЦ технологии можно отнести, говоря рыночным языком, значительное улучшение баланса между спросом

и предложением на грузовые перевозки. Предложение характеризует наличную пропускную и провозную способности железнодорожных направлений, которые могут быть увеличены на 10–15 % без внушительных капитальных вложений и значительного времени на осуществление мероприятий, используя данную инновационную технологию, за счет увеличения интенсивности грузопотоков, как основной технологической характеристики, подлежащей управлению. Она зависит от веса поезда, скорости движения, межпоездного интервала и возможностей существующей инфраструктуры по пропуску поездов.

В результате, накопленный опыт наладочных испытаний движения ВСЦ поездов позволяет определить перечень функций и функциональные роли основных дирекций ЦФТО, ЦД, ЦТ и ЦДИ, которые необходимо интегрировать в действующий «Единый технологический процесс работы восточного полигона» (далее ЕТП ВП), утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» №3089р от 30.12.2019 года.

Учитывая, что организация движения и контроля следования ВСЦ поездов «встраивается» в существующую технологию, то для этого требуется: во-первых, определить параметры «точек входа» в действующий ЕТП ВП; во-вторых, определить необходимое нормативное, информационное, документальное и главное ресурсное обеспечение ВСЦ технологии. Основные «точки входа» в ЕТП ВП – это, прежде всего, график и расписание движения поездов, они взаимосвязаны, но при этом график учитывает пропускную способность, а расписание поездов – конкретное направление грузопотоков. Увеличение интенсивности грузопотока на существующей инфраструктуре – основная целевая функция организации и управления движением поездов по технологии «виртуальная сцепка». Задача расписания (предлагается это расписание выделить в разряд «специального») обеспечить, системой автоведения, «идеальную» технологию движения ВСЦ поездов: «для ведущего поезда – это следовать с максимально разрешённой технической скоростью на участке оборота локомотивной бригады и с максимально разрешённой маршрутной скоростью от места формирования до места расформирования ВСЦ поезда; для ведомого поезда – на всем участке следования ВСЦ поезда выдерживать минимально возможный интервал». Минимально возможный интервал (2 блок-участка) для трёхзначной автоблокировки – это движение на жёлтый под зелёный сигнал АЛСН.

Для реализации «идеальной» технологии требуется точечный расчет траектории движения ВСЦ поезда по каждому перегону. Расчёт выполняется на основании цифровой карты, тяговых расчётов, информации о плане и профиле пути, режимных карт, весовых норм и других параметров «виртуально» соединённых поездов, содержащихся в паспорте

маршрута движения ВСЦ поездов. Необходимо отметить, что в качестве критерия, для расчёта «идеальной» траектории движения ВСЦ поезда по каждому отдельно взятому перегону, в зависимости от состояния существующей инфраструктуры, могут выступать различные критерии:

- критерий реализации максимальной скорости движения ВСЦ поезда;
- критерий реализации минимального межпоездного интервала;
- критерий реализации энергооптимального режима движения ВСЦ поезда.

В целом, по маршруту следования ВСЦ поезда, системой автоведения, всегда будет применяться один из трёх вариантов, что позволит получить максимально возможные эффекты от реализации этой технологии.

Технологии интервального регулирования являются эффективным средством при организации пассажирского и грузового движения в условиях ограничений на развитие инфраструктуры. Развитие систем интервального регулирования требует перераспределения программно-аппаратных средств системы управления от напольных устройств к станционным и бортовым комплексам, что обеспечивает сокращение капитальных и эксплуатационных затрат.

Движение ВСЦ поездов по расписанию позволит улучшить равномерность и предсказуемость загрузки инфраструктуры, станций, тягового подвижного состава, а также повысит удовлетворённость и качество обслуживания потребителей железнодорожной услуги.

Внедрение системы интервального регулирования движения поездов, как комплексной системы, позволит достичь экономической эффективности за счет: сокращения потребного количества локомотивов для подталкивающего движения за счет сокращения времени оборота локомотивов; высвобождения ниток грузовых поездов за счет уменьшения межпоездного интервала; повысить надежность графика, при пропуске поездов по одному пути в период «окон» и при возврате локомотивов подталкивающего движения

Библиографический список

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» на период до 2025 года

2. Концепция внедрения на сети железных дорог комплексной технологии интервального регулирования движения поездов, М., 2020. С. 309

3. Мугинштейн Л.А., Мехедов М.И. Вопросы организации стабильного пропуска транзитных грузовых поездов на направлениях железных дорог с учетом технических и технологических особенностей работы технических станций и перегонов // Вестник ВНИИЖТ. 2016, № 1. С. 3–11

4. Устройство КЛУБ-У. Интервальное регулирование. Программа и методика эксплуатационных испытаний 36991-00-00 ПМ1-13 (утв. 29 апреля 2019 г.)

5. Розенберг И.Н., Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Уманский В.И. Инновационные технологии интервального регулирования – основа системы управления движением на МЦК // «Автоматика, связь, информатика». 2019, № 6. С. 5–10

К.Н. Евсеева, Н.Г. Янковская

Петербургский государственный университет путей сообщения, г. Санкт-Петербург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СКЛАДЕ ТАРНО-УПАКОВОЧНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШАТТЛОВЫХ СИСТЕМ

Определено значение складов в логистических цепях. Отмечены преимущества складов, оборудованных шаттловыми системами. Рассмотрена возможность применения шаттловых систем при модернизации склада.

Ключевые слова: складские комплексы, тарно-упаковочные грузы, автоматизация, шаттловые системы.

Склад является неотъемлемым звеном любой логистической цепи. Наличие складов упорядочивает процесс продвижения товаров и грузов к конечному потребителю. Складское хозяйство имеется в оптовой и розничной торговле, на производстве и практически во всех отраслях промышленности. Без складских комплексов невозможно представить себе сферу грузоперевозок, где происходит хранение, переработка и распределение груза. Большой объем грузов, проходящих через складские комплексы, составляют тарно-упаковочные грузы на паллетах (поддонах).

Эффективность работы производственной компании или торговой сети во многом определяет грамотная организация складского хозяйства, при этом склад должен рассматриваться как интегрированная составная

часть логистической цепи. Только такой подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада.

Чтобы хранение товара и его перемещение происходили наиболее эффективным образом, складские системы оснащают современным, максимально продуманным оборудованием, позволяющим сократить трудозатраты и уменьшить время, необходимое для обработки единиц складского хранения при их приеме и отправлении.

Количество параметров, определяющих работу склада, растёт, временные интервалы сокращаются. Потребностями в настоящее время и пониманием перспектив будущего определяется выбор и внедрение элементов системы автоматизации операций на складе.

Автоматизирование склада основывается на внедрении современных технологий и систем для автоматизации выполнения трудоемких процессов, что ведет к возрастанию скорости выполнения операций, сокращению ошибок, снижению затрат и повышению эффективности бизнеса. К новым видам автоматизированных стеллажных систем хранения относятся шаттловые стеллажи.

«Шаттл – автономное устройство, которое в автоматическом режиме и без участия оператора перевозит единичные и тарные грузы на поддонах, перемещаясь по специальным рельсам внутри глубинного стеллажа. Устройство представляет собой мобильную платформу на съемных аккумуляторных батареях» [1].

Шаттловая складская система состоит из канального (туннельного) стеллажа, шаттловой тележки, перемещающейся внутри стеллажа по специальным направляющим и несущей грузоподъемной машины. Стеллажи предусматривают многочисленные каналы хранения по высоте и ширине для установки поддонов. В качестве несущей машины может использоваться, например, погрузчик-штабелер Jungheinrich, имеющий достаточную остаточную грузоподъемность [5] или любой другой со сходными техническими характеристиками (высота подъема и грузоподъемность).

Питание шаттла осуществляется от аккумуляторной батареи. Наличие второй аккумуляторной батареи с зарядной станции значительно увеличивает эксплуатационную готовность системы к работе. Управление шаттлом производится с мобильного устройства – терминала. Терминал и система управления шаттла связаны по двунаправленному радиоканалу. Терминал управления размещен в поле зрения оператора. В качестве альтернативы управление может осуществляться виртуально, с помощью сенсорного экрана уже установленного терминала обмена данными [2].

В больших системах хранения для организации работы к ручному радиопульту управления могут быть подсоединены до 69 различных грузовых шаттловых систем. Опциональная система защиты персонала предотвращает доступ посторонних в проход между поддонами или в рабочий проход. В случае сигнала тревоги оборудованный таким образом шаттл тормозится до полной остановки. Для авторизованных погрузчиков – штабелеров, которые распознаются автоматически, не возникает никаких препятствий при доступе к стеллажам [3].

Процесс заполнения (опорожнения) канала начинается с установки в него шаттла. Шаттл поднимается на вилах погрузчика и устанавливается в начало канала, внутри которого затем по специальным направляющим он самостоятельно перемещается. После постановки первого поддона в канале стеллажа и нажатия клавиши «Пуск» на пульте система управления выполняет все необходимые операции подъема и перемещения груза самостоятельно. Датчики распознают положение хранящихся на складе поддонов и, таким образом, исключают вероятность столкновения в процессе штабелирования и извлечения новых паллет.

Шаттловые системы хранения особенно эффективны при работе с однородными грузами на паллетах, прибывающими или отправляемыми большими партиями, при повторяющихся операциях по размещению и извлечению груза в одном и том же канале, и имеют ряд существенных преимуществ перед складами стеллажного хранения, наиболее распространенными в настоящее время.

Существенным преимуществом шаттловых систем является то, что они позволяют более эффективно использовать площадь и объем склада. Это возможно за счет большой глубины каналов хранения. Глубина хранения практически не ограничена и может составлять несколько десятков паллет. Уменьшение объема на единицу хранения происходит за счет уменьшения высоты стеллажных ячеек, что при возможной высоте хранения 12–14 метров позволяет увеличить количество уровней.

Сам шаттл имеет небольшую высоту. Это позволяет создавать компактные стеллажи, в которых минимум пространства не используется. Также первый ряд может находиться на небольшом уровне, достаточном для работы шаттла. Использование шаттлов позволяет уменьшить ширину каналов. Ширина самого шаттла несколько меньше, чем у паллет. Также не требуется предусматривать дополнительные проезды, необходимые для перемещения погрузочной техники как при стеллажном хранении. Шаттловые системы позволяют использовать до 80–85 % объема склада.

Одним из преимуществ шаттловых систем является также то, что они позволяют работать с грузами различного типа в одной и той же системе стеллажей. Например, с паллетами разного размера или промышленными поддонами, а также в холодильных камерах при температуре до -30 °С. Грузоподъемность шаттла составляет до 1,8 т [1]. Наличие многочисленных каналов по ширине и высоте позволяет наиболее рационально расположить оборудование в зависимости от параметров склада и грузовых потоков, повысить плотность хранения и максимизировать количество мест для размещения паллет.

Другое их преимущество – высокая скорость обработки грузов по прибытию и отправлению, которая достигается за счет того, что совмещается по времени перемещение груза погрузчиком в зону отправки и перемещение паллеты шаттлом внутри канала в зону захвата погрузчиком.

Однако при высокой скорости обработки единиц груза перемещение ведется очень бережно, исключено столкновение паллет во время загрузки и извлечения. Система имеет высокую степень безопасности как для человека, так и для груза.

При использовании шаттловых систем возможна реализация принципов LiFo (последним пришёл – первым ушёл) и FiFo (первым пришёл – первым ушёл), т.е. загрузка и выгрузка производятся с одной стороны канала или с двух сторон при закладке на хранение и извлечении с места хранения (см. Рисунок).

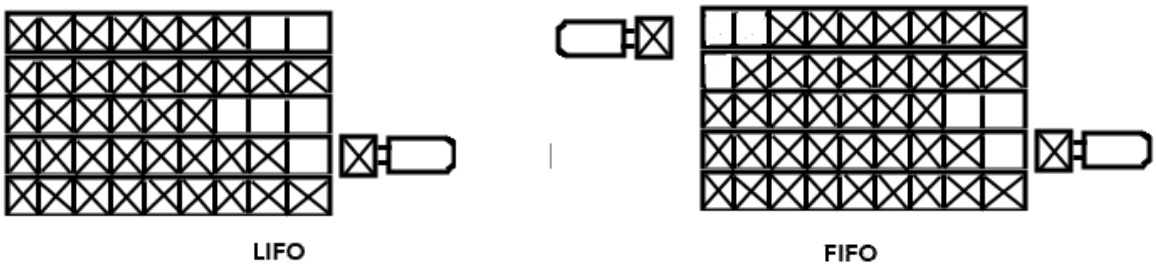

Рисунок. Системы LiFo и FiFo

Система FiFo используется прежде всего на складах для скоропортящихся товаров, а также для грузов, где важен срок годности. Существенным является то, что на одном и том же складе могут быть применены обе системы: LiFo и FiFo. При полном опорожнении канала шаттловая система автоматически перемещает каждый находящийся в канале поддон к стороне выгрузки, где штабелер забирает их и переносит в зону отпуска товара.

Одним из производителей шаттлов является Toyota, выпускающая автоматизированные перевозчики паллет – шаттлы Autoshuttle и Toyota Radioshuttle. Это высокоскоростные челноки, которые работают в помещениях со стеллажами специальной конструкции и могут управляться дистанционно. При этом размещение и извлечение паллет может осуществляться как ричтраком, так и противовесным погрузчиком.

Другие производители BITO PROmotion, компания «Стелкон» радиоуправляемых тележек Pallet Shuttle на территории России, итальянский производитель компания COMITAS – производитель радиоуправляемых тележек с дистанционным управлением – радио-шаттлов. Радиошаттл представляет собой тележку с 4 роликами с электрическим приводом, снабженным системой лазерных датчиков для точного позиционирования внутри канала системы хранения [7].

Система транспортировки паллет шаттлом может быть размещена на новых складских объектах или интегрирована в существующую систему. При этом глубина и количество каналов хранения не играют большой роли.

Время диктует новые требования, которые необходимо учитывать не только при проектировании новых складских комплексов, но и при модернизации существующих. Например в условиях возрастания грузопотока может встать задача увеличить объем единиц хранения не меняя объема склада и сделать это с наименьшими затратами и максимально эффективно. Одним из возможных вариантов решения проблемы реконструкции и модернизации склада может быть применение автоматизированных складских систем шаттлового типа.

На начальном этапе следует произвести анализ грузопотока, номенклатуры хранения по количеству позиций и типоразмерам, если это не однородный груз. Это позволит определить количество и специализацию каналов и высоту ячеек для хранения. Необходимо также решить вопрос, по какой системе предполагается организовать работу: LiFo или FiFo. При неоднородной номенклатуре возможно организовать комбинированную систему: часть каналов работает по системе LiFo, другая часть по системе FiFo, причем соотношение каналов должно быть просчитано и определено при анализе номенклатуры и величины грузопотока.

Необходимо учесть ряд ограничений, которые могут возникнуть при реконструкции существующего склада: будет ли увеличение единиц хранения происходить только за счет увеличения плотности хранения или есть техническая возможность увеличить высоту хранения за счет более полного использования высоты складского помещения. В случае увеличения высоты хранения необходимо проверить, сможет ли суще-

ствующая техника (погрузчики-штабелеры, если таковые имеются) работать при увеличенной высоте или необходимо приобретение соответствующих погрузочно-разгрузочных механизмов.

Важным фактором является и глубина канала. Поскольку шаттл работает в связке с погрузчиком, время цикла погрузчика будет определяющим по отношению к времени доставки шаттлом пакета в зону захвата погрузчиком. Если время доставки пакета шаттлом будет больше, чем цикл погрузчика, погрузчик вынужден будет простаивать в ожидании подхода шаттла с пакетом, что приведет к снижению его производительности. Возможно, в такой ситуации следует прибегнуть к исследованию технических и технологических параметров склада на математической модели.

При разработке любого проекта всегда стоит вопрос оптимизации затрат. Одним из недостатков шаттловых стеллажей является более высокая цена по сравнению с аналогичными системами хранения. Поэтому на этапе рассмотрения возможности модернизации склада с переходом на шаттловую систему следует очень тщательно просчитать затраты на стадии разработки проекта реконструкции, а также определить возможные эксплуатационные расходы обновленного склада. При сокращении времени обработки и увеличении производительности эксплуатационные расходы на единицу хранения могут возрасти. Принятие решения в таком случае должно быть особенно взвешенным, чтобы результат оправдал ожидания.

Библиографический список

1. Гусев Н., Однокопылов И. Универсальный сервоконтроллер DUAL-AXIS DS-SERVO в автоматизированных системах перемещения грузов // Control Engineering Россия. 2019, № 4 (82). С. 34–37

2. Боргардт Е.А., Васильева С.Е., Данилова С.Ю., Сярдова О.М. Кросс-докинг : учеб. пособие. Тольятти : Тольяттинский государственный университет (ТГУ), 2019. 143 с.

3. Голоцван Л. Автоматизация склада : вчера, сегодня, завтра // Дистрибуция и логистика. 2012, № 10. 4 с.

4. Пилипчук С.Ф. Логистика предприятия. Складирование. СПб. : Лань, 2018. 299 с.

5. Чебакова Е.О., Быкова О.В. Логистика складирования : учеб.-наглядное пособие. Омск : СибАДИ, 2017. 140 с.

6. Ширяев С.А., Рябов И.М., Ковалев А.М. Транспортно-складские комплексы : учеб. пособие. Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2019. 110 с.

7. Комплексная автоматизация индустриальных терминалов [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.comitas.ru/radio-shattly.htm

Н.М. Ковалева
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

И.И. Шелопугина
Забайкальский ТЦФТО, отдел мониторинга и маркетинга
рынка грузовых перевозок,
г. Чита, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СМАРТ-КОНТРАКТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ БЛОКЧЕЙН КАК ИННОВАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО ТЦФТО

В статье делается акцент на деятельность Забайкальского ТЦФТО по разработке инновационного программного продукта – Смарт-контракта, который предусмотрен для выстраивания единого информационного пространства между всеми участниками предоставления транспортно-логистических услуг на Забайкальской железной дороге.

Внедрение смарт-контрактов на основе блокчейн может иметь два аспекта экономической эффективности: уменьшение эксплуатационных расходов за счет оптимизации численности всех структурных подразделения ОАО «РЖД» на Забайкальской железной дороге, занятых в предоставлении транспортно-логистических услуг, и получение экономического эффекта за счет оптимизации, ускорения, оцифровывания технологических процессов, ускорения обработки документального и информационного потоков, которые технология блокчейн позволит объединить в одну систему.

Использование этого инновационного продукта ведет к повышению эффективности обработки заказов и к увеличению конкурентоспособности и результативности коммерческой деятельности компании.

Ключевые слова: Забайкальский ТЦФТО, оптимизация, инновационный программный продукт, технологии смарт-контрактов, система блокчейн, экономический эффект, интеллектуальный контракт, транспортные услуги.

Фактором современной конкурентной борьбы за рынки сбыта хозяйствующих субъектов является качество деловой услуги, к которой можно отнести и логистическую услугу.

Сфера услуг становится движущей силой экономического развития. На рынке явно проявляется тенденция к развитию совокупного предложения «товар-услуга».

По мнению участников и специалистов рынка, основная часть услуг, оказываемых потребителю, приходится на сферу логистики, а именно: перевозка, подготовка ТМЦ к потреблению, грузопереработка, складирование, хранение.

Современный бизнес предъявляет высокие требования к качеству, объему и доступности логистических услуг. Именно качество, доступность и объем логистических услуг оказывают влияние на потенциальных клиентов и являются критериями принятия решения о перспективном долгосрочном сотрудничестве. Соответственно, логистическая стратегия, которая базируется на комплексе соответствующего качества логистических услуг, является эффективным средством создания интегрированных связей между производителями, покупателями и логистическими посредниками.

В соответствии с Приказом ОАО «РЖД» N 134 от 9 июля 2009 г. «О создании структурных подразделений Центра фирменного транспортного обслуживания» по Распоряжению ОАО «РЖД» от 21.08.2009 No 1752р было утверждено «Типовое положение о территориальном центре фирменного транспортного обслуживания – структурном подразделении Центра фирменного транспортного обслуживания – филиала ОАО «РЖД».

Территориальный центр фирменного транспортного обслуживания является структурным подразделением Центра фирменного транспортного обслуживания – филиала открытого акционерного общества «Российские железные дороги».

Основные направления деятельности Забайкальского ТЦФТО – своевременное и полное удовлетворение потребностей экономики и населения в перевозках грузов и пассажиров.

Центры продажи услуг Территориального центра фирменного транспортного обслуживания на Забайкальской железной дороге находятся в Чите (регион обслуживания – Забайкальский край) и в Благовещенске (регион обслуживания – Амурская область).

Забайкальский край является регионом, геополитическое положение которого имеет особую значимость и играет одну из ключевых ролей в обеспечении региональной и экономической безопасности, опре-

деляя существенную роль в системе национальной безопасности Российской Федерации.

Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «Российские железные дороги», является связующим звеном между Сибирью и Дальним Востоком РФ, выполняет важнейшую стратегическую роль.

Основной отраслью специализации Забайкальского края и Амурской области, где функционирует Забайкальский ТЦФТО является горнодобывающая, лесная и угольная отрасль, поэтому разрабатывая систему улучшения качества предоставления услуг логистический провайдер должен ориентироваться на перспективы развития предприятий этих отраслей.

На рис. 1 представлена схема основных организаций, структурных подразделений, с которыми взаимодействует Забайкальский ТЦФТО при организации перевозки.

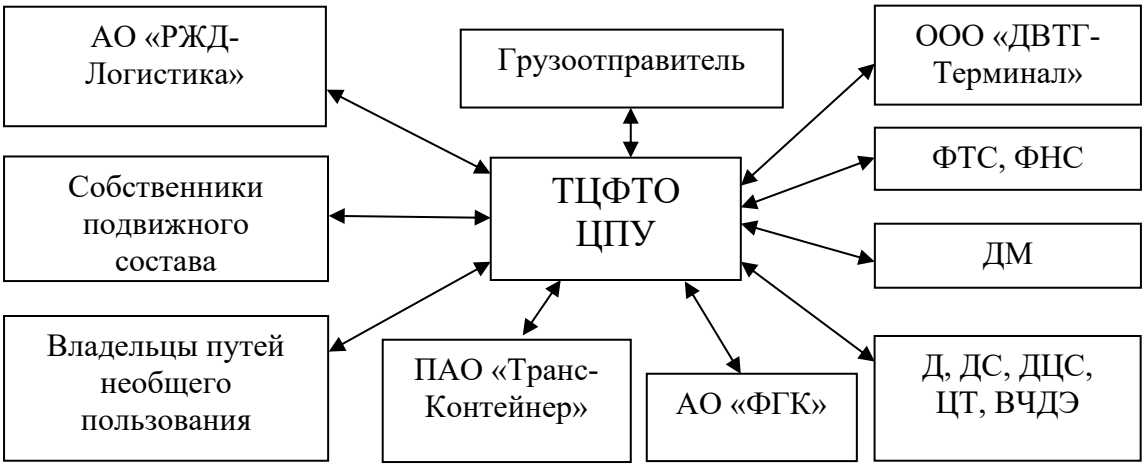

Рис. 1. Схема участников предоставления транспортной услуги

По представленной на рис. 1 схеме участников предоставления транспортной услуги видно, что Забайкальский ТЦФТО в процессе организации предоставления транспортных услуг взаимодействует с множеством других участников – элементов логистической системы.

Возникает необходимость обработки документации, ее согласования, утверждения, и так как выполнение этих функций полностью зависит от человеческого фактора, происходят временные задержки, а значит приостановка всего логистического процесса. Это может происходить из-за накопления большого количества документации, и связанных с ней функций, или из-за необходимости выполнения задач другого фронта.

Для повышения экономической эффективности оказания услуг в Забайкальском ТЦФТО предлагается использование технологии смарт-контрактов на основе системы блокчейн, как инновационного направления

Логистические процессы требуют участия очень большого количества независимых сторон, имеющих различия в правилах и стандартах управления. Из-за чего присутствует недостаток доверия между сторонами, необходимость выстраивания сложной системы контроля выполнения логистических процессов, что влечет за собой дублирование документов и т.п.

Блокчейн − выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков (связный список), содержащих информацию.

Положительные стороны использования технологии блокчейн:

− сокращение документооборота;
− безопасность и контроль логистических процессов;
− уменьшение ошибок и экономия при пересылке документов;
− оптимизация рабочего процесса;
− автоматизация финансовых операций.

Смарт-контракт (от английского smart contract – умный контракт) − это самоисполняемый компьютерный код, который записывается в блокчейн − децентрализованную цепочку блоков, хранящуюся на множестве компьютеров. Функционал смарт-контрактов подразумевает их самостоятельное исполнение.

В интеллектуальном контракте согласованы взаимные обязательства сторон, написанные в виде компьютерного кода.

Умный контракт работает следующим образом:

1) стороны определяют условия договора;
2) условия договора сохраняются в виде компьютерного кода;
3) код хранится в базе данных в технологии blockchain, и он не может быть изменен (из-за того, что он защищен криптографией).

Умный контракт позволяет устранить ряд действий, связанных с выполнением соглашения. Выполнение стандартного договора заключается в том, что права и обязанности сторон, закрепленные в контракте, должны быть сначала проанализированы лицом, которое затем, основываясь на выводах этого анализа, выполняет действия, предусмотренные положениями контракта. Создавая интеллектуальный контракт, стороны сохраняют свои права и обязанности, как часть компьютерного кода, который непосредственно выполняется путем запуска отдельных положений самого договора.

Технология применения смарт-контрактов на основе блокчейн представлена на рис. 2.

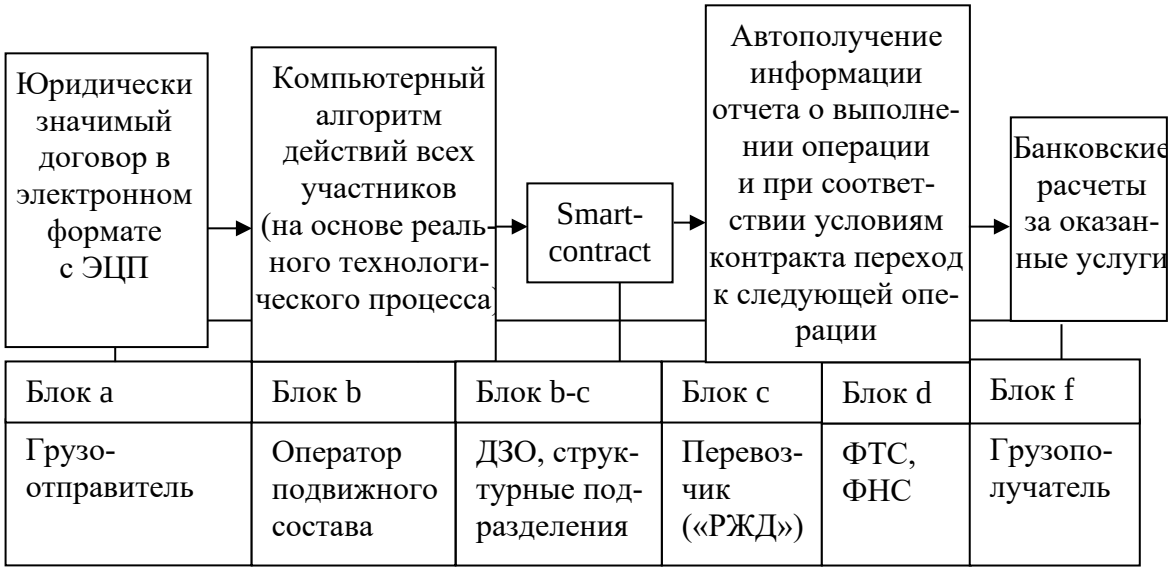

Рис. 2. Схема применения смарт-контрактов на основе технологии блокчейн в ОАО «РЖД»

Основным условием применения смарт-контрактов на основе технологии блокчейн является отсутствие единой курирующей системы.

Наличие необходимых составляющих применения смарт-контракта при предоставлении транспортно-логистической услуги в Забайкальском ТЦФТО:

1. Предмет договора. Необходим сам предмет договора и наличие необходимых для его исполнения инструментов (криптовалютных расчетных счетов, программ-оракулов и т. д.). Контракт должен иметь доступ к описываемым услугам или товарам. Также договор должен иметь возможность открыть и закрыть доступ к данному элементу. Предметом договоров, заключаемых в Забайкальском ТЦФТО между клиентом и провайдером являются выполнение определенных транспортно-логистических услуг. Также может быть заключен договор между Забайкальским ТЦФТО и другим подразделением, агентом, предметом которого может являться юридические и фактические действия, которые агент обязуется совершить за вознаграждение по поручению.

2. Условия договора. Условия смарт-контракта в форме точной последовательности операций, которые все участники договора подтверждают подписью, а также достоверность источника цифровых данных. В простых контрактах действует логика «if-then-else», «when-do» – если…

то…иначе. В ОАО «РЖД» существуют регламенты, определяющие технологические процессы взаимодействия подразделений между собой, а также с другими структурами, возникающие при предоставлении услуг.

3. Цифровые подписи. Контракт использует методы электронной подписи на основе публичных и приватных ключей, имеющихся у двух или более сторон соглашения. Все участники инициируют соглашение, подписывая договор своими секретными ключами. Электронный обмен данными с последующим применением электронной цифровой подписи позволяет, соблюдая положения Устава железнодорожного транспорта РФ, Правил перевозок грузов, организовать взаимодействие грузоотправителей и железных дорог на всех этапах от заказа перевозки до выдачи груза получателю более оперативно с полным информационным сопровождением процесса перевозки.

Так, экспедиторские компании имеют возможность из своего офиса сделать в электронном виде заказ в ЦФТО на экспедирование грузов, и после проверки платежеспособности и других критериев получить уведомление о приеме этих заказов на исполнение.

4. Децентрализованная платформа. Наличие приватной децентрализованной среды (например, Ethereum), которая поддерживает входы и выходы для оракулов, обеспечивающих связь реального и цифрового мира. Контракт записывается в блокчейн этой платформы и распределенно хранится на ее узлах.

Смарт-контракты на данный момент времени являются абсолютно уникальным явлением. Потому пока многие государства не определили правовой статус смарт-контрактов. Данный фактор представляет собой определенные риски в будущем, но в правовом регулировании Российской Федерации уже были предприняты шаги к формированию юридического статуса смарт-контракта.

В ОАО «РЖД» на первый план выходит организация эффективных и технологичных сквозных перевозок, которые можно организовать на основе цифровых процессов, обеспечивающих скорость взаимодействия и, соответственно, перевозок. Безопасная технология блокчейна, которая предполагает использование распределённых данных по всей цепи, обеспечивает удешевление всего процесса перевозки. Применение искусственного интеллекта позволит более точно прогнозировать объёмы и параметры работы.

Программный продукт предусмотрен для выстраивания единого информационного пространства между всеми участниками предоставления транспортно-логистических услуг на Забайкальской железной дороге. Все участники деятельности по предоставлению услуг могут пользоваться находящейся там информацией в пределах своей компетенции.

Внедрение смарт-контрактов на основе блокчейн может иметь два аспекта экономической эффективности.

С одной стороны может произойти уменьшение эксплуатационных расходов за счет оптимизации численности всех структурных подразделения ОАО «РЖД» на Забайкальской железной дороге, занятых в предоставлении транспортно-логистических услуг. Например, алгоритмы смогут заменить деятельность людей, занимающихся обработкой финансовых операций.

Затраты на разработку, внедрение, обслуживание составят около 33 000 000 рублей, в том числе затраты в части разработки, внедрения:

– разработка сайта/лендинга,

– разработка смарт-контракта;

– разработка минимально жизнеспособного прототипа продукта (MVP) и т.д.

Экономический эффект за счет оптимизации численности подразделений ОАО «РЖД»: ТЦФТО – 8 рабочих мест, в т.ч. 4 в ЦПУ, АО «РЖД Логистика» – 3 рабочих места, другие подструктуры ОАО «РЖД» – 6 рабочих мест. Итого 18 сотрудников.

Средняя заработная плата одного сотрудника составляет 50 000 руб./мес. Итого заработная плата всех сотрудников занятых договорной работой ($ЗП_{год}$) в год составляет:

$ЗП_{год}$ = 50000*18*12=10 800 000 рублей.

Большое значение имеет определение времени, в течение которого полностью окупятся все единовременные затраты, связанные с созданием программного продукта.

Срок окупаемости был рассчитан по формуле (1):

$$Т_о = И / (Д_2 – Д_1), \quad (1)$$

где $Т_о$ – срок окупаемости проекта, лет;

И – инвестиции в проект, руб.;

$Д_1$ – доход до внедрения проекта, руб.;

$Д_2$ – доход после внедрения проекта, руб.

Разницей между доходами до и после внедрения проекта будет являться заработная плата всех сотрудников занятых договорной работой ($ЗП_{год}$) в год.

Таким образом, срок окупаемости проекта за счет оптимизации численности равен

T_o = 33 000 000/10 800 000=3,05 года.

Второй момент – это получение экономического эффекта за счет оптимизации, ускорения, оцифровывания технологических процессов, ускорения обработки документального и информационного потоков, которые технология блокчейн позволит объединить в одну систему. Повышение эффективности обработки заказов ведет к увеличению конкурентоспособности и результативности коммерческой деятельности компании. Это приведет к увеличению клиентов, а значит и к увеличению такого показателя, как выручка. Тем самым срок окупаемости станет еще меньше.

Оптимизация численности персонала и технологических процессов взаимодействия в совокупности приведет к росту производительности труда работника.

Предприятия системы фирменного транспортного обслуживания всегда находятся на острие проводимой на железнодорожном транспорте политики. Причем их роль не ограничивается лишь посреднической функцией, они являются инициатором разработки и внедрения новых транспортных продуктов и услуг.

ТЦФТО являются основным звеном системы транспортного обслуживания. Поэтому для их функционирования, в первую очередь, необходимо внедрение новых программных продуктов, с целью повышения качества и скорости оказания транспортных услуг Забайкальским ТЦФТО.

Библиографический список

1. Приказ ОАО «РЖД» от 9 июля 2009 г. N 134 «О создании структурных подразделений Центра фирменного транспортного обслуживания». 8 с.

2. Дыбская В.В. Логистика : интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в целях поставок / М. : Эксмо, 2014. 939 с.

3. Кожевникова А.Н. Коммерческая деятельность на железнодорожном транспорте. Часть 4. Система фирменного транспортного обслуживания : учеб. пособие. М. : МГУПС (МИИТ), 2015. 193 с.

4. Банщикова А.А., Кудрявцев К.В., Ковалёв А.Ю. Возможности применения технологии блокчейн при перевозке грузов в международном сообщении // Мир транспорта. Т. 16, № 3, 2018. С. 134–154

5. Бодрин К.Ю., Красноперова А.Д. Анализ влияния технологии blockchain на экономическое поведение организаций // Теория и практика современной науки : журнал. 2017, № 6(24). М., Факультет математической экономики, статистики и информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова. 8 с.

6. Дубицкая Е.Г. Смарт-контракты. СПб., Санкт-Петербургский горный университет. 2018. 4 с.

7. Жадамбаев Д.Ж. Цифровые контракты : статья. В сб. трудов конференции. Чита, ЗабГУ. 2018. С. 76–83

8. Качмашев О.Е. Применение технологии блокчейн при управлении цепочками поставок СПбГЭУ : статья. В сб. статей. 2019. С. 85–88

А.А. Кузовкина, О.В. Кутузова

Читинский техникум железнодорожного транспорта,

г. Чита, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ OPEN-TOP

Грузоперевозки железнодорожным транспортом очень востребованы и многим кажется, что данный вид доставки грузов является стандартным и примитивным. Востребованность транспортировки различных грузов в контейнерах по железным дорогам в России обусловлена организационными и экономическими преимуществами перед другими видами транспорта. Увеличение количества контейнерных перевозок, осуществляемых железнодорожным транспортом в данный момент возможно при условии увеличения их конкурентоспособности и эффективности по сравнению с иными видами транспорта, для достижения которого необходимо сформировать условия, которые бы определили развитие данной отрасли.

Ключевые слова: контейнеры open-top, транспортная логистика, спредер, транспортный коридор, контейнеризация перевозок.

На текущий момент времени на железнодорожном транспорте ведется активное внедрение новых технологий, позволяющих увеличить скорость доставки грузов и общий вес грузового состава, что положительно сказывается на увеличении пропускной способности сети железных дорог и конкурентоспособности грузовых перевозок магистральным железнодорожным транспортом. Железнодорожные контейнерные перевозки занимают особое место в структуре грузопотока страны и являются одним из наиболее популярных способов транспортировки. Согласно данным статистики, примерно 80 % всей номенклатуры грузов между странами ЕС и Китаем перевозится именно в контейнерах.

Существующий объем грузопотока, отправляемого на экспорт в контейнерах, практически полностью исчерпал себя. Поэтому требуется освоение новых направлений товарно-транспортных потоков для перевозки их в контейнерах, которые востребованы на емком китайском рынке.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2020*
Объем контейнерных перевозок, тыс. FEU	7	14	10	22	40	74	200—250
Число отправлений поездов в неделю, ед.	0.3	1	2	6	16	33	100

Рис. 1. Сравнительная таблица динамики частоты отправлений контейнерных поездов и объемов перевозок на маршрутах КНР – Европа – КНР

Увеличение количества номенклатурных групп грузов, перевозимых в контейнерах по железным дорогам, является важной составляющей совершенствования мультимодальных перевозок грузов. Для решения этой задачи собственники подвижного состава активно модернизируют вагонный парк, а также, за счет разработки и использования современных многофункциональных контейнеров для перевозки насыпных и тарноштучных грузов, расширяют спектр предоставляемых услуг.

В современных грузоперевозках стремительно набирает популярность инновационный вид контейнеров – контейнеры Open Top (контейнеры с открытым тентованным верхом), используемые и на внутренних, и на международных рейсах.

В 2019 году дочернее предприятия Холдинга ПАО «РЖД» «Федеральная грузовая компания» сообщала о разработке перспективной технологии, предполагающей перевозку расширенного перечня грузов в контейнерах с использованием специализированных инновационных их видов, в том числе для перевозки сыпучих грузов, а также контейнера-паллетовоза, оборудованного боковыми дверьми для перевозок тарноштучных грузов, контейнера с усиленной конструкцией кузова для навалочных грузов, контейнера open-top для перевозок твердых бытовых отходов.

Рис. 2. Варианты конструкций специализированных контейнеров

Учитывая перспективы увеличения контейнеризации грузовых перевозок, а следовательно, и увеличения конкурентоспособности железнодорожной отрасли необходимо решить ряд сопутствующих технических и технологических вопросов.

Одним из таких вопросов является разработка и внедрение в производство многооборотных, универсальных средств крепления крупнотоннажных контейнеров для перевозки различных категорий грузов, обеспечивающих возможность погрузки их, на универсальные платформы.

Одним из направлений повешения уровня контейнеризации является увеличение скорости доставки за счет обеспечения следования составов по жесткому графику и использования унифицированных транспортных накладных, а также гарантия сохранности грузов, обеспечивающаяся внедрением технологии контейнерных блок-поездов.

Первостепенного решения требует вопрос использования специализированного RAM-спредера для выгрузки насыпных грузов из контейнера. Стандартный ISO-контейнер нельзя использовать для выгрузки груза способом его переворачивания, так как боковая стенка данного контейнера не предназначена для нагрузок, возникающих во время переворота, вследствие давления веса груза, находящегося в контейнере на нее, а рама контейнера не предназначена для нагрузок, возникающих при скручивании.

Поэтому разрабатываются контейнеры open-top, с усиленными боковыми стенками, но в этом случае увеличивается вес брутто таких контейнеров до 45 тонн. Используемые на железных дорогах фитинговые платформы, не подходят для перевозки этих контейнеров. Следовательно, RAM-спредер возможно использовать только на промышленных железнодорожных путях, при условии использования таких контейнеров в качестве внутрипортовой тары, не имеющей выхода на пути магистрального транспорта.

Еще одним ограничивающим элементом является съемная крыша. Контейнеры, которые разработаны за рубежом, предусматривают использование RAM-спредера, и имеют крышку, которая сама раскрывается при переворачивании под действием гравитации. Контейнер, оборудованный такой крышкой, должен быть сертифицирован для использования на сети РЖД. Так как на магистральном транспорте движение грузовых поездов часто происходит по тем же путям, что используются для пассажирского движения, то прохождения процедуры сертификации и получение сертификата на данный вид контейнеров невозможно. Отсюда возникает необходимость использования такую конструкцию замка, которая была бы достаточно надежной, но при этом могла открываться быстро и автоматически, без участия человека, т.к. открывание крышки вручную существенно сокращает производительность перевалки.

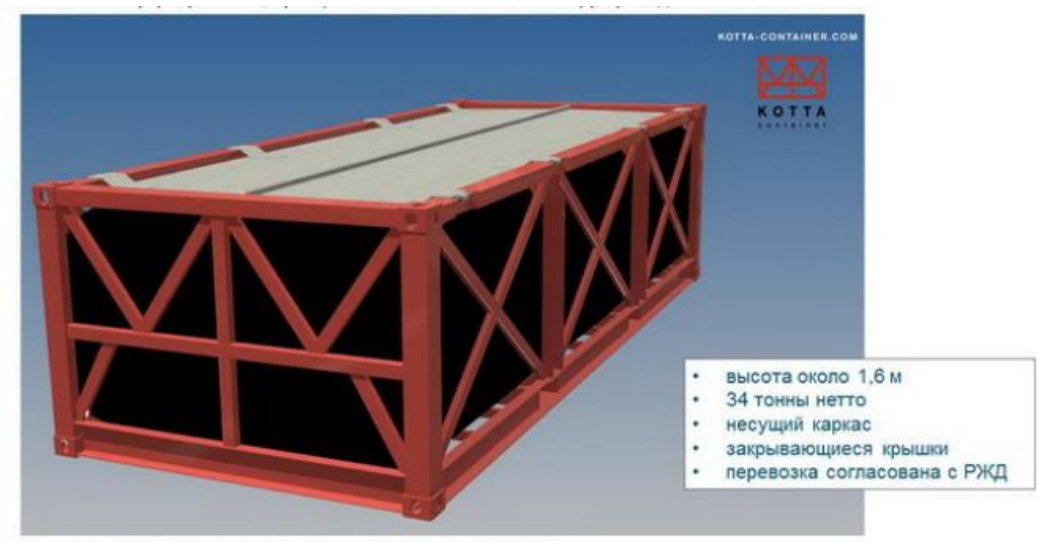

Рис. 3. Контейнер open-top, разработанный в соответствии с требованиями ПАО «РЖД»

Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод, что для разработки перспективной технологии контейнеризации перевозок различных грузов по железным дорогам России необходимо использование специализированного контейнера, который отвечал бы требованиям, предъяв-

ляемым к техническим средствам Холдингом РЖД, и при этом обладал высокой производительностью при производстве грузовых операций в портах.

Контейнер, отвечающий вышеуказанным требованиям, разработан компанией «Kotta-container» и который, на сегодняшний день, уже прошел часть необходимых испытаний.

Использование в перевозочном процессе таких контейнеров влечет отпределенные преимущества как для перевозчика, так и для грузоотправителя и может использоваться в портовых терминалах.

Преимущества для грузоотправителя	Преимущества для транспортно-логистического терминала
• минимальное количество перевалок (всего две – загрузка в контейнер и перегрузка из контейнера в судно), а значит, минимальные потери груза • все перегрузки проводятся в щадящем режиме – можно обеспечить падение груза с высоты не более 1-1,5 метров • груз закрыт в контейнере на всем маршруте и при хранении • контейнер защищен от коррозии, от воздействия воздействий окружающей среды и вентилируется • РЖД заинтересованы в данном способе перевозки, так как он позволяет обеспечить высокую производительность перевозок • за счет интенсивности перевозки сократится количество подвижного состава (прежде всего, вагонов)	• значительно увеличивается интенсивность работы на ж.д. фронте, как следствие сокращение площади, инфраструктуры, оборудования на ж.д. фронте • экономия на территории, оборудовании при создании контейнерных складов большого объема на ограниченной территории, если контейнеры не надо сортировать (при однородном грузе) • при различной номенклатуре груза, нет необходимости строить раздельные склады для каждого вида груза, можно оперативно изменять объем хранения по каждой номенклатуре • склад и ж.д. фронт можно делать удаленный • обеспечивается высокая интенсивность погрузки на транспортное средство • отсутствует необходимость зачистки территории склада, а также борьбы с пылением на складе

Рис. 4. Преимущества использования контейнеров open-top

Совершенствование видов подвижного состава, предназначенного для перевозки универсальный и специализированных контейнеров, и повышение эффективности его использования, способствующее повышению уровня контейнеризации перевозок грузов железнодорожным

транспортом возможно за счет использования фитинговых платформ с увеличенной физической провозной способностью контейнерного поезда на 16–25 % и использованием платформ сочлененного типа.

Разработка новых видов фитинговых платформ и модернизация существующего рабочего парка с учетом тенденций развития контейнерного парка в направлении использования универсальных и специализированных контейнеров повышенной вместимости и грузоподъемности должна учитывать необходимость разработки расширенного набор фитингов, позволяющих эффективно использовать их для погрузки контейнеров любого типа.

Библиографический список

1. Асабина Е.Ю. Оптимизация логистических процессов при использовании специализированных контейнеров [Электронный ресурс] // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2019, № 7. URL : http://ekonomika.snauka.ru/

2. Выпуск контейнеров для перевозок навалочных грузов может быть организован на мощностях Алтайвагона [Электронный ресурс] : материалы XVIII Международной конференции «Рынок транспортных услуг : взаимодействие и партнерство», 2020. Режим доступа : https://www.rzd-partner.ru/

3. Гопкало О. Возможности использования контейнеров для логистики навалочных грузов [Электронный ресурс] : доклад на конференции «Контейнерный терминал». Режим доступа : https://morproekt.ru/articles/blog/

4. РЖД в цифрах [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://cargo.rzd.ru/

5. Уверенная контейнеризация логистического рынка : свидетельства неопровержимы [Электронный ресурс] // Департамент маркетинга ГК TEL. Режим доступа : https://telsgroup.ru/media_center/transport_news/4752.html

Е.В. Мартемьянова
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», г. Чита, Россия

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ВЫЯВЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ ПОТЕРЬ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье рассмотрены мероприятия, позволяющие выявить и устранить потери в эксплуатационной работе железнодорожной станции с применением инструментов бережливого производства. Отражены цели и задачи бережливого производства, возможность применения в «РЖД».

Предложен к внедрению на Забайкальской железной дороге проект бережливого производства «Выдача предупреждений на поезда локомотивным бригадам силами дежурных по депо на станциях Могзон, Петровский Завод, Ерофей-Павлович», который предусматривает сокращение подготовительного времени работы локомотивных бригад за счет исключения необходимости проследования от дежурного по депо на пост ЭЦ для получения бланка предупреждения ДУ-61 и следования в обратном направлении на локомотив. Приведен пример эффективности внедрения подобного проекта на станции Чита-1.

Ключевые слова: бережливое производство, совершенствование производственных процессов, диаграмма Парето, подготовительно-заключительное время работы локомотивных бригад, ожидание локомотивной бригады, бланк предупреждений формы ДУ-61.

В Стратегии развития холдинга «РЖД»-2030 определено его долгосрочное развитие с учетом эффективности производственных процессов, поиска путей повышения качества услуг, постоянных улучшений транспортных процессов. Бережливое производство является современной формой организации целенаправленной работы по совершенствованию бизнес-процессов, позволяющей повышать как внутреннюю эффективность, так и надежность работы железных дорог. Бережливое производство – действенный и доступный метод повышения эффективности работы. Целью бережливого производства является устранение потерь

(потеря это любая деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности). Потери могут возникнуть по причинам: нерациональная организация рабочих мест; время ожидания, вызывающее простой работников, машин, оборудования; дефекты продукции; интеллектуальные потери (не востребованность идей) и другие причины. В «РЖД» применение технологий бережливого производства обеспечивает:

- повышение эффективности работы Компании за счет программы непрерывного сокращения потерь;
- достижение долгосрочных целей холдинга «РЖД», определенных в Стратегии развития до 2030 г;
- непрерывное совершенствование производственных процессов.

В рамках реализации Программы внедрения проектов бережливого производства в 2019 году рабочими группами Читинского, Могочинского центра организации работы железнодорожных станций и эксплуатационного локомотивного депо Хилок, Могоча реализован проект «Выдача предупреждений на поезда локомотивным бригадам силами дежурных по депо на станциях Могзон, Петровский Завод, Ерофей-Павлович», который предусматривает сокращение подготовительного времени работы локомотивных бригад за счет исключения необходимости проследования от дежурного по депо на пост ЭЦ для получения бланка предупреждения ДУ-61 и следования в обратном направлении на локомотив.

Подобные мероприятия уже были внедрены на ряде станций Забайкальской железной дороги, в частности, на станции Чита-1. Проведенный анализ причин задержек поездов по станции Чита-1 и их влияние на увеличение простоя транзитных вагонов позволил разработать диаграмму Парето (см. Рисунок), в основе которой лежит принцип 80/20, где 20 % причин приводят к 80 % последствий. И поэтому целью построения диаграммы является выявление этих причин для концентрации усилий по их устранению.

В соответствии с диаграммой, ожидание локомотивной бригады является тем фактором, устранив который решится 80 % поставленной задачи.

В ходе внедрения проекта бережливого производства были произведены натурные наблюдения за технологическим процессом обработки транзитного поезда без смены локомотива со сменой локомотивной бригады, в том числе транзитного поезда без изменения веса и длины и с изменением веса и длины состава. Была проанализирована последовательность выполнения всех операций, включенных в технологический процесс.

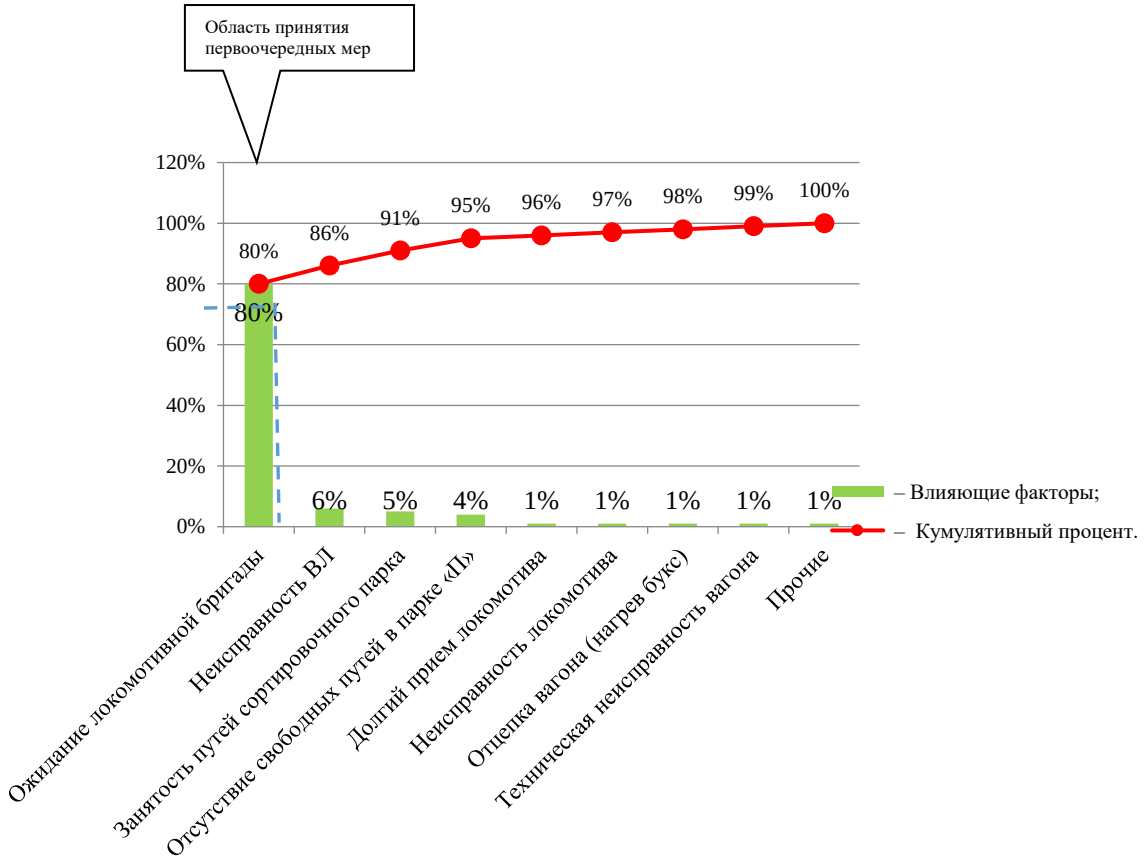

Рисунок. Диаграмма Парето

Суть проблемы состоит в том, что для получения бланка предупреждений формы ДУ-61 локомотивным бригадам, следуя в четном направлении по станции Чита-1, приходится заходить на пост ДСПП. Из-за лишних перемещений увеличивается подготовительно-заключительное время локомотивной бригады от явки до отправления.

В качестве решения проблемы было предложено, для исключения выявленных потерь, организовать рабочее место по выдачи бланков предупреждений в помещении дежурного по депо (модуль) под поезда четного направления. Решением задачи рационального использования подготовительно-заключительного времени локомотивных бригад стало изменение технологии получения бланков предупреждений формы ДУ-61.

Разработка и внедрение такой системы позволило повысить эффективность использования рабочего времени локомотивных бригад, сократить непроизводственные простои составов на станции, и как следствие, снизить эксплуатационные расходы.

Проект внедрения бережливого производства не является инвестиционным проектом и носит организационно-технический характер, по-

этому целью является обеспечение качественной и количественной оценки эффективности проведенных мероприятий. Качественная оценка проводится с помощью анализа динамики производственных показателей, а количественная оценка – на основе расчета экономического эффекта. Основной задачей является расчет производственных и экономических показателей от реализации проекта внедрения технологии бережливого производства для последующей оценки его эффективности и корректировки бюджета.

Для обоснования реализации проекта по внедрению технологии бережливого производства применяют следующий порядок:

- формирование таблицы производственных показателей до базового периода;
- формирование таблицы производственных показателей для периода после внедрения;
- качественная оценка процесса внедрения технологий бережливого производства на основе рассчитанных производственных показателей;
- расчет показателей экономической эффективности проекта по внедрению технологий бережливого производства;
- расчет единовременных затрат, сопровождающих внедрение технологии бережливого производства;
- расчет потенциального экономического эффекта от внедрения технологии бережливого производства;
- определение расчетной корректировки бюджета затрат структурного подразделения.

В результате, экономический эффект от внедрения проекта бережливого производства «Выдача предупреждений на поезда локомотивным бригадам силами дежурных по депо на станциях Могзон, Петровский Завод, Ерофей-Павлович» составил 2803,4 тыс. рублей.

Кроме, того, рабочими группами Читинского и Белогорского центров организации работы железнодорожных станций в 2020 году предложено к тиражированию технологии выдачи предупреждений на поезда локомотивным бригадам силами дежурных по депо на железнодорожных станциях Шилка и Бурея.

К тому же, на Забайкальской железной дороге проведены испытания по передаче электронного бланка формы ДУ-61 и расписания движения поездов на борт локомотива грузового движения оборудованного автономной системой информирования машиниста (АСИМ) на опытных участках полигона.

Таким образом, внедрение технологий бережливого производства приведет к изменению условий выполнения подготовительной работы локомотивных бригад, в результате чего, действующие нормы должны

быть пересмотрены и разработаны с указанием ожидаемого экономического эффекта. До введения новых нормативов на рабочих местах необходимо создать условия работы локомотивным бригадам, с которыми они должны быть ознакомлены за один месяц до их внедрения.

Улучшение использования рабочего времени локомотивных бригад, то есть устранение потерь рабочего времени, позволит значительно повысить производительность труда без каких либо затрат и в целом оптимизировать показатели эксплуатационной работы железнодорожной станции.

Библиографический список

1. Применение инструментов бережливого производства в моторвагонном депо / Е.А. Ларченко, А.А. Ерёменко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020, № 4 (44). С. 99–102

2. Оценка качества внедрения корректирующих мероприятий, направленных на снижение расходов из-за задержки поездов по вине локомотивных бригад / Е.А. Ларченко, А.В. Ларченко, А.А. Еременко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2019. Т. 2. С. 62–66

3. Стратегия развития холдинга «РЖД» до 2030 года

4. Концепция применения технологий бережливого производства в ОАО «РЖД». № 11250 от 28.06.2010

5. Методические рекомендации по оптимизации трудозатрат работников железнодорожных станций при внедрении бережливого производства. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.04.2012 № 805р. 76 с.

6. Методика оценки экономической эффективности внедрения технологий бережливого производства в структурных подразделениях филиала ОАО «РЖД» от 29.12.2012 г. № 2768р. 25 с.

Е.В. Мерилова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

В статье рассматриваются этапы цифровой трансформации холдинга «РЖД» в условиях пандемии коронавируса, перевод максимального количества сотрудников на дистанционную работу, вопросы по применению новых технологий оформления перевозок грузов, приема и согласования схем размещения и крепления груза на подвижном составе в условиях дистанционного предоставления услуг. Эффективность дальнейшего развития дистанционного взаимодействия клиентов и холдинга заключается в сокращении затрат времени на заказ услуг через электронную торговую площадку «Грузовые перевозки».

Ключевые слова: дистанционная работа, электронная торговая площадка, схема размещения и крепления грузов.

Задуманный нацпроект по цифровой экономике резко получил толчок, которому послужила новая коронавирусная инфекция COVID-19. В связи с пандемией регионы России вынуждены были перейти на режим самоизоляции. Вследствие этого работники компании «РДЖ» перешли на дистанционную работу, первоначально это коснулось работников группы риска – лица старше 65 лет, а также беременные женщины.

В дальнейшем было принято решение перевести 50 % руководителей и специалистов, которые могли теоретически работать в удалённом режиме. Логика заключалась в следующем: в случае если произойдет инцидент и всех работников, контактирующих с инфицированным человеком, придется отправить на самоизоляцию, та часть персонала, которая работает в «дистанте», могла выйти и продолжить работу [1].

После проведенной работы по сбору информации о готовности руководителей и специалистов к работе в «дистанте», а также принятии ряда регламентов работы дистанционно, технического и нормативного оснащения дистанционных рабочих мест на дистанционную работу было переведено максимальное количество сотрудников более 80 % от общей численности, фактически на местах продолжили работать те сотрудники, трудовые обязанности которых связаны с необходимостью физического выполнения различных технологических операций.

В компании «РЖД» более 150 информационных систем, которые невозможно передать на удаленный рабочий стол из-за нехватки ресур-

сов службы поддержки, поэтому была выбрана технология подключения рабочего стола к рабочему компьютеру и разработаны способы защиты информации.

Для удаленной работы также понадобилась работа с телекоммуникациями. И так как компания «РЖД» не может позволить себе перейти на использование общедоступных облачных серверов, ей пришлось развернуть свои подобные системы.

Также большая работа была проделана по развороту мобильной корпоративной телефонии, она позволила сотрудникам использовать сервисы железнодорожной электросвязи, а также организовывать аудио- и видео-совещания. Сервер защищен в периметре корпоративной связи.

Но для успешной работы компании «РЖД», мало перевести своих сотрудников на удаленный режим работы, не обходимо наладить контакты с клиентами и обеспечить предоставление цифровых и дистанционных услуг по оформлению перевозочных документов.

В первую очередь оформление происходит с помощью автоматизированной системы «Электронная транспортная накладная» (ЭТРАН), данная система позволяет осуществлять рабочее взаимодействие в режиме онлайн, с применением электронной подписи [2].

Кроме того, для онлайн-заказа услуг клиенты используют электронную торговую площадку ОАО «РЖД» «Грузовые перевозки». Она позволяет оформить заявки на экспортные и транзитные перевозки, погрузоразгрузочные и терминальные работы, то есть это транспортно-логистическая платформа с единым окном для размещения заказов для всех отраслевых компаний, сетевое взаимодействие в электронном формате участников внешнеэкономической деятельности и федеральных органов власти при экспортных перевозках грузов железнодорожным транспортом на некоторых направлениях [3].

Переговоры с клиентами, которые ранее не пользовались услугами железнодорожного транспорта, проводятся в формате аудио- и видеоконференций. Для заключения договоров перевозки достаточно предоставленных по электронной почте сканированных копий документов. Клиентам, использующим бумажный документооборот, требуемые финансовые документы предоставляются также в отсканированном или электронном виде.

Предоставлена возможность проверки и утверждения схем размещения и крепления грузов, не предусмотренных Техническими условиями, без посещения офиса и предоставления бумажной версии. Заявитель отправляет проект схемы в электронном виде на проверку ответственному за ведение данного вопроса, в ответ поступают рекомендации

по доработке. После проверки полноты предоставляемого пакета документов, проводится согласование и утверждение комиссией в установленном порядке руководителями ОАО «РЖД» в системе документооборота (ЕСКД). Начальнику станции и грузоотправителю схема поступает в готовом для применения виде. Таким образом, разработчику стоит только направить схему в ТЦФТО со своего удаленного рабочего места и подождать итогового результата [4].

Практика показала, что время такого ожидания существенно меньше, чем при личном участии разработчика в согласовании, ведь для подписания бумажного экземпляра не обходимо встретиться со всеми причастными руководителями.

Библиографический список

1. Шило А.Н. Новая реальность – Новые возможности // Транспортно-логистический вестник РЖД. 2020, № 2(6). С. 13–27

2. Инновационный дайджест [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.rzd-expo.ru/innovation/sovremennye-informatsionnye-tekhnologii-na-zheleznodorozhnom-transporte/elektronnaya-transportnaya-nakladnaya-etran/. (дата обращения: 20.11.2020).

3. Кочуков А.В. Потенциал у платформы гораздо выше // Коммерсантъ. 2020, № 55. С. 9

4. Шило А.Н. Об основных результатах описания бизнес-процесса «Транспортно-логистической деятельности» // Железнодорожный транспорт. 2020, № 5. С. 8–16

Д.Р. Пыхалова
Читинский техникум железнодорожного транспорта,
г. Чита Россия

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СТАНЦИЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Железнодорожный транспорт – это сложнейшая система, которая включает в себя колоссальное количество элементов. Железнодорожная станция – основной объект железнодорожного транспорта. Главной условием благополучного функционирования железнодорожного транспорта является обеспечение безопасности людей.

Ключевые слова: железнодорожная станция, железная дорога, железнодорожные пути, железнодорожный транспорт.

Железнодорожный транспорт – это сложнейшая система, которая включает в себя колоссальное количество элементов. Важнейшим из них являются станции. Железнодорожная станция – основной объект железнодорожного транспорта, один из видов раздельных пунктов, имеющий путевое развитие, позволяющее производить операции по приёму, отправке, скрещению и обгону поездов, операции по приему, выдаче грузов, багажа и грузобагажа и обслуживанию пассажиров, а при развитых путевых устройствах – маневровую работу по формированию и расформированию поездов и технические операции с поездами.

По объёму выполняемой работы станции делятся на классы: внеклассные, I, II, III, IV, V. Огромное количество людей трудятся на больших станциях. У каждого работника свои обязанности, которые он должен строго соблюдать. Естественно, за производством работы на станции пристально следят и стараются выявить «узкие» места с целью их последующего устранения, если это возможно. Стоит отметить тот факт, что все внимание специалистов в области проектирования направлены на крупные станции, а промежуточные тем временем работают в своем штатном режиме и с тем расположением объектов, которое было на момент строительства данного раздельного пункта. Хотя промежуточная станция, как элемент огромной системы, играет очень важную роль в обеспечении перевозочного процесса.

Главной условием благополучного функционирования железнодорожного транспорта является обеспечение безопасности людей.

В своей работе мы рассмотрели станцию Сбега. Важнейшим работником этого раздельного пункта, как не странно, является дежурный по железнодорожной станции. Дежурный по железнодорожной станции – сменный помощник начальника станции, единолично распоряжающийся приемом, отправлением и пропуском поездов, а также маневровыми передвижениями в пределах одного раздельного пункта сети железных дорог.

Стоит отметить то, что у ДСП промежуточной станции больше обязанностей, нежели у того же работника на крупной станции. Разберемся почему. На больших станциях в смену работают, как правило, два и более дежурных. Обязанности разделены между ними. А на станции промежуточной дежурный в смену лишь один. При этом на него возложено закрепление составов и проверка состава поезда на ходу. Именно проверке хочется уделить наибольшее внимание. Пост электрической централизации (ЭЦ) расположен по отношению к путям так, что ночью при освещении путей прожектором видно частично колесные пары подвиж-

ного состава. То есть по сути дела, в коммерческом отношении поезд полноценно не осматривается.

Предложение заключается в том, чтобы установить на главных путях напротив поста ЭЦ четыре камеры высокого разрешения с выводом изображения на монитор компьютера. При минимальных затратах работа ДСП станет комфортнее и он будет абсолютно уверен в том, что поезд проследовал его станцию без замечаний и доложить машинисту поезда об этом.

Что касается непосредственно станции Сбега. На взгляд работников данной станции и по опросу местных жителей был сделан вывод о том, что расположение переезда через железнодорожные пути является небезопасным. Это связано с тем, что при подъезде на автомобиле, мотоцикле и т.д. не обеспечивается достаточная видимость в четную сторону из-за кривого участка пути в совокупности с повышенным путем для выгрузки угля. Поэтому, если авто заглохнет на переезде, машинист не успеет вовремя остановить состав, если ему никто не даст вовремя сигнал остановки. Этот переезд был оборудован именно там, потому что это было очень дешево. Но населенный пункт растет по числу жителей и необходимо обеспечить безопасное следование через железнодорожные пути. Ведь на этом переезде неоднократно происходили несчастные случаи, в том числе с летальным исходом. Чтобы такого не происходило, нужно перенести переезд на приблизительно на 1100 метров на Запад. Именно там будет обеспечена наилучшая видимость подвижного состава в обоих направлениях.

Также, неотъемлемой частью любой деревни является крупно – рогатый скот. Село Сбега – не исключение. В летний период происходят частые случаи попадания скота под локомотив. Предложение заключается в том, чтобы взять компании ОАО «РЖД» ответственность на себя. Потому что при сбивании животного в 70 % случаев страдает локомотив. И чтобы избежать такие случаи, нужно вернуться к прежнему: поставить вдоль железной дороги в пределах населенного пункта так называемый забор, состоящий из бетонных столбов, либо рельс, и колючей проволоки. Эта элементарная конструкция исключит случаи выхода коров на пути, а следовательно урон локомотивам наноситься не будет. Всю работу по возведению данной конструкции можно возложить на бригады ПЧ. Каждый день с бригады выделять по два человека, которые в последующем будут вознаграждены премией.

Все рассмотренные нами мероприятия позволят усилить уровень обеспечения безопасности движения, снизить возможный ущерб локомотивному хозяйству и обезопасить местных жителей от несчастных случаев, связанных с железной дорогой.

Подобные мероприятия можно проводить на каждой промежуточной станции Забайкальской железной дороги.

Библиографический список

1. Техническо-распорядительный акт железнодорожной станции Сбега, утв. ОАО «РЖД» от 01.02.2020 г.
2. Технологический процесс работы железнодорожной станции Сбега, утв. ОАО «РЖД» от 05.09.2020 г.
3. Типовая инструкция по безопасности на промежуточных станциях, утв. ОАО «РЖД» от 01.05.2020 г.

П.Е. Раевская, Е.Д. Тырышкина, Д.А. Остроухова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

А.А. Никонюк
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», г. Чита, Россия

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ СЦЕПКИ

Интервальное регулирование движения поездов оказывает большое влияние на увеличение пропускной способности железнодорожных участков. В публикации представлен анализ организации движения поездов на одном участке Забайкальской железной дороги с применением интервального регулирования. Результаты были представлены после разработки графических и технико-экономических расчетов.

Ключевые слова: интервальное регулирование движения поездов, пропускная способность.

Развитие общества, его производительных сил невозможно без хорошо функционирующей транспортной системы. Железнодорожный транспорт в общей транспортной системе занимает ведущее место: работает непрерывно в течение года и суток, осуществляя массовую перевозку грузов и пассажиров; участвует в различных фазах производственного процесса; выполняет перевозки по всем видам грузов, по заказам и договорам с предприятиями, другими государствами. Железнодорожный транспорт является базисом, на котором основывается разра-

ботка прогрессивных технологий перевозочного процесса и новые системы управления. Компания ОАО «РЖД» является крупнейшим системообразующим элементом российской экономики, важнейшим звеном транспортной системы страны, осуществляющим значительную часть грузо- и пассажирооборота в РФ.

В настоящее время в связи со значительными объемами массовых грузов по международным транспортным коридорам в рамках участия РФ в международных экономических связях привели к увеличению протяженности участков железных дорог с недостаточной пропускной и провозной способностью.

Данная проблема стала основанием для разработки вопроса организации движения поездов. Исходной информацией для этого являются данные о размерах вагонопотоков направления, о применяемых тяговых средствах, техническом оснащении перегонов и раздельных пунктов, план формирования грузовых поездов и расписании движения пассажирских. В ходе работы в качестве решения проблем с организаций движения для увеличения пропускной способности, будет рассмотрена технология интервального регулирования в режиме «виртуальной сцепки».

«Виртуальная сцепка» – это виртуальное соединение поездов по радиоканалу двух и более локомотивов или локомотивов с поездами следующих друг за другом в попутном направлении под управлением одного головного локомотива в режиме автоматического управления или с использованием на ведомых локомотивах работы под управлением машиниста. Технология виртуальной сцепи (далее ВСЦ) – при грамотной организации технологических процессов позволяет увеличить пропускную способность, оптимизировать график движения поездов на полигонах с интенсивным движением поездов, в том числе на участках с проведением капитального ремонта железнодорожной инфраструктуры с закрытием одного из главных путей.

Рассмотрим несколько вариантов применения технологии интервального регулирования «виртуальной сцепки»

– магистральный (МСП) – организация формирования и пропуск ВСЦ транзитных поездов на определенном тяговом направлении (на двух и более участках обращения локомотивных бригад УОЛБ);

– пакетный (ПСП)– организация формирования и пропуск ВСЦ поездов на период времени предоставления «окна» по ремонту инфраструктуры (в границах одного, но не двух УОЛБ, в случае предоставления «окна» по технической станции смены ЛБ);

– комбинированный (КСП) – организация пропуска ВСЦ поездов при сгущении поездопотока по причинам:

– возврата локомотивов подталкивающего движения на станции «начало толкания» (одиночным порядком или в составе сплоток вслед за грузовыми поездами);

– отказов технических средств (для восстановления ритмичного продвижения поездопотока);

– ускоренного продвижения опаздывающих поездов по истечении сроков доставки груза и т.д.

Выше приведенные ограничения практически не влияют на организацию, формирование и продвижение ВСЦ поездов, за исключением необходимости сплошного оборудования всех локомотивов системами ИСАВП-РТ-М с радио-модемами, обеспечивающих реализацию технологии автоведения поездов по оптимально эффективному графику движения.

Есть несколько вариантов организации пропускной и провозной способности технических станций смены локомотивных бригад:

Вариант 1

Моделирование работы станции по пропуску грузовых поездов с интервалом 10 минут показало, что при общем нормативном простое 60 минут (в том числе восемь минут на прибытие, 48 минут на смену локомотивных бригад, техническую и коммерческую обработку вагонов, четыре минуты на отправление), достаточно шести приемоотправочных путей (рис. 1).

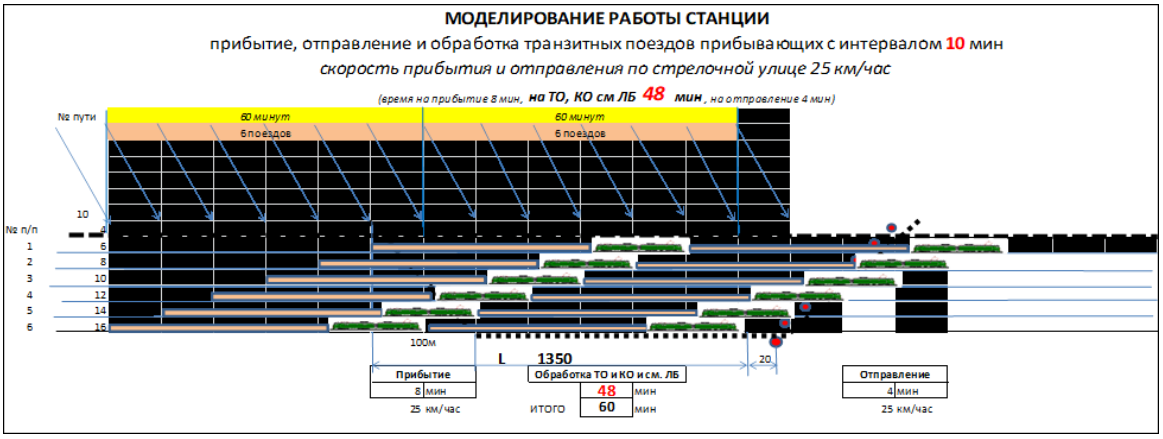

Рис. 1. График пропускной способности станции, имеющей 6 п/о путей, при межпоездном интервале прибытия грузовых поездов 10 минут и их простое под техническими операциями 48 минут

Моделирование пропуска грузовых ВСЦ поездов с интервалом 5–6 минут, при общем их нормативном простое 60 минут останавливает поездопоток перед станцией или требует увеличение емкости инфраструктуры станций до 10 приёмоотправочных путей (т.е. строительство

дополнительных четырех приемоотправочных пути длиной 1080 м (рис. 2).

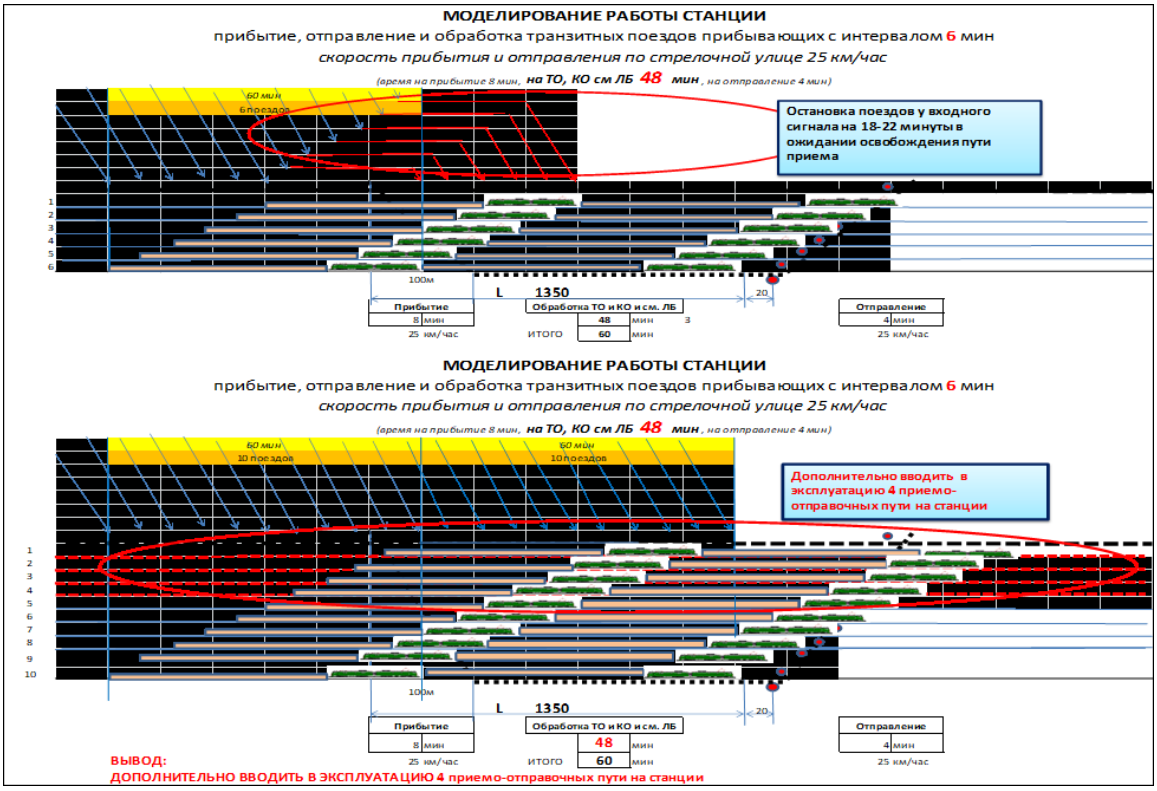

Рис. 2. График пропускной способности станции, имеющей 6 п/о путей, при межпоездном интервале прибытия грузовых поездов 6 минут и их простое под техническими операциями 48 минут

Вариант 2

Для исключения случаев остановки поездопотока перед техническими станциями предлагается:

а) сокращение времени простоя всех грузовых поездов на станциях смены ЛБ до 24 минут с общим простоем не более 30 минут от прибытия до отправления (рис. 3), за счет уменьшения времени на приемку и сдачу локомотива, на технические и коммерческие операции осмотра вагонов и сокращенной пробы тормозов;

б) развитие инфраструктуры станций смены ЛБ, в части дополнительного строительства 3-4х приемоотправочных путей на станциях. Это мероприятие осложнено рельефом местности расположением станций в черте городов, поселков стесненных жилыми постройками и требует значительных инвестиций и капитальных вложений.

в) изменение технологии работы ЛБ с ВСЦ поездами:

– на удлиненных плечах обслуживания 600-700 км. То есть, используя комбинированный (веерный) способ смены работы ЛБ (рис. 4) на существующих инфраструктурах технических станциях (условно, безостановочный пропуск до 2-х пар ВСЦ поездов в течение одного часа или 25–30 % от общего количества поездов).

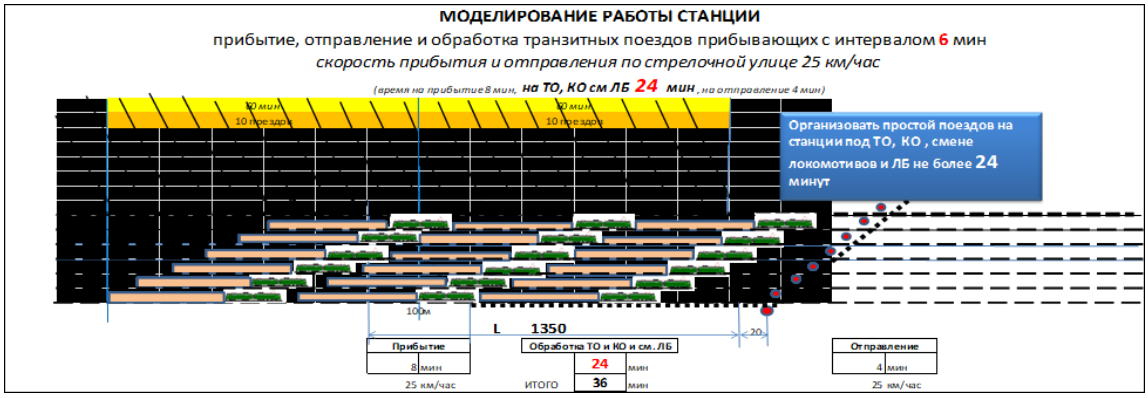

Рис. 3. График пропускной способности станции, имеющей 6 п/о путей, при межпоездном интервале прибытия грузовых поездов 6 минут и их простое под техническими операциями 24 минуты

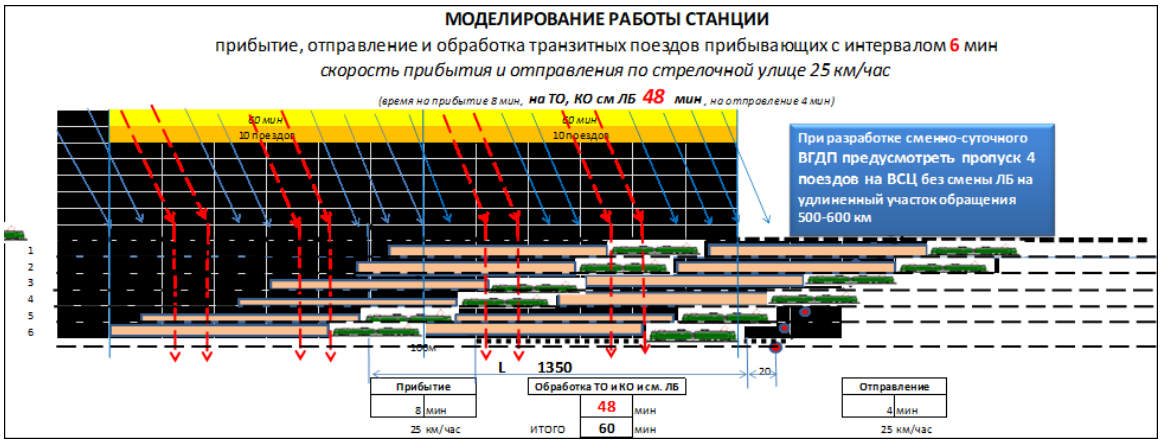

Рис. 4. График пропускной способности станции, имеющей 6 п/о путей, при межпоездном интервале прибытия грузовых поездов 6 минут и их простое под техническими операциями 48 минут способом работы ЛБ на удлиненных плечах работы

Учитывая выше перечисленные ограничения, которые могут возникнуть при вождении ВСЦ поездов, наиболее оптимальным вариантом является технология работы локомотивных бригад на удлиненных участках обслуживания 500-600 км. Другие две технологии требуют

вложения значительных инвестиций в развитие инфраструктуры станций и увеличивают риски влияния человеческого фактора по выполнению нормативов простоя ВСЦ поездов на станции до 24 минут под техническими операциями.

Технология «виртуальная сцепка» (далее – ВСЦ) решит ряд проблем, возникающих при пропуске сдвоенных поездов на «жесткой сцепке». При организации ИРДП с применением ВСЦ не требуется удлинение приемоотправочных путей, при этом сокращаются пиковые нагрузки на тяговую сеть и время на формирование виртуально сцепленного состава.

Комплексная автоматизация технологических процессов в перспективе позволит решить задачу полной замены работы ДСП на участках внедрения ИРДП за счет автоматизации человеко-машинного взаимодействия и перехода к современным средствам интервального регулирования движения поездов.

Библиографический список

1. Железнодорожный транспорт : ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа : http://www.zeldortrans-jornal.ru

2. Левин Д.Ю. Расчет и использование пропускной способности железных дорог : моногр. / Д.Ю. Левин, В.Л. Павлов. М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2011. 364 с.

3. Макарочкин А.М. Использование и развитие пропускных способностей железных дорог / А.М. Макарочкин, Ю.В. Дьяков. М. : Транспорт, 1981. 287 с.

Р.А. Русанов, А.Г. Какунина
Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ РАБОТЫ СТАНЦИИ НАХОДКА

В статье рассматриваются факторы, влияющие на технологию работы железнодорожной станции Находка во взаимодействии с «Находкинским морским торговым портом». Проводится анализ погрузки и выгрузки. На основании, которого можно сделать вывод, что станция работает грузами на экспорт. В настоящее время существуют проблемы во взаимодействии морского порта и железнодорожной станции. По результатам анализа предлагается ввести ряд изменений, которые позволят усовершенствовать работу станции и морского порта, а также повысить их производительность.

Ключевые слова: порт, вагоны, погрузка, выгрузка, манипулятор, уголь, вагон опрокидыватель, экспорт.

На Дальневосточной дороге впервые за всю её историю было выгружено 6840 вагонов. Это выше среднесуточного показателя 2020 года более чем на 700 вагонов и эквивалентно 100 грузовым поездам. Прежний рекорд ДВЖД установила 23 марта 2020 года: тогда было выгружено 6810 вагонов [1].

Основной объём приходится на припортовые станции Ванино-Совгаванского, Находкинского и Владивостокского узлов. Одной из основных припортовых станций Находкинского узла является железнодорожная станция Находка. Железнодорожная станция Находка является грузовой-припортовой внеклассной станцией с комбинированным расположением главных путей. По объему работы является внеклассной, по характеру выполняемой работы грузовой-припортовой с большим объемом сортировочной работы. Станция включает в себя парк «Бархатная», в котором все пути объединены в 2 специализированных парка: приемо-отправочный парк состоящих из 5 путей и предпортовый парк, состоящий из 4 путей.

Основным грузополучателем Находкинского узла является «Находкинский морской торговый порт» (НМТП). «Находкинский морской торговый порт» является стивидорной компанией, в которой трудятся специалисты моложе 30 лет, на управленческих инженерно-технических должностях [2]. Данный морской порт примыкает к железнодорожной станции Находка.

Рис. 1. Карта Находкинского морского торгового порта.

В 2020 году выгрузка экспортных грузов в припортовых станциях Находкинского направления ДВЖД выросла на 10 % [3].

Для обеспечения роста грузоперевозок на участке Угловая – Находка, производится комплекс мероприятий по совершенствованию железнодорожной инфраструктуры. Дальневосточной железной дорогой обеспечивается уверенный рост выгрузки экспортных грузов в портах Находкинского направления, на которые приходятся почти половина грузовой работы магистрали. Среднесуточно в 2020 году в Находкинском транспортном узле выгружают более 2,8 тыс. вагонов, (+10 % к 2019 году). Такие результаты были достигнуты благодаря совершенствованию технологии пропуска поездов на участке Угловая – Находка [2].

В целях выявления проблемных мест во взаимодействии станции Находка с «Находкинским морским торговым портом», была детально изучена технология работы станции и порта за 2019–2020 гг. по показателям погрузки (ваг) и выгрузки (ваг). Проведенное исследование представлено на рис. 2-3.

Объем выгрузки для перевалки на экспорт исходя из исследования по представленным диаграммам растет, это видно по такой номенклатуре груза, как каменный уголь (94 % от общего объёма выгрузки).

Основными грузами по погрузке на станции Находка являются каменный уголь (45 % от общего объёма погрузки) и руда цветная (40 % от общего объёма погрузки).

Рис. 2. Диаграмма анализа погрузки и выгрузки на станции Находка за 2019 год по номенклатуре грузов в вагонах

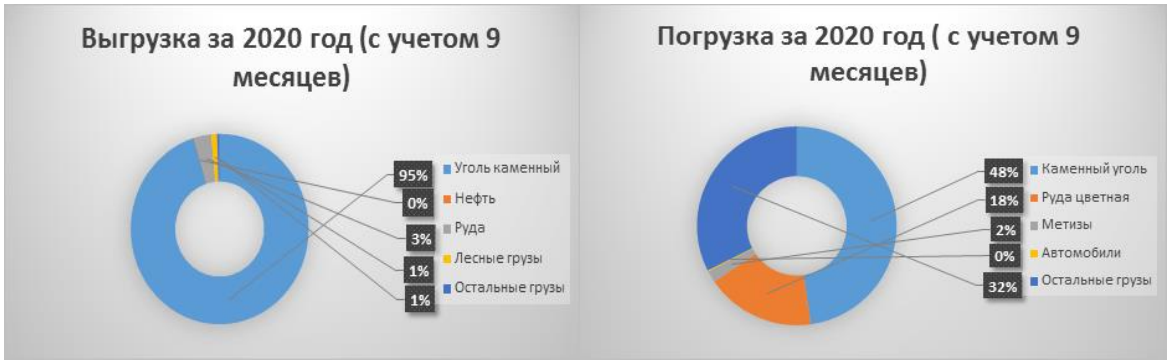

Рис. 3. Диаграмма анализа погрузки и выгрузки на станции Находка за 2020 год по номенклатуре грузов в вагонах

За первые девять месяцев 2020 года экспорт грузов вырос на 10 % по сравнению с таким же периодом за 2019 год. Исходя из проведенного анализа, мы видим, что большинство грузов прибывает на экспорт.

Основным грузом по станции Находка является уголь. Погрузка и выгрузка угля в «Находкинском морском торговом порту» производится устаревшими технологиями, а именно выгрузка осуществляется манипулятором.

Манипулятор – грузоподъёмное устройство на гусеничном ходу. Применяется для подъёма и переноса тяжеловесных грузов. Оператор передвигает груз непосредственно или при помощи дистанционного управления. В качестве приводов используются электрическое и гидравлическое оборудование [4].

Рис. 4. Манипулятор на гусеничном ходу

У данной технологии имеются определенные недостатки:

- долгая выгрузка вагонов;
- большое количество поврежденных вагонов;
- простой вагонов под грузовыми операциями в ожидание уборки;
- большой выброс угольной пыли (является главной экологической проблемой порта Находка);

Для того, чтобы избежать данных последствий для железнодорожной станции Находка и окружающей среды города, было бы эффективно следующее технологическое решение, такое как установка вагоноопрокидывателя. Данное мероприятие позволит:

- снизить время на выгрузочные работы;
- уменьшить количество поврежденных вагонов;
- уменьшить негативные последствия от угольной пыли (в настоящее время проблема негативного последствия угольной пыли является основной для города Находка);
- уменьшение маневровой работы, выполняемой с вагонами при выгрузке.

Конечно, покупка вагоноопрокидывателя является дорогостоящим приобретением для предприятия. Но решение данной проблемы позволит улучшить технологию работы железнодорожной станции и порта.

Библиографический список

1. URL : https://gudok.ru/newspaper/
2. URL : http://www.nmtport.ru/
3. URL : https://gudok.ru/news/
4. URL : https://ru.wikipedia.org/

Е.Н. Светлакова, А.А. Канин, Ю.А. Павлова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛЕЧ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ И ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ВОСТОЧНОМ ПОЛИГОНЕ

Одно из важных направлений совершенствования работы железной дороги – принципиальные изменения в управлении организации работы локомотивов и локомотивных бригад. В частности, увеличение участков обращения локомотивов до 2500 км и более, удлинение плеч обслуживания локомотивных бригад до 500 км. Но без новых подходов в организации работы локомотивных бригад, эти цели остаются нереализованными.

Ключевые слова: тяговое плечо, участок обращения локомотивных бригад, задержки поездов.

Оптимизация работы локомотивов и локомотивных бригад не теряет актуальности, несмотря на то, что этому постоянно уделяется большое внимание. Для выявления проблем обслуживания участков Забайкальской дороги Восточного полигона локомотивами и локомотивными бригадами проведен анализ длин участков обращения локомотивов и работы локомотивных бригад. Оптимальная длина участков обращения локомотивов колеблется для двухпутных линий от 650 до 1100 км.

В настоящее время обращение локомотивов осуществляется по плечам Мариинск – Карымская, Карымская – Хабаровск. По расчетам оптимальная длина участка обращения локомотивами равна 2059,06 км (рис. 1), что меньше существующих плеч обращения. Это соответствует норме и на данный момент не требует дополнительных мер оптимизации.

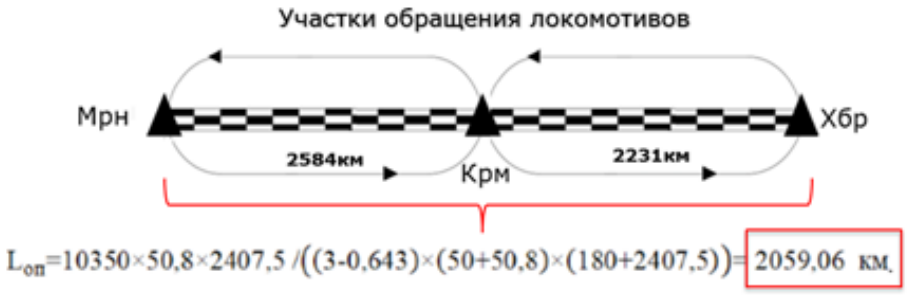

Рис. 1. Расчет оптимальной длины тяговых плеч

Проанализируем длины участков обслуживания локомотивных бригад. Для типичных условий эксплуатации железных дорог оптимальная длина участка обращения локомотивной бригады на двухпутном участке составляет в среднем 250–350 км. Анализ длин участков работы локомотивных бригад на направлении Карымская – Петровский Завод (рис. 2) показывает, что участки Карымская – Хилок, Карымская – Могзон по протяженности близки к оптимальной длине, но этого не наблюдается на участках Карымская – Чита 1, Карымская – Антипиха, так как их длины значительно меньше рациональной длины участков работы локомотивных бригад. Таким образом, представляется целесообразным детальное изучение действующих плеч смен локомотивных бригад, их возможная оптимизация и доведение до оптимальной длины.

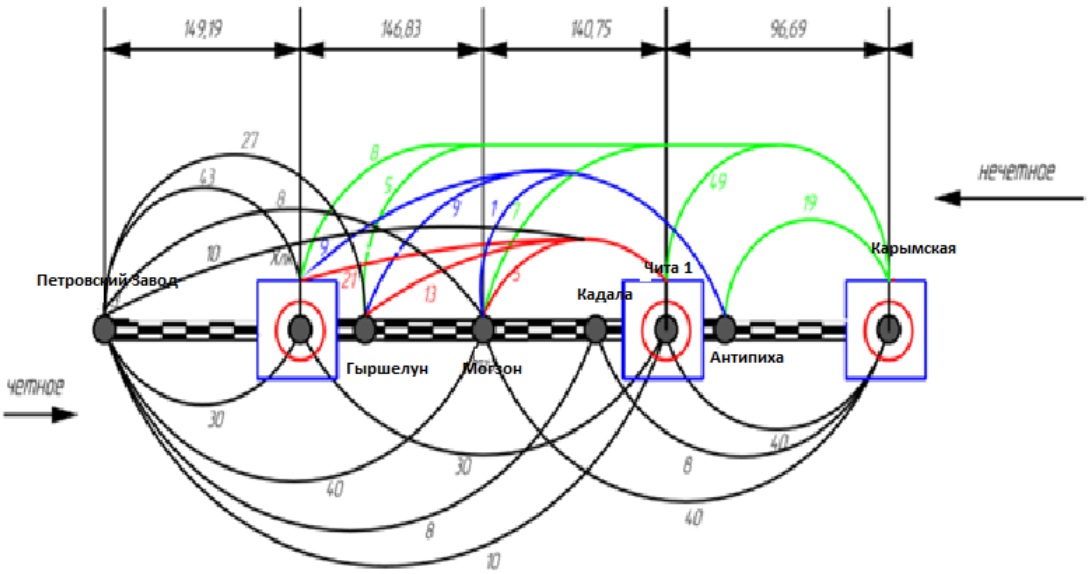

Рис. 2. Участки обращения локомотивных бригад

По каждому участку была рассчитана средняя участковая скорость и время непрерывной работы локомотивной бригады, по действующим плечам, расчеты приведены на рис. 3.

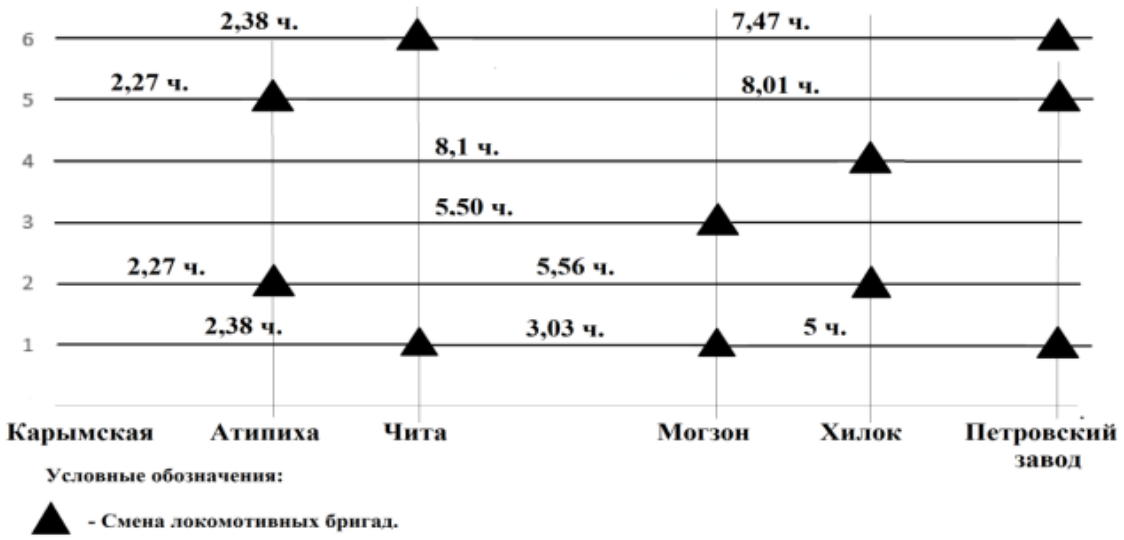

Рис. 3. Варианты следования локомотивных бригад

Следование локомотивных бригад по коротким плечам обслуживания приводит к увеличению эксплуатационных расходов и снижению качественных показателей работы дороги. Анализ работы направления Петровский Завод – Карымская показывает наличие сверхграфиковых задержек поездов на промежуточных и технических станциях. Одной из главных причин простоев является дефицит локомотивов и локомотивных бригад, что в 50 % случаев происходит из-за превышения накладного времени. А это, в свою очередь, создаёт риски отмены локомотивных бригад, превышения нормы непрерывной продолжительности рабочего времени или отправления бригад с приказом работы сверх 2-х часов. Особенно это обостряется неравномерностью и непарностью поездопотока на рассматриваемом направлении. [1] Не выполняется накладное время не только по отправлению с поездом, но и по прибытии поезда на станцию. Иногда локомотивные бригады находятся на локомотиве до смены другой бригадой по истечении 12 часов. В результате по причине окончания непрерывного рабочего времени локомотивных бригад на участках следования, промежуточных станциях, перегонах, производится их незапланированная смена, а в период «окон» для ремонтных работ это носит массовый характер [2].

На рис. 4 показаны основные причины дефицита локомотивов и локомотивных бригад.

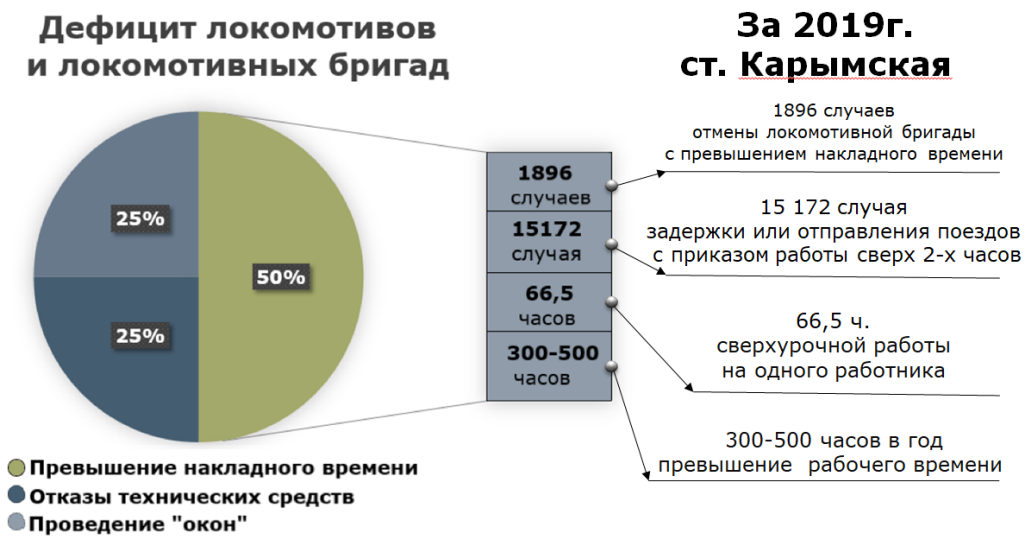

Рис. 4. Анализ причин дефицита локомотивов и локомотивных бригад

Решить данную проблему возможно, организовав смену локомотивных бригад по ст. Карымская одним из двух способов:

1. Увеличить по ст. Карымская количество «бригад прогрева» и включить в перечень их работы прием локомотива по приходу с четного направления в парк «Д». Технология предполагает прием локомотива с четного направления, проезд в локомотивное депо на прохождение ТО-2, вывод локомотива, прошедшего ТО-2 и обеспечение подвода локомотива за 15 минут до отправления поезда.

2. Увеличить по ст. Карымская количество «бригад прогрева» без приема локомотива, использовать только для подвода каждого локомотива после прохождения ТО-2.

В обоих случаях это позволит сократить переработку и увеличит возможность езды на длинные плечи, исключит случаи отправления сверх 2-х часов или отмены бригады, что также способствует сокращению потребности в бригадах на следующем участке.

Время работы одной локомотивной бригады по первому варианту составляет 1,98 ч, по второму варианту – 1,1 часа. В соответствии с рассчитанным временем, за смену одна локомотивная бригада подведет пять поездных локомотивов, а вторая – девять. Согласно этому в сутки потребуется 14 бригад прогрева для первого варианта, а для второго будет целесообразным увеличение до восьми бригад.

Применение технологии бригад «прогрева» позволит сократить накладное время работы на 105 часов в сутки, убрать сверхурочные часы работы и перейти с коротких плеч обслуживания на удлиненные плечи.

После определения показателей первого и второго варианта можно сделать вывод о преимуществе работы бригад «прогрева» по предложенным вариантам. На рис. 5 представлен сравнительный анализ показателей по рассмотренным вариантам.

Рис. 5. Сравнение вариантов

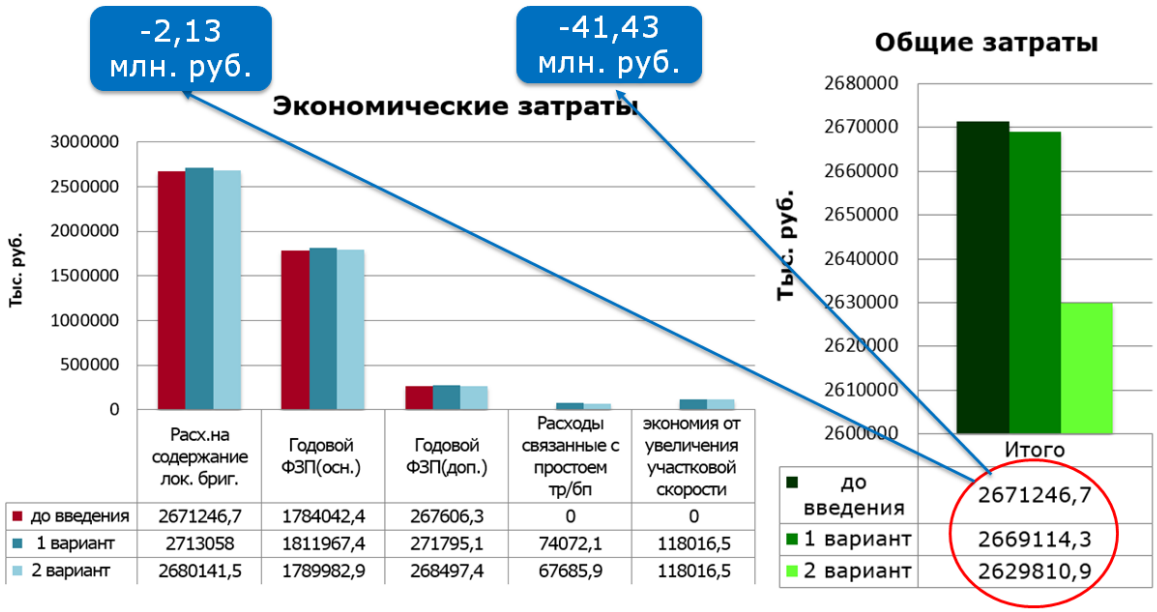

Рис. 6. Экономическое сравнение вариантов

Технико-экономические расчеты показали (рис. 6), что экономическая эффективность усовершенствования технологии работы бригад «прогрева» на ст. Карымская составит по первому варианту 2,13 млн. руб., по второму – 41,43 млн. руб.

Сопоставимых результатов можно ожидать при введении таких бригад на других участках Восточного полигона. Выполненное технико-экономическое обоснование доказывает целесообразность предложенных мероприятий.

Библиографический список

1. Светлакова Е.Н. Исследование неравномерности и непарности поездопотока на направлении Петровский Завод – Уруша Забайкальской железной дороги // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения

2. Светлакова Е.Н., Раевская П.Е. Анализ работы локомотивных бригад на Забайкальской железной дороге // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017, № 1(53). С. 164–170

3. Оценка качества внедрения корректирующих мероприятий, направленных на снижение расходов из-за задержки поездов по вине локомотивных бригад / Е.А. Ларченко, А.В. Ларченко, А.А. Еременко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2019. Т. 2. С. 62–65

4. Ларченко Е.А. Оценка альтернативных вариантов унифицированной нормы массы грузовых поездов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы 6-й международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования ИрГУПС. Т. 2. Иркутск : ИрГУПС, 2015. С. 346–350

Е.А. Сысоева
Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия

РАЗВИТИЕ КОНТЕЙНЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ЛОГИСТИКИ

Статья посвящена развитию международных транзитных контейнерных перевозок грузов между Россией и странами Европы и Азии. Рассматриваются вопросы, связанные с применением принципов логистики по системе «от двери до двери» и «точно в срок» для обеспечения экономичности, экологичности процессов доставки и сохранности груза во время железнодорожной транспортировки. Выделяются прио-

ритетные направления наращивания транзитного контейнеропотока с точки зрения улучшения логистической деятельности. Предложены направления совершенствования эффективности и конкурентоспособности железнодорожных перевозок.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, контейнерные перевозки, терминально-логистическая инфраструктура, международный транзит.

Активное развитие контейнерных и контрейлерных перевозок за рубежом позволяет обеспечивать доставку грузов с применением принципов логистики по системе «от двери до двери» и «точно в срок» и, таким образом, обеспечивать экономичность, экологичность процесса доставки и сохранность груза во время транспортировки. Объемы контейнерных перевозок в странах ЕС за последние 20 лет выросли на 50 %. В США на направлении Norfolk Southern Railway такие перевозки ежегодно увеличиваются на 15 %. При международных доставках маршруты движения поездов организуют таким образом, чтобы количество и время остановок для проведения таможенных операций были бы минимальными. Это достигается за счет выполнения таможенных процедур в пунктах технического обслуживания вагонов во время выполнения операций погрузки-выгрузки.

В Российской Федерации разрабатываются программы ускоренной доставки грузов. Реализована услуга «Грузовой экспресс», которая позволяет значительно сократить время груза в пути следования. Открыт новый коридор смешанных перевозок между Москвой и Новороссийском, где расстояние 1800 км преодолевается за двое суток, при этом тариф за перевозку грузовой единицы втрое ниже, чем на автомобильном транспорте. Планируется открыть около десяти маршрутов для связи Москвы с основными промышленными центрами страны. Развиваются международные контейнерные перевозки по маршрутам Москва – Берлин поездом «Восточный ветер» и Москва – Будапешт поездом «Чардаш» [3].

В последние годы перевозки контейнеров на сети РЖД выросли на 14 %, до 4,5 млн TEU (эквивалент 20-футового контейнера), в том числе во внутреннем сообщении было отправлено свыше 1,9 млн TEU (+5,7 %), в транзитном – 557,2 тыс. TEU (+33,5 %), в экспортном – более 1,1 млн TEU (+16,9 %), в импортном – 859,8 тыс. TEU (+21,5 %) [2].

Железнодорожные контейнерные перевозки считаются оптимальным способом доставки грузов из Китая. Обусловлено это следующими преимуществами перед альтернативными видами транспорта:

- более низкие ставки, которые возможны при полной загрузке поездов, следующих по определённым маршрутам;
- максимально короткий срок доставки: контейнерный поезд имеет чёткий график движения.

Один из самых основных, но и самых загруженных маршрутов – через железнодорожные станции Забайкальск – Маньчжурия. Большая часть импортно-экспортных перевозок из Китая в Россию и из России в Китай осуществляется именно через этот пограничный переход.

В организации евроазиатского транзита стратегически важной видится роль Монголии в качестве одного из основных маршрутов доставки контейнерных грузов из Китая в Европу и в обратном направлении. Здесь есть очевидные преимущества: более короткий маршрут, единая с российскими железными дорогами ширина колеи, общие технические стандарты и, в перспективе, единая информационно-технологическая база.

Маршрут через погранпереход Достык – Алашанькау (Alashankou) и далее в Урумчи – транзитом через Казахстан в ближайшее время станет наиболее оживленным, поскольку Казахстан весьма успешно борется за привлечение транзита. Достык – Алашанькау – это второй после Маньчжурии транспортный узел по объемам железнодорожных грузопотоков и единственная точка соединения железных дорог между Казахстаном и Китаем.

В приоритете ОАО «РЖД» остается создание современной терминально-логистической инфраструктуры в крупных мультимодальных транспортных узлах для предоставления широкого спектра логистических услуг, соответствующих потребностям рынка. В перспективе до 2030 года запланировано создание с привлечением заинтересованных российских и зарубежных инвесторов свыше 100 терминально-логистических комплексов на сети российских железных дорог. Логистическое управление международными перевозками грузов и их экспедирование позволяет получить синергетический эффект за счет взаимодействия потребителей транспортных услуг, перевозчиков и государственных органов.

Мероприятия по увеличению пропускной и провозной способности железных дорог для наращивания транзитного контейнеропотока в 4 раза входят в комплексный план модернизации логистической инфраструктуры до 2024 г.

Для оперативного управления транспортно-логистическими процессами рассматривается использование модуля Oracle Transportation Management («Управление перевозками и транспортом»). Это полнофункциональный специализированный комплекс приложений для

бизнеса, который обеспечивает комплексное решение в области управления транспортировкой, планирование логистических ресурсов, совместное информационное поле по взаимодействию закупок, продаж, складов, транспортных подразделений, управление взаимоотношениями с заказчиками и перевозчиками, консолидаторами и логистическими операторами, организацию электронных торговых площадок, анализ данных. Система Oracle Transportation Management построена на принципах единого управления ресурсами нескольких организаций, что позволяет эффективно управлять такими современными задачами как, поддержка разноплановых направлений бизнеса в единой системе, управление качеством всех операций на основании современных стандартов. Применение данного модуля расширяет возможности системы в области повышения уровня сервиса за счет высокой точности и скорости, своевременности и качества выполнения транспортных операций и быстрому выявлению проблем, комплексной интеграции всех транспортных задач в рамках единой системы. В рамках одной системы ведется управление ресурсами всех филиалов, центров планирования, складских и таможенных подразделений и за счет этого происходит снижение суммарных затрат на получение и обработку информации.

Китайский опыт показал, что внедрение данного модуля позволило сократить трудоемкость на 7,4 % и тем самым повысить производительность труда. За счет оперативного слежения за дислокацией контейнеров, а также эффективного планирования перевозок срок оборота контейнеров в направлении Китай – Россия снизился на 9,4 % (с 95 дней до 90 дней), сократились запасы контейнеров, хранящихся в логистических центрах, и снизились расходы на их содержание. В целом за счет консолидации заказов и наилучшего использования подвижного состава транспортные расходы сократились на 5 % [1].

Таким образом, для обеспечения высокой конкурентоспособности железнодорожных контейнерных перевозок определены целевые приоритеты: регулярность сервиса, соблюдение фиксированного расписания движения, прозрачный документооборот, конкурентоспособный стабильный тариф. Все это положительным образом скажется на качестве и развитии железнодорожных грузоперевозок на направлении Восток-Запад.

В ближайшие годы планируется поэтапное повышение маршрутной скорости движения контейнерных поездов в 1,5 раза, совершенствование технологии их пропуска и увеличение максимальной скорости до 90 км/ч, запуск специальных скоростных контейнерных поездов на направлениях наиболее оживленных грузопотоков, создание высокотех-

нологичных контейнерных терминалов и многофункциональных логистических центров. Принятые меры в дальнейшем позволят существенно изменить эффективность и конкурентоспособность железнодорожных перевозок.

Библиографический список

1. Попова Ю.В. Роль железнодорожного транспорта в обеспечении континентальной торговли // Наука и социум : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск, 2019. С. 128–133

2. Холопов К.В., Раровский П.Е. Российский рынок международного контейнерного транзита в 2019 году и перспективы его развития // Российский внешнеэкономический вестник. 2019, № 9. С. 61–68

3. Щербанин Ю.А. Международный транспортный форум ITF-2019 : Транспорт на службе интеграции, ВСМ и электромобили // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2019, № 5 (84)

Е.А. Фёдорова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

БЕСКОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассматриваются основная роль и принципы цифровизации железнодорожного транспорта во время развития цифровой экономики. Необходимость пересмотра автоматизации процессов в инновационной деятельности организации перевозок и управления движением поездов, грузовой и коммерческой работе в период пандемии. Также приведены примеры применение актуальных, на сегодняшний день, способов бесконтактного взаимодействия отрасли с потребителями, клиентами производственного процесса. Проведение автоматизации технологических процессов – это реалии современного мира.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стратегия развития, организация перевозок, грузовая и коммерческая работа, инновационная деятельность, автоматизация, цифровизация, конкуренция, информационные технологии.

Цифровая экономика – развивающаяся ускоренными темпами сфера жизни, которая полностью производит форматирование привычных хо-

зяйственных связей и существующих бизнес-моделей. Развитие этого направления происходит очень быстрыми темпами, внедряясь во все сферы жизни и производственные процессы. И компания ОАО «РЖД» не исключение.

Ведь железнодорожный транспорт имеет ведущую роль в системе путей сообщений России. Он функционирует днем и ночью независимо от времени года и атмосферных условий, что особенно важно для России с её разнообразным климатом.

Управление вагонопотоками на сети железных дорог является одним из основополагающих бизнес-процессов, обеспечивающих перевозочную деятельность ОАО «РЖД», а так же связующим звеном задач коммерческой логистики – получение доходов от перевозок и сокращения эксплуатационных расходов, эффективного использования персонала, инфраструктуры и тяговых ресурсов.

В условиях усиливающейся конкуренции на потребительских рынках существенно повысились требования к соблюдению срока доставки груженных и порожних вагонов до места назначения, которые характеризуются качеством выполнения транспортных обязательств всеми участниками перевозочного процесса: операторов подвижного состава, грузоотправителей и грузополучателей.

От времени доставки груженных и порожних вагонов зависят эффективность работы транспорта, ускорение оборота подвижного состава и сохранность перевозимых грузов. Для этого необходимо применять удобные для грузоотправителей и грузополучателей технологии перевозочного процесса.

В связи с этим одной из главных задач современного мира является развитие транспортных технологий. В настоящее время имеется необходимость шагать в ногу со временем. Игнорирование реалий современности может привести к упущению возможности оптимизации ресурсов, капиталовложений, затрат и соответственно, получения выгоды. В ОАО «РЖД» разработана стратегия развития, в которой отмечается концентрация развития железнодорожного транспорта по основным направлениям:

– транспортно-логистические услуги;
– пассажирские перевозки;
– железнодорожные перевозки и инфраструктура;
– зарубежная деятельность;
– социальная политика [2].

Основное внимание в развитии технологий управления сконцентрировано на максимальной автоматизации технологических процессов,

снижении влияния человеческого фактора с переходом оператора к роли наблюдателя, а также на получении цифровых моделей объектов технических систем. Достижение указанных целей обеспечит создание управляющих комплексов, более эффективных, надежных и безопасных по сравнению с действующими.

Решение задач управления движением в транспортном комплексе будущего немыслимо без использования искусственного интеллекта в объекты инфраструктуры. Поэтому в ОАО «РЖД» давно назрела необходимость оцифровывания перевозочного процесса.

В период пандемии руководство ОАО «РЖД» еще больше поверило в то, что в цифровизации кроется источник конкурентного преимущества на будущее для холдинга.

В программе развития ОАО «РЖД» отмечается, что реализация мероприятий и достижение поставленных целей возможны только при условии соответствующего развития информационных технологий, обеспечивающих эффективность бизнеса, снижения операционных издержек, а также при условии роста ориентированности на клиента и производительности труда.

Цифровое представление информации позволяет эффективно организовывать процесс ее накопления и хранения, а также применять унифицированные методы ее обработки в автоматическом режиме, что открывает пути к получению нового качества систем с сокращением доли участия человека. Это существенно повышает надежность функционирования всех звеньев, обеспечивающих реализацию графика движения поездов. Такое перераспределение функций, использование технических средств искусственного интеллекта и автоматизации диагностирования и прогнозирования позволяют решить ключевые задачи, направленные на:

– повышение качества планирования движения поездов;

– повышение качества управления перевозочным процессом;

– повышение надежности эксплуатируемых систем;

– снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Приоритетными задачами инновационной политики в хозяйстве коммерческой работы в сфере грузовых перевозок являются: создание ресурсосберегающих технологий, совершенствование системы грузовых тарифов, создание и внедрение комплекса автоматизированных систем управления, технических средств и технологий нового поколения.

Применение оптимизации перевозочного процесса и его автоматизации актуально для работы холдинга в сложившейся ситуации в стране с марта 2020 года. Исходя из той экономической ситуации, которая есть, и ситуации, связанной с пандемией, с целью сохранения жизни, здоро-

вья сотрудников и клиентов, ОАО «РЖД» пересмотрели приоритеты в рамках стратегии. Все, что касается бесконтактного взаимодействия между сотрудниками, между компанией РЖД и клиентами, вышло на первый план и получило наивысший приоритет с точки зрения дальнейшего развития.

С точки зрения новых форматов работы на период пандемии железнодорожный транспорт имел очень большой задел, который позволил не потерять управляемость компании, с одной стороны. С другой стороны, ОАО «РЖД» получили новых клиентов за счет того, что были разработаны очень хорошие средства взаимодействия с клиентами со стороны электронного документооборота, электронных продаж.

Конечно же, в ходе пандемии произошел и естественный отток клиентов, потому что люди стали меньше ездить по объективным причинам. А с другой стороны, пришли новые клиенты, которые раньше не возили свои грузы через железную дорогу, потому, что железнодорожный транспорт предлагает клиентам очень качественные инструменты взаимодействия с ним. Это электронная торговая площадка, которую он развивает. ОАО «РЖД» запустили новый сайт как раз в разгар пандемии. И на этом сайте помимо традиционных продаж – перевозок поездом, происходит на данный момент развитие мультимодальных перевозок, другими словами появилась возможность для клиентов купить и осуществить поездку от двери до двери [1].

Второй важный элемент с точки зрения приоритетов цифровизации – это бесконтактное взаимодействие внутри организации. Поэтому все, что касается средств коллективной работы, технологий безлюдного съема и передачи информации о состоянии инфраструктуры, получило больший приоритет, чем это было до ситуации с пандемией.

Конкретно с грузоотправителями в целях реализации мероприятий по предупреждению распространения новой коронавирусной инфекции ОАО «РЖД» был установлен упрощенный порядок дистанционного взаимодействия с клиентами по ряду ключевых процессов, связанных с перевозкой грузов и договорных отношений.

Для предотвращения распространения новой коронавирусной инфекции установлен порядок автоматической пролонгации на 3 месяца договоров, заключаемых при организации перевозок с грузовладельцами и владельцами путей не общего пользования. Пролонгированы истекающие в ближайший срок документы, необходимые клиентам для осуществления погрузо-разгрузочных работ [3].

В последнее время особую актуальность приобрела «сквозная» тема инноваций и цифровых технологий, которая в современных условиях

становится ключевым фактором конкурентоспособности компаний и отраслей [4].

Таким образом, развитие инновационной деятельности, мотивация инновационных процессов на железнодорожном транспорте, внедрение нововведений в работу ОАО «РЖД» и других железнодорожных компаний позволяет повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг и улучшить конкурентные позиции в условиях развития межвидовой конкуренции.

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года
2. https://www.rzd.ru/
3. https://vgudok.com/
4. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Как_пандемия_сказалась_на_планах_цифровизации_РЖД._Интервью_TAdviser_с_Евгением_Чаркиным

А.С. Хохрин, Н.Д. Ежов, А.С. Сахипкиреева
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПРИ СИРДП-Е

В статье рассматриваются вопросы совершенствования систем интервального регулирования движения поездов, на основе «подвижных» блок-участков. Рассмотрена подробно структура системы СИРДП-Е и различные варианты организации управления движением при использовании данной системы.

Ключевые слова: СИРДП-Е, системы интервального регулирования движением поездов, «подвижные» блок-участки, пропускная способность, организация движения.

На сегодняшний день пропускная способность железных дорог в сети ОАО «РЖД» во многих местах эксплуатируется на пределе своих возможностей. Создание и усовершенствование систем управления и организации допустимого уровня движения поездов, основанных на «подвижных» блок-участках, позволит нам сократить интервал попутного

следования и тем самым получить улучшенную пропускную способность, а также сниженные затраты на эксплуатацию.

Понятие «подвижный» или «плавающий» блок-участок предполагает одну или даже несколько рельсовых цепей за хвостом поезда, которые кодируются одним и тем же сигналом АЛС [1]. Вместе с тем, расстояние блок-участка (соответственно число включаемых в него РЦ) устанавливается в режиме реального времени методом расчёта, в зависимости от местонахождения попутно следующих поездов, их типа, характеристик и свойств.

Система СИРДП-Е включает в себя стационарную часть и комплекс бортовых систем, которые установлены в локомотиве.

В СИРДП-Е обычно используются следующие подсистемы:

- подсистема контроля и управления движением;
- подсистема обмена данными по радиоканалу;
- подсистема определения местоположения поезда;
- подсистема измерения скорости и пройденного пути;
-подсистема расчета параметров движения и кривых скорости при торможении;
- подсистема контроля целостности поезда и др. [2].

Структурная схема представлена на Рисунке.

В стационарную часть входят:

- центр радио-блокировки РБЦ;
- автоматизированное рабочее место поездного диспетчера АРМ ДНЦ;
- системы централизации на станциях или объектные контроллеры ОК;
- вышки радиоканала;
- базовые передающие станции БС.

Бортовая часть:

- бортовое навигационное оборудование;
- бортовое оборудование безопасности;
- вспомогательное локомотивное оборудование;
- бортовое радиопередающее оборудование и антенны.

В том случае, если на данном участке имеются станции, которые оборудованы МПЦ, то обычно их увязка с РБЦ производится по протоколу передачи данных. ОК сопряжение устанавливается на станции только в том случае, если имеется релейная защита.

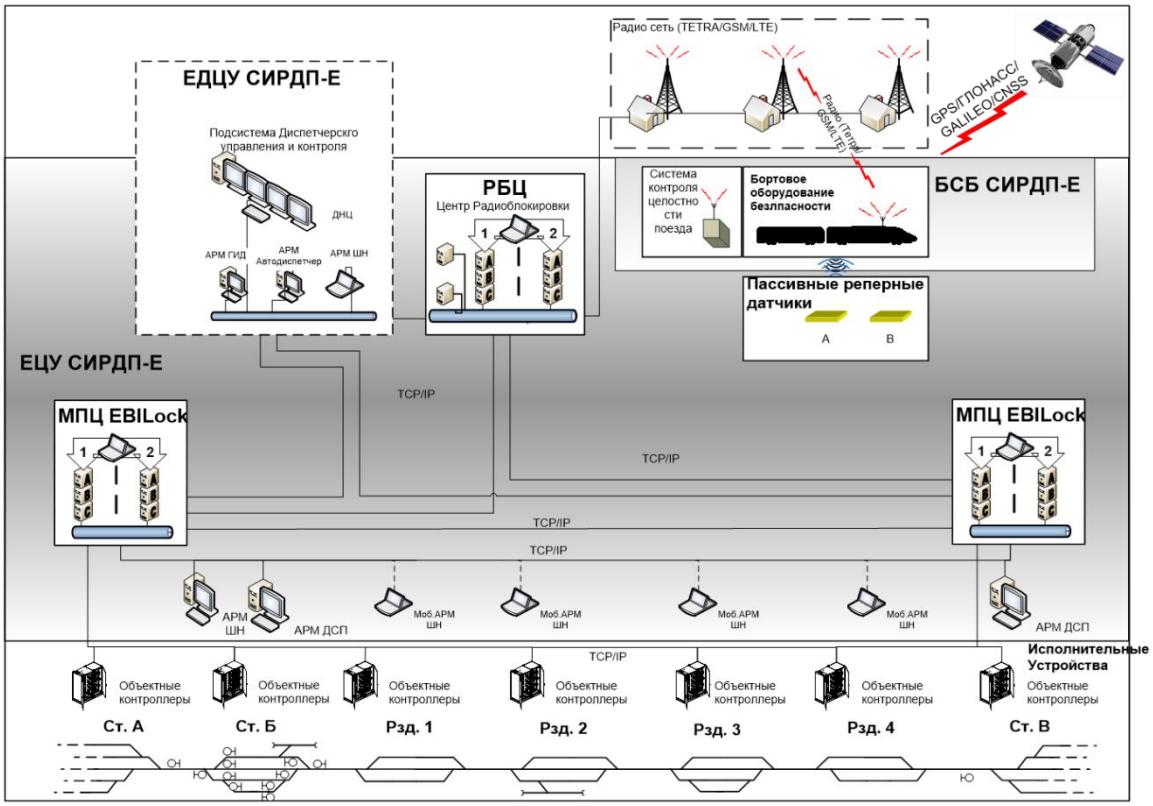

Рисунок. Структурная схема СИРДП-Е

Подключение МПЦ к центру РБЦ, осуществляется с помощью протокола Subset-098 по двум каналам Ethernet. Указанный протокол является стандартным для увязки РБЦ между собой и с системами МПЦ.

Приведённые ниже типы данных, должны передаваться от МПЦ к РБЦ:

- состояние РЦ;
- информация о направлениях;
- показания светофоров;
- информация о стрелках;
- информация о маршрутах;
- информация о переездах.

Возможны различные варианты организации движения поездов. Оно во многом зависит от инфраструктуры участка, на котором устанавливается система СИРДП-Е. Небольшие станции и разъезды, в полном объёме располагаются в зоне системы СИРДП-Е – задание маршрута и управление передвижениями на станции, будут осуществляться именно из РБЦ.

На больших станциях, в некотором случае, интервальное регулирование может обеспечиваться по ведущим маршрутам приема отправле-

ния, а маневровая работа по ДСП, но в другом случае – ответственность системы СИРДП-Е обычно заканчивается границей станции, которая все передвижения регламентирует станционными светофорами, а также сигналами автоматической локомотивной сигнализации (см. Таблицу).

Таблица

Организация управления движением при СИРДП-Е

	Тип зоны		
Вид контроля	**Разъезды и промежуточные станции**	**Перегон**	**Крупные станции с маневровой работой и пограничные станции**
Режим работы	Режим СИРДП-Е		Режим СИРДП-Е или вне зоны действия СИРДП-Е
Контроль движения поезда, оборудованного БСБ	Радио-блокировка (МПЦ)	Радио-блокировка	МПЦ (Радио-блокировка)
Контроль движения необорудованного БСБ поезда	МПЦ		
Контроль напольного оборудования	МПЦ		
Занятость пути	Радио-блокировка (МПЦ)	Сообщение о местоположении (Радио-блокировка)	МПЦ
Управление процессом перевозки	АРМ ДНЦ	АРМ ДНЦ	АРМ ДСП с контролем АРМ ДНЦ

СИРДП-Е может использовать как виртуальные фиксированные, так и подвижные блок-участки, предполагаемые к использованию системы, в зависимости от их специфики. Их длина и расположение зависят от местоположения поезда, его скорости, а также весовых и тормозных характеристик.

Таким образом, проанализировав всё вышеперечисленное, мы можем сделать вывод, что «подвижные» блок-участки наиболее эффективны на участках, которые включают в себя смешанное движение и высокоскоростные линии. Данное техническое решение позволяет нам суще-

ственно повысить пропускную способность магистралей, за счет гибкого регулирования интервалов попутного следования.

Библиографический список

1. Газета «Евразия Вести (ТрансЖАТ-2014)». 2014, № 9. С. 14–15
2. Журнал «Автоматика, связь, информатика». 2009, № 11. С. 7–8

Научное издание

ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы IV Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Чита, 24 декабря 2020 г.)

Том 1

Статьи печатаются в авторской редакции

Компьютерная верстка
И.А. Нерадовская

Подписано в печать 20.01.2021 г. Печать офсетная. Бумага тип. № 2.
Формат 60x84/16. Уч-изд.л. 15,89. Тираж 100 экз.

***

672040, г. Чита, ул. Магистральная, 11, ЗабИЖТ