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 III Всероссийской научно-практической конференции

Том 1

Чита
2019

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 III Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Чита, 20 декабря 2019 г.)

Том 1

Чита
2019

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, О.Л. Быстрова,
Т.В. Иванова, К.А. Кирпичников, С.А. Филиппов, М.И. Коновалова,
Е.А. Ларченко (ответственный секретарь)

С 81 ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита: ЗабИЖТ ИрГУПС, 2019. 360 с.

ISBN 978-5-6042845-4-4

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

УДК 378
ББК Ч 48

ISBN 978-5-6042845-4-4

© Иркутский государственный университет
путей сообщения (ИрГУПС), 2019
© Забайкальский институт железнодорожного
транспорта (ЗабИЖТ), 2019
© Авторский коллектив, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛЕКТРОВОЗЫ, ТЕПЛОВОЗЫ И ВАГОНЫ)……..... 8
Андриевский А.Г., Лыткина Е.М.
Пути совершенствования конструкции кожуха тяговой зубчатой передачи…… 8
Банкерова Е.И.
Перспективы развития вагонного хозяйства КТЖТ КрИЖТ ИрГУПС…… 12
Ворончихин К.Ю., Баклаженко А.Г.
Влияние состава вагонов на формирование полновесных и полносоставных поездов…….. 16
Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Рудаков В.А., Белов А.Ю.
Обоснование межремонтного ресурса и параметров безопасности буксовых узлов грузовых вагонов с роликовыми подшипниками.. 21
Иванова Т.В., Налабордин Д.Г., Лучкин К.Г., Белов А.Ю.
Прогнозирование износов в элементах трения тележки модели 18-9855……. 30
Ковригина И.В., Рожкова Е.А.
Влияние на безопасность движения качества ремонта вагонов….. 36
Кучеров С.В., Христосенков С.А., Мурзин Р.В.
Новое оборудование для электровозов…….. 39
Ларченко А.В., Чуйко А.Д., Полукеев Е.П.
Функциональная зависимость температуры от функции геометрии коллекторного «петушка» тягового электродвигателя.. 47
Маслюков В.Г., Голиков А.Ф.
Интеллектуальная система автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины с распределёнными по длине локомотива грузового движения «виртуальная сцепка» на участке Карымская – Хабаровск…… 51
Степанов В.В., Овсейчик С.З., Дубинин Р.Р.
Дистанционное обнаружение усталостных трещин в боковых рамах тележек грузовых вагонов методом анализа затухающих колебаний…….. 61
Теслин А.Д., Попова И.М., Тимофеев С.В.
Мониторинг систем технического обслуживания и ремонта вагонов на железнодорожном транспорте……. 66
Четвериков С.В.
Методы восстановления работоспособности наплавленных поверхностей обработкой резанием……... 72

Чуйко А.Д., Христосенков С.А., Полукеев Е.П. 77
Инновационная система контроля бодрствования машиниста…...
РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ…… 82
Благоразумова О.В., Багойко П.А., Муравьева Е.В.
Подходы к обеспечению качества текущего содержания пути в Читинской дистанции пути ПЧ-4……. 82
Гостев Г.А.
Чтение результатов контроля вагона-путеизмерителя……. 86
Дашинимаев З.Б., Батожалсанова С.Ц.
Влияние сооружений земляного полотна на дефекты рельс на участке 7902-7903 км перегона Поздеевка–Возжаевка Забайкальской железной дороги……. 92
Дашинимаев З.Б., Батожалсанова С.Ц.
Инновационное конструктивное решение для устройства дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты……... 98
Карпущенко Н.И., Ардышев И.К.
Продольные деформации рельсов бесстыкового пути под воздействием поездной нагрузки…… 103
Карюкин М.А.
Конструкции промежуточного рельсового скрепления для витковой клеммы……... 109
Ковенькин Д.А., Садырин Е.А.
Анализ скоростей движения поездов на ВСЖД…… 112
Комардинкин Р.А.
Оценка надежности стрелочных переводов проекта 2750……... 117
Ошлокова А.А.
Оптимизация жесткостных параметров узлов рельсовых скреплений на железобетонных шпалах…… 124
Подвербный В.А., Ковенькин Д.А., Филатов Е.В., Валиев Н.А.
Перспективы транспортного, промышленного, гражданского строительства в Тайшетском районе Иркутской области и предотвращение деградации многолетнемерзлых грунтов…….. 129
Подвербный В.А., Перелыгина А.А., Гагарин Л.Ю., Уральский Д.А.
Принятие решений при выборе конструкции и параметров сезонных охлаждающих устройств…… 147
Серикова А.А., Полищук С.С.
Гелиоэнергоресурсы как возобновляемые источники энергии. Подход к оценке влияния солнечной радиации на изнашиваемость мостов…….. 160

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ……. 168
Антонов К.С., Яковлев Д.А., Осипова В.Э., Беликов В.В.
Техническое перевооружение системы освещения станций Забайкальской железной дороги……. 168
Бушуев Е.М., Лесков Р.А.
Проверка устройств электромагнитной совместимости рельсовой сети возврата тягового тока и аппаратуры рельсовых цепей…….. 172
Епифанов Е.Л., Филиппов С.А., Елин А.А.
Использование различных способов моделирования систем тягового электроснабжения переменного тока для улучшения реле защиты…….. 176
Закарюкин В.П., Крюков А.В., Любченко И.А.
Резервное питание трехфазного потребителя от контактной сети на базе устройств Smart grid…… 181
Крюков А.В., Середкин Д.А.
Моделирование электромагнитных полей высоковольтной ЛЭП при двойных замыканиях на землю…… 188
Куликов Е.Л., Соловьёва О.А., Манчевская В.П.
Анализ перспектив использования искусственных нейронных сетей для повышения селективности дистанционной защиты фидеров контактной сети……. 194
Лобанов О.В.
Определение критериев оценки качества токосъема на основе работы вагона испытания контактной сети……... 199
Мусатова Т.А.
Модернизированная автоблокировка нового поколения……. 203
Пультяков А.В., Скоробогатов М.Э., Мартыновский В.П., Наталин А.Ф.
Усовершенствованная торцевая рельсовая изоляция разборного типа с барьерами……... 207
Руденко А.И.
Датчик контроля в системе автоблокировки нового поколения…. 214
Русинова О.К., Макарова О.А.
Системы обеспечения движения поездов…….. 218
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…… 221

Сенотрусов А.Н., Менакер К.В., Ваулин В.И.
Исследование безопасной схемы сопряжения с конденсаторной гальванической развязкой……... 226
Трифонов Р.С., Муравейко Л.А., Барахоев А.В.
Анализ концепции многомерной релейной защиты применительно к совершенствованию дистанционной защиты фидеров контактной сети……. 232
Трифонов Р.С., Соловьёва О.А., Маниковский А.С.
Зависимость исполнения дистанционной защиты контактной сети от схемы питания……. 236
Черепанов А.В., Крюков А.Е.
Моделирование электромагнитных влияний тяговых сетей повышенного напряжения на трубопроводы…… 241
Юманов П.Н.
Беспроводные системы мониторинга подвижного состава КТЖТ КрИЖТ ИрГУПС…….. 247
Янкин Д.Ю., Суворов И.Ф., Давыдова Н.А.
Исследование возможности повышения технического совершенствования дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе нечеткой логики…….. 251
РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА…… 257
Горпинченко М.Б., Дороничев А.В.
Влияние цифровизации на сохранность перевозок грузов с применением систем контроля местоположения груза……. 257
Димов А.В., Дороничев А.В.
Автоматизированные системы управления сортировочными горками……. 260
Зубков В.В., Наглий С.Е., Негодяев Е.А.
Анализ влияния отказов технических средств погрузки и выгрузки морского порта Ванино на рост количества брошенных поездов…….. 265
Зубков В.В., Раевская П.Е., Негодяев Е.А.
Модель выбора оптимального варианта движения соединенных поездов на лимитирующих по пропускным способностям направлениях…… 270
Зубков В.В., Сирина Н.Ф.
Комплексное развитие транспортно-логистической инфраструктуры на грузовых станциях……. 276

Зубков В.В., Хаустова Д.В., Разумовский С.В.
Взаимодействие железнодорожного и морского транспорта (на примере Ванинского порта)…….. 282
Коновалова М.И., Бухонина Ю.В., Мясникова Е.В.
Пути повышения эффективности работы Восточного полигона… 287
Коновалова М.И., Быкова Н.В., Бусыгин И.С.
Применение предиктивных методов работы в сфере пропуска и осмотра поездов……. 293
Насаченко Р.А., Дороничев А.В.
Оптимизация работы удаленных аэродромов путем внедрения системы Remote Tower……. 299
Плотникова А.Д., Демина Н.В.
Об основании использования вкладышей и мягких контейнеров при перевозке глинозёма в полувагона…….. 307
Помыткина О.Л.
Железнодорожная станция Красноярск-Восточный в условиях применения совмещенных осмотров: коммерческого и технического. Экономические аспекты…….. 312
Раевская П.Е., Тырышкина Е.Д.
Анализ научных методов увеличения пропускной способности с помощью интервального регулирования…… 316
Рузанова О.И.
Взаимосвязь между системой обучения и формированием новой технологии управления перевозками в рамках комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога»…….. 320
Светлакова Е.Н., Канин А.А.
Увеличение гарантийных плеч обслуживания вагонов как элемент полигонных технологий……. 324
Светлакова Е.Н., Каюмова Т.С.
Интервальное регулирование – настоящее и будущее организации движения поездов…….. 329
Светлакова Е.Н., Степанова А.А.
Анализ непарности поездопотока на Забайкальской железной дороге……. 336
Федорова Е.А.
Анализ станции для оптимизации перевозочного процесса…….. 344
Чубарова И.А.
К вопросу улучшения качества обслуживания пассажиров на вокзалах ВСЖД……... 348
Юшкова С.С.
Управление вагонопотоками при ремонтах инфраструктуры на полигоне железных дорог с разными типами тока…….. 354

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

А.Г. Андриевский, Е.М. Лыткина
Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Россия

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОЖУХА ТЯГОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Обозначена проблема низкой надежности кожухов зубчатой передачи. Показана целесообразность совершенствования штатной конструкции кожухов. Намечены пути совершенствования кожухов зубчатой передачи. Рассмотрена возможность усиления конструкции кожуха путем применения дополнительного кронштейна.

Ключевые слова: надежность, кожух зубчатой передачи, тяговый привод, колесно-моторный блок.

Сервисные локомотивные депо Восточного полигона, в зимне-весенний период времени сталкиваются с большим количеством выхода из строя кожухов зубчатой передачи (КЗП). При этом необходимо отметить, что это характерно как для давно и широко используемых электровозов серий ВЛ80 и ВЛ85, так и для поступивших в эксплуатацию относительно недавно серии 2(3)ЭС5К. Очевидно, что одной из основных причин возникновения повреждений КЗП является его высокая динамическая и вибрационная нагруженность, которая характерна для приводов с опорно-осевым подвешиванием тягового двигателя.

Накопленный опыт эксплуатации, показал следующие присущие конструкциям КЗП недостатки:

а) низкая герметичность войлочных и резиновых уплотнений по линии прилегания разъемных частей КЗП, отверстий под ось колесной пары и вал якоря тягового двигателя;

б) развитие трещин в сварной конструкции половин кожуха;

в) преждевременные износы резьбы в бобышке, приводящие к ослаблению соединения и выходу из строя кожуха;

г) обрывы кронштейна крепления нижней половины КЗП к подшипниковому щиту тягового двигателя;

д) обрывы сварного соединения бобышки (скобы) к кожуху, чему способствует консольная схема крепления КЗП к тяговому двигателю и высокая жесткость бобышки (скобы);

е) наличие значительных радиальных усилий при динамике ходовой части локомотива от веса кожуха, влияющих на быстрый износ и снятие резьбы в бобышке;

ж) при монтаже сложно отцентрировать КЗП относительно вала якоря двигателя и оси колесной пары.

з) ослабление затяжки и излом болтов М30 и М42;

и) недостаточная точность изготовления половин, которая отрицательно сказывается на взаимозаменяемости половин и герметичности кожуха при эксплуатации.

КЗП не является несущей конструкцией и предназначен для защиты зубчатой передачи от атмосферных воздействий, т. е. если пренебречь наличием масла, масса которого составляет не более 4 кг, кожух нагружен только собственным весом и подвержен действию динамических и вибрационных нагрузок.

Если рассматривать КЗП как балку испытывающую деформацию изгиба, то кривизна ее геометрической оси определяется по закону Гука при изгибе по выражению

$$\frac{1}{\rho_x} = \frac{M_x}{E \cdot J_x}, \qquad (1)$$

где M_x – изгибающий момент; ρ_x – радиус кривизны; $E \cdot J_x$ – жесткость сечения при изгибе.

Напряжение в конкретном сечении кожуха можно определить по выражению

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \le [\sigma], \qquad (2)$$

где $M_{\max}$ – максимальный изгибающий момент; W_x – осевой момент сопротивления сечения; $[\sigma]$ – допускаемое напряжение.

Таким образом, для анализа конструкции кожуха представляет интерес геометрические характеристики его сечений, такие как осевые моменты инерции Jx, Jy и моменты сопротивления сечения изгибу Wx, Wy, которые имеют переменное значение по длине его конструкции, как это видно из рис. 1 и рис. 2. Следует отметить участок от малой горловины кожуха вплоть до сопряжения ее с переходной частью кожуха между малой и большой горловинами, где имеются малые значения Jx, Jy, Wx, Wy, что может отражаться на прочности конструкции при действии на этом участке значительных нагрузок.

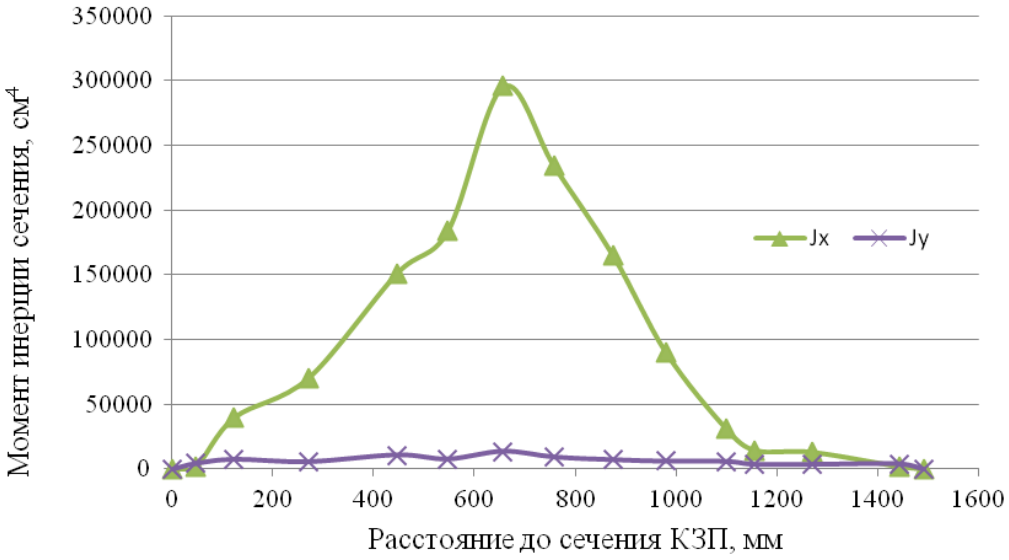


Рис. 1. Зависимость моментов инерции сечения кожуха J_x, J_y по его длине

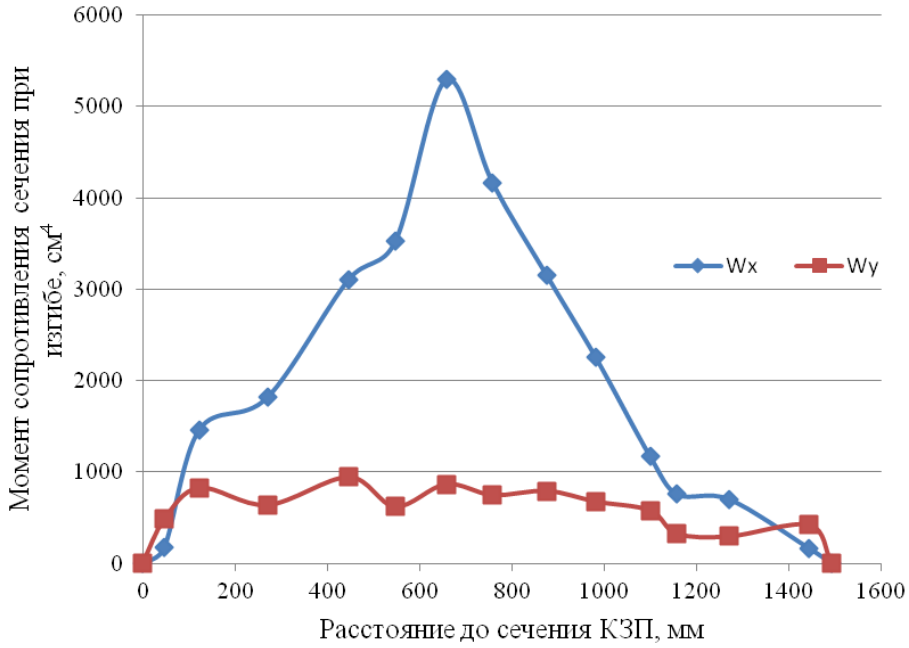


Рис. 2. Зависимость моментов инерции сечения кожуха W_x, W_y по его длине

Анализ напряжений, возникающих под нагрузкой, позволяет сделать вывод о местах конструкции наиболее подверженных разрушению. Задачи такого класса успешно решаются применением САПР. Для этого была разработана твердотельная модель кожуха и выполнен расчет в программной среде Ansys. Проведенные расчеты позволили найти значения эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции кожуха рис. 3.

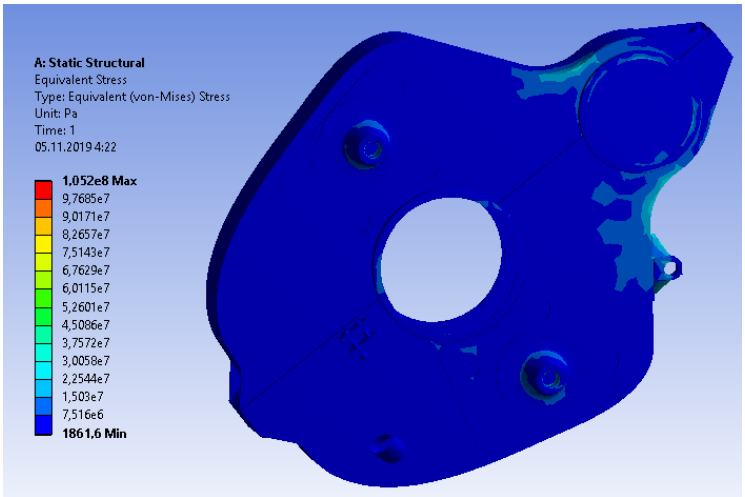


Рис. 3. Напряженное состояние КЗП

Проведенный анализ конструкции КЗП позволил наметить пути совершенствования конструкции, представленные на рис. 4.

Рис. 4. Пути совершенствования конструкции КЗП

Таким образом, причинами возникновения трещин и разрушений элементов кожуха зубчатой передачи являются: нарушение технологии изготовления, нарушение правил монтажа и эксплуатации, высокий уровень динамических нагрузок, возникающих при эксплуатации и приводящий к ускоренному процессу возникновения трещин и их дальнейшему развитию.

Для снижения отказов КЗП можно следовать по двум направлениям совершенствования его конструкции: усиление конструкции и снижение динамической нагруженности.

Библиографический список

1. Бригер И.А., Иосилевич Г.Б. Резьбовые и фланцевые соединения. М.: Машиностроение, 1990. 368 с.

2. Андриевский А.Г., Чабан Е.А. Влияние сезонного фактора на возникновение отказов кожухов тяговой зубчатой передачи электровозов ВЛ80 // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Восьмой Междунар. науч.-практ. конф., 28 марта – 01 апреля 2017 г. Иркутск : в 2 т. Иркутск : ИрГУПС, 2017. Т. 2. С. 405–409

3. Андриевский А.Г. Кожух зубчатой передачи локомотива с виброзащитным креплением к тяговому двигателю // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : материалы IV всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омск : Омский гос. ун-т путей сообщения, 2018. С. 61–65

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВАГОННОГО ХОЗЯЙСТВА КТЖТ КрИЖТ ИрГУПС

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 так же 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 являются: 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 на предприятиях, но и сохранить объем ручного ввода информации, а 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, улучшению его пользования. В данной статье раскрываются особенности новых технологий и эксплуатации их в ближайшем будущем.

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 межфрикционных клиньев, 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 длинной 60 футов модель 13-1223-04, оборудована дополнительными фитинговыми упорами для размещения контейнеров длиной 22-24 футов, обеспечивающая перевозку 3-х тяжеловесных контейнеров. [3]

Внедрение тяжеловесного грузового движения повлекло, за собой и появление конструкции автосцепки модели СА-3, обеспечивающей 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, включающий: 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. [3].

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. 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

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

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВАГОНОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛНОВЕСНЫХ И ПОЛНОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ

В статье рассмотрены вопросы определения нормы массы состава грузовых с точки зрения полного использования расчетной тяги локомотива и полезной длины приемо-отправочных путей. Произведен расчет зависимости поездной погонной нагрузки от процентного содержания четырехосных вагонов в составе. Приведены данные о влиянии массы поезда на технические параметры проектируемых железных дорог. Кроме того, проведен анализ влияния соотношения вагонов разных категорий в составе на такие показатели, как расчетная масса состава и длина поезда.

Ключевые слова: вес поезда, полновесный состав, норма массы поездов.

Расчетная масса поезда, как известно, является одним из определяющих показателей, влияющих на качественную и количественную стороны эксплуатационной работы железной дороги. Этот показатель оказывает влияние на такие технические параметры дороги как мощность и, следовательно, определяет пропускную и провозную способность участка. Кроме того, масса состава является одним из основных факторов определяющих выбор типа локомотивной тяги и полезной длины приемоотправочных путей.

С расчетной массой связаны не только наличная пропускная и провозная способность железнодорожной линии, но и потребность в вагонном и локомотивном парках для освоения заданного объема перевозок. Расчетная масса поезда определяет и различные эксплуатационные требования к мощности железнодорожного пути, видам искусственных сооружений, параметрам технического оснащения раздельных пунктов, конструкции подвижного состава, устройствам СЦБ и связи. Таким образом, выбор рациональной массы поезда представляет собой сложную и важную технико-экономическую проблему, имеющую прямую связь с увеличением провозной способности участка железной дороги.

Выбор оптимальной нормы массы поездов, связан с противоречивыми ограничениями, с одной стороны, ограничена сила тяги локомотива, а с другой – полезная длина приемоотправочных путей. В том случае если масса поезда ограничена мощностью данного локомотива, создаются наилучшие условия для его эффективного использования. При этом может быть полностью не использована полезная длина приемоотправочных путей, что невыгодно прежде всего из-за чрезмерного завышения размеров движения поездов и необходимости дополнительных затрат на увеличение пропускной способности участка при растущих объемах грузоперевозок.

Весовые нормы поездов, ограниченные полезной длиной приемоотправочных путей и наибольшей погонной нагрузкой подвижного состава, максимально возможные для данного участка, обеспечивают наименьшие размеры движения и, следовательно, наиболее полное использование пропускной и провозной способности линии, отдаляют затраты по ее развитию.

В практике эксплуатационной работы железной дороги составы могут быть ограничены еще и полезной длиной станционных путей. Погонная нагрузка отдельных поездов различна и поэтому одни составы имеют расчетный вес при длине меньше максимально возможной, другие не достигают установленной весовой нормы при полном использовании полезной длины приемо-отправочных путей. В первом случае поезда считаются полновесными, во втором – полносоставными.

Отклонения фактических весов поездов в большую сторону от установленной графиком движения нормы часто связаны с применением кратной или усиленной тяги. При отклонении в меньшую сторону фактических весов поездов от нормы часто наблюдается неполное использование мощности локомотивов.

Задача наиболее рационального использования мощности локомотива решается доведением расчетной массы поезда до наибольшей величины или установлением меньшей массы для увеличения участковой

скорости движения. Критерием выбора наиболее рационального варианта в данном случае является провозная способность, которая зависит от двух показателей – средний вес поезда и скорость его движения.

При использовании тепловозной тяги мощность локомотива в достаточно широком диапазоне его скоростей практически постоянна. Значит, наибольшая производительность тепловозов и, следовательно, максимальная провозная способность участка железной дороги и минимальная себестоимость перевозок достигаются при использовании мощности локомотивов на увеличение массы поезда. Средняя масса поезда заметно увеличивается только до определенного предела. При этом провозная способность линии достигает максимума, и дальнейшее увеличение нормы массы приводит к снижению провозной способности линии.

При одновременном выборе массы поезда и типа локомотива расчет ведется аналогичным способом, при этом заменяют реальные локомотивы условными с постоянной удельной мощностью. Для каждого вида тяги на одном и том же профиле средние скорости движения поездов различной массы также одинаковы. По критерию суммарных приведенных затрат устанавливаются масса поезда и мощность условного локомотива, по которой и выбирается реальный локомотив.

Из-за ограничений по длине станционных путей на ряде железнодорожных линий мощности современных локомотивов не полностью используются на увеличение массы поездов. В то же время на некоторых станциях могут быть пути длиной, превышающей стандартную полезную длину приемоотправочных путей для этих направлений.

С другой стороны, в конкретных условиях расчетную массу поездов не всегда определяют по наиболее высокой провозной способности. На участках с большими резервами пропускной способности на главную роль играет снижение себестоимости перевозок а также затрат на техническое оснащение железной дороги. На решение таких задач оказывают влияния не только какие-то особенности данной дороги, но и её взаимодействие с соседними участками, а также зависимость норм массы поезда от системы тягового обеспечения перевозочной работы на различных направлениях и даже целых полигонах.

Для выявления взаимосвязи между различными характеристиками поезда было проведен анализ различных параметров. В работе рассматривается влияние процентного соотношения вагонов разных категорий в составе на формирование полновесных и полносоставных поездов. В качестве расчетной модели принимался поезд, состоящий из двух типов вагонов – четырехосных и шестиосных, при использовании тепловозной тяги. Расчет проводился для различных соотношений вагонов разных

категорий в составе. За исходное состояние принималось условие, что состав состоит только из шестиосных вагонов, в дальнейших расчетах доля этих вагонов уменьшалась вплоть до полного замещения четырехосными вагонами шестиосных.

В результате расчетов, были получены зависимости массы состава и его длины от доли вагонов определенной категории в составе. Данные представлены на рис. 1 и 2. В ходе исследования была выявлена закономерность, что с увеличением доли четырехосных вагонов увеличивается вес поезда и его длина, при неизменном типе локомотива. [4] Следовательно, можно говорить о том, что увеличение доли в составе четырехосных вагонов является положительным фактором, с точки зрения формирования состава, так как поезда становятся более полновесными и полносоставными.

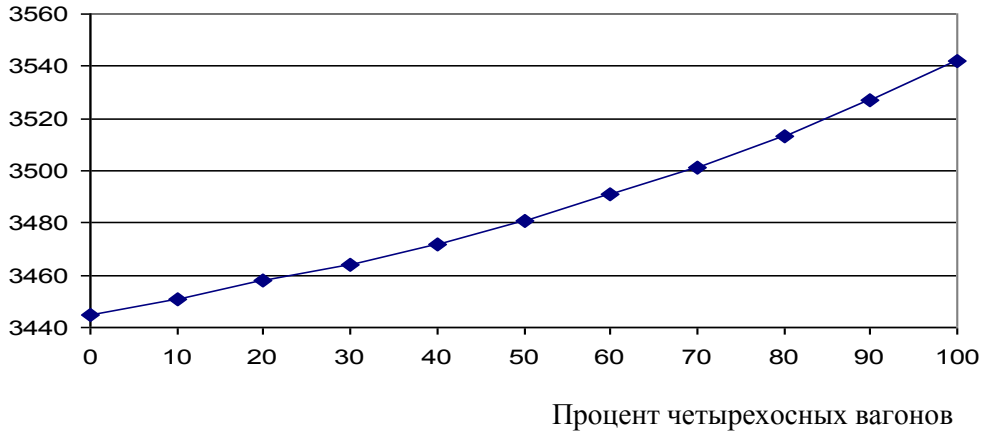


Рис. 1. Расчетная масса состава, т

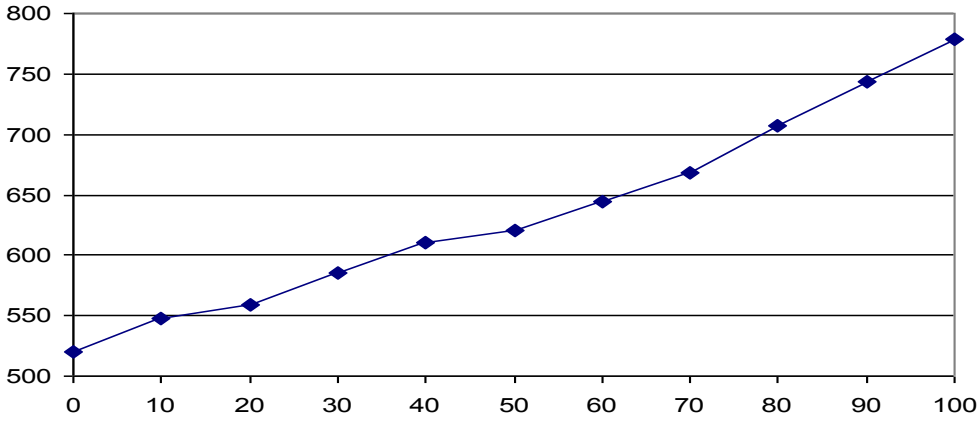


Рис. 2. Длина поезда, м

Но дальнейший анализ параметров условного поезда и исследование изменения поездной погонной нагрузки показало, что её величина уменьшается с увеличением доли четырехосных вагонов (рис. 3).

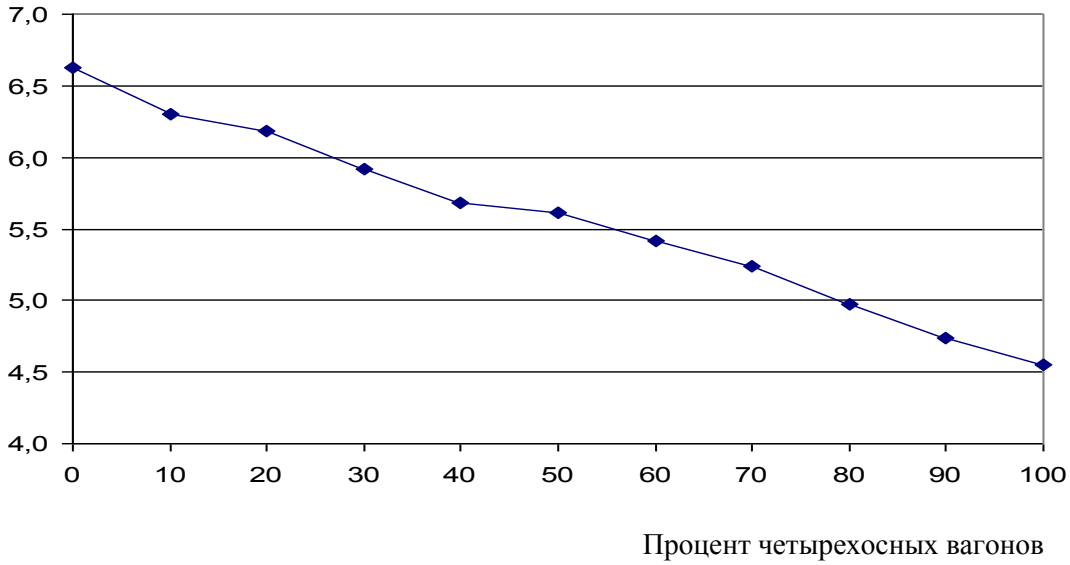


Рис. 3. Поездная погонная нагрузка т/м

Таким образом, можно сказать о том, что повышение доли четырехосных вагонов в составе не является универсальным решением по увеличению полновесности и полногрузности поездов и необходимо тщательно оценивать эффективность проводимых мероприятий по повышению этих значимых для эксплуатационной работы железной дороги показателей.

Библиографический список

1. Кантор И.И. Изыскания и проектирование железных дорог. М. : ИКЦ «Академкнига», 2003. 288 с. : ил.

2. Интернет источник. Режим доступа : http://вики.жд.рф/wiki

3. Благоразумов И.В., Ворончихин К.Ю., Кирпичников К.А. Тяговые расчеты при проектировании железных дорог : метод. пособие по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог». Чита : ИрГУПС, ЗабИЖТ, 2018. 65 с.

4. 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. 346–350 с.

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

А.Ю. Белов
Служба вагонного хозяйства
Забайкальской дирекции инфраструктуры,
г. Чита, Россия

ОБОСНОВАНИЕ МЕЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСА И ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С РОЛИКОВЫМИ ПОДШИПНИКАМИ

В статье дано обоснование межремонтного ресурса и параметров безопасности буксовых узлов грузовых вагонов с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 и разработка организационно-технических мероприятий, направленных на повышение уровня надежности работы данных буксовых узлов.

Ключевые слова: грузовой вагон, колесная пара, межремонтный ресурс, роликовый подшипник.

На обеспечение нормированного уровня безопасности движения огромное влияние оказывает техническое состояние подвижного состава, эксплуатирующего на сети дорог. Несомненно, при выполнении перевозок грузовые вагоны должны надежно работать в заданном режиме эксплуатации в течение установленного времени и ресурса. Процесс возникновения неисправностей вагонов является случайным, и присущие ему закономерности изучаются с применением вероятностных методов, широко применяемых в теории надежности и массового обслуживания.

Буксы являются важнейшими элементами ходовых частей вагона, от их надежности во многом зависит безопасность движения поездов. Буксы располагаются на шейках оси и преобразуют вращательное движение колесных пар, обеспечивая движение вагона с необходимыми скоростями. Они воспринимают и передают колесным парам силы тяжести груженого кузова, а также динамические нагрузки, возникающие при движении вагона по кривым участкам пути и стрелочным переводам, неровностям пути и стыкам рельсов, при торможении и наезде колеса на башмак во время роспуска вагонов с горки, при налии неравномерного проката и дефектов на поверхности катания колес и др. Буксы предохраняют шейки оси от загрязнений и повреждения, являясь резер-

вуаром для смазки и местом размещения подшипников. Они ограничивают продольные и поперечные перемещения колесных пар относительно рамы тележки.

Работая в таких сложных режимах нагружения и изменяющихся температурных и погодных условиях окружающей среды, буксы должны обеспечивать минимальное сопротивление вращению колесных пар, высокую надежность и безопасность движения вагона. Поэтому к их конструкции и расчетам при проектировании предъявляют высокие требования с учетом повышенных скоростей движения поездов и роста осевых нагрузок.

Одной из основных закономерностей повреждаемости буксовых узлов с роликовыми подшипниками является четкая зависимость роста числа отказов в 1,5÷2 раза в осенне-зимний период времени. Эта закономерность отказов буксовых узлов связывается с влиянием температуры окружающего воздуха, изменениями в состоянии верхнего строения пути и соответствующим ростом действующих силовых факторов.

Другая закономерность состоит в том, что в первые 2÷3 месяца эксплуатации буксовых узлов после среднего ремонта число отказов также значительно выше, чем в последующий период. Это объясняется тем, что в первый период выявляются отказы, связанные с недостаточно качественно выполненным подбором и монтажом буксовых узлов, а также взаимной приработкой всех основных сборочных единиц буксового узла.

Одним из дефектов буксовых узлов является ослабление и разрушение торцового крепления подшипников. Причиной этой неисправности является жесткая передача осевых нагрузок торцами роликов на приставной борт и на торцовое крепление. При этом передача осевых нагрузок происходит в несвойственном для подшипников качения режиме трения скольжения торца ролика по приставному кольцу, часто в условиях, когда смазка не обеспечивает надежного разделения трущихся поверхностей. Такой дефект может появиться также в результате нарушений технологии изготовления резьбовой части оси, монтажа буксовых узлов и ремонта колесных пар.

Это приводит в начале к ослаблению затяжки гайки, из-за износов и деформации резьбы. Дальнейшая работа ослабленного торцового крепления сопряжена с большими напряжениями во впадине под первым витком резьбы, образованием трещины в основании резьбы и срезом первого витка. Такой вид повреждений имеет тенденцию к дальнейшему росту в связи с увеличением скорости движения и повышения использования грузоподъемности вагона.

Статистика показывает, что более 50% отказов буксовых узлов грузовых вагонов приходится на неисправности подшипников и торцового крепления. В 2018 г. по сети дорог зарегистрировано 148 случаев разрушений буксовых узлов (рис. 1, 2) в эксплуатации, из которых 104 случая (или 71%) произошли с буксовыми узлами колесных пар типа РУ-1 (торцовым креплением М-110).

Из-за низкого уровня надежности колесных пар типа РУ-1 с 1993 г. приостановлено их изготовление и с 2018 г. запрещено формирование колесных пар. При этом начало 2019 года, как и весь 2018-й, сопровождается острым дефицитом цельнокатаных колес.

В сложившейся ситуации, для снижения дефицита исправных колесных пар, постоянного и ритмичного снабжения исправными колесными парами вагонных эксплуатационных и ремонтных депо, необходимо рассматривать возможность дальнейшего использования колесных пар с осями типа РУ-1. Однако для обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса необходимо менять параметры системы технического обслуживания и ремонта колесных пар типа РУ-1.

Другими словами, требуется обоснование межремонтного ресурса и параметров безопасности буксовых узлов грузовых вагонов с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 и разработка организационно-технических мероприятий, направленных на повышение уровня надежности работы данных буксовых узлов.

Рис. 1. Разрушения буксовых узлов грузовых вагонов в 2018 г. по сети дорог в зависимости от конструкции

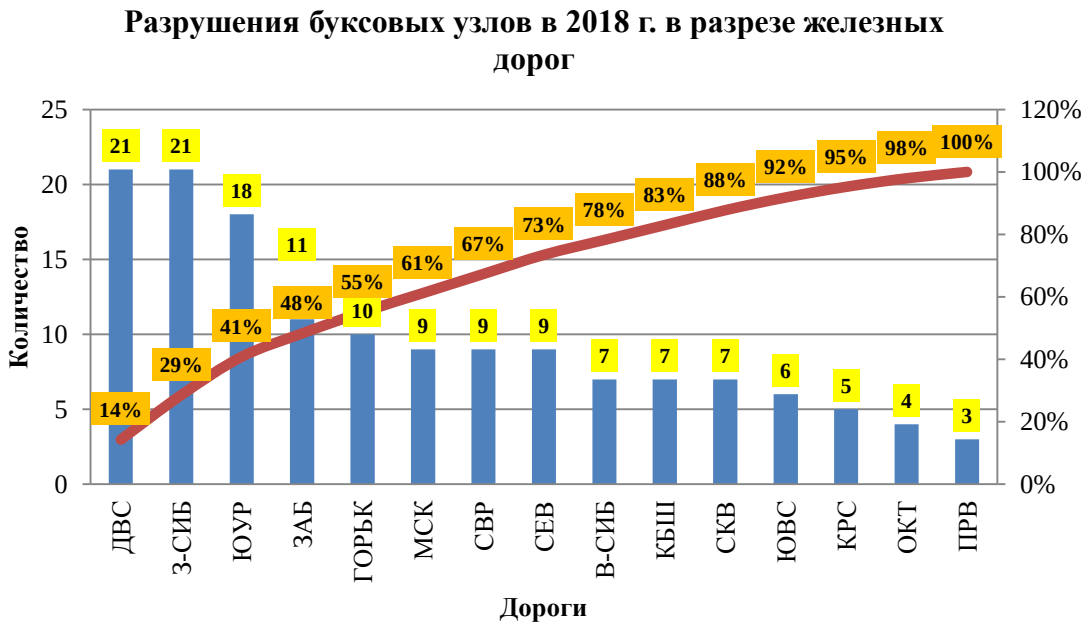


Рис. 2. Разрушения буксовых узлов грузовых вагонов в 2018 г. в разрезе железных дорог

Известно, что на безопасность эксплуатации вагонов влияет огромное количество факторов. В данной связи, важно грамотно распределить силы и средства для эффективной организации глубокоэшелонированной защиты вагона от аварий и крушений. Решить эту задачу, опираясь только на интуицию и опыт, невозможно. Необходимо применять научные методы, основанные на разработке и анализе моделей безопасности вагона. При этом должны использоваться типовые модели, определяющие безопасную эксплуатацию вагона. А именно, пребывание вагона в скрытом аварийном состоянии может завершиться следующими событиями:

- постановкой его в плановый ремонт;
- обнаружением опасного повреждения узла вагона с последующей отцепкой вагона в текущий ремонт;
- переходом собственно вагона в очевидное для всех состояние полной потери работоспособности (сход с рельсов, разрыв автосцепки и др.) с соответствующими последствиями той или иной тяжести.

Интерес представляет два события: вхождение вагона в скрытое аварийное состояние и варианты выхода из него. На вероятности этих событий влияет соотношение таких факторов, как прочность и живучесть конструкции, периодичность плановых ремонтов, квалификация осмотрщиков и др. Данные факторы и определяют содержание такого свойства вагона, как его безопасность.

Так, для уменьшения вероятности вхождения вагона в скрытое аварийное состояние необходимо установить правильное соотношение между безотказностью ξ и периодичностью плановых ремонтов, точнее, параметром безопасности вагона lБД. Из двух ситуаций, показанных на рис. 3, безопасна та, которая обозначена позицией (а). В этом случае период безотказной работы (0; ξ) перекрывает периодичность глубокой диагностики lБД. Зная показатель безотказности вагонных конструкций, можно установить периодичность плановых ремонтов или глубоких диагностик.

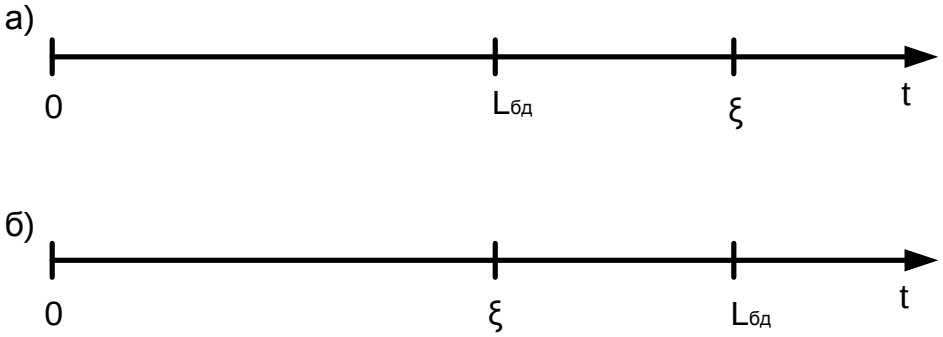


Рис. 3. Факторы, определяющие вхождение вагона в скрытое аварийное состояние

Описанную модель можно рассмотреть на примере нарушений безопасности движения, связанных с разрушением буксовых узлов грузовых вагонов. В частности, можно привести случай, произошедший 4 марта 2019 г., когда при следовании по перегону Сгибеево – Уруша Забайкальской железной дороги по показанию аппаратуры КТСМ-02 был остановлен грузовой поезд № 2232. При осмотре состава на перегоне локомотивной бригадой выявлено возгорание буксового узла вагона № 55132104. При осмотре установлено, что торцевое крепление гайкой М110 разрушено, сепаратор полиамидный выгорел, смазка выгорела, разрушен задний подшипник (рис. 4).

Деповской ремонт вагона и средний ремонт колесной пары производились 30 августа 2017 г. Период глубокой диагностики или плановых ремонтов стандартного вагона составляет 2 года (или 160 тыс.км), колесной пары 5 лет, соответственно. При этом живучесть буксового узла (как будет показано ниже) колесной пары типа РУ-1 составляет 2 года (рис. 5).

Рис. 4. Разрушение буксового узла в вагоне № 55132104, произошедшего 4 марта 2019 г. на перегоне Сгибеево – Уруша Забайкальской ж.д.

Рис. 5. Параметры безопасности грузового вагона с колесной парой типа РУ-1

Согласно ГОСТ 27.002-89 под живучестью понимается свойство объекта, состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта, или свойство объекта сохранять

ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации, или свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при наличии дефектов или повреждений определенного вида, а также при отказе некоторых компонентов. Под живучестью буксового узла грузового вагона будем понимать его свойство, состоящее в способности противостоять развитию критических отказов из производственных дефектов и определяющееся как математическое ожидание его наработки от момента окончания производства среднего ремонта колесной паре до момента разрушения буксового узла.

$$T_1 = M[\xi_1] = \int_0^\infty \tau f(\tau) d\tau = \int_0^\infty \tau Q(\tau) = \int_0^\infty P(\tau) d\tau . \quad (1)$$

где: ξ_1 – случайная наработка буксового узла до момента разрушения;

$P(t)$ – вероятность безотказной работы буксового узла на интервале $(0,t)$;

$F(t), f(t)$ – функция и плотность распределения случайной величины ξ_1.

Выражение (1) является не только математическим определением, но и реальной вычислительной формулой получения значения показателя.

Для получения закона распределения наработок буксовых узлов грузовых вагонов до момента разрушения был сформирован массив данных на основе сетевой статистики за 2018 г.

При формировании массива экспериментальных данных учитывалось следующее:

– формирование выборки проводилось по сетевым данным результатов расследований транспортных событий, связанных с отцепками вагонов по нагреву буксового узла, когда имел место факт разрушения буксового узла или торцового крепления;

– в учет принимались только расследованные транспортные события. Выборочная совокупность была сформирована из производственных отказов, то есть отказов, возникших по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии.

– объем выборки составил 104 наработки буксовых узлов до момента разрушения (оси типа РУ-1).

Статистическое моделирование строилось на гипотезе о том, что наработки буксовых узлов с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 до момента разрушения распределены по нормальному закону (закону Гаусса). Порядок выравнивания эмпирических данных

представлен в табл. 1, параметры статистического распределения – в табл. 2, гистограмма распределения представлена на рис. 6.

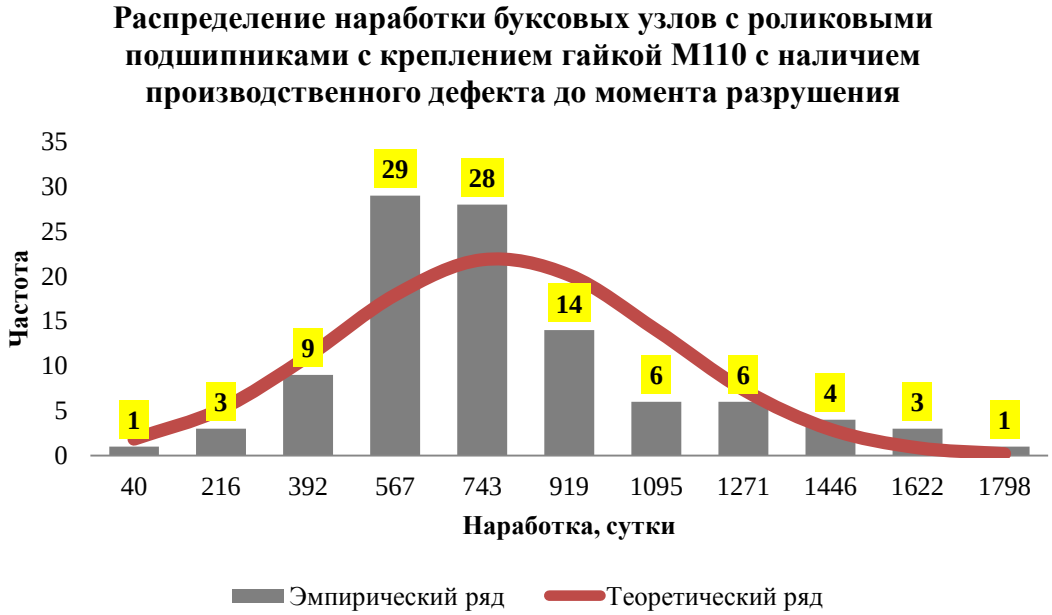


Рис. 6. Гистограмма распределения наработки буксовых узлов с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 с наличием производственного дефекта до момента разрушения

Таблица 1

Выравнивание эмпирических данных по наработкам буксовых узлов с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 до момента разрушения

Середина интервала	Частота	Относительная частота	Выборочное среднее	Значение аргумента	Значение функции	Теоретическая частота	Значение χ^2
X	n	W	XW	$t = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$	φ(t)	n′	$\chi^2 = \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
40	1	0.01	0.38	-2.23	0.0332	1.83	0.38
216	3	0.03	6.23	-1.70	0.0940	5.18	0.92
392	9	0.09	33.89	-1.17	0.2012	11.08	0.39
567	29	0.28	158.22	-0.64	0.3251	17.91	6.87

Окончание табл. 1

Середина интервала	Частота	Относительная частота	Выборочное среднее	Значение аргумента	Значение функции	Теоретическая частота	Значение χ^2
X	n	W	XW	$t = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$	φ(t)	n′	$\chi^2 = \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
743	28	0.27	200.09	-0.11	0.3965	21.84	1.74
919	14	0.13	123.71	0.42	0.3653	20.12	1.86
1095	6	0.06	63.16	0.95	0.2541	14.00	4.57
1271	6	0.06	73.30	1.48	0.1334	7.35	0.25
1446	4	0.04	55.63	2.01	0.0529	2.91	0.40
1622	3	0.03	46.79	2.54	0.0158	0.87	5.21
1798	1	0.01	17.29	3.07	0.0036	0.20	3.24
	104	1.00	778.70			103.28	25.83

Таблица 2

Основные характеристики нормального распределения

Основные параметры распределения	Расчетная формула, обозначение параметра	Значение параметра
Плотность вероятности	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$	----
Параметры распределения	$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} x_i \\ \sigma = \sqrt{D(x)} \end{cases}$	$\begin{cases} x = 778{,}7 \\ \sigma = 331{,}9 \end{cases}$

Таким образом, математически доказано, что средняя наработка буксового узла с роликовыми подшипниками с креплением гайкой М110 и с наличием отступления при производстве среднего ремонта до момента разрушения составляет 778 суток (или 2,1 года) и описывается нормальным законом распределения.

Для повышения надежности работы буксовых узлов грузовых вагонов колесных пар с осями РУ-1, предлагаются следующие организационно-технические мероприятия:

– колесным парам типа РУ-1 производить только средний ремонт (без производства текущего ремонта). Межремонтный срок службы установить не более 2 лет с момента производства последнего среднего ремонта;

– регламентировать в конструкторской документации радиальный зазор в винтовой паре «гайка М110 – резьбовая часть шейки оси». Обеспечить подбор гаек М110 по номинальному зазору с применением индикатора часового типа;

– при производстве среднего ремонта коленным парам типа РУ-1 наносить обозначение «Г» (гайка) на смотровую крышку буксового узла;

– разработать алгоритм «поведения» буксового узла по данным аппаратуры КТСМ, обеспечивающего выявление букс в предотказном состоянии, на основе анализа следующих параметров: уровень нагрева буксы и скорость движения подвижного состава, количество и уровень «тревожных» показаний аппаратуры КТСМ за время следования вагона.

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

Т.В. Иванова, Д.Г. Налабордин, К.Г. Лучкин
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия
А.Ю. Белов
Служба вагонного хозяйства
Забайкальской дирекции инфраструктуры,
г. Чита, Россия

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСОВ В ЭЛЕМЕНТАХ ТРЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ МОДЕЛИ 18-9855

Увеличенный межремонтный пробег должен подтверждаться не только расчетами, но и опытом поднадзорной эксплуатации тележек. Одним из основных критериев, по которым может быть назначен пробег между плановыми видами ремонта, служит износ в парах трения

деталей тележки. В статье дан анализ прогноза износов в элементах трения тележки модели 18-9855

Ключевые слова: грузовой вагон, колесная пара, межремонтный пробег, трение, тележка вагона.

На базе Тихвинской промышленной площадки выпускаются грузовые вагоны нового поколения с повышенной осевой нагрузкой 25 тс. Сегодня на железных дорогах Российской Федерации эксплуатируется почти 60 тыс. вагонов производства АО «Тихвинский вагоностроительный завод» (ТВСЗ). Наиболее массовым сегментом являются полувагоны производства ТВСЗ, их на сети – более 46 тыс. ед.

Грузовые вагоны, выпускаемые АО «Тихвинский вагоностроительный завод» оборудуются тележками модели 18-9855 типа Barber S-2-R с осевой нагрузкой 25 тс. Данная тележка разработана с участием компании Standard Car Truck (США). Известно, что 75% вагонного парка США и более 90% парка Канады и Мексики оснащены тележками семейства Barber, доказавших свою эффективность в экстремальных климатических условиях и на длинных расстояниях. Основными отличительными особенностями тележек типа Barber является: низкая стоимость жизненного цикла, надежность и простота конструкции, уменьшение воздействия на путь, высокая степень унификации конструкции.

В свою очередь эксплуатационными преимуществами тележек типа Barber S-2-R являются: увеличение межремонтного пробега до 500 тыс. км., увеличение срока службы износостойких элементов до 1 млн. км., снижение стоимости жизненного цикла в 2 раза по сравнению с тележкой 18-100, снижение коэффициента вертикальной динамики порожнего вагона на 30% по сравнению с тележкой 18-100, коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельсов порожнего вагона выше до 30% по сравнению с тележкой 18-100.

Естественно что, увеличенный межремонтный пробег должен подтверждаться не только расчетами, но и опытом поднадзорной эксплуатации тележек. Одним из основных критериев, по которым может быть назначен пробег между плановыми видами ремонта, служит износ в парах трения деталей тележки. В условиях железных дорог США межремонтный пробег тележек-аналогов, определенный на основании этого критерия, составляет один миллион километров, о чем свидетельствует практика эксплуатации вагонов.

С февраля 2012 г. на сети российских железных дорог полувагоны ТВСЗ работают на полигоне Сибири и Дальнего Востока по программе подконтрольной эксплуатации. Главной целью подконтрольной эксплуатации тележек служит экспериментальное подтверждение в условиях

железных дорог колеи 1520 мм нормативных показателей износостойкости узлов тележки модели 18-9855. В ее рамках при непосредственном участии разработчика, изготовителя и собственника подвижного состава, а также представителей ОАО «РЖД» и профильных научных организаций проводятся периодические комиссионные осмотры с обмерами ходовых частей. В декабре 2017 г. и январе 2018 г. на базе эксплуатационного вагонного депо Чита Забайкальской дирекции инфраструктуры и АО «ТСЗ Титран-Экспресс» были проведены очередные плановые комиссионные осмотры подконтрольных полувагонов с пробегом более 600 тыс. км от постройки.

Результаты обмеров показали соответствие расчетных значений фактическим износом ходовых частей. При этом предельный износ основных трущихся деталей тележек может быть достигнут при пробеге вагона свыше 1,1–1,2 млн. км. Таких показателей долговечности работы тихвинских тележек и надежности вагона в эксплуатации удалось достичь благодаря применению износостойких элементов, изготовленных из высокопрочного чугуна ВЧ120 с изотермической закалкой, производство которых уже освоено на Тихвинской промышленной площадке.

По результатам комиссионных осмотров полувагонов ТВСЗ был накоплен массив данных измерений деталей и узлов тележек модели 18-9855 (табл. 1), который лег в основу для расчета интенсивности изнашивания и определения ресурса основных деталей тележки.

Учитывая, что интенсивность изнашивания, как правило, имеет линейный характер развития, то уравнения тренда строились на данной гипотезе. Методом наименьших квадратов были аппроксимированы эмпирические данные линейной функции вида:

$$y = ax + b.$$

Для определения коэффициентов и свободных членов линейной функции решалась система уравнений

$$\begin{cases} a_0 \sum\limits_{k=1}^{k=n} x_k + n a_m = \sum\limits_{k=1}^{k=n} y_k, \\ a_0 \sum\limits_{k=1}^{k=n} x_k^2 + a_m \sum\limits_{k=1}^{k=n} x_k = \sum\limits_{k=1}^{k=n} x_k y_k. \end{cases}$$

Ограничением для остановки расчета по прогнозированию износа рабочих поверхностей узлов и деталей тележек являлось достижение предельной величины износа, определенной конструкторской документацией (табл. 2).

Таблица 1

Максимальные величины износов (макс, мм) за периоды поднадзорной эксплуатации

Параметр	Пробег, тыс. км.		
	65	145	210
Износ подпятника по диаметру, мм	0,6	1,6	1,6
Износ подпятника по глубине, мм	0	0	0
Износ отверстия под шкворень, мм	0,1	0,9	1,0
Износ опорной поверхности колпака скользуна, мм	0,4	0,6	0,7
Суммарный износ опорных упоров буксовых проемов боковых рам в продольном направлении, мм	0,4	1,5	1,6
Суммарный износ фрикционных планок в рессорном проеме, мм	1,2	1,2	1,0
Износ фрикционного клина (изменение расстояния от метки на шаблоне до поверхности клина), мм	1,0	3,0	4,0
Износ износостойких планок клинового кармана (суммарно в кармане), мм	0,5	1,1	1,7
Износ рабочей поверхности вставки клинового кармана, мм	0,6	1,2	1,3
Износ упорной стенки клинового кармана, мм	0,7	1,0	0,7
Износ внутреннего упора клинового кармана, мм	0	0	0
Износ наружного упора клинового кармана, мм	0,2	1,5	1,5
Суммарный износ двух вертикальных поверхностей адаптера, мм	0,5	0,6	0,9
Износ опорной поверхности адаптера под боковую раму, мм	0,1	0,3	0,4

Таблица 2

Допустимые износы рабочих поверхностей деталей тележки модели 18-9855

Параметр	Допустимый износ, мм
Износ подпятника по диаметру, мм	9,0
Износ подпятника по глубине, мм	2,0
Износ отверстия под шкворень, мм	3,5
Износ опорной поверхности колпака скользуна, мм	3,0
Суммарный износ опорных упоров буксовых проемов боковых рам в продольном направлении, мм	3,0
Суммарный износ фрикционных планок в рессорном проеме, мм	5,5
Износ фрикционного клина (изменение расстояния от метки на шаблоне до поверхности клина), мм	9,0
Износ износостойких планок клинового кармана (суммарно в кармане), мм	6,0

Окончание табл. 2

Параметр	Допустимый износ, мм
Износ рабочей поверхности вставки клинового кармана, мм	2,5
Износ упорной стенки клинового кармана, мм	5,0
Износ внутреннего упора клинового кармана, мм	5,0
Износ наружного упора клинового кармана, мм	6,5
Суммарный износ двух вертикальных поверхностей адаптера, мм	6,0
Износ опорной поверхности адаптера под боковую раму, мм	2,5

Полученные в результате расчетов уравнения трендов, определяющие интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей и узлов тележки 18-9855, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Уравнения тренда, определяющие интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей и узлов тележки 18-9855

Параметр	Уравнение тренда
Износ подпятника по диаметру, мм	$y = 0{,}0082x + 0{,}0851$
Износ отверстия под шкворень, мм	$y = 0{,}005x - 0{,}0697$
Износ опорной поверхности колпака скользуна, мм	$y = 0{,}0032x + 0{,}0861$
Суммарный износ опорных упоров буксовых проемов боковых рам в продольном направлении, мм	$y = 0{,}008x - 0{,}0065$
Износ фрикционного клина (изменение расстояния от метки на шаблоне до поверхности клина), мм	$y = 0{,}02x - 0{,}0792$
Износ износостойких планок клинового кармана (суммарно в кармане), мм	$y = 0{,}008x - 0{,}017$
Износ рабочей поверхности вставки клинового кармана, мм	$y = 0{,}006x + 0{,}1076$
Износ наружного упора клинового кармана, мм	$y = 0{,}0083x - 0{,}07118$
Суммарный износ двух вертикальных поверхностей адаптера, мм	$y = 0{,}0039x + 0{,}0904$
Износ опорной поверхности адаптера под боковую раму, мм	$y = 0{,}002x - 0{,}0079$

Графическая модель ресурсов основных узлов и деталей тележки модели 18-9855 по достижению предельных износов представлена на рис. 1.

Рис. 1. Графическая модель ресурсов основных узлов и деталей тележки модели 18-9855 по достижению предельных износов

Из результатов расчетов видно, что элементы тележки имеют различную наработку до предельного износа:

– фрикционные клинья, вставка клинового кармана, опорные упоры буксовых проемов имеют минимальную (по сравнению с остальными элементами) наработку, варьирующуюся в диапазоне 350 … 450 тыс. км.

– вертикальные и опорные поверхности адаптера, подпятник по диаметру имеют максимальную наработку, варьирующуюся в диапазоне 1050 … 1500 тыс. км.

Библиографический список

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

2. 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

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

И.В. Ковригина, Е.А. Рожкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ВАГОНОВ

В работе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности движения поездов с точки зрения обеспечения качества ремонта вагонными предприятиями. Для реализации задач, направленных на повышение безопасности движения предлагается правильно организовать работу всех расположенных на сети железных дорог подразделений на основании внутреннего технического аудиты.

Ключевые слова: безопасность движения, буксовый узел, кузов.

Основной задачей вагонного хозяйства, как самостоятельного подразделения железнодорожного транспорта, является содержание вагонов в работоспособном и исправном состоянии. Основным подразделением вагонного хозяйства является вагонное депо, от успешной работы которого зависит состояние вагонного парка. Работа депо зависит от принятой организации труда, которая в свою очередь зависит от состояния производственных помещений, оборудования, оснастки, правильного построения технологических процессов, от состояния условий труда и т. п.

Одной из важных проблем железнодорожного подвижного состава в последние годы является проблема уменьшения износов поверхностей катания колес, гребней и головок рельсов. Износ колес и рельсов определяет срок их службы и тем самым влияет на экономические показатели железнодорожного транспорта.

Исходя из анализа карты рисков участков Вагоноремонтного депо структурного подразделения ВРК-2 по отцепкам в объеме ТР-2 за 2018 год (рис. 1), можно увидеть, что наибольшее влияние на безопасность движения и качество ремонта по вагонному ремонтному депо оказывает вагоносборочный участок и колесный участок.

Из анализа данных диграммы Исикавы [1] причин отцепок по неисправностям буксового узла (рис. 2), можно выявить основные причинно-следственные связи, которые влияют не только на безопасность движения, но и на качество ремонта в целом (рис. 3).

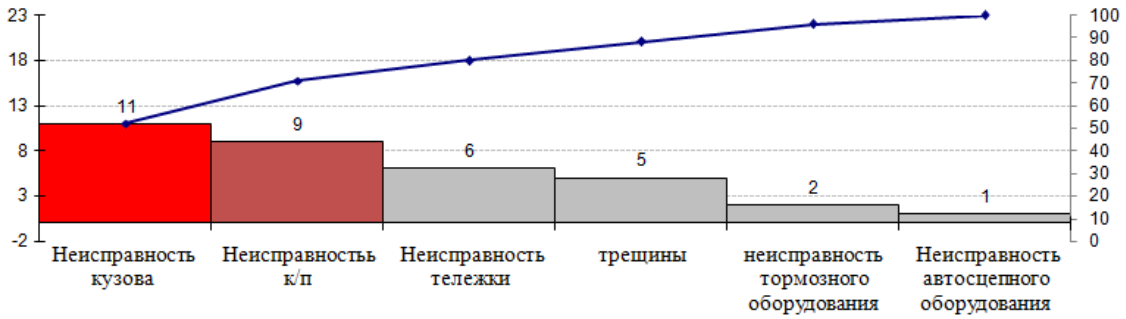


Рис. 1. Карта риска участков по отцепкам в ТР-2

Рис. 2. Диграммы Исикавы причин отцепок по неисправностям буксового узла

Рис. 3. Диаграмма причинно-следственных связей, влияющих на уровень безопасности движения и качества ремонта

На основании полученных данных, в ремонтных участках, сборочном и колесном, необходимо принять первоочередные меры корректирующего действия, провести внутренние технические аудиты по выявлению всей цепочки причин приводящим к нарушению безопасности движения и низкому качеству ремонта вагонов. Ниже, в табл. 1, на примере колесного участка приведен перечень корректирующих мер по колесно-роликовому участку.

Таблица 1

Корректирующие меры по колесно-роликовому участку

№ п/п	Наименование мероприятий	Сроки исполнения	Ответственный исполнитель
1	Для исключения случаев ослабления затяжки болтов, производить 100% проверку момента затяжки всех болтов динамометрическим ключом	постоянно	ВМ КРУ Бригадир КРУ
2	Обеспечить неснижаемый запас РТИ, внутренних колец всех категорий	постоянно	ВЧДРснаб
3	Обеспечить 100% контроль натяга внутренних колец прибором ПС-219	постоянно	ВМ КРУ Бригадир КРУ
4	Обеспечить 100% постоянный выходной контроль качества ремонта деталей буксового узла	постоянно	ВЧДРЗ ВМ КРУ

Окончание табл. 1

№ п/п	Наименование мероприятий	Сроки исполнения	Ответственный исполнитель
5	Обеспечить 100% визуальный осмотр с проверкой на растяжение полиамидных сепараторов КС-221.1	постоянно	ВЧДРЗ ВМНК
6	Обеспечить 100% зачистку задиров типа «елочка» на буртах колец подшипников и торцов роликов с применением шлифовальной бумаги № 6 с маслом.	постоянно	ВЧДРЗ ВМ КРУ
7	Не допускать нарушений технологии ремонта	постоянно	ВЧДРЗ ВЧДРГ ВПВ ВЧДРТ
8	Проводить собеседования с поверкой знаний и навыком работы на рабочих местах	постоянно	ВЧДРГ ВЧДРТ ВПВ

Библиографический список

1. Бондарук А.М. Автоматизированные системы управления качеством в технологических процессах / А.М. Бондарук, С.С. Гоц. М. , Уфа : Монография, 2016. 144 с.

2. Правила содержания грузовых вагонов при системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов с учетом фактически выполненного объема работ, (с изм., утв. на 60-м, 63-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества).

С.В. Кучеров, С.А. Христосенков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Р.В. Мурзин
Всероссийский научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта,
г. Москва, Россия

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Статья о конструкции альтернативного оборудования взамен ИШ-95 с расширенным функционалом.

Ключевые слова: шунт, тяговый электродвигатель, ослабление поля, защита, аварийные режимы, электровозы.

В Забайкальском институте железнодорожного транспорта разработан эквивалент индуктивного шунта электровоза – ИШ-95. Имеется патент и конструкторская документация, утвержденная ПКБ-ЦТ, с учтенными замечаниями ВНИИЖТ.

Предлагаемый шунт имеет следующие преимущества:

1. Обладает собственной защитой от аварийных режимов тяговых электродвигателей в режиме ослабления поля.

2. Содержит на порядок меньше цветных металлов, чем ИШ-95.

3. В отличие от других аналогов наш шунт может обслуживаться депо в штатном порядке без переучивания ремонтного персонала.

Импульсно-резистивный шунт ИРШ-К4 выполняет функции по уменьшению бросков тока и облегчению условий коммутации тяговых двигателей при неустановившихся процессах в контактной сети (колебание напряжения в контактной сети или его восстановление после кратковременного снятия). Представляет собой резистор с нелинейным элементом и токовое реле с блоком управления, работающим в импульсном режиме.

Машинисту электровоза необходимо руководствоваться общими рекомендациями по применению ослабления возбуждения: ослабление возбуждения позволяет увеличить скорость движения электровоза при достижении максимально возможного напряжения на тяговых двигателях, при этом увеличивается и сила тяги электровоза, а к.п.д. тягового двигателя остается практически неизменным. Рекомендуется применять первую ступень ослабления поля ОП1 при скорости электровоза не менее 52 км/ч, вторую ступень ОП2 – не менее 55 км/ч и третью ОП3 – не менее 60 км/ч.

При переводе реверсивной рукоятки контроллера машиниста из положения ПП в положение ОП1 на пульте машиниста загорается лампа Л1, что сигнализирует о нормальной работе системы ослабления поля. В случае возрастания тока, проходящего через резисторы ослабления возбуждения R1 – R4 до величины уставки 530±20 А токовых реле РПш1 – РПш4, блок управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4 разбирает схему первой ступени ослабления возбуждения. При этом гаснет лампа Л1 на пульте машиниста. Для возобновления работы ослабления возбуждения машинисту необходимо перевести реверсивную рукоятку в положение ПП, и с последующей выдержкой времени 3 – 5 сек (для отключения реле времени блока управления ИРШ-К4) перевести реверсивную рукоятку контроллера в положение ОП1. Загорание лампы Л1 сигнализирует о нормальной работе первой ступени ослабления возбуждения.

Для применения второй ступени ослабления возбуждения машинист переводит реверсивную рукоятку в положение ОП2. При переходе с ОП1 на ОП2 на пульте машиниста продолжает гореть лампа Л1, сигнализирующая о нормальной работе второй ступени ослабления возбуждения.

В случае возрастания тока, проходящего через резисторы ослабления возбуждения R1 – R4 до величины уставки 530±20 А токовых реле РПш1 – РПш4, система управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4 разбирает схему ослабления возбуждения, т.е. производит отключение питания контакторов первой ступени, а следовательно отключается и вторая ступень ослабления возбуждения. При этом гаснет лампа Л1 на пульте машиниста, сигнализирующая о полном отключении системы ослабления возбуждения. Для возобновления работы ослабления возбуждения машинисту необходимо перевести реверсивную рукоятку в положение ПП и с последующей выдержкой времени 3 – 5 сек перевести реверсивную рукоятку контроллера в положение ОП1, а затем в ОП2. Горение лампы Л1 сигнализирует о нормальной работе второй ступени ослабления возбуждения.

Переместив реверсивную рукоятку в положение ОП3, включается третья ступень ослабления возбуждения. На пульте продолжает гореть лампа Л1 и загорается лампа Л2. В случае возрастания тока, проходящего по цепи ослабления возбуждения до величины уставки 530±20 А токовых реле РПш1 – РПш4, блок управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4 разбирает схему третьей ступени ослабления возбуждения. При этом гаснет лампа Л2 на пульте машиниста, что сигнализирует машинисту об отключении ОП3. При этом тяговые двигатели электровоза продолжают работу на второй ступени ослабления возбуждения. Для возобновления работы третьей ступени ослабления возбуждения, машинисту необходимо вернуть реверсивную рукоятку из положения ОП3 в положение ОП2, с последующей выдержкой времени 3-5 сек перевести рукоятку контроллера в положение в ОП3. Если после отключения ОП3, ток в силовой цепи ослабления возбуждения не снизится ниже 530±20 А или произойдет повторное возрастание тока на ОП2, система управления импульсно-резистивного шунта полностью разбирает схему ослабления возбуждения, о чем будет свидетельствовать отключение лампы Л1.

Таким образом, правильность работы системы ослабления возбуждения машинист электровоза контролирует по лампам Л1 и Л2: горящая лампа Л1 сигнализирует об исправной работе ОП1 и ОП2, Л2 об исправной работе ОП3; отключение лампы Л2 сигнализирует о блокировании ступени ОП3; отключение обеих ламп – об отключении ослабления поля и переходе системы в режим ПП.

Силовая часть импульсно-резистивного шунта ИРШ1 – ИРШ4 вводится в силовую схему электровоза ВЛ80Р(С,Т) на место стандартных индуктивных шунтов ИШ1 – ИШ4 в проводах В83 – В87, В84 – В88, В113 – В117 и В114 – В118. Силовая часть импульсно-резистивных шунтов ИРШ1 – ИРШ4 приведена на рис. 1 и представляет собой последовательно соединенные через провода Вш1– Вш8: токовые реле РПш1 – РПш4, типа РТ-465; диоды Дш1 – Дш4, типа ДЛ153-1250; резисторы Rш1 – Rш4.

Электрическое сопротивление резисторов Rш1 – Rш4 эквивалентно сопротивлению стандартных индуктивных шунтов ИШ1 – ИШ4 при температуре +20°С и составляет 0,004±0,0002 Ом. Токовые реле РПш1 – РПш4 отрегулированы на ток уставки 530±20 А и выполняют основную защитную функцию по исключению бросков тока и облегчения условий коммутации тяговых двигателей при неустановившихся процессах в контактной сети на всех трех ступенях ослабления возбуждения, производя своими блокировочными контактами переключения в схеме управления импульсно-резистивного шунта и автоматически отключая режим ослабления возбуждения при превышении тока. Диоды Дш1 – Дш4 являются нелинейными элементами, ограничивающие скорость нарастания тока в цепи шунта.

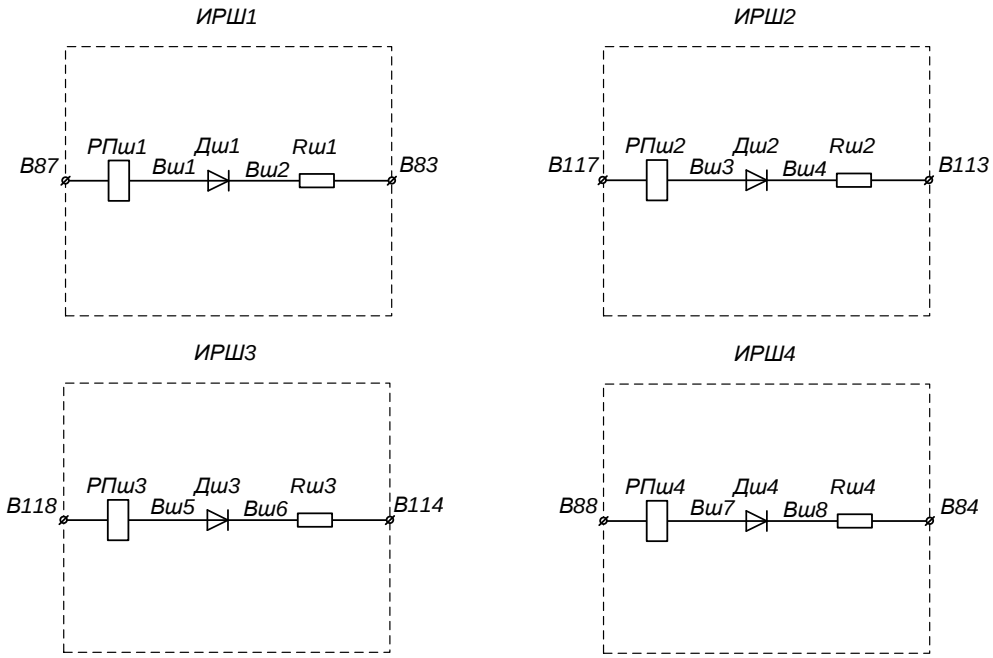


Рис. 1. Силовая часть импульсно-резистивных шунтов ИРШ1 – ИРШ4

Примечание. На электровозе ВЛ80С(Т) диоды Дш1 – Дш4 имеют обратную полярность.

Существует четыре режима работы импульсно-резистивного шунта для защиты тяговых двигателей электровоза при ослаблении возбуждения:

а) Режим нормальной работы первой и второй ступеней ослабления возбуждения тяговых двигателей в ОП1 и ОП2, когда ток, протекающий через резисторы ослабления возбуждения R1 – R4 по выводам Р3 – Р1 (Р3 – Р2), не превышает ток уставки токовых реле РПш1 – РПш4.

б) Режим нормальной работы третьей ступени ослабления возбуждения ОП3, когда ток, протекающий только через резисторы Rш1 – Rш4, не превышает ток уставки токовых реле РПш1 – РПш4.

в) Режим полного отключения ослабления возбуждения первой или второй ступени, когда превышен ток уставки токовых реле РПш1 – РПш4.

г) Режим отключения ослабления возбуждения третьей ступени с переходом на вторую ступень, когда превышен ток уставки токовых реле РПш1 – РПш4.

Силовая часть монтируется на текстолитовом основании с точками крепления, совпадающими для стандартных индуктивных шунтов ИШ1 – ИШ4 на штатном месте их установки.

Схема управления импульсно-резистивными шунтами ИРШ1 – ИРШ4 представлена на рис. 2 и включает в себя: реле времени Рш1, Рш2, Рш3 типа РЭВ-294 с регулировкой выдержки времени при размыкании 2 – 3 сек; диоды Д1 и Д2 типа В-10, смонтированные на текстолитовом основании схемы управления; лампы Л1 и Л2 типа Ж-54-25, установленные на пульте машиниста.

При переводе реверсивной рукоятки контроллера машиниста в положение ОП1 замыкаются контакты 37, 38 контроллера машиниста, и от провода Н01 по проводу Э4 получают питание катушки вентилей электропневматических контакторов 71, 72 стандартной схемы электровоза через замкнутый блокировочный контакт Рш1.1 блока управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4. Одновременно с контакторами 71, 72 включаются контакторы 65, 66, имеющие общую пневматическую схему, и в силовой схеме, часть тока обмотки возбуждения начинает проходить через резисторы ослабления возбуждения R1 – R4 по пути В97 (В98, В107, В108) – Р3 – Р1 – В89 (В90, В119, В120) – 65 (66, 71, 72) – В87 (В88, В117, В118) – ИРШ1 (ИРШ2, ИРШ3, ИРШ4) – В83 (В84, В113, В114) образуя первую ступень ослабления возбуждения. Одновременно в схеме управления импульсно-резистивного шунта по проводу Э4 и ш1 через тот же замкнутый блокировочный контакт Рш1.1 запитывается лампа Л1 на пульте машиниста, сигнализирующая о включении и нормальной работе первой ступени ослабления поля.

При переводе реверсивной рукоятки контроллера в положение ОП2, замыкаются контакты контроллера 39, 40, и от провода Н01 по проводу Э5 получают питание катушки вентилей электропневматических контакторов 73, 74 стандартной схемы электровоза через замкнутый блокировочный контакт Рш1.1 блока управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4. Одновременно с контакторами 73, 74 включаются контакторы 67, 68, имеющие общую пневматическую схему. Катушки 71, 72 остаются под питанием. В силовой схеме организуется вторая ступень ослабления возбуждения, при этом ток проходит по пути: В97 (В98, В107, В108) – Р3 – Р2 – В91 (В92, В121, В122) – 67 (68, 73, 74) – В89(В90, В119, В120) – 65 (66, 71, 72) – В87 (В88, В117, В118) – ИРШ1 (ИРШ2, ИРШ3, ИРШ4) – В83 (В84, В113, В114). В схеме управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4 при включении второй ступени ослабления возбуждения изменений не происходит.

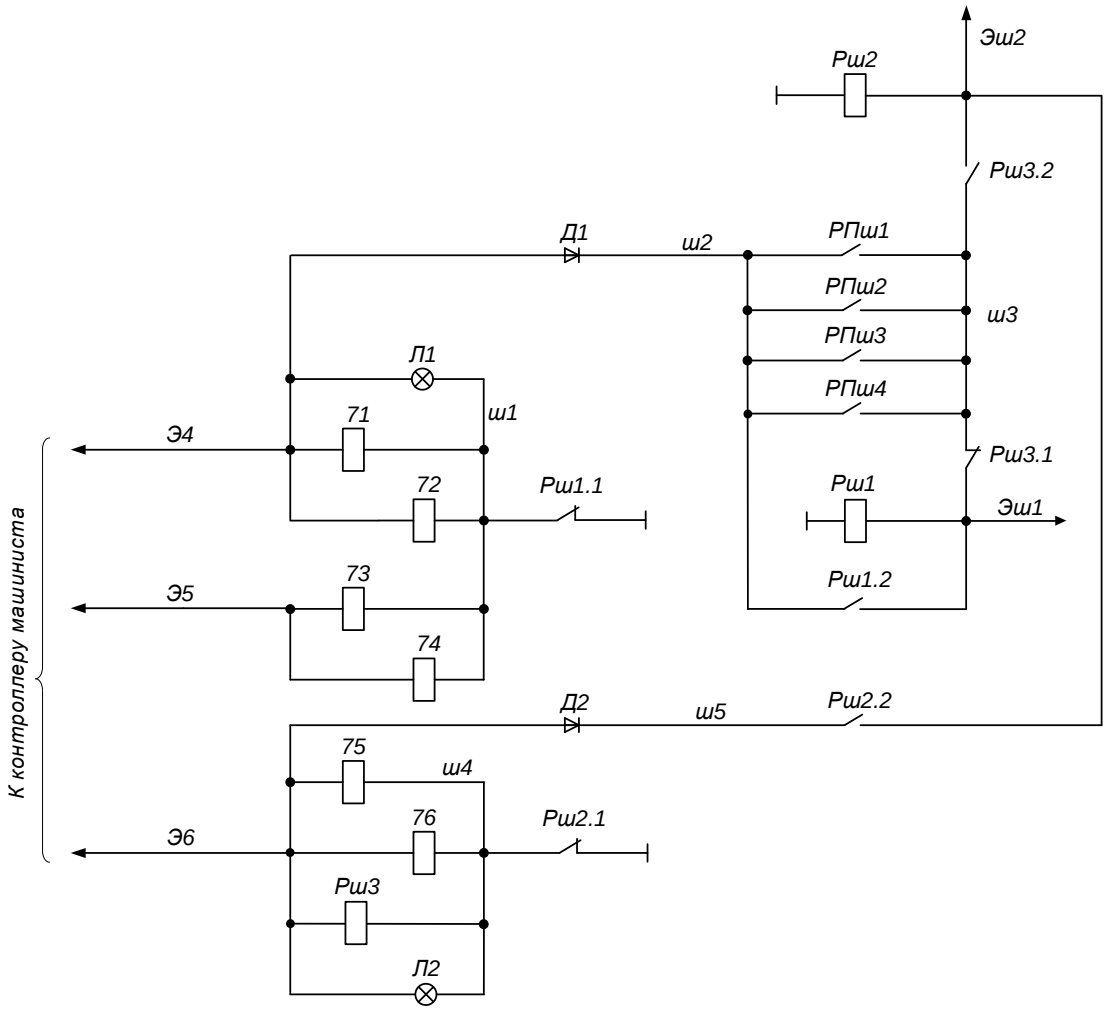


Рис. 2. Схема управления импульсно-резистивными шунтами ИРШ1 – ИРШ4

При переводе реверсивной рукоятки контроллера в положение ОП3 под питанием остаются те же реле, что и при ОП1 и ОП2. Кроме того замыкаются контакты 41, 42 контроллера машиниста, и по проводу Э6 запитываются катушки вентилей электропневматических контакторов 75, 76 штатной схемы, по проводу ш4 и замкнутый блокировочный контакт Рш2.1. Одновременно с контакторами 75, 76 включаются контакторы 69, 70, имеющие общую пневматическую схему, и в силовой схеме резисторы R1 – R4 полностью выводятся контакторами 69, 70, 75, 76, обмотки возбуждения шунтируются только резисторами Rш1 – Rш4 силовой части ИРШ1 – ИРШ4. Ток в силовой схеме электровоза при применении ОП3 проходит по пути В97 (В98, В107, В108) – 69(70, 75, 76) – В89(В90, В119, В120) – 65 (66, 71, 72) – В87 (В88, В117, В118) – ИРШ1 (ИРШ2, ИРШ3, ИРШ4) – В83 (В84, В113, В114). Одновременно с этим, по проводу Э6, затем ш4 и замкнутый блокировочный контакт Рш2.1 запитывается реле Рш3, которое разрывает свой блокировочный контакт Рш3.1 в цепи питания катушки реле Рш1 в проводах ш3, Эш1. Вместе с реле Рш3 от провода Э6 через замкнутый блокировочный контакт Рш2.1 получает питание лампа Л2.

В случае применения первой или второй ступеней ослабления возбуждения обмотки тяговых двигателей, когда ток, протекающий по цепи ослабления возбуждения, превысит ток уставки 530±20 А одного из реле РПш1 – РПш4 на первой и второй ступенях ослабления возбуждения, соответствующее токовое реле сработает. Замкнувшиеся контакты РПш1 – РПш4 в проводах ш2, ш3, создадут цепь питания реле Рш1. При включении реле Рш1 разорвется его блокировочный контакт Рш1.1 в цепи питания электропневматических контакторов 71 - 74 штатной схемы электровоза, тем самым отключив контакторы ослабления возбуждения первой и второй ступени. Кроме того, реле Рш1 встает на самоподпитку от провода Э4, замкнув свой блокировочный контакт Рш1.2 в проводе Эш1, тем самым не допуская самопроизвольного включения первой и второй ступеней ослабления возбуждения. Одновременно при размыкании блокировочного контакта Рш1.1 теряет питание лампа Л1. Повторное включение первой, а затем и второй ступеней ослабления поля возможно при переключении реверсивной рукоятки в положение ПП с выдержкой времени 3 – 5 сек, необходимой для отключения реле Рш1, с последующим переключением на ОП1, а затем и ОП2.

В случае применения третьей ступени ослабления возбуждения тяговых двигателей, когда ток, протекающий по цепи ослабления возбуждения, превысит ток уставки 530±20 А одного из реле РПш1 – РПш4, соответствующее токовое реле сработает. Замкнувшиеся его контакты РПш1 – РПш4 в проводах ш2, ш3, создадут цепь питания реле Рш2 по

цепи ш2, РПш(1 – 4), ш3, Рш3.2. Включившись, реле Рш2 разорвет свой блокировочный контакт Рш2.1 в цепи электропневматических контакторов 75, 76 в проводе ш4, а также питания лампы Л2, тем самым отключив контакторы ослабления возбуждения третьей ступени. При этом в работе останется вторая ступень ОП2. Кроме того, реле Рш2 встает на самоподпитку от провода Э6, замкнув свой блокировочный контакт Рш2.2 в проводе ш5, тем самым не допуская самопроизвольного включения третьей ступени ослабления возбуждения. Одновременно с отключением контакторов 75, 76, теряет питание реле Рш3, и с выдержкой времени 2 – 3 сек замыкает свой блокировочный контакт Рш3.1 в проводе ш3, тем самым подготавливает цепь питания на катушку реле Рш1. Для возобновления работы третьей ступени ослабления возбуждения, машинисту необходимо вернуть реверсивную рукоятку из положения ОП3 в положение ОП2 с выдержкой времени 3 – 5 сек, необходимой для отключения реле Рш2, с последующим переключением на ОП3. Если после отключения ОП3, ток в силовой цепи ослабления возбуждения не снизится ниже 530±20 А или произойдет повторное возрастание тока на ОП2, т.е. контакты токового реле РПш1 – РПш4 замкнутся, получит питание реле Рш1 по цепи Э4 – Д1 – ш2 – РПш(1 – 4) – Рш3.1, которое отключает контакторы 71 - 74 первой и второй ступеней ослабления возбуждения, путем разрыва блокировочного контакта Рш1.1 цепи их питания. Возобновить работу ослабления возбуждения возможно при переключении реверсивной рукоятки в положение ПП, с последующей выдержкой времени 3 – сек, и затем переключением на ОП1, ОП2 и ОП3.

Диоды Д1, Д2 в схеме управления импульсно-резистивного шунта ИРШ-К4 необходимы для исключения создания паразитных цепей между распределительными щитами РЩ смежных секций.

Провода Эш1 и Эш2 необходимы для синхронизации работы схемы управления импульсно-резистивным шунтом ИРШ-К4 всех секций.

Предложенная система замещения может быть использована на электровозах ЭП и 3ЭС5К (2ЭС5К) без изменений или частично – то есть только силовой модуль.

На представленную разработку имеется патент РФ. Система прошла проверку на кольце ВНИИЖТ. По результатам испытаний была скорректирована и усовершенствована (по внесенным изменения имеется положительный ответ ВНИИЖТ).

А.В. Ларченко, А.Д. Чуйко, Е.П. Полукеев
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ФУНКЦИИ ГЕОМЕТРИИ КОЛЛЕКТОРНОГО «ПЕТУШКА» ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Проведён анализ конструкции тягового электродвигателя пульсирующего тока, предложена модель для неисправного тягового электродвигателя с дефектом некачественной пайки «петушков» и якорной обмотки. Выявлены недостатки существующей системы расчета использующею теорию нагревания однородного твёрдого тела. Определен вид неравномерного распределения температуры по длине петушка характеризующейся нелинейной зависимостью из-за наличия дифференциальных уравнений описывающих тепловой процесс распределения температуры по геометрии коллекторного «петушка».

Ключевые слова: коллектор, функция, кривая нагревания, тяговый электродвигатель.

Большой вклад в развитие теории теплового состояния электродвигателей внесли следующие ученые: И.П. Исаев, М.Д. Глущенко, О.Д. Гольдберг, А.Е. Алексеев, Г. Готтер, Е.Ю. Логинова, Н.А. Ротанов, И.П. Копылов, М.Д. Находкин, А.С. Космодамианский, В.Д. Авилов, Ш.К. Исмаилов, В.П. Смирнов, М.П. Костенко и др.

На рис. 1 показана коллекторная пластина тягового электродвигателя, где 1 – «петушок» , 2 – коллекторная пластина в сборе. Место, обозначенное штрихпунктирной линией, 3 – место пайки «петушка» и коллекторной пластины.

При некачественной пайке происходит увеличение переходного сопротивления в месте соединения и происходит значительный нагрев, описываемый законом Джоуля – Ленца[1] (*электрическая мощность расходуется на нагрев.* Q *– количество теплоты мера энергии тела, Дж*):

$$Q = I^2 R \, d \, T, \qquad (1.1)$$

где I – сила тока в проводнике, А;

R – переходное сопротивление, характеризующая (плохой, хороший) контакт, Ом.

d T – промежуток времени в течении которого происходит нагрев, с.

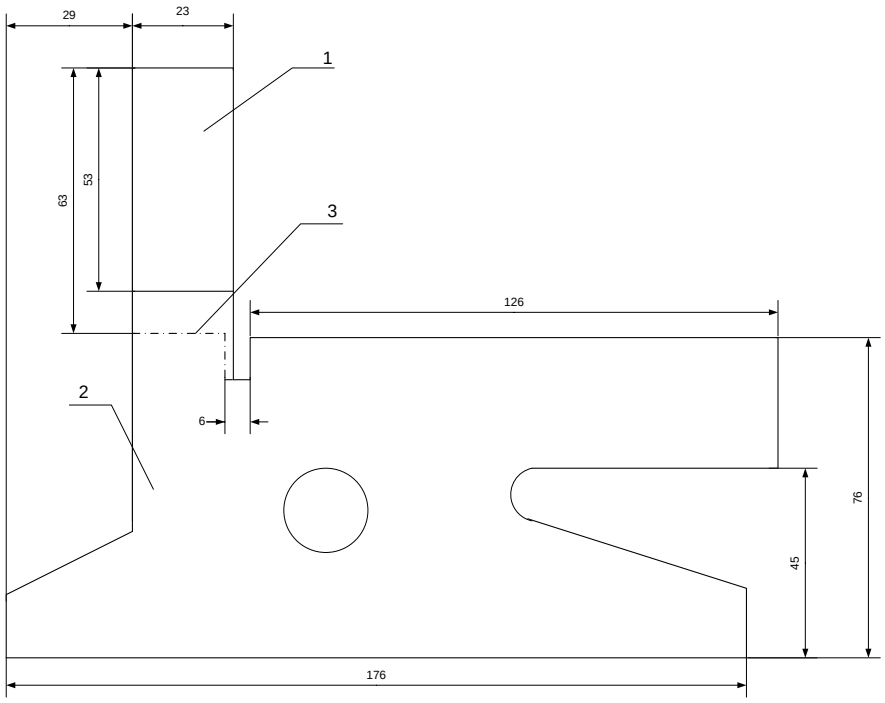
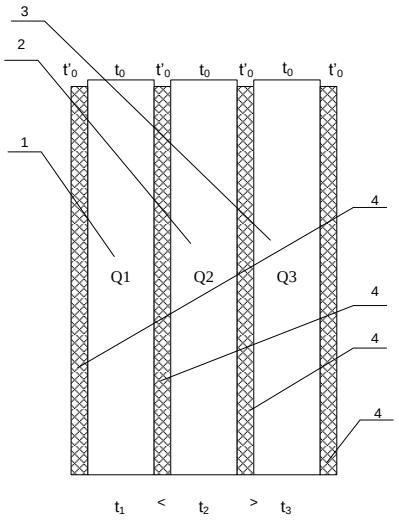


Рис. 1. Коллекторная пластина и «петушок» в сборе

Модель нагрева коллекторной пластины с некачественной пайкой в пластине 2 (представлена на рис. 2).



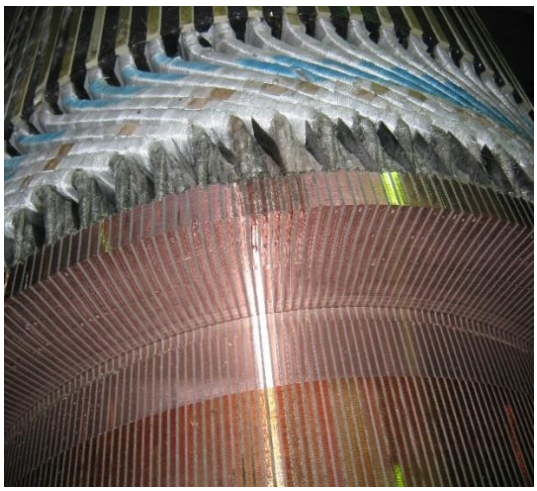


Рис. 2. Коллекторные пластины вид сверху

Обозначения, принятые на рис. 2: 1, 3 – коллекторные пластины с качественной пайкой, 2 – коллекторная пластина с некачественной пайкой (зона нагрева), 4 – миканит. В начальный момент времени $T_0 = 0$ с температура коллекторной пластины – 1, 2 и 3 равна начальной комнат-

ной температуре $t_0 = 20\ ^oC$. Согласно формулы (1.1) количество тепло в пластине прямо пропорционально квадрату тока и переходному сопротивлению R в месте контакта коллекторной пластины и обмотки тягового электродвигателя. Так как в пластине 2 имеется плохой контакт, следовательно, справедливо следующее неравенство:

$$\begin{cases} Q1 < Q2 > Q3 \\ t_1 < t_2 > t_3 \\ \text{при } T \neq 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

где Q1, Q2, Q3 – количество теплоты первой, второй и третьей коллекторной пластины соответственно, ДЖ;

t_1, t_1 , t_1 – температура первой, второй и третьей коллекторной пластины соответственно, С;

T – время нагрева с.

Стандартная методика теории нагревания однородного тела по функции времени, используемая для построения функциональной зависимости температуры от функции времени, имеет недостатки.

1) Не учитывается геометрия коллекторного «петушка» на функциональной зависимости при построении теплограммы коллектора.

2) Не имеет связи с задачей, связанной с методом конечных элементов [2, 4], дающих полноту информации по нагреву с учетом геометрии коллекторного «петушка».

3) Производиться расчет средней температуры всего коллектора не дающей информативного показателя характеризующей качество паяных соединений каждой коллекторной пластины в отдельности.

Внешний вид кривой нагревания, определенный из теории нагревания однородного твёрдого тела [3] представлен на рис. 3.

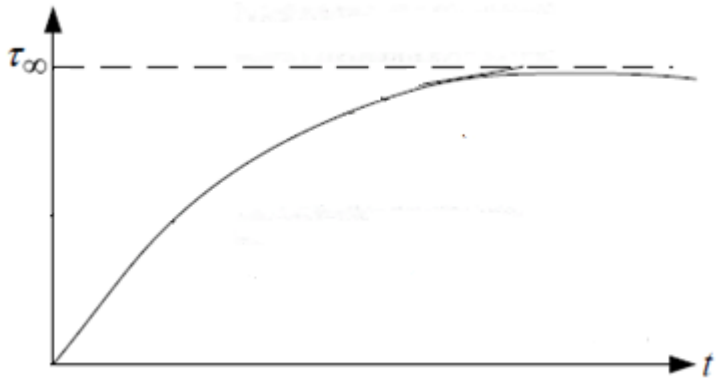


Рис. 3. Кривая нагревания коллекторного «петушка» от функции времени t

Предполагаемый вид зависимости температуры от геометрии представлен рис. 4, где N – условно выбранное количество точек по длине «петушка» (рис. 5). Тип кривой нагревания может быть определен как теоретически путем моделирования с применением метода конечных элементов, так и эмпирически путем снятия теплограммы тепловизором с возможностью построения функциональной зависимости температуры от количества точек расположенных на поверхности коллекторного «петушка» по его длине (массив эмпирических данных).

На рис. 5 представлена часть коллектора ТЭД с направлением линии N по длине «петушка». По длине «петушка» выбирается количество точек не менее 25 и строится функция температуры от геометрии для каждой выбранной точки (зависимость температуры τ от геометрии N).

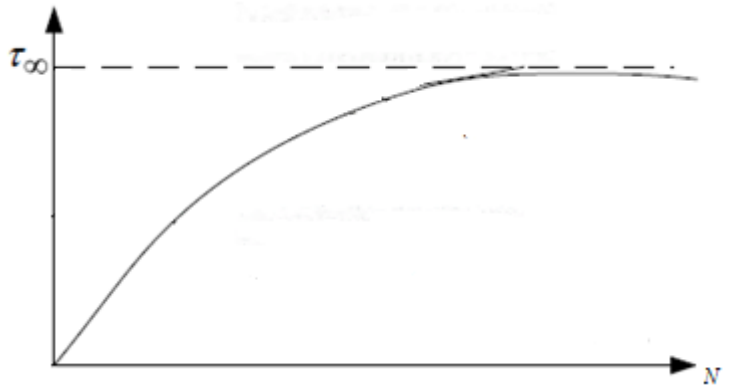


Рис. 4. Предполагаемый гипотетический вид кривой нагревания коллекторного «петушка» от геометрии N (по его длине)

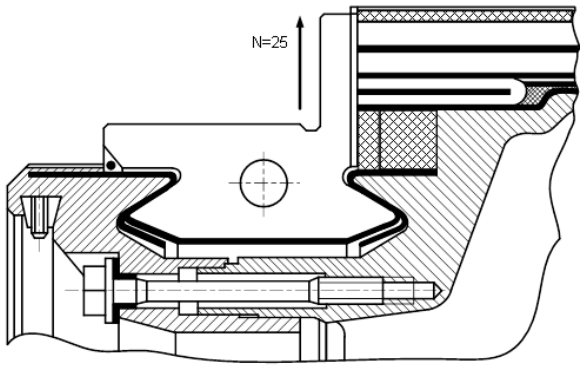


Рис. 5. Направление линии по длине «петушка» для учета геометрии функциональной зависимости кривой нагревания коллекторного «петушка»

Неравномерность распределения температуры по геометрии коллекторного «петушка» объясняется, тем, что коллектор тягового электродвигателя имеет меньшую температуру, чем коллекторный «петушок» в связи с большей площадью теплоотдающей поверхности коллектора, чем сама площадь «петушка» ТЭД.

Следовательно, функциональная зависимость температуры коллекторного петушка должна иметь вид не равномерного распределения по его длине, что не противоречит гипотезе, представленной рис. 4.

Библиографический список

1. Захарченко Д.Д., Ротанов Н.А. Тяговые электрические машины : учеб. для вузов ж.-д. транспорта. М. : Транспорт, 1991. 343 с.

2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М. : Мир, 1975, 541 с.

3. Тихонов Ф.В. Разработка методов выбора параметров асинхронного тягового двигателя с учетом теплового состояния обмоток : автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. М., 2008. 23 с.

4. Расчет теплового поля коллектора в программной среде Elcut 5.6 / А.Д. Чуйко // Инновации и современные технологии экономике и транспорте : межвузовский сборник научных трудов. Чита : ЗабИЖТ, 2013

В.Г. Маслюков,
Дирекции тяги Забайкальской железной дороги,
г. Чита, Россия
А.Ф. Голиков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОЖДЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССЫ И ДЛИНЫ С РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ ПО ДЛИНЕ ЛОКОМОТИВА ГРУЗОВОГО ДВИЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНАЯ СЦЕПКА» НА УЧАСТКЕ КАРЫМСКАЯ – ХАБАРОВСК

В статье рассмотрен принцип работы интеллектуальной системы автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины с распределёнными по длине локомотивами грузового движения (ИСАВП-РТ-М) «Виртуальная сцепка».

Ключевые слова: поезд, технология, график движения поездов, локомотив, перевозка.

Во исполнение указаний руководства ОАО «РЖД» по реализации технологии интервального регулирования на сети железных дорог с целью усовершенствования графика движения поездов на Забайкальской железной дороге разработан план внедрения технологии интервального регулирования движения поездов.

В план включена Интеллектуальная система автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины с распределёнными по длине локомотивами грузового движения (ИСАВП-РТ-М) «Виртуальная сцепка» на участке Карымская – Хабаровск.

Технология представляет собой управление локомотивом «Ведомого» поезда в режиме автоведения с учётом 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 счёт сокращения межпоездных интервалов. НИИАСом заявляется возможность сокращения интервалов до 4-х минут.

Проведена подготовка к проведению испытаний:

- График движения поездов;
- Подбор и подготовка локомотивов;
- Подготовка и инструктаж локомотивных бригад;
- Порядок формирования поездов – формирование чётного поезда производится на станции Карымская (постановка локомотива в голове каждого состава: «Ведущий» поезд – Локомотив + состав грузового поезда; «Ведомый» поезд – Локомотив + состав грузового поезда + служебный вагон);
- Обеспечение тяговыми ресурсами и локомотивными бригадами на участке Карымская – Хабаровск.

Для грузопотоков направлений Восток-Запад железнодорожные перевозки являются единственной разумной экономической альтернативой морским. Для расширения магистральной железнодорожной инфраструктуры реализуются масштабные планы модернизации Байкало-Амурской и Транссибирской магистрали.

Повышение пропускной способности данных участков позволит регионам нашей страны увеличить экспорт зерна и угля в направлении портов пограничных переходов Дальнего Востока, а также будет способствовать реализации транзитного потенциала всего транспортного коридора между Европой и странами Азиатско – Тихоокеанского региона.

Помимо модернизации и капитального строительства железнодорожной инфраструктуры, значительный вклад в увеличение пропускных

способностей высокозагруженных участков железнодорожной сети способны оказать современные технологии интервального регулирования

Основными технологиями, разрабатываемыми сегодня, являются:

- Технология «виртуальной сцепки» грузовых поездов;
- Доработка устройств безопасности КЛУБ-У и БЛОК с учётом использования алгоритмов САУТ для повышения скорости на жёлтый сигнал светофора;
- Автоблокировка с подвижным блок-участком без проходных светофоров на перегоне (с использованием сигналов АЛС-ЕН);
- Технология интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками с применением цифрового радиоканала передачи данных.

В данной статье будет рассмотрена «виртуальная сцепка», как самая перспективная технология на сегодняшний день, способная увеличить пропускные способности высоконагруженных участков Забайкальской и Дальневосточной дорог за счёт сокращения межпоездных интервалов.

Представлены следующие схемы сформированных составов:

Виртуальная сцепка поездов на основе аппаратуры ИСАВПРТ

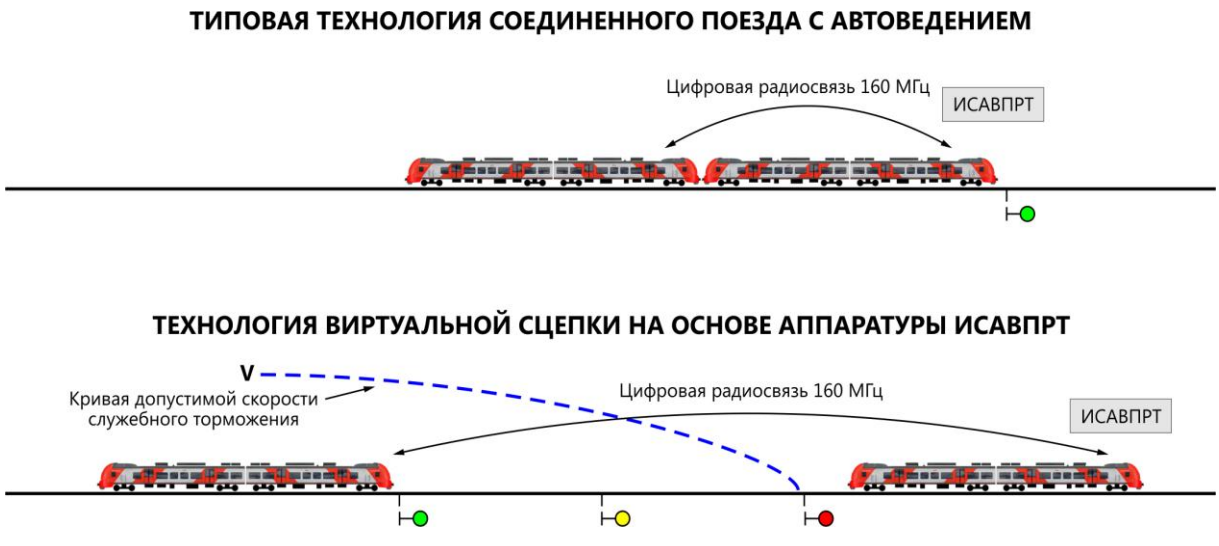
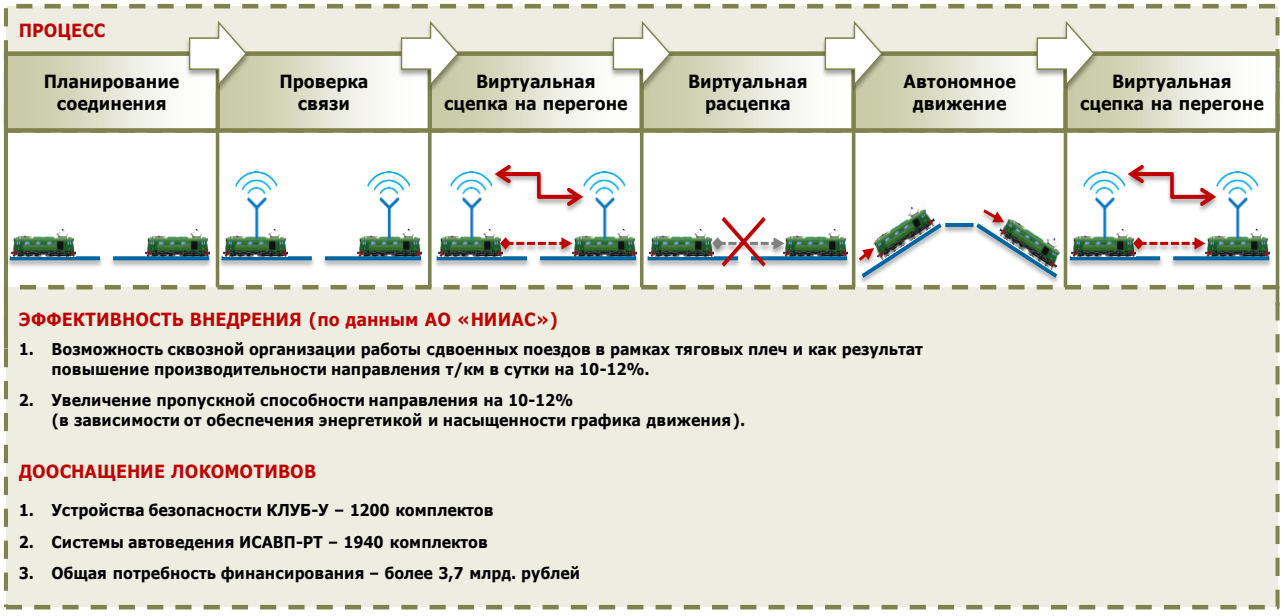


Схема сквозного пропуска сдвоенных поездов на базе виртуальной сцепки



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ (по данным АО «НИИАС»)

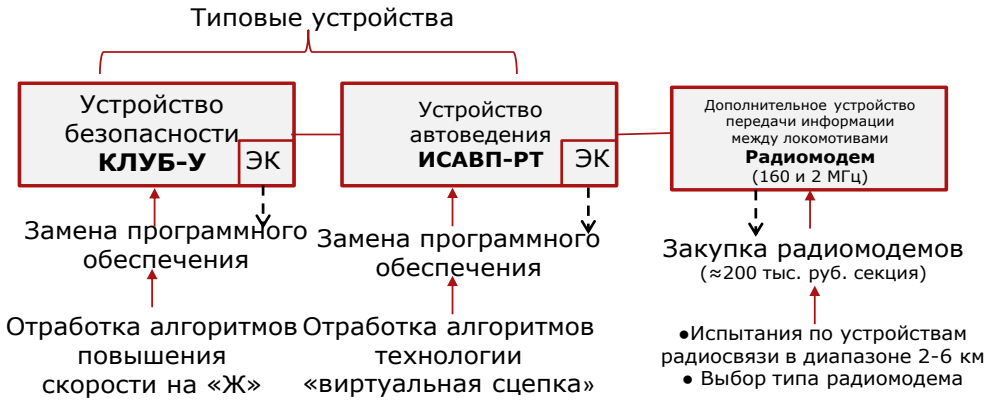
1. Возможность сквозной организации работы сдвоенных поездов в рамках тяговых плеч и как результат повышение производительности направления т/км в сутки на 10-12%.
2. Увеличение пропускной способности направления на 10-12% (в зависимости от обеспечения энергетикой и насыщенности графика движения).

ДООСНАЩЕНИЕ ЛОКОМОТИВОВ

1. Устройства безопасности КЛУБ-У – 1200 комплектов
2. Системы автоведения ИСАВП-РТ – 1940 комплектов
3. Общая потребность финансирования – более 3,7 млрд. рублей

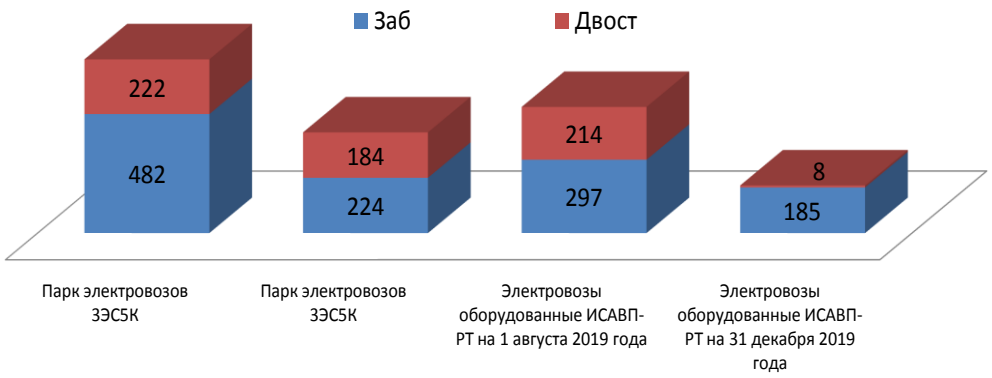
3

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОСНАЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ ДЛЯ РЕЖИМА «ВИРТУАЛЬНОЙ СЦЕПКИ»



4 | Обновление парка локомотивов и их модернизация для организации интервального регулирования

ОСНАЩЕННОСТЬ ЛОКОМОТИВОВ УСТРОЙСТВАМИ ИСАВП-РТ



Парк электровозов ЗЭС5К	Заб	Двост	Всего
	482	222	704
Электровозы оборудованные ИСАВП-РТ на 1 августа 2019 года	224	184	408
Электровозы оборудованные ИСАВП-РТ на 31 декабря 2019 года	297	214	511
Электровозы не оборудованные системой ИСАВП-РТ на 31 декабря 2019 года	185	8	193

5 | Обновление парка локомотивов и их модернизация для организации интервального регулирования

ФАКТОРЫ ЛОКОМОТИВНОГО КОМПЛЕКСА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРВАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Необходимость оснащения локомотивов системами ИСАВП-РТ	**411 млн. рублей**
Недостаточное время подготовки машиниста для отправления с 4-минутными интервалами	**50 сек.**
Увеличение расхода топливно-энергетических ресурсов для обеспечения достаточной динамики поезда	**+ 1 %**
Сокращение межпоездных интервалов затруднит технологию подталкивания	**+ 78 лок.**
Необходимость повышения надежности локомотивов, мониторинг предотказного состояния	**Кгэ 0,95 Квг 0,98**

6 | Обновление парка локомотивов и их модернизация для организации интервального регулирования

Результаты испытаний

Виды проверок при проведении испытаний.

При следовании ВСЦ поездов, руководителем испытаний, технологами АО «НИИАС» и ООО «АВП Технология» регистрируется:

- выполнение регламента переговоров между машинистами ведуще-

го и ведомого поездов, ДСП и ДНЦ;

- порядок проследования желтого показания проходных светофоров со скоростью обеспечивающей безопасность движения поездов;
- устойчивость работы каналов связи;
- работоспособность нового ПО системы ИСАВП-РТ-М в различных режимах (тяга, выбег, электрическое и пневматическое торможение);
- корректность работы устройств безопасности КЛУБ-У и САУТ-ЦМ/485 Файлы РПС САУТ должны быть переданы для анализа в ООО «НПО САУТ».
- технология формирования, отправления, прибытия, управления движением ВСЦ поездов оперативными работниками ДНЦ, ДСП, ТЧД;
- соблюдение нормативного графика движения поездов;
- влияние пропуска ВСЦ поездов на выполнение графика другими поездами;
- реализация команд управления тягой и тормозами;
- порядок проследования мест ограничения скорости.

В период проведения опытных поездок технологами АО «НИИАС» проводится сбор информации:

- соблюдение условий разработки нитки пропуска ВСЦ поездов в сменно-суточном ВГДП на всем участке от станции Карымская до станции Хабаровск II (туда);
- порядок формирования, отправления, прибытия, проследования ВСЦ поездов по техническим станциям Карымская, Чернышевск Забайкальский, Могоча, Уруша, Магдагачи, Белогорск, Облучье, Хабаровск II;
- пропуск ВСЦ поездов по установленной нитке ВГДП – (ДНЦ);
- подготовка локомотивов на ПТОЛ к ведению ВСЦ поездов;
- порядок приема и сдачи локомотивов локомотивными бригадами при их смене;
- условия работы ЛБ на ведущем и ведомом локомотивах.

ТАБЛИЦА

проверок выполнения технологических процессов во временном интервале

№ п/п		ВЕДУЩИЙ	ВЕДОМЫЙ	ВРЕМЯ			Скорость	РЕЖИМ				НИТКА ГРАФИКА		СВЯЗЬ	БЛОК уч	Прочие
	Наименование станций	км	км	отпр	просл	приб	Vфакт	Тяга	Ввбег	Рекуп	Торм	опереж	отставан			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

В случае изменения режима движения ведущего локомотива требуется контролировать изменение режимов ведения ведомого локомотива. В пути следования технологами заполняется таблица параметров проверок. Режимы и методы проведения проверок на локомотиве.

Проверка обмена по радиоканалу.

Во время испытаний по пунктам контролируется статистика переданных и принятых сообщений на обоих локомотивах с помощью окна статистики (пункт меню системы ИСАВП-РТ-М «Диагностика -> Диагностика связи», далее выбрать подпункт «Стат осн. канала» или «Стат доп. канала»).

Если во время испытаний наблюдались случаи долговременной потери связи по основному каналу, контролируется автоматический переход на дополнительный канал и возврат на основной при восстановлении связи по нему. Места долгосрочной потери связи по основному каналу должны быть отмечены в отчёте. Отдельно должны быть зарегистрированы места потери связи по дополнительному каналу.

Проверка управления ведомым локомотивом при движении ведущего локомотива.

Ведущий локомотив движется по сигналам АЛСН. При движении ведомого поезда Системой должно быть реализовано управление электровозом, при котором он находится на возможно более близком расстоянии от хвостового вагона ведущего поезда, но так, чтобы при этом не нужно применять торможение, не обусловленное профилем, ограничениями скорости и временем хода. Качество ведения ведомого поезда оценивается по частоте смены режимов ведения. Управление ведомым локомотивом считается достаточно корректным, если:

- исключены торможения, обусловленные пересечением тормозной кривой на Ж сигнал АЛСН;

- исключены или почти исключены как торможения, так и наборы скорости, обусловленные приближением к тормозной кривой на Ж сигнал АЛСН (по сравнению с обычной ездой на Ж).

Оцениваемые показатели:

Показатель	Ед. измерения	Ожидаемые значения
среднее расстояние между хвостовым вагоном ведущего поезда и ведомым локомотивом	км.	4,5-8
скорость движения ведущего (средняя техническая)	км/ч	50 – 70
скорость движения ведомого (средняя техническая)	км/ч	50 – 70
разница скоростей ведущего и ведомого (кроме мест ограничений скорости)	км/ч	0-10
частота смены режима управления ведомым локомотивом	Режим в минуту	Не более 2

Проверка управления ведомым локомотивом при торможении ведущего локомотива.

При торможении ведущего поезда ведомый локомотив должен реализовать (при необходимости) снижение скорости путём:

- перехода на выбег;
- уменьшения силы тяги;
- применения рекуперативного торможения;
- применения служебного торможения.

Метод снижения скорости выбирается Системой в зависимости от профиля под поездом и близости к тормозной кривой до остановки к светофору, следующему за хвостом ведущего поезда.

При применении Системой торможения (пневматического или рекуперативного) на ведущем локомотиве машинист ведущего с помощью голосовой радиосвязи сообщает об этом машинисту ведомого. Система на ведомом локомотиве должна после получения информации о торможении на ведущем (если этого требует поездная ситуация) отреагировать на эту информацию путём снижения скорости при приближении к тормозной кривой, а также контролировать расстояние до хвоста ведущего поезда, не допуская превышение тормозной кривой. При этом соблюдение минимально допустимого расстояния сближения ведомого и ведущего локомотивов обеспечивается не только Системой ведомого, но и локомотивным прибором безопасности КЛУБ-У.

Машинист ведомого локомотива после сообщения с ведущего о произведенном торможении следит за реакцией Системы и в случае отсутствия действий Системы, направленных на снижение скорости, если этого требует поездная обстановка, берет управление локомотивом на себя (переход в ручной режим работы).

Оцениваемые показатели:

Показатель	Ед. измерения	Ожидаемые значения
расстояние между хвостовым вагоном ведущего поезда и ведомым локомотивом (фактическое)	км.	3 – 6
скорость движения ведущего (фактическая)	км/ч	40 – 70
скорость движения ведомого (фактическая)	км/ч	40 – 80
разница скоростей ведущего и ведомого	км/ч	0 – 10
профиль под ведомым локомотивом (фактический)	$‰_0$	-
реакция ведомого	-	-
минимальное расстояние между хвостовым вагоном ведущего поезда и ведомым локомотивом	км	2-4

Оценивается правильность принятия Системой решения о снижении скорости и правильность выбора способа снижения скорости (выбег, рекуперативное торможение, пневматическое торможение).

Проверка совместного начала движения ведущего и ведомого поездов на перегоне после остановки.

В случае остановки поездов на перегоне производится трогание ведущего локомотива. Перед началом движения машинист ведущего локомотива с помощью голосовой радиосвязи информирует машиниста ведомого о готовности к началу движения. Машинист ведомого локомотива переводит органы управления в положение для начала движения согласно РЭ на систему ИСАВП-РТ. Система на ведомом локомотиве должна начать движение в течении 10 секунд после получения информации о том, что ведущий локомотив отправился, при условии Ж сигнала АЛСН, приведения органов управления локомотива в состояние, необходимое для работы автоведения и нажатия кнопки «Пуск».

Оцениваемые показатели:

Показатель	Ед. измерения	Ожидаемые значения
Разница между временем отправления ведущего и ведомого	сек.	0-10

Проверка управления ведомым локомотивом при потере связи между ведущим и ведомым локомотивами в движении.

При длительной потере связи по основному и дополнительному каналам Система на ведомом локомотиве должна перейти на движение в автоматизированном режиме по сигналам АЛСН согласно РЭ на систему ИСАВП-РТ.

Условия и порядок проведения проверок по алгоритмам КЛУБ-У позволяющим проследовать желтый сигнал светофора с повышенной скоростью.

Перед проведением эксплуатационных испытаний на выделенных локомотивах в КЛУБ-У устанавливаются версии программного обеспечения в соответствии с табл. 1.

Установку ПО производят работники соответствующих подразделений дирекции по ремонту тягового подвижного состава Забайкальской железной дороги.

Изменения программного обеспечения касаются алгоритма контроля за допустимой скоростью движения поездов во время проследования путевого светофора и смены показания локомотивного светофора с «желтый» на «желтый с красным», обеспечивающего решение задач по

максимальному сближению поездов при работе с действующими системами интервального регулирования.

В устройстве безопасности КЛУБ-У заложен алгоритм, позволяющий проследовать желтый сигнал проходного со скоростью более 60 км/ч, обеспечивающей безопасность движения поездов (скорость ограничена расчетными тормозными кривыми устройства безопасности).

В случае возникновения не стандартных и аварийных ситуаций в работе ИСАВП-РТ-М, локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У осуществляет остановку подвижного состава.

При проведении испытаний комиссия должна контролировать формирование системой безопасности КЛУБ-У в соответствии с Руководством по эксплуатации, допустимой скорости при проследовании светофоров с желтым показанием и расстояния от места остановки локомотива при следовании с допустимыми скоростями движения КЛУБ-У до запрещающих светофоров.

КЛУБ-У относится к классу автоматизированных систем управления, требующих постоянного контроля над процессом функционирования изделия со стороны персонала, проводящего испытания. В процессе проведения испытаний при самопроизвольном нарушении функционирования изделия необходимо прекратить испытания до установления и устранения причин некорректной работы.

К нарушениям функционирования КЛУБ-У, требующих прекращения испытаний следует относить:

- различие в показаниях путевого и локомотивного светофоров или отсутствие индикации последнего;
- зависание индикации отдельных изменяемых параметров на устройстве отображения;
- прекращение регистрации параметров движения по индикатору на устройстве отображения;
- погасание огней локомотивного светофора;
- свисток ЭПК, не прекращающийся нажатием РБ.

В ходе испытаний **запрещается** отключать исправно работающие устройства безопасности КЛУБ-У.

Формирование КЛУБ-У допустимой скорости при проследовании светофоров с желтым показанием свыше 60 км/ч и проследование ведомым поездом светофоров с желтым огнем со скоростью свыше 60 км/ч нарушениями не считать.

Оформление результатов испытаний.

Проектом протокола по внесению предложений, изменений и дополнений в нормативные документы и технологию управления движением поездов на Восточном полигоне с применением системы ВСЦ.

Протоколом в соответствии с требованиями СТО РЖД 1.18.001-2008. Протоколы должны содержать полную информацию по статистическим данным контролируемых параметров систем «М-Линк», «ИСАВП-РТ-М», «АВТОВЕДЕНИЕ». К протоколу прикладываются копии регистрируемых записей.

В настоящее время профессорско-преподавательский состав кафедры «Подвижной состав железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта совместно с руководством Забайкальской Дирекции тяги разрабатывает планы проведения занятий со студентами в условиях работы Интеллектуальной системы автоматизированного вождения поездов повышенной массы и длины с распределёнными по длине локомотивами грузового движения (ИСАВП-РТ-М), а также выполнение дипломных работ, особенно студентами заочного отделения с предложениями по улучшению технологического процесса.

Библиографический список

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

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

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

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В БОКОВЫХ РАМАХ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

В статье приведено обоснование применения метода анализа свободных затухающих колебаний для обнаружения усталостных трещин в боковых рамах грузовых вагонов. Изложен принцип поиска дефектных боковых рам методом сравнения акустических портретов годной боковой рамы и боковой рамы с трещиной.

Ключевые слова: осциллограммы свободных затухающих колебаний, усталостные трещины, коэффициент затухания.

В период с 2010 по 2014 годы на сети железных дорог России наблюдалась тревожная ситуация в сфере обеспечения безопасности движения, связанная с большим числом случаев изломов боковых рам тележек грузовых вагонов. Максимальный пик изломов боковых рам пришелся на 2013 год, когда количество изломов превысило 35 случаев, ставших причиной серьезных аварий с весомым материальным ущербом. Анализ случаев изломов боковых рам показал, что причиной аварий в основном явилось не своевременное обнаружение начала развития усталостных трещин в рамах в зоне радиуса R55.

В настоящее время ситуация с изломами боковых рам стабилизировалась, однако проблема обнаружения трещин решается организационными методами, а именно, усилением ответственности осмотрщиков, которые выявляют трещины в результате визуального осмотра. В условиях повышения интенсивности грузоперевозок и увеличения длины поездов вновь встает проблема обнаружения дефектных рам техническими средствами контроля дистанционно, по возможности в пути следования, до захода вагона на ПТО.

В целях обеспечения своевременности обнаружения усталостных трещин в Забайкальском институте железнодорожного транспорта на кафедре "Подвижной состав железных дорог" разработан метод, позволяющий объективно фиксировать момент достижения критического размера усталостных трещин в литых деталях контрольно-измерительным комплексом, позволяющим выявлять усталостные трещины в боковых рамах без отцепки вагонов. При выборе перспективного физического метода обнаружения трещин литых деталей тележек грузовых вагонов, были учтены следующие требования:

- простота способа получения и регистрации критериального сигнала;
- отсутствие необходимости предварительной подготовки поверхности испытуемой детали;
- всепогодность – независимость от климатических условий;
- наличие широкой номенклатуры серийно выпускаемой контрольно-измерительной аппаратуры.

В результате анализа методов, удовлетворяющих приведенным требованиям, был выбран виброакустический метод. Суть его заключается в анализе свободных затухающих колебаний, вызванных в испытуемом образце единичным импульсным воздействием. Количественно оценить

скорость затухания колебаний возможно с помощью логарифмического коэффициента затухания X :

$$X = \ln \frac{A(\tau)}{A(\tau + T)} = \ln e^{\beta \tau}, \quad (1)$$

где β – коэффициент затухания;

T – период колебаний.

Для выполнения предварительного исследования применимости виброакустического метода контроля для обнаружения усталостных трещин в рамах тележек грузовых вагонов, был разработан и изготовлен вариант программно-аппаратного комплекса, состоящий из пьезоэлектрического контактного датчика звуковых колебаний в акустическом слышимом диапазоне с частотой 0,5 Гц до 22 кГц, энергосилового блока, аналогово-цифрового преобразователя и нетбука. Для обработки результатов испытаний, была написана программа виртуального осциллографа, с помощью которого, записывалась осциллограмма испытания и запись результата в цифровой вид. Апробирование программно-аппаратного комплекса производилось в лабораторных условия методом имитационного моделирования на образцах, изготовленных из стали 20Л размерами 400×40×20 мм.

Типичные осциллограммы затухающих колебаний после математической обработки использованием пакета MatLab приведены на рис. 1 (исходный образец) и рис. 2 (образец с трещиной 30%).

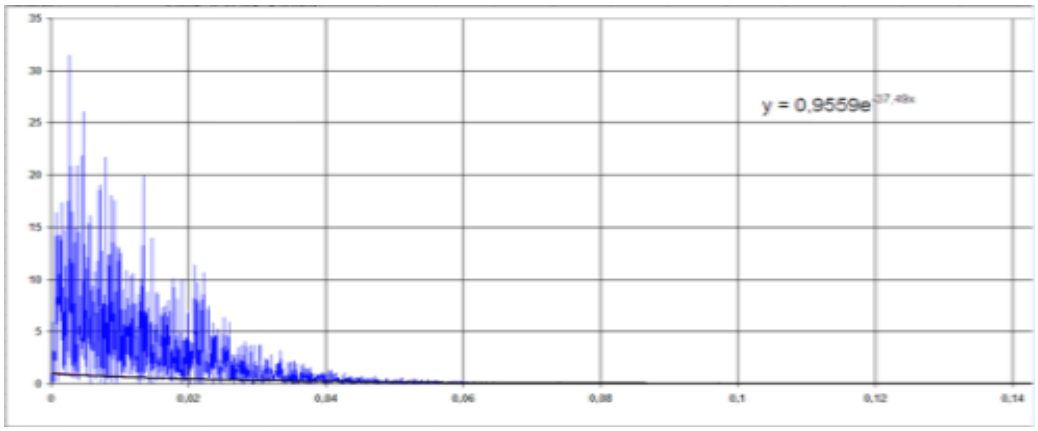


Рис. 1. Осциллограмма затухающих колебаний исходного образца. Коэффициент затухания β= -37,49

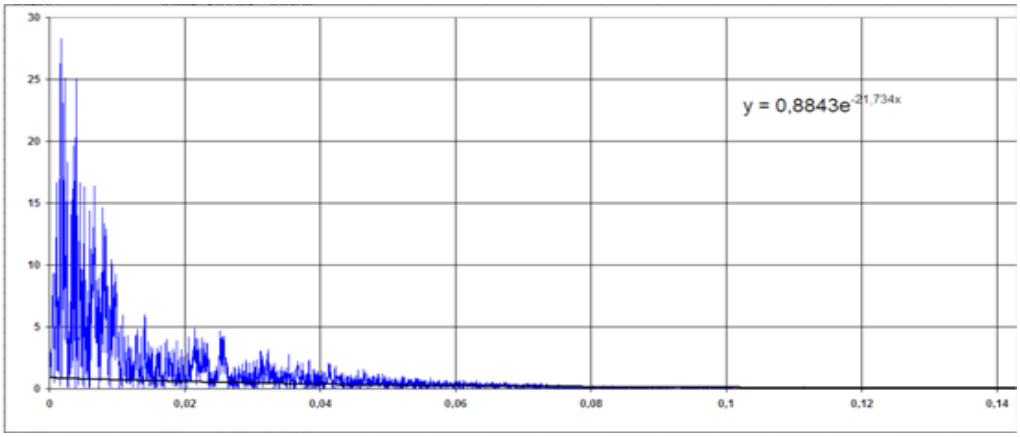


Рис. 2. Осциллограмма затухающих колебаний образца с трещиной 30%. Коэффициент затухания β= -21,734

Таким образом, задача определения наличия усталостных трещин и их относительных размеров сводится к сравнению коэффициентов затухания свободных колебаний детали с трещиной и детали без трещины.

Проведенные лабораторные испытания на имитационных моделях доказали применимость метода анализа коэффициентов затухания свободных колебаний для обнаружения усталостных трещин. Однако, аутентичность коэффициентов затухания является свойством деталей простой геометрической конфигурации, не связанных с другими деталями различными соединениями и не испытывающих внешних нагрузок.

С целью выявления особенностей акустической реакции рамы тележки на ударное воздействие, была проведена серия натурных опытов на тележке грузового вагона модели 18-100. Проведенные эксперименты и обработка результатов измерений с использованием пакета MatLab показали, что осциллограмма затухающих колебаний и амплитудно-частотная характеристика имеют ярко выраженные особенности. На рис. 3 представлена осциллограмма затухающих колебаний в боковой раме.

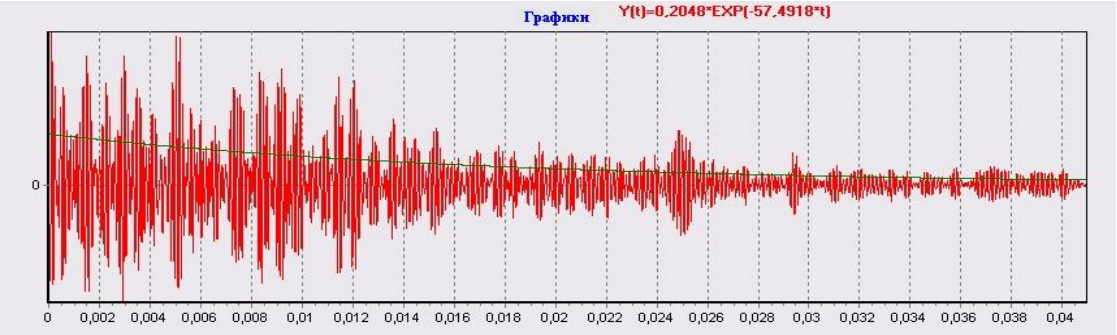


Рис. 3. Осциллограмма акустических затухающих колебаний в боковой раме тележки 18-100

Исходная осциллограмма подвергалась разложению в ряд Фурье с помощью БПФ (быстрого преобразования Фурье) (рис. 4).

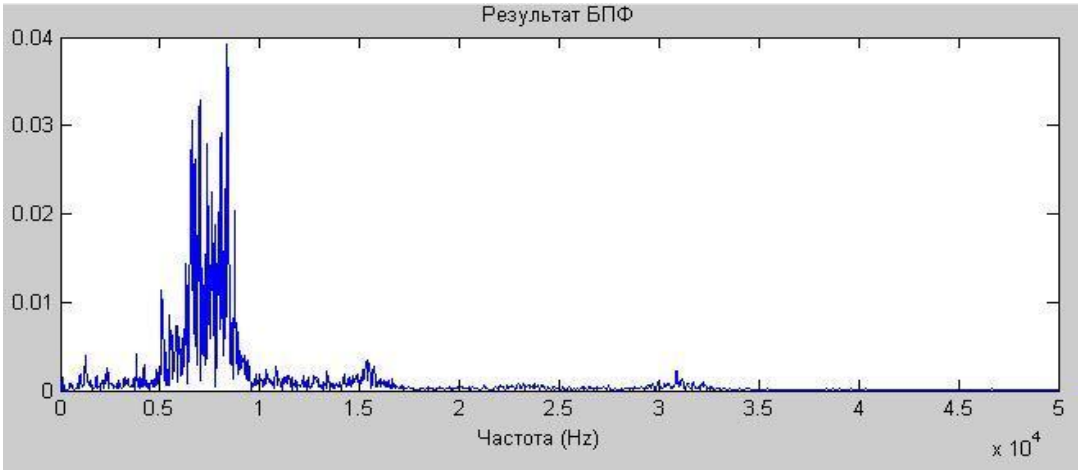


Рис. 4. Результаты БПФ исходного сигнала

На рис. 5 приведен результат оценки спектра в виде амплитудно-частотной характеристики с использованием метода "Music".

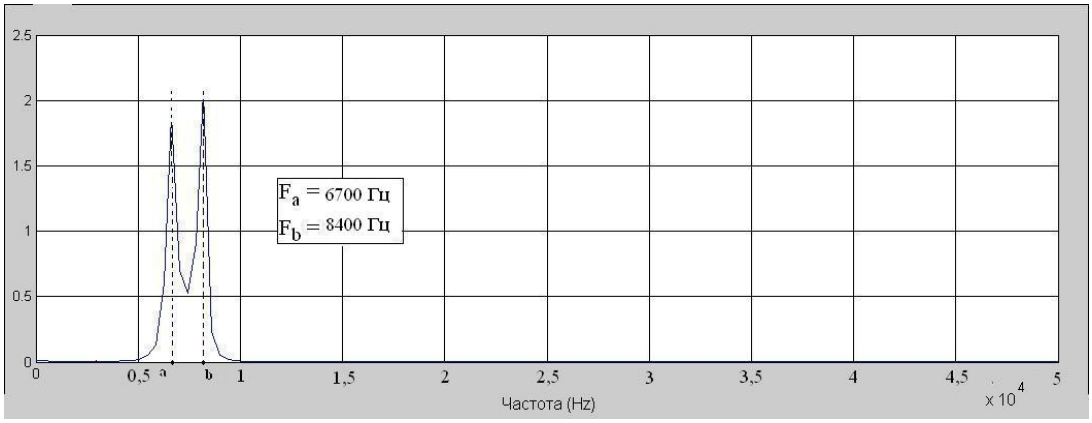


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика акустических колебаний

Проведенные эксперименты и результаты их обработки позволяют сделать следующие выводы:

1. Доминирующие частоты акустического отклика боковой рамы тележки 18-100 лежат в области диапазона слышимых звуковых частот;

2. Акустический «портрет» боковой рамы тележки 18-100 имеет характерную особенность в виде наличия двух доминирующих частот 6700 и 8400 Гц.

3. Соотношение указанных частот в ходе серии опытов остается в пределах 1,25±10%.

На основании сформулированных выше выводов, можно сделать заключение о том, что вместо использованных в разработанном программно-аппаратном комплексе контактных пьезоэлектрических датчиков для анализа затухающих колебаний в боковых рамах можно применять бесконтактный съем звуковой информации с помощью акустических датчиков микрофонного типа. Причем, при использовании фильтров на указанных выше частотах, имеется возможность выделить конкретный "акустический портрет" боковой рамы тележки 18-100 из общего полигармонического звукового фона, генерируемого элементами ходовых частей при движении вагона.

Таким образом, применение метода анализа акустических колебаний позволяет решить проблему дистанционного обнаружения дефектных рам техническими средствами контроля, по возможности в пути следования, до захода вагона на ПТО в условиях повышения интенсивности грузоперевозок и увеличения длины поездов.

Библиографический список

1. Степанов В.В., Григорьева А.С. Мониторинг предотказного состояния буксовых узлов инновационных вагонов. В сб. : ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чита, 2018. С. 58–62

2. Степанов В.В., Овсейчик С.З. Определение наличия скрытых дефектов в литых деталей подвижного состава акустическим методом // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 342–345

А.Д. Теслин, И.М. Попова, С.В. Тимофеев
Самарский государственный университет путей сообщения, г. Саратов, Россия

МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье проводится анализ формирования ремонтной и технической базы для обслуживания подвижного состава. Анализируется политика в сфере технического обслуживания и ремонта подвижного состава, проводимая Национальным обществом железных дорог Франции (SNCF). По результатам анализа производится адаптация критериев системы к функционированию на Приволжской железной дороге.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, работоспособность подвижного состава, техническое состояние подвижного состава, виды технического обслуживания и ремонта, пробежная и сроковая система контроля качества состояния вагонов.

Стратегия предприятий железнодорожного транспорта в первую очередь определяется правильным выбором стратегических ориентиров, позволяющих наилучшим образом реализовать кадровый потенциал и другие ресурсы за счет модернизации технической базы, инновационной составляющей, внедрения систем повышения уровня качества обслуживания.

Система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) на железнодорожном транспорте была сформирована в основном в 1950–1960 годы и на тот момент считалась прогрессивной формой поддержания работоспособности подвижного состава. Ее структура формировалась в зависимости от установившегося уровня надежности и качества изготовления, условий эксплуатации подвижного состава, целей, поставленных перед железнодорожным транспортом и его подсистемой – технической эксплуатацией [1].

За последние десятилетия за счет использования инновационных решений и применения современных материалов произошли существенные изменения в технологии изготовления и конструкции пассажирских вагонов, повысился уровень надежности и повышения технического уровня производства [1].

В сложившейся ситуации следует уделять повышенное внимание к вопросу возможности применения планово-предупредительной системы ремонта с учетом технического состояния подвижного состава [2].

Если проанализировать политику в области технического обслуживания и ремонта подвижного состава, проводимую Национальным обществом железных дорог Франции (SNCF), то можно отметить что ее реализацией занимается централизованная дирекция. В ее задачи входит отслеживание состояния локомотивов и вагонов в течение их жизненного цикла, определение периодичности работ по техническому обслуживанию и ремонту, а также принятие совместно со своими клиентами условий приобретения подвижного состава, координация его разработки и проведение приемочных испытаний.

Помимо решения указанных задач, дирекции проводит исследования, которые направлены на определение критериев для определения целесообразности модернизации эксплуатируемого подвижного состава и закупки нового. Другим объектом исследований является задача создания универсального подвижного состава для обслуживания регио-

нальных сообщений, которая заключается в выборе наилучшего из двух вариантов, предложенных компаниями-изготовителями с классической или сочлененной схемой поезда.

Под техническим обслуживанием и ремонтом подразумевается комплекс мер, позволяющих содержать подвижной состав в заданном состоянии, обеспечивающем определенный уровень эксплуатационных характеристик.

Данная система, прежде всего, должна обеспечить безопасность движения поездов, высокую эксплуатационную готовность, уменьшение простоев при выполнении работ и управление стоимостью жизненного цикла подвижного состава [3].

В SNCF существуют следующие пять уровней предупредительного технического обслуживания и ремонта:

– уровень 1 – ежедневный технический осмотр и экипировка;

– уровень 2 – межрейсовое техническое обслуживание с устранением небольших дефектов;

– уровень 3 – ремонт малого объема с плановой заменой некоторых узлов и деталей;

– уровень 4 – ремонт среднего объема (восстановительный);

– уровень 5 – ремонт большого объема (капитальный) с улучшением технических и эксплуатационных параметров.

Виды технического обслуживания и ремонта, соответствующие первым трем уровням, обозначаются следующим образом:

– ES – технический осмотр без отвлечения от эксплуатации;

– ECC – технический осмотр оборудования, обеспечивающего комфорт для пассажиров, без отвлечения от эксплуатации;

– ATS – периодическое техническое обслуживание;

– ECF – плановый осмотр оборудования, обеспечивающего комфорт для пассажиров;

– EMN – плановый осмотр механической части;

– ATS1 – периодическое техническое обслуживание 1;

– ATS2 – периодическое техническое обслуживание 2;

– VL – ремонт малого объема;

– VG – общий ремонт;

– GVG – общий ремонт увеличенного объема.

Их периодичность по времени или пробегу показана на рис. 1.

Ремонт среднего объема, который входил в уровень 4, называвшийся генеральной ревизией (RG), не учитывал разнохарактерности срока службы и износа различных элементов подвижного состава и был отме-

нен. Получила применение практика ремонта, при которой каждый из элементов имеет свой жизненный цикл, и основные усилия сконцентрированы на работах по ремонту кузова с восстановлением требуемого состояния его несущей конструкции и ряда компонентов (например, полов и дверей), а также внутреннего оборудования. Периодичность этих работ составляет 15–20 лет.

Капитальный ремонт, входящий в уровень 5, предполагает полную замену технически устаревших элементов и/или переделку кузова с учетом изменившихся требований клиентов и появления новых нормативов. Если экономически целесообразно, то производится модернизация с перекомпоновкой единиц подвижного состава. Сроки этих работ определяются в индивидуальном порядке для каждой серии подвижного состава.

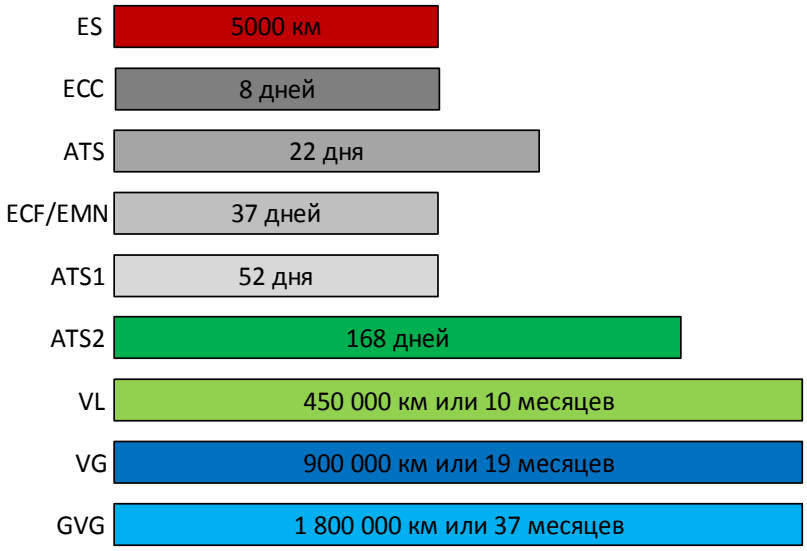


Рис. 1. Периодичность технического обслуживания поездов TGV компании Alstom

Из сведений, приведенных на рис. 1, видно, что политика компании TGV направлена на осуществление ремонта пассажирских вагонов как по пробежной, так и по сроковой системе контроля качества состояния вагонов [4].

Объём работ распределен на 9 уровней в зависимости от пробега и срока эксплуатации пассажирского вагона. На каждом уровне обслуживания производится соответственный контроль, восстановление и замена деталей.

Если рассматривать высокоскоростные поезда компании Talgo, то периодичность их обслуживания осуществляется по пробегу в независимости от срока эксплуатации вагона, что наблюдаем в табл. 1.

Таблица 1

Виды и периодичность технического обслуживания высокоскоростных поездов Talgo

Вид работ	Сервисные проверки, (**IS**)	Базовые проверки первой ступени, (**IB1**)	Базовые проверки второй ступени, (**IB2**)	Техобслуживание первой ступени, (**IM1**)	Техобслуживание второй ступени, (**IM2**)	Техобслуживание третьей ступени, (**IM3**)	Техобслуживание четвертой ступени, (**IM4**)
Минимум, (км)	75	3.750	67.500	202.500	607.500	215.000	430.000
Среднее, (км)	7.500	45.000	90.000	270.000	810.000	620.000	240.000
Максимум, (км)	625	56.250	112.500	337.500	1.012.500	2.025.000	4.050.000

Виды технического обслуживания и ремонта, обозначаются следующим образом:

– IS – сервисные проверки;
– IB1 – базовые проверки первой ступени;
– IB2 – базовые проверки второй ступени;
– IM1 – техобслуживание первой ступени;
– IM2 – техобслуживание второй ступени;
– IM3 – техобслуживание третьей ступени;
– IM4 – техобслуживание четвертой ступени.

Периодичность обслуживания по пробегу изображена на рис. 2.

Из изображения на рис. 2 можно сделать вывод, что техническое обслуживание пассажирских вагонов производства фирмы Talgo осуществляется по пробежной системе контроля целостности узлов и деталей внутреннего оборудования и ходовой части вагона. Объём работ распределен на семь ступеней в зависимости от пробега пассажирского вагона. На каждой ступени обслуживания производится соответственный контроль, восстановление и замена деталей.

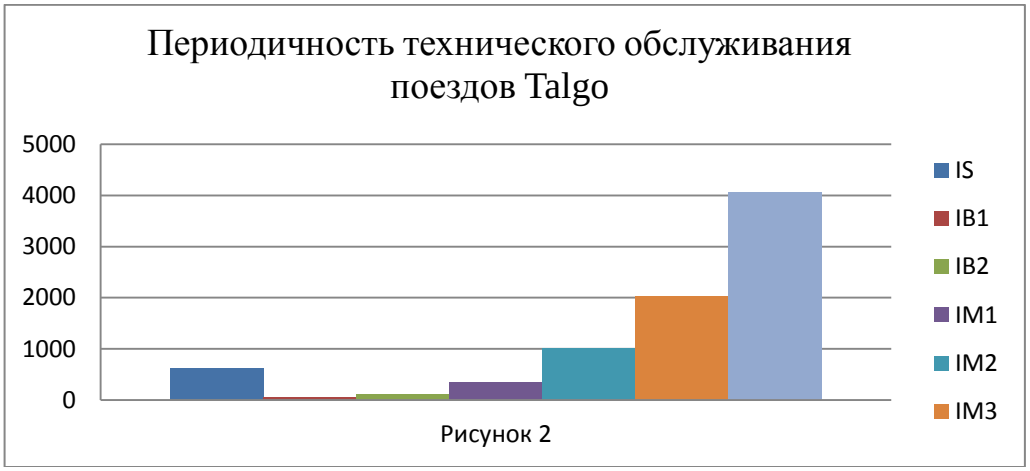


Рис. 2. Периодичность технического обслуживания поездов компании Talgo

Если рассмотреть функционирование Приволжского филиала АО «ФПК», то специалисты занимаются поиском решений по оптимизации соотношения между предупредительным (с заранее определенной периодичностью) и корректирующим (по фактическому состоянию) техническим обслуживанием и ремонтом для того, чтобы выяснить, насколько эффективная организация первого может уменьшить потребность во втором [5].

В процессе решения задачи определяются календарная или пробеговая последовательность выполнения стандартизированного набора работ, а также порядок выполнения работ «по необходимости», набор которых зависит от фактического состояния единицы подвижного состава, в свою очередь определяемого на основе анализа информации, полученной от диагностической аппаратуры.

Библиографический список

1. A method for assessing the influence of automated traffic enforcement system parameters on traffic safety / A. Marusin, A. Marusin, I. Danilov // Transportation Research Procedia, 2018, № 36. P. 500–506

2. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018, № 13(10). P. 3502–3508

3. Ляшенко В.В., Муратов А.В., Петухов С.А. Использование инструментов контроля качества для повышения эффективности ремонта подвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2015, № 3(51). С. 22–26

4. Андрончев И.К., Ляшенко В.В. К вопросу повышения качества процессов обслуживания и ремонта подвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2019, № 3(75). С. 7–12

5. Калетин С.В. На путях совершенствования вагонного комплекса // Вагоны и вагонное хозяйство. 2018, № 1(53). С. 14–15

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

МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗАНИЕМ

Установлено, что область применения лезвийных способов обработки существенно ограничивается низкой работоспособностью инструментальных материалов. Точение наплавленных поверхностей твердостью до 41,5-46 HRCэ можно выполнить инструментом из твердых сплавов Т15К6, Т15К10, ВК8 со снижением скорости резания до 20%, что несколько снижает производительность процесса. Эффективным направлением интенсификации процесса обработки наплавленных поверхностей является применение современных сверхтвердых композиционных инструментальных материалов.

Ключевые слова: твердость наращенного слоя, технологические базы, наплавка, припуск на обработку, резцы из композитных материалов.

При выборе метода и рационального способа обработки восстановленной наплавкой поверхности детали, в качестве критерия, характеризующего эффективность принятой восстановительной технологии, следует выбрать трудоемкость. Решение проблемы механической обработки определяет решение общей эффективности восстановления изношенных поверхностей деталей подвижного состава.

Технологический процесс восстановления изношенной поверхности детали необходимо разделить на два самостоятельных этапа: подготовительный – заключающийся в обработке изношенной поверхности для придания ей правильной геометрической формы путем удаления механических повреждений и дефектного слоя, под последующее наращивание наплавкой, и завершающий этап – восстановление утраченных качественных и точностных параметров путем обработки наплавленной поверхности.

Оба этапа механической обработки реализуются в сложных технологических условиях. При подготовке изношенной поверхности под наплавку, процесс резания происходит при неравномерных припусках, в условиях ударной нагрузки, вибрации (на изношенной поверхности, как правило, находятся многочисленные раковины макро- и микровыкрашивания, что создает прерывистость резания). В зависимости от характера дефектов изношенной поверхности, величины припуска может быть применена обработка на станках токарной, фрезерной, строгальной и шлифовальной группы. Методы, приемы и режимы обработки изношенных поверхностей деталей практически без особых изменений могут быть перенесены из традиционных технологических процессов.

Следует учитывать и специфические особенности технологии, присущие только ремонтному производству, а именно: технологический процесс механической обработки восстанавливаемой поверхности до, и особенно после наплавки, как правило, приходится осуществлять при смене первичных технологических баз, принятых при изготовлении детали. Смена баз приводит к дополнительным погрешностям обработки, а нестабильность физико-механических свойств и величины припуска создают ряд проблем достижения заданных качественных и точностных параметров.

На завершающем этапе восстановительного технологического процесса ограничением применения лезвийной механической обработки является предельно допустимая для традиционных инструментальных материалов (твердые сплавы) твердость наращенного слоя, значительно снижающая производительность при твердости $HRC_Э > 40$ и создающая невозможность обработки при твердости $HRC_Э > 61,5$. Кроме этого – неравномерный припуск, наплывы, неоднородность наплавленного металла.

Область применения лезвийных способов обработки существенно ограничивается низкой работоспособностью инструментальных материалов.

Точение наплавленных поверхностей твердостью до 41,5-46 $HRC_э$ можно выполнить инструментом из твердых сплавов Т15К6, Т15К10, ВК8 со снижением скорости резания до 20%. Чаще всего лезвийные способы обработки используют, как предварительные.

При чистовом точении выбирают резцы, оснащенные твердым сплавом следующих марок: ВКЗ, ВК8, Т14К8, Т15К6Т, Т30К4.

Рациональный подбор оптимального сочетания геометрии режущей части инструмента (передний угол отрицательный, 8...10 градусов; задний угол 10...15 градусов) и режимов резания позволяет снизить исходную шероховатость до 2-х классов, однако это не обеспечивает высокого качества поверхности детали.

На уровень скоростей, сил резания и шероховатость обработанной поверхности влияет ряд дополнительных факторов, значительно искажающих нормальное течение процесса резания. К ним следует отнести макронеровности наплавленной поверхности (высота до 1 мм), засоренность поверхностных слоев неметаллическими включениями высокой твердости, повышенную пористость наружного слоя наплавки и др.

Таблица 1

Режимы обработки наплавленных поверхностей твердосплавным инструментом

Обрабатываемая поверхность	Твердость материала после наплавки	Инструментальный материал	Режимы резания			Наличие СОЖ
			скорость, м/с	подача, мм/об	глубина, мм	
Гладкая наружная цилиндрическая	Менее 30. ..35	Т15К6 Т17К8 ВК60М	1,5-2,0 2,2-2,8	0,1-0,4 0,1-0,2	2,0-3,0 2,0 -3,0	да
Прерывистая наружная цилиндрическая	Менее 30. ..35	ВК60М	0,7-0,8	0,2-0,4	1,5-2,0	да
Гладкая внутренняя цилиндрическая	Менее 30. ..35	Т15К6 Т17К8 ВК60М	1,0-1,5	0,1-0,2	1,5-2,5	да

Применение минералокерамических инструментальных материалов также не позволяет достигнуть должных показателей технологических процессов. Основные причины низкой эффективности твердосплавного и минералокерамического инструмента – это выкрашивание, трещинообразование и хрупкое складывание режущих кромок.

Следовательно, с учетом плохой обрабатываемости наплавленных поверхностей, посторонних включений, неоднородных припусков, создающих прерывистость резания, очень сложно твердосплавным инструментам обеспечить требуемую точность и качество.

Эффективным направлением интенсификации процесса обработки наплавленных поверхностей является применение современных сверхтвердых композиционных инструментальных материалов.

Анализ физических, химических и механических характеристик композиционных инструментальных материалов (табл. 2 и 3) дополняет базу данных о работоспособности композитов.

Таблица 2

Физические характеристики инструментальных материалов

Инструментальный материал	Физические характеристики				
	Плотность ρ-10^3, кг/м3	Температурная устойчивость, °С	Коэффициент линейного расширения 10^{-6} $К^{-1}$	Теплопроводность, Вт/МК	Модуль упругости Е, ГПа
Композит 01 (эльбор-Р)	3,31-3,39	1100- 1200	3,4	30-60	660 - 800
Композит 01 (эльбор-РМ)	3,39-3,45	1150- 1300			770-910
Композит 02 (белбор)	3,26-3,46	1100- 1200	1,3	40-60	
Композит 03 (исмит)	3,27-3,45	1200- 1250			710-740
Композит 05 (композит)	3,93-4,15				580-670
Композит 09 (ПТНБ)	3,42-3,60	1250- 1300	4,8 - 7,9		710-740
Композит 10 (гексанит-Р)	3,28-3,42	900- 1150	2,7	60-80	880-980
Киборит	3,18-3,34				850-910

Таблица 3

Механические характеристики инструментальных материалов

Марка композита	Микротвердость, (Ѳ=20° С)		$\varepsilon_{сос}$, ГПа	$\varepsilon_{р}$, ГПа	$\varepsilon_{и}$, ГПа
	НК, ГПа	HV, ГПа			
Композит 01 (эльбор-Р)	33 (Р=4,9Н)	60 (Р=4,9Н)	1,9 - 2,1	0,44	0,7 - 0,8
Композит 01 (эльбор-РМ)	38 (Р=20Н)		2,3 - 3,2	0,43-0,49	0,4 - 0,5
Композит 02 (белбор)	38 (Р=4,9Н)	54 (Р=4,9Н)	4,0 - 6,5		0,68
Композит 03 (исмит-2)	51 (Р=4,9Н)	54 (Р=4,9Н)			
Композит 03 (исмит-3)	38 (Р=9Н)		1,2 - 1,5		0,89- 0,98
Композит 05 (композит)	27 (Р=4,9Н)	43 (Р=4,9Н)	1,0 - 1,5		0,49
Композит 05	20 (Р=20Н)		1,9 - 2,5	0,19-0,23	0.47
Композит 09 ИК1 (ПТНБ)	42 (Р=4,9Н)	62 (Р=4,9Н)	4,9		1,18
Композит 09 ЗМКТ (ПТНБ)	41 (Р=4,9Н)	57 (Р=4,9Н)	3,9		0.59
Композит 10 (гексанит-Р)		До 80 (Р=4,9Н)	3,0 - 5,0	0,26-0,38	0,7-1.2

Результаты испытаний, исследования и опыт промышленного использования различных марок композитов, позволяют сделать заключения о том, что эти прогрессивные инструментальные материалы пригодны для работы в самых экстремальных условиях. Они увеличивают производительность процесса резания в 1,5–5 раз, существенно улучшают качество обработки деталей, позволяют экономить машинное время и инструментальные материалы.

Стойкость композиционных инструментов в десятки раз выше, чем твердосплавных инструментов. Эти прогрессивные инструментальные материалы позволяют эффективно заменить шлифование твердых закаленных деталей лезвийной обработкой, гарантирующей отсутствие перегревов, остаточных напряжений, вкраплений абразивных частиц в обработанную поверхность.

Сдерживающим фактором развития перспективных технологий является отсутствие должных методик и технологий восстановления и использования композиционных инструментальных материалов. Наличие научно обоснованных, экспериментально опробованных и внедренных в ремонтное производство восстановительных технологий с использованием композитов позволит не только повысить эффективность этих процессов, но и даст возможность высокопроизводительной обработки ряда деталей, изношенные поверхности которых по традиционной технологии (наплавка, предварительная обработка резанием твердыми сплавами и окончательная шлифовка) не могут быть обработанными в силу различных причин конструктивного технологического характера.

Изучение зависимостей, раскрытие закономерностей и специфики обработки наплавленных поверхностей, определение технологических возможностей управления этим процессом позволит достигнуть необходимого качества и производительности обработки.

Библиографический список

1. Кудряшов Е.А., Глазов В.В., Царьков С.Г. Моделирование процессов резания композиционными материалами // Проблемы прогнозирования в современном мире : темат. сб. науч. докл. Международной конф. Чита : Чит. гос. техн. ун-т, 1999. С. 190–191

2. Четвериков С.В. Повышение эффективности технологии ремонта деталей машин : автореф. дис. канд. техн. наук. Братск, 2006. 23 с.

А.Д. Чуйко, С.А. Христосенков, Е.П. Полукеев
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БОДРСТВОВАНИЯ МАШИНИСТА

В настоящее время существует большое количество предложений, законченных научных разработок и даже промышленных изделий, в той или иной степени решающих проблему контроля бодрствования машиниста. На электровозах применяются две системы контроля УКБМ и более современная система ТСКБМ. Разработка инновационной системы, основанной на фиксации параметров степени открытия глаз машиниста позволяет более качественно отслеживать уровень бодрствования машиниста непосредственно на рабочем месте в кабине машиниста с помощью видеокамер и математической обработки изображения с целью повышения качества работы приборов безопасности подвижного состава.

Ключевые слова: контроль бодрствования машиниста, подвижной состав, приборы безопасности.

Несмотря на революционное развитие электронных систем управления, сейчас, как и прежде, человеческий фактор в значительной степени определяет безопасность функционирования технических средств [1,2], представляющих потенциальную опасность. Деятельность машинистов, требующих от человека особенного внимания, крайне чувствительна к влиянию человеческого фактора и зависима от него. Ошибка в работе машиниста, чревата как минимум экономическими потерями, а часто и человеческими жертвами [4]. Введение в широкую практику средств, обеспечивающих необходимый уровень работоспособности машиниста, стало актуальной задачей [3,5]. Условием эффективности применения таких средств является мониторинг состояния человека в каждый момент рабочего времени.

В настоящее время, когда только на Российских железнодорожных дорогах за год гибнет почти 10 тысяч человек, а на долю аварий, связанных с засыпанием машиниста, приходится до 20% случаев, важной и актуальной задачей является разработка и создание безопасных устройств контроля состояния машиниста.

Чтобы избежать последствий засыпания, в наше время, существует множество различных средств и систем по контролю состояния бодрствования машиниста.

Инновационная система контроля бодрствования машиниста СКБМ-В (система контроля бодрствования машиниста с видео фиксацией параметров степени открытия глаз), основанная на использовании информации, получаемой от видеокамер, определяющих степень открытия глаз, представлена рис. 1.

Рис. 1. Стереоизображение глаз, полученное в инфракрасном диапазоне с двух камер

Для повышения качества определения факта закрытия глаз используется изображение видеокамер, направленных на лицо машиниста. На лице машиниста, обозреваемой парой видеокамер, выделяются характерные точки, что позволяет выделить из изображений участки, заведомо содержащие глаза, или указать что в данный момент таких участков на изображении нет (например, лицо машиниста вышло из поля зрения видеокамер). Затем эти изображения проходят специальную обработку (фильтрацию) с использованием различных алгоритмов, что позволяет использовать их для определения степени открытия глаз машиниста.

В результате исследований предлагается следующий алгоритм, позволяющий определять степень открытия глаз машиниста. Применить фильтр «индивидуального «размытия». Применить алгоритм подчёркивания тёмных, и светлых областей. Привести изображения к оттенкам серого цвета. Нормализовать уровень яркости (динамический диапазон). Сгладить изображение по горизонтали (с большим радиусом). Применить соответствующий цикл. Вычислить верхнюю и нижнюю границу данной области. Конец цикла.

Лицо человека предоставляет большое число различных коммуникативных функций, поэтому задача отслеживания человеческого лица является одной из важнейших задач. Отслеживание взгляда является одной из главных задач взаимодействия машиниста. Направление взгляда почти всегда выступает в роли указателя концентрации внимания человека, поэтому он является важным источником информации о текущем состоянии человека, что может быть использовано для множества различных практических задач, таких как определение состояния машиниста, определение объекта внимания и многих других. Однако для того, чтобы узнать направление взгляда необходимо знать текущее положение головы с достаточно большой точностью.

Задача распознавания лиц также требует точного позиционирования распознаваемого лица и зависит от инвариантности положения лица. Задача распознавания выражения лица требует нахождения точных положений от дельных черт лица, что невозможно без знаний о положении головы.

Структурная схема комплекса контроля бодрствования машиниста «СКБМ-В» представлена на рис. 2.

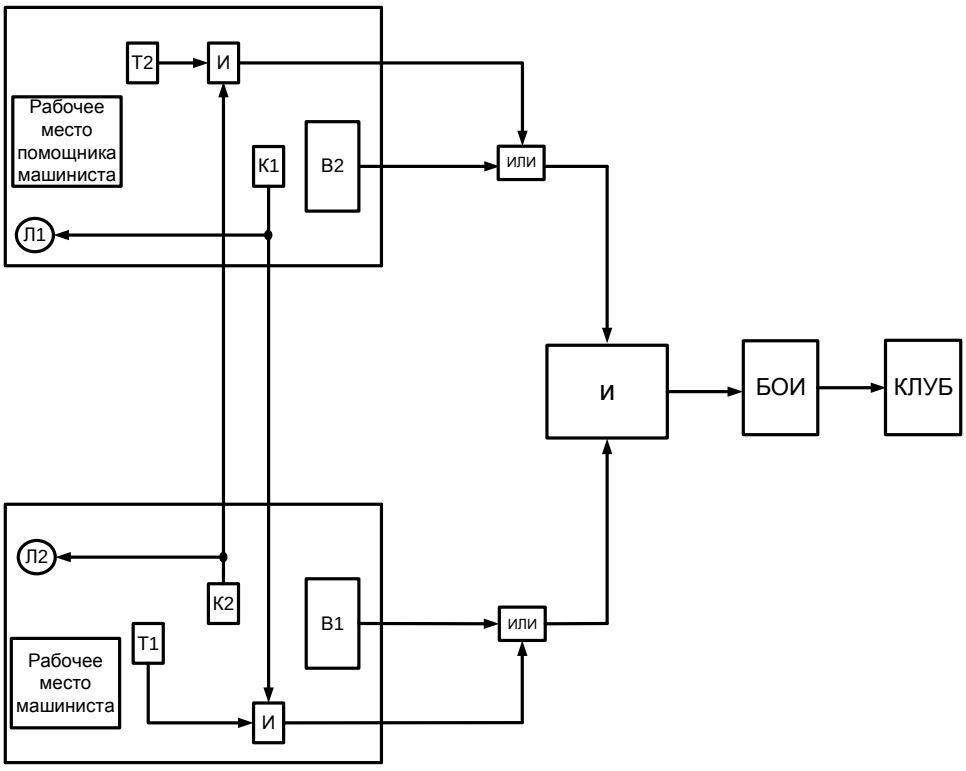


Рис. 2. Структурная схема «СКБМ-В»

Структурная схема системы «СКБМ-В» включает в себя следующие блоки:

- В – (видеокамера) – предназначенная для получения изображения степени открытия глаз помощника или машиниста
- Элемент Или (логический элемент) – выполняет математическую функцию сложение на прохождения либо 1, либо 2, либо 2 сигналов сразу.
- Элемент И (логический элемент) – выполняет математическую функцию умножения, требует наличия всех сигналов.
- Блок БОИ (блок обработки информации) – включает в себя математическую модель и микропроцессорные устройства с обработкой информации о степени закрытия глаз.
- КЛУБ-У комплекс локомотивного устройства безопасности штатное устройство локомотива.
- Т – (тумблер) - электронное устройство необходимое для работы системы СКБМ-В при наличии в кабине только одного человека.
- К – (кнопка нажатия) необходима для повышенного контроля бодрствования одного человека находящегося в кабине машиниста.
- Л – (лампочка) является световой сигнализацией информирующей о бодрствовании машиниста или помощника.

Выводы

Задача отслеживания человеческого лица является одной из важнейших задач.

Наиболее употребительным является метод поиска характерных точек.

Метод слежения за характерными точками от кадра к кадру достаточно устойчив в условиях медленных изменений освещенности и сохранения положения объекта в кадре.

Библиографический список

1. Дементиенко В.В., Герус С.В. Статистический анализ предрасположенности водителей к авариям // Нелинейный мир, 2010. 8(4). С. 255–263

2. Копытенкова О.И., Курепин Д.Е., Алиев О.Т. Современные методы контроля психофизиологическим состоянием машиниста высокоскоростного движения. Сб. научных трудов SWorld : материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». Выпуск 1. Том – Одесса, 2013. 134 с.

3. Назаренко С.Е. Личностные характеристики машинистов и помощников / С.Е. Назаренко // Локомотив, 2010. № 11. С. 12–13

4. Мудраченко С.В. [и др.]. Железнодорожная безопасность. М. : «Ариэль», 2002

5. Микрюков В.Ю. Обеспечение безопасности жизнедеятельности. Кн. 2 : Коллективная безопасность : учеб. пособие. М. : Высшая школа, 2004. 333 с.

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

О.В. Благоразумова, П.А. Багойко, Е.В. Муравьева
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ В ЧИТИНСКОЙ ДИСТАНЦИИ ПУТИ ПЧ-4

В статье рассмотрен текущий менеджмент качества в путевом хозяйстве при изменении подхода оценки текущего содержания пути от балльности к современному инструменту контроля качества – диаграмме Парето.

Ключевые слова: менеджмент качества, путевое хозяйство, балльная система, диаграмма Парето, текущее содержание пути, инструмент контроля качества.

Повышение качества перевозок грузов и пассажиров в большой степени зависят от дальнейшего наращивания мощности верхнего строения пути и его технического состояния.

Планомерный подъем и постоянное улучшение технической вооруженности пути и сооружений, а также качество их технического обслуживания должны обеспечивать безопасность и бесперебойность движения поездов, способствовать улучшению эксплуатационных и экономических показателей, что в конечном счете решает эффективность и конкурентоспособность всего перевозочного процесса [1].

Качество содержания пути (главного объекта инфраструктуры) определяет и качество перевозок, и качество транспортного обслуживания, а также является решающим при определении качества работы ОАО «РЖД», ее филиалов (дорог, отделений, дирекций по содержанию пути) и структурных подразделений (дистанций пути).

Продукцией путевого хозяйства является техническое состояние пути – набор конкретных значений различных параметров, зафиксированных в определенный момент времени согласно технической документации. Процесс выпуска продукции – техническое состояние пути, в основе которого лежит его диагностика, текущее содержание и ремонты.

Потребителем продукции путевого хозяйства является перевозочный процесс, потребности которого могут быть удовлетворены посредством решения следующих целевых задач:

- приведения состояния пути в соответствие с эксплуатационными требованиями (скоростями движения, весом поездов, осевыми нагрузками);
- поддержания заданных скоростей движения на пути данного класса и сданной структурой грузопотока при безусловном соблюдении норм безопасности и уменьшении расходов на техническое обслуживание.

Ориентация на потребителя состоит в том, что техническое обслуживание пути, как правило, не должно наносить даже минимальный ущерб перевозочному процессу.

В России балльная оценка текущего содержания пути применяется многие годы. На протяжении этого времени методы ее измерения многократно совершенствовались в соответствии с отечественной и общемировой тенденцией развития диагностики геометрии колеи.

Главный недостаток, присущий балльной оценке содержания пути – невозможность установления зависимости балльной оценки от условий эксплуатации и конструкции верхнего строения пути, а также показателей эффективности работы, в частности размера затрат, от величины балльной оценки.

Указанные цели должны балансировать с рациональными затратами, в том числе на содержание пути. Этими затратами недостаточно управлять только при помощи установленных норм и нормативов затрат, бюджетов и анализа отклонений. Несомненно, важно использование таких параметров, как эффективность использования рабочей силы и оборудования. Невозможно игнорировать и такие факторы, как дополнительные затраты, которые возникают вследствие ухудшения качества содержания пути, что сопровождается увеличением сроков доставки в связи со снижением скоростей движения поездов в результате отступлений от норм содержания пути.

Поэтому на современном этапе особую остроту приобрела проблема оценки результатов деятельности структурных подразделений хозяйства пути. Существующие в дистанциях пути технико-экономические показатели лишь косвенно связаны с целевыми установками и слабо ориентированы на повышение эффективности работы подразделения, так как они не отражают стоимость поддержания пути в состоянии, соответствующем установленным требованиям.

В будущем на смену балльной оценке состояния пути придут методы оценки колеи по количеству отступлений соответствующей степени, определяемые по фактическим параметрам и динамике изменения этого

количества в зависимости от пропущенного тоннажа, а также расчетная оценка скорости движения, соответствующая состоянию пути. Основанием для ее расчета должны стать данные о взаимосвязи статистических оценок геометрии колеи и реализуемых длительное время скоростей движения.

Также заменить балльную систему могут инструменты контроля качества – речь здесь идет об инструментах контроля, которые позволяют принимать управленческие решения. Большинство инструментов, применяемых для контроля, основаны на методах математической статистики.

Один из инструментов контроля качества – диаграмма Парето.

Для применения данного инструмента не требуется глубокое знание математической статистики, а потому сотрудники легко осваивают данную методику контроля качества в ходе непродолжительного и простого обучения.

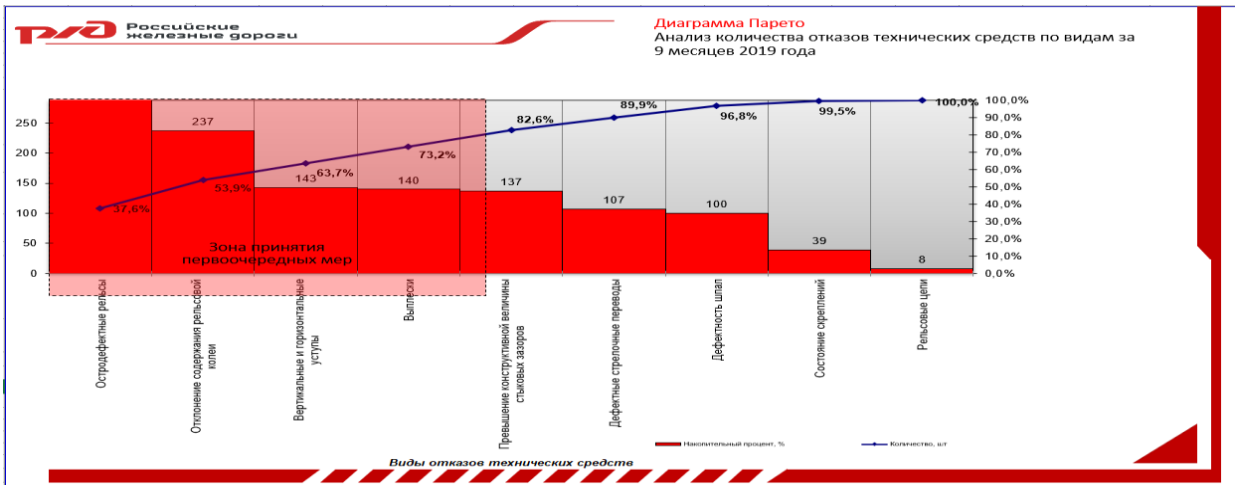
Применение данного метода позволяет выявить и ранжировать основные факторы возникновения проблем и расставлять приоритеты в их решении

Рассмотрим его применение для установления основных причин отказов технических средств железнодорожного пути, и определим факторы, которые инициируют эти причины.

Для построения диаграммы Парето были взяты данные по типу и количеству отказов технических средств за 9 месяцев 2019 года:

Нарушения	**Количество, шт**	**Доля, %**	**Накопительный процент, %**	**Накопительное количество**
Остродефектные рельсы	550	37,6%	37,6%	34
Отклонение содержания рельсовой колеи	237	16,2%	53,9%	271
Вертикальные и горизонтальные уступы	143	9,8%	63,7%	414
Выплески	140	9,6%	73,2%	554
Превышение конструктивной величины стыковых зазоров	137	9,4%	82,6%	691
Дефектные стрелочные переводы	107	7,3%	89,9%	798
Дефектность шпал	100	6,8%	96,8%	898
Состояние скреплений	39	2,7%	99,5%	937
Рельсовые цепи	8	0,5%	100,0%	945
Всего	1461	100,0%		

На основе данных таблицы построим диаграмму Парето:



При использовании диаграммы Парето наиболее распространенным методом анализа является так называемый АВС-анализ. Здесь составляющие, по которым производится анализ, разделяются на области А, В С: на группу А приходится 70...80 % всех отказов, группа В характеризуется 10...25 %, на группу С – 5...10 %.

По построенной диаграмме Парето выявлены существующие проблемы и определена область «А», в которую входят причины отказов железнодорожного пути, подлежащие первоочередному устранению и контролю.

В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что контроль пути будет эффективнее в том случае, если контроль данных дефектов будет жестким (сплошным), а контроль остальных – выборочным.

Таким образом, любое предприятие железной дороги может применить данный метод и определить с помощью диаграммы Парето проблемы поддержания качества продукции и усиленно наращивать эффективность перевозочного процесса с малым количеством затрат на устранение дефектов.

Библиографический список

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

2. Управление качеством / под ред. С.Д. Ильенковой. М. : Юнити, 2016. 287 с.

3. Управление качеством / под ред. Ильенковой С.Д. М. : Юнити, 2018. 64 с.

Г.А. Гостев
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ЧТЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ВАГОНА-ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЯ

В статье рассматриваются результаты контроля вагона-путеизмерителя и их расшифровка. Одним из наиболее важных навыков специалиста путевого хозяйства, занятого контролем и текущим содержанием пути является умение читать ленты вагона-путеизмерителя. С введением усовершенствованной техники для контроля геометрии рельсовой колеи меняется внешний облик выводимой информации, кроме этого появляются новые условные обозначения. Для овладения новой информацией зачастую технических занятий, проводимых в подразделениях железнодорожного транспорта, бывает недостаточно. Данная статья описывает в сжатом виде основные правила чтения лент вагона-путеизмерителя.

Ключевые слова: лента вагона-путеизмерителя, геометрия рельсовой колеи, условные обозначения, правила чтения.

Условно ленту вагона-путеизмерителя можно разделить на 4 области (рис. 1). Чтение графической ленты начинается с 1 области, в котором на представленной ленте указано ИНФОТРАНС: ПО версии 4.20 (ЦП-515) от 08.06.2018 КВЛ-П1МП:022(Зам. ПС Г.А. Иванов) <КРАС><24.09.2018 07:42><Прям><Сзади><Канон><09-2018 контр. Проезд:17> Л:41. ИНФОТРАНС – это производитель диагностического устройства (ТВЕМА, ПИК ПРОГРЕСС), ПО версии 4.20 – версия программного обеспечения, ЦП-515 – вариант расшифровки (ЦП-515П – от паспорта, Зам.ЦП-515П – временная инструкция ЦДИ-92), 08.06.2018 – число, месяц, год выпуска программы, КВЛ-П1МП:022 – марка и номер вагона-путеизмерителя, (Зам.ПС Г.А. Иванов) – фамилия, имя, отчество заместителя начальника (начальника) вагона-путеизмерителя, <КРАС> - название дороги, <24.09.2018 07:42> – дата и время печати подлинника километра, <Прям> – направление движения по нарастанию километров (<Обр> – по убыванию), <Сзади> – вагон сзади локомотива, <Канон> – каноническое изображение информации, т.е. результаты выводятся в направлении от начала к концу километра в базовом положении салона вне зависимости от реализуемого направления перемещения вагона и фактического положения вагона, <09-2012 – год и месяц контроля,

контр. – наименование способа проверки (раб. – рабочая, доп. – дополнительная), Проезд:17.09.2018> - дата проезда, Л:41 – номер документа по порядку.

Во 2 области сообщение интерпретируется следующим образом: «Красноярск-Тайшет(13804)» – перегон (станция) с уникальным кодом; далее приводится номер пути и номер километра. Затем приводится административная принадлежность этого километра (номера ПЧ, эксплуатационного участка, линейного участка, бригады). После этого приводятся действующие скорости, внесенные в базу паспортных данных (БПД) с разграничением через косую черту для пассажирских, грузовых поездов и грузовых поездов, имеющих в своем составе порожние вагоны (рис. 1).

Крайним в строке приводится скорость путеизмерительного вагона на конец километра. Во 2 строке области 2 (рис. 1) последовательно приводится количество неисправностей по степеням, количество ограничений скорости для пассажирских, через дробь для грузовых поездов, затем указывается скорость, до которой ограничивается движение пассажирских, грузовых и грузовых с порожними вагонами поездов через дробь. После этого приводятся действующие предупреждения на время «обкатки» и режим работы. Режим работы может быть указан либо «КрдПЧ» (координаты ПЧ), либо «СборД» (сбор данных). «КрдПЧ» – означает расшифровку сведений по БПД, предоставленной ПЧ и утвержденной определенным порядком.

В случае ее отсутствия контроль производится в режиме «СборД» – сбор данных. Этот режим используется в случае первого проезда по вновь отремонтированному или построенному перегону или станции, а также, если паспортные данные о стрелах изгиба не соответствуют фактическим. Необходимо помнить, что определенные сочетания неисправностей могут давать ограничение скорости, а также об участках с более строгими требованиями к состоянию пути.

В 3 области (рис. 1) содержатся параметры неисправностей и вспомогательных уведомлений, причем заглавия находятся в нижней части ленты: м|Отст|Ст|Откл|Дл.|Кол|Огр.ск.|. Приведенные сокращения интерпретируются следующим образом:

1. «м» – метр середины обнаруженной неисправности;

2. «Отст» – вид неисправности (Пр.п. – просадка правая, Пр.л. – просадка левая, П – перекос, Р – отклонение пути в плане по рихтовочной нити (по нерихтовочной – Рнр), сужение – Суж; уширение – Уш; отвод ШК – Отв. ш; нарушение плавности изменения ширины колеи – НПШ; отклонение по уровню – У; отклонение уровня от паспортной линии – ПЛУ; приращения уровня – Ур; обратное возвышение в кривых – У; сочетание угла в плане с просадкой – Р+Пр.п; Рнр+Пр.п; Р+Пр.л;

Р.нр+Пр.л; сочетание угла в плане с перекосом – Р+П; Рнр+П; сочетание 3х и более отступлений по рихтовке – 3Р, 3 Рнр; сочетание 3-х и более просадок – 3Пр; сочетание 3-х и более перекосов – 3П; уклон отвода возвышения – Укл; непогашенное горизонтальное ускорение в кривой – Аг; скорость изменения непогашенного ускорения в кривой – Пси);

3. «Ст» – степень неисправности (I, II, III, IV степени неисправностей);

4. «Откл» – амплитуда отступления в миллиметрах, т.е. величина наибольшего отклонения для данной неисправности. Для неисправностей по шаблону – фактическое значение ширины колеи, так же в миллиметрах;

5. «Дл.» – длина неисправности, м;

6. «Кол» – условное количество неисправностей. Кроме неисправностей по уровню и шаблону количество принимается равным единице; при этом цифра 1 не пишется. Неисправность по шаблону считается равной 1 шт., если она имеет протяженность не более 4 м; для уровня длина неисправности до 10 м соответствует 1 шт. Например, уширение II степени на 7 м – это 2 шт., на 9 м — 3 шт., а на 19 м – 5 шт.

В этом же столбце буквой «о» обозначают неисправности по уровню и в плане, выявленные в местах действия предупреждений об ограничении скорости движения поездов во время обкатки пути, имеющего недостаточную стабилизацию после производства работ; «Ур.пр» – неисправности в зоне уравнительного прибора;

7. Между графами «Кол» и «Огр.ск» указывается наличие моста или тоннеля, обозначаемое буквой «м». Наличие изостыка означается буквами «ис», угол в плане во время повышенных температур – «t+»;

8. В столбце «Огр.ск» приводятся ограничения скорости, если они есть, и признак стрелочного перевода – «Стр». Неисправности с признаком «Стр» не учитываются и не штрафуются;

9. После столбца «Огр.ск» месторасположение некоторых неисправностей приводится условными обозначениями (∨ – уклон (Укл); ▼ – непогашенное ускорение (Уск); * – скорость нарастания непогашенного ускорения (Отв.у (пси)); > – отвод ширины колеи (Отв.ш); ↑↓ – место выполнения работ на пути).

Уклон отвода возвышения (Укл) наружного рельса в кривых участках относится близким к критическому и фиксируется отметкой «?Укл», если его значение не требует ограничения скорости движения, но расчетная скорость превышает установленную для максимальной величины уклона, уменьшенной на 0,2 мм/м.

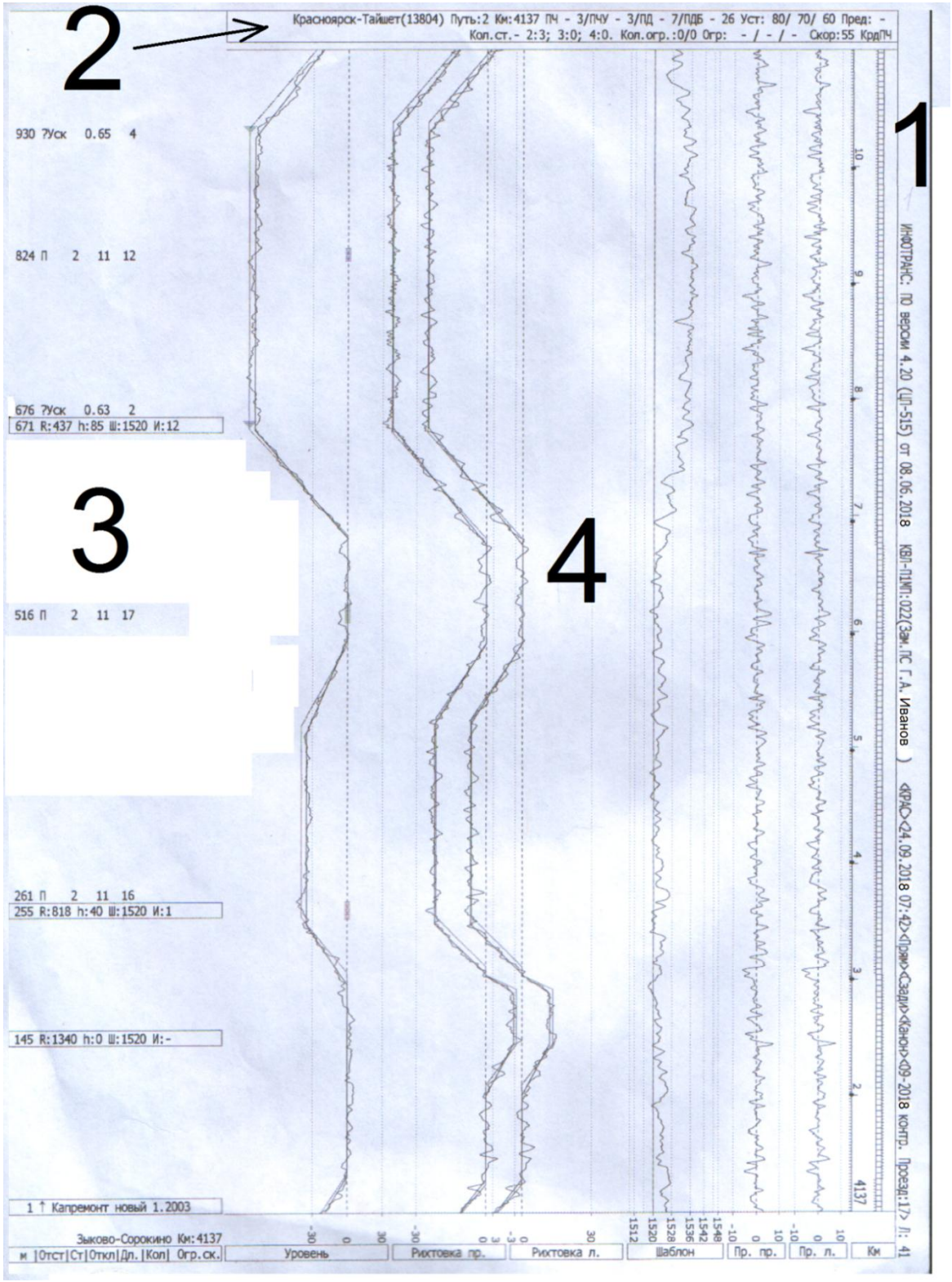


Рис. 1. Лента вагона-путеизмерителя

Значения непогашенного ускорения (Уск) и скорости его нарастания (Отв.у (пси)) считаются близкими к критическим и отмечаются знаком «?Уск», если расчетная скорость превышает установленную не более чем на 5 км/ч, либо величина несовпадения кривых по уровню и рихтовке меньше 20 м, т.е. все скорости, находящиеся в интервале от установленной до установленной плюс 5 км/ч включительно.

В основной части ленты (область 4, рис. 1) размещаются графические характеристики геометрии рельсовой колеи, наименования которых указаны ниже – это «Уровень» (возвышение одной рельсовой нити над другой), «Рихтовка пр» (отклонение в плане правой рельсовой нити), «Рихтовка л.» (отклонение в плане левой рельсовой нити), «Шаблон» (отклонение по ширине колеи), «Пр. пр.» (просадка по правой рельсовой нити), «Пр.л.» (просадка по левой рельсовой нити), «Км» (местоположение по километрам и пикетам).

Масштаб, в котором фиксируются параметры геометрии рельсовой колеи для вагона-путеизмерителя оборудованного БАС составляет: продольный 1:4000; уровень – 1:4; просадки – 1:2; ширина колеи – 1:2; отклонения рельсовых нитей в плане – 1:4 [1]. Тонкой прямой линией обозначены паспортные данные, более толстой прямой линией – нулевая линия вагона, а зигзагообразная линия – это показания с индикаторов. Боковой износ рельсов учитывается при оценке ширины колеи и позволяет не засчитывать отклонение по ширине колеи до 1536 мм, но при этом 1537 мм уже будет отступлением III степени.

На 4 области приводится пикетная шкала с нумерацией пикетов от 2 до 10 (если километр стандартный), а над ней шкала паспортных данных. Обе эти шкалы насыщены условными обозначениями, основные из которых приводятся на рис. 2:

I – паспортная шкала;

II – пикетная шкала; а – переезд, внесенный в паспорт;

б – неопределенное металлическое пересечение в рельсовой колее. Как правило, такое обозначение встречается на переездах или на участке пути, где в колее уложены рельсы; в – железобетонные шпалы, изготовлены до 1996 г.; г – железобетонные шпалы, выпущенные после 1996 г.; д – деревянные шпалы;

е – смена рихтовочной нити (как правило, переход из прямой в кривую и наоборот);

ж – коммуникации, проложенные под верхним строением пути (трубы, газопровод и прочее);

з – зона подхода к мосту. Обозначается двумя линиями; к. – мост;

л – мелкие насечки обозначают режим проверки КрдПЧ, прямая линия будет обозначать режим СборД;

м – радиочастотные метки, зафиксированные вагоном (RFID-метки) или же координаты ГЛОНАСС; н – участок, проверяемый с поднятыми роликами; о – разметка границы пикета; п – плеть, т.е. бесстыковой путь; р – участок дефектного земляного полотна (БЗП). Неисправности III и IV степеней на участке больного земляного полотна имеют обозначение «ДЗ» в области ограничения скорости;

с – отметка оператора пикетоотметчиком различных объектов пути. Здесь контроль положения изолирующих стыков; т – номер стрелочного перевода;

у – указания область свидетельствует о проследовании вагона сбоку от глухого косоугольного пересечения;

ф – такую область можно увидеть, если вагон следует через двойной перекрестный стрелочный перевод;

х – номер километра. Указывается один раз в начале километра (рис. 2).

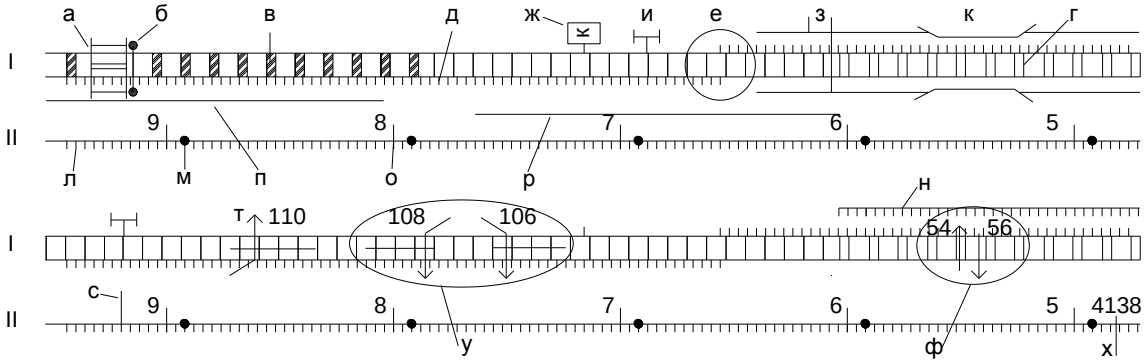


Рис. 2. Условные обозначения пикетной шкалы и шкалы паспортных данных

Библиографический список

1. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов.

З.Б. Дашинимаев, С.Ц. Батожалсанова
ООО «ЗАБТРАНСПРОЕКТ»,
г. Чита, Россия

ВЛИЯНИЕ СООРУЖЕНИЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ДЕФЕКТЫ РЕЛЬС НА УЧАСТКЕ 7902-7903 КМ ПЕРЕГОНА ПОЗДЕЕВКА–ВОЗЖАЕВКА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В статье проведен анализ влияния сооружений земляного полотна на дефекты рельс, а также выявления и замены остро-дефектных и дефектных рельс (ОДР и ДР), предложены проектные решения по проблеме.

Ключевые слова: земляное полотно, дефект, рельсы, ремонт, Забайкальская железная дорога

Для регулирования и отвода грунтовых и подземных вод используются дренажи и лотки. К примеру, на Забайкальской ж.д. устроены:

1) Лотки протяженностью 73,47 км из них 29,416 км дефектные,

2) Дренажи протяженностью 106,319 км из них 49,313 км дефектные.

Участок пути 7902-7903 км перегона Возжаевка–Поздеевка, расположен в выемке высотой 1,0–2,0 м, профиль – спуск 10 $^{0}/_{00}$, кривая радиусом 600 м. В 2002 г. произведен капитальный ремонт четного пути. С четной стороны в интервале 7902км ПК2+90 – 7903км ПК5+25 расположен дренаж не глубокого заложения, глубиной 0,5–1,0 м.

Дренаж построен в 1939 г. керамические перфорированные трубы и бетонные смотровые колодцы. При обследовании дренажа по 24 смотровым колодцам обнаружено следующее:

- разрушение перфорированных труб и смотровых колодцев, которое привело к обсыпанию в дренаж балластного щебня и загрязнителя;

- в зависимости от состояния перфорированных труб, идет чередование застоев, отсутствия и незначительного стока воды по дренажной системе, что указывает на наличие достаточного количества грунтовых вод и отсутствие нормального перехвата и отвода грунтовых вод дренажной системой (рис. 1);

- выход дренажа так же разрушен и деформирован. Выпуск воды происходит около выходной трубы, в виде небольшого родника (мочажины);

- в районе выпуска образовалось переувлажненное место (болото). Основной причиной данного факта явилось расположение выпуска с четной (нагорной) стороны в совокупности с расположением ближайшего ИССО (моста, водопропускной трубы) через 3,8 км;

Рис. 1. Вывал щебня из перфорированной трубы. Чередование застоев, отсутствия и незначительного стока воды по дренажной системе

Отсутствие сбора грунтовых вод дренажем способствует подъему уровня грунтовых вод в основании балластной призмы. Высокий уровень грунтовых вод приводит к застоям дождевых вод в балластной призме, что вызывает образование выплесков в летний период (рис. 2) и развитие верховых и низовых пучин в зимний период. Все это приводит к значительным расстройствам пути.

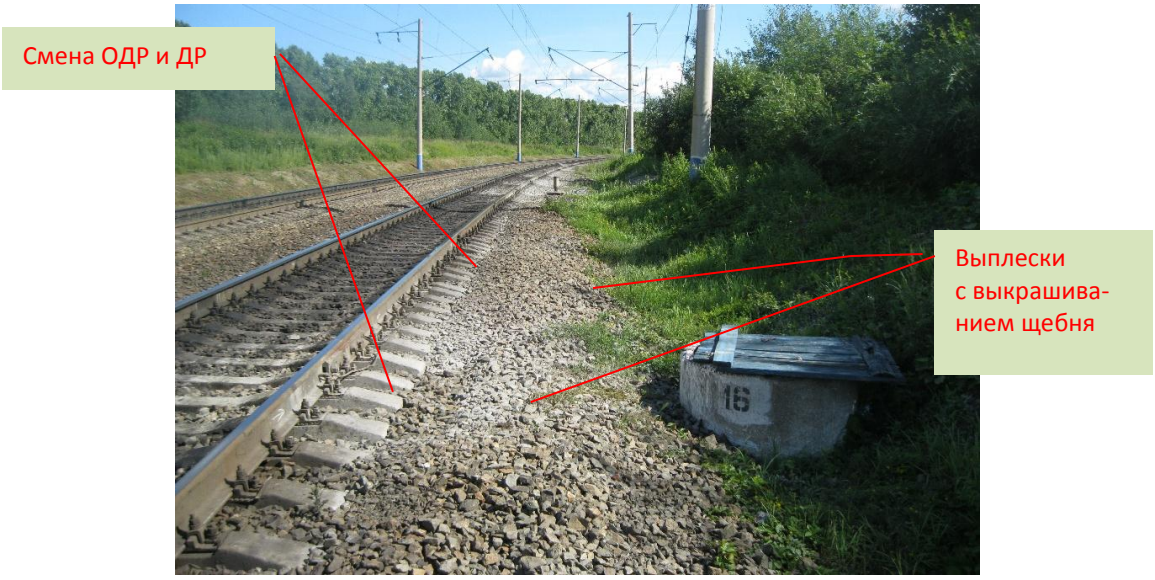


Рис. 2. Участок 7902 км

Анализ выявления и замены остро-дефектных и дефектных рельс (ОДР и ДР) указывает на следующие факты:

- наибольшее количество ОДР и ДР выявляется и заменяется по четному пути на 7902, 7903 и 7904 км, где из-за не работающего дренажа распространены выплески и пучины. Ежегодно меняется от 13 до 33 рельс на 1 км. На соседних КИЛОМЕТРАХ ежегодно меняется 0–3 рельса (табл. 1);
- наиболее распространенные коды дефектов 17.1 и 85.1 выявляемые по стыкам и сварным стыкам. Наибольшее проявлении данных типов ОДР и ДР в основном образуется из-за выплесков и пучин (табл. 2 и рис. 3). Поскольку колесная пара делает наибольший удар по рельсам именно в районе стыков с выплесками и пучинами.

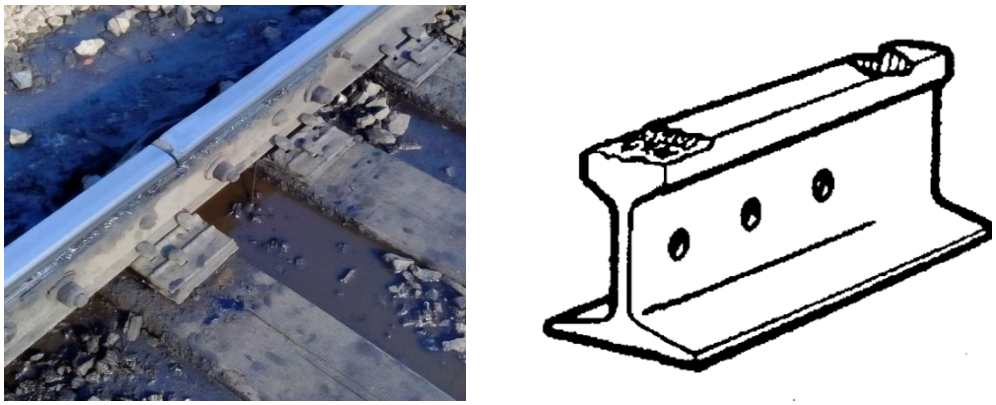


Рис. 3. Отслоение и выкрашивание металла по стыкам на участке выплеска и верховой пучины

Таблица 1

Число замененных в одиночном порядке дефектных и остро дефектных рельсов, шт.

1 путь	7900		7901		7902		7903		7904	
	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки
2014	0	0	0	0	**1**	**4**	0	0	1	1
2015	0	0	0	0	**1**	**5**	0	0	0	1
2 путь	7900		7901		7902		7903		7904	
	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки	за год	с начала укладки
2014	1	15	**3**	**32**	**3**	**39**	**13**	**113**	**7**	**32**
2015	3	18	**5**	**37**	**6**	**33**	**13**	**132**	**2**	**34**

* красным цветом шрифта и желтой заливкой выделены большие значения замены рельс.

Таблица 2

Число дефектных рельс на 01.01.2016г., требующих замены

	7900		7901		7902		7903		7904	
	шт.	м.	шт.	м.	шт.	м.	шт.	м.	шт.	м.
1 путь	0	0	0	0	0	0	1	25	0	0
2 путь	0	0	3	35	**9**	**166**	**11**	**184**	3	65

* красным цветом шрифта и желтой заливкой выделены большие значения замены рельс.

По окончании зимы, резкое оттаивание грунтов приводит к внезапным расстройствам пути. По данным вагонов-путеизмерителей за 2015 год выданы ограничения скорости при установленной скорости 90 км/час:

60 км/час в апреле 2015 г по рабочему проходу на 7902км;

60 км/час в апреле 2015 г по контрольному проходу на 7903 км;

40 км/час в мае 2015 г по рабочему проходу на 7903 км.

Все эти данные подтверждают необходимость ремонта и реконструкции дренажа на участке 7902–7903 км.

Для обоснования технических решений с применением ГТМ «ДиатомИК» для стабилизации пути на 7902–7903км. произведен анализ следующих данных:

- данных ПЧ-17 о состоянии пути и дренажных сооружений;
- данных спутниковых снимков и топографических карт;
- визуальный осмотр;
- данные геологических и гидрогеологических карт

Общие гидрогеологические данные указывают на следующие характеристики:

- Грунтовые и поверхностные воды стекают с четной (нагорной) на нечетную сторону. Этот факт определен по гидрогеологическим и топографическим картам, а также по визуальному обследованию;
- По геологической карте определенно переслаивание песков с глинами. Слои песка служит водоносным горизонтом;
- Основным источником питания водоносного горизонта являются атмосферные осадки. Пологий рельеф, слабонаклонное залегание грунтов и наличие посевных сельскохозяйственных полей приводит к большой аккумуляции (сбору) воды в грунтах. Из этого следует, что невозможно истощение водоносного горизонта, на данный факт так же указывает длительная эксплуатация дренажа;

- Водоносный горизонт подсечен выемкой глубиной 1,0–2,0 м. Что указывает на длительное перемерзание водоносного горизонта и постоянный подток влаги к ж.д. путям в зимний период;
- Наклонный рельеф к ж.д. путям и наличие воды в некоторых дренажных колодцах указывает на дренирование грунтовых вод с четной на нечетную сторону;
- Гидрографическая сеть ручьев и логов, указывают на необходимость перепуска водоотводных и дренажных сооружений на нечетную строну в районе 7903км ПК7 (рис. 3.1);

Рис. 3. Фрагмент карты Четвертичных отложений масштаба 1:200 000

Предварительные проектные решения:

- Продольный дренаж утепленный гранулированным или щебенистым утеплителем (на основе пено-стекольной или пено-керамической технологии) глубиной 0,7–1,0 м от существующего дна кювета, протяженностью 1410 м с четной стороны в интервале 7902км ПК2+90 – 7903 км ПК7+00. Для перехвата и отвода грунтовых вод с водоносного горизонта с нечетной стороны, а также отвода поверхностных вод с основной площадки. С целью предотвращения выплесков и пучин;
- Поперечный дренаж на 7903 км ПК7+00 для пропуска грунтовых вод на нечетную сторону длиной 30 м;

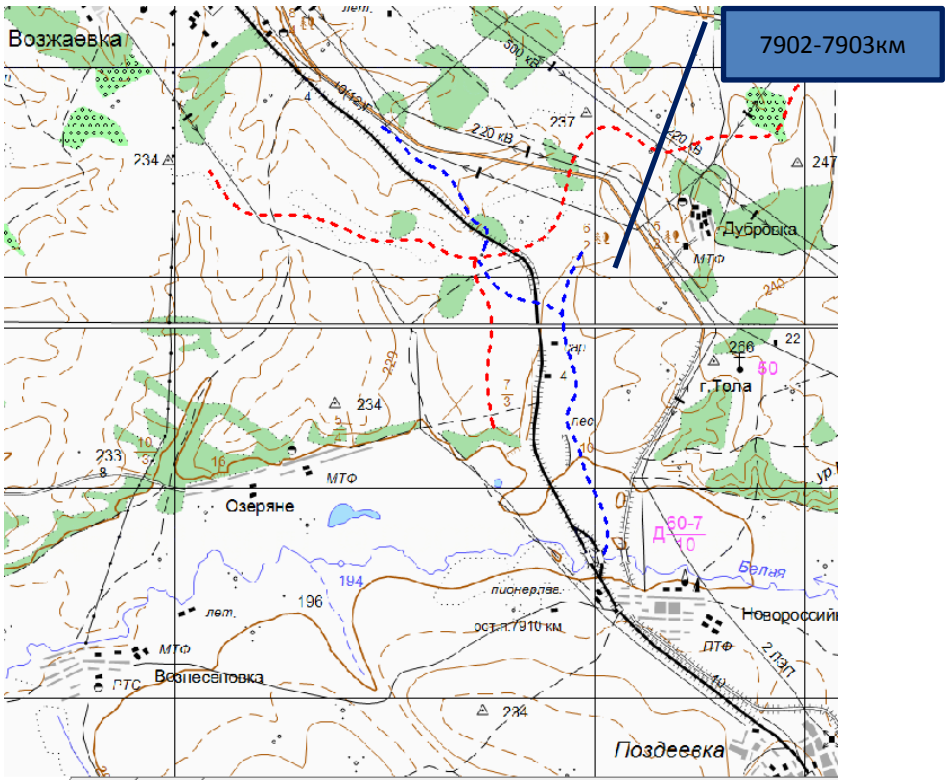


Рис. 3. Фрагмент топографической карты масштаба 1:25 000.
* красный пунктир – водоразделы, синий пунктир – русла ручьев.

- Выпуск дренажной системы, утепленный гранулированным или щебенистым утеплителем (на основе пено-стекольной или пено-керамической технологии) длиной 30 м;
- Продольный лоток утепленный гранулированным или щебенистым утеплителем (на основе пено-стекольной или пено-керамической технологии) протяженность 320 м с четной стороны 7902 км ПК2+90 – 7901 км ПК9+70, для отвода грунтовых и дождевых вод в начале выемки и нулевых местах, с целью предотвращения выплесков и пучин;
- Утепление и укрепление откосов с помощью гранулированным или щебенистым утеплителем (на основе пено-стекольной или пено-керамической технологии).

После ремонта дренажных и водоотводных сооружений приостановится проявления остро дефектных рельсов на данном участке.

З.Б. Дашинимаев, С.Ц. Батожалсанова
ООО «ЗАБТРАНСПРОЕКТ»,
г. Чита, Россия

ИННОВАЦИОННОЕ КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ДРЕНАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

В статье проведен технико-экономическая оценка эффективности применения инновационной конструкции дренажа, выраженная в увеличении межремонтных сроков (в долговечности конструкции) и проведении строительно-монтажных работ по устройству дренажа

Ключевые слова: земляное полотно, дренаж, ремонт, вечная мерзлота, отвод грунтовых и подземных вод.

Водные потоки оказывают значительное влияние на температурный режим грунтов и развитие мерзлотных процессов, что приводит к различным деформациям железнодорожного (ж.д.) пути и других объектов инфраструктуры. Поэтому регулирование и отвод поверхностных и подземных вод в районах распространения сезонно- и многолетне- мерзлых грунтов, является сложной и важной задачей инженерной защиты объектов ж.д. инфраструктуры [1].

Для регулирования и отвода грунтовых и подземных вод используются дренажи и лотки. К примеру, на Забайкальской ж.д. устроены:

1) Лотки протяженностью 73,47 км из них 29,416 км дефектные,

2) Дренажи протяженностью 106,319 км из них 49,313 км дефектные.

Многолетние наблюдения за дренажными системами и лотками на Забайкальской ж.д. построенных по типовым проектным решениям с применением бетонных, керамических и деревянных конструкций без дополнительной теплоизоляции указывают на следующие недостатки:

1) Тепловое влияние потоков воды в дренаже и лотке приводит к оттаиванию многолетнемерзлых грунтов в основании дренажной системы. Что приводит к деформациям бетонных конструкций (рис. 1 и 2).

2) Сезонное промерзание грунтов ниже дренажных сооружений с пучением грунтов, и соответственно перемерзание воды внутри них (рис. 3). Что приводит к разрушениям дренажной трубы, и в дальнейшем к прекращению функционирования дренажа.

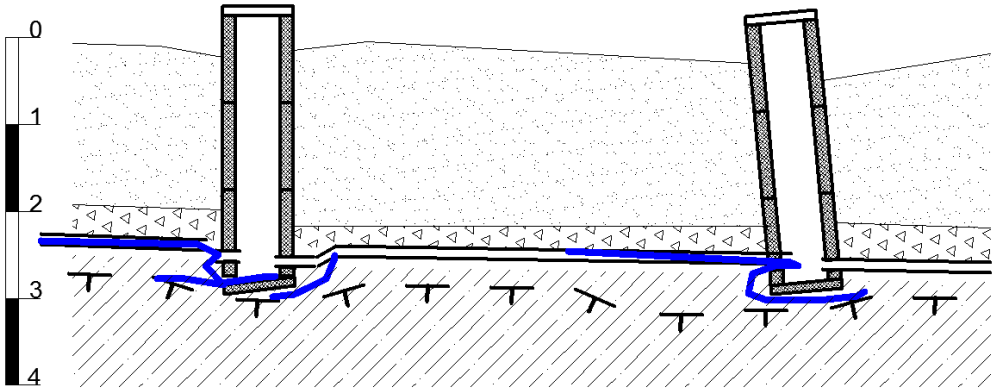


Рис. 1. Оттаивание многолетнемерзлых грунтов в основании дренажных колодцев и разрушение дренажа с прекращением отвода воды

Рис. 2. Деформации смотровых колодцев дренажа

Рис. 3. Образование наледей при постоянном гидравлическом напоре. Слева в смотровом колодце, справа сподкюветного дренажа

Отсутствие регулированного стока воды приводит к образованию застоев воды в грунтах насыпи и балластной призмы. Что в летний период приводит к разжижению грунтов и потери их несущей способности. А в зимний период приводит к образованию пучин при промерзании переувлажненных грунтов.

Современные знания в области инженерной-геокриологии, инновационные материалы в совокупности со строительными технологиями и техникой, позволяют разработать, запроектировать и построить надежные и долговечные дренажные сооружения.

Нами разработаны и обоснованы новые конструктивные решения для устройства дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты (рис. 5). Новые конструктивные решения является более функциональным при регулировании мерзлотно-гидрогеологических условий и имеют превосходства в эксплуатационно-технических показателях, в отличии от типовых решений по устройству дренажей.

В типовом исполнении применяются дренажные трубы в обсыпке из дренирующих грунтов (щебня фракционного), редко применяется пенополистирольные плиты над дренирующей засыпкой.

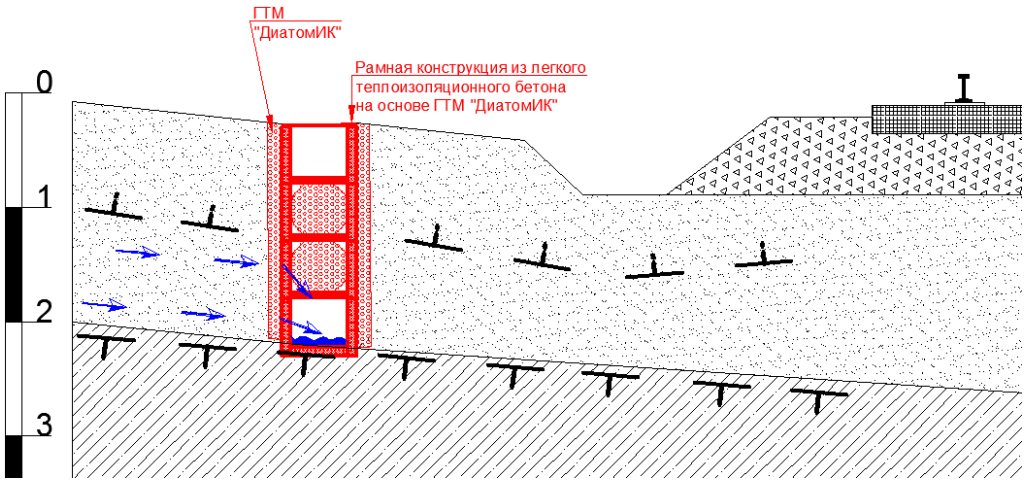


Рис. 5. При сезонном промерзании грунтов в талой зоне происходит свободное просачивание грунтовых вод в дренажную систему

В начале зимнего периода (рис. 5 и 6) в перехват грунтовых вод происходит в нормальном режиме, как в типовой конструкции, так и в новой конструкции.

Далее происходит полное промерзание сезонно-талого слоя, и фильтрация грунтовых вод останавливается. При этом в типовых дренажных конструкциях происходит полное промерзание грунтов дрен. засыпки и самой дренажной трубы.

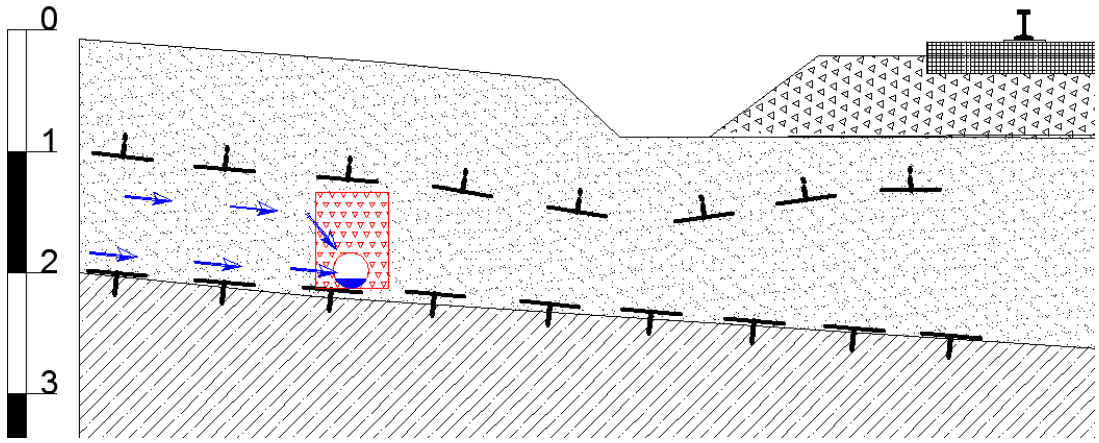


Рис. 6. При сезонном промерзании грунтов в талой зоне происходит свободное просачивание грунтовых вод в дренажную систему

Весной оттаивание грунтов начинается с дневной поверхности, и в верхней части разреза начинается сток грунтовых вод над мерзлыми грунтами. При мерзлом состоянии дрен. засыпки, не возможен перехват грунтовых вод в дренажной трубой типового исполнения (рис. 7). Что приводит к стоку грунтовых вод к ж.д. путям. Соответственно приводит к разжижению грунтов основания ж.д. путей и как следствие образование перекосов и просадок ж.д. пути.

Кроме этого тепловое влияние потоков воды в дренаже и смотровых колодцах приводит к оттаиванию многолетнемерзлых грунтов в основании дренажной системы (рис. 1). В Министерстве путей сообщения РФ, были приняты периодичности капитального ремонта дренажных сооружений через 5–7 лет [2], предположительно по причине недолговечности типовых конструкций.

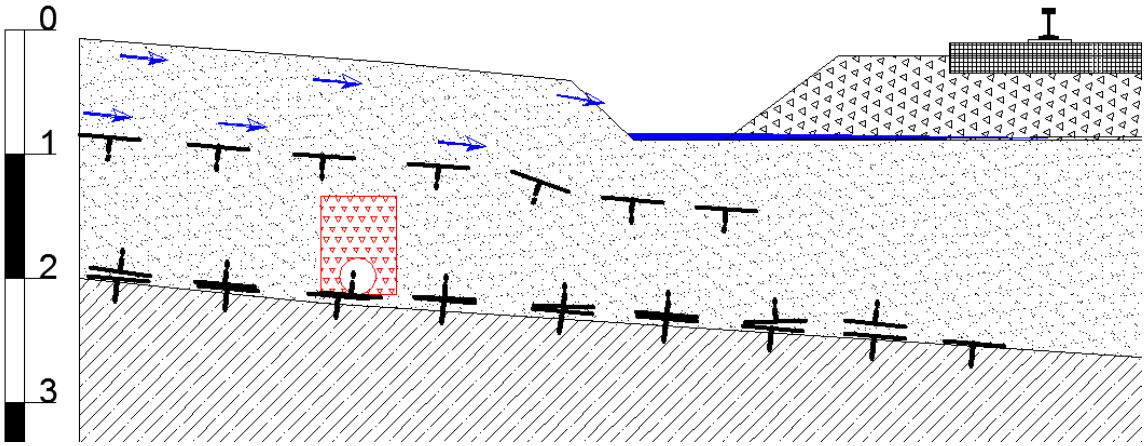


Рис. 7. Отсутствие перехвата грунтовых вод весной при оттаивании мерзлых грунтов

В дренаже инновационной конструкции с применением ГТМ «ДиатомИК» все приведённые недостатки исключены. Весной при оттаивании верхней части разреза грунтовые воды полностью перехватывают инновационной конструкцией дренажа (рис. 8). Через гранулированный состав ГТМ «ДиатомИК» вода просачивается в любое время года. А в зимний период предотвращает замерзание воды внутри дренажного сооружения и соответственного его разрушения.

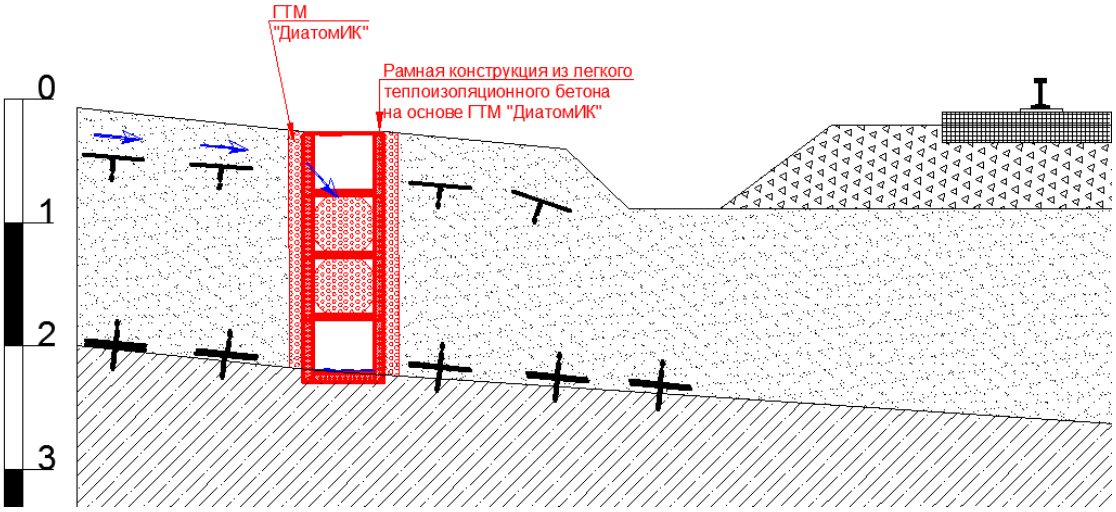


Рис. 8. Полный перехват грунтовых вод весной при оттаивании мерзлых грунтов

При движении воды по рамной конструкции из легкого теплоизоляционного бетона тепло не передается в многолетнемерзлые грунты в основании дренажа.

В настоящее время эффект утепленного пропуска дренажных вод через массив ГТМ «ДиатомИК» успешно эксплуатируется на Забайкальской ж.д. [3]. Данные решения получили положительные заключение на заседании Научно-технического совета ОАО «РЖД» [4].

Очевидна технико-экономическая эффективность применения инновационной конструкции дренажа, выраженная в увеличении межремонтных сроков (в долговечности конструкции) и проведении строительно-монтажных работ по устройству дренажа [5].

Для применения данной конструкции необходимо разработать и утвердить изменения в нормативно-техническую документацию.

Библиографический список

1. Исследования процессов промерзания и оттаивания земляного полотна железных дорог, реконструируемых участков второго пути Байкало-Амурской Магистрали на вечномерзлых грунтах / С.А. Кудрявцев [и др.] // Второй международный симпозиум земляного полотна в холодных регионах. Новосибирск : СГУПС, 2015. С. 12–18
2. Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути ЦП-544. М., 1998
3. Утепление железобетонных конструкций для пропуска дренажных вод на Забайкальской ж.д. / В.П. Мельников [и др.] // Путь и путевое хозяйство : журнал. М., 2017. № 7. С. 13–15
4. Земляное полотно на многолетнемерзлых грунтах // Железнодорожный транспорт : журнал. М., 2017. № 3. С. 68–72
5. Технико-экономические показатели инновационных дренажей и лотков на Севере / В.П. Мельников [и др.] // Транспортное строительство : журнал. М., 2017. № 8. С. 22–26

Н.И. Карпущенко, И.К. Ардышев
Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия

ПРОДОЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ РЕЛЬСОВ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЕЗДНОЙ НАГРУЗКИ

В публикации представлены результаты теоретических исследований продольных деформаций рельсов бесстыкового пути в местах временного восстановления дефектных рельсовых плетей под воздействием тормозной нагрузки и изменений температуры. Составлены, решены и проанализированы уравнения продольных колебаний и продольных сил в рельсовых плетях по длине поезда в случае применения пневматических тормозов и рекуперативного торможения электровоза. Даны рекомендации, как избежать риска выброса бесстыкового пути в кривых малого радиуса в случае интенсивного торможения поездов.

Ключевые слова: продольные деформации, бесстыковой путь, поездная нагрузка, выброс бесстыкового пути, продольные колебания, продольные силы.

Бесстыковой путь является одной из наиболее прогрессивных конструкций верхнего строения железнодорожного пути. В то же время в пути увеличивается количество дефектных участков плетей, которые

необходимо своевременно ликвидировать [1]. В настоящее время на сети дорог ОАО «РЖД» имеется 200 тыс. мест в рельсовых плетях, не восстановленных сваркой [2].

В связи с этим необходимы исследования напряжённо-деформированного состояния рельсовых плетей в местах их временного восстановления под воздействием проходящих поездов и изменений температуры.

В настоящее время широкое распространение получила конструкция бесстыкового пути с промежуточными скреплениями клеммного типа и резиновыми прокладками, при которых обеспечивается упругая продольная связь рельсов с основанием. При нормальном функционировании таких связей наибольший интерес представляют не угон рельсов по основанию, который в этом случае возникает только после отказа системы связей, а упругие продольные перемещения рельсов, вызванные идущим поездом. Важной особенностью расчётов бесстыкового пути при рассмотрении продольных перемещений рельсов, оказывающей существенное влияние на их значение, является необходимость учёта неразрывности деформаций рельсовых плетей неограниченной длины [3].

При выводе уравнения продольных колебаний рельса будем предполагать, что в недеформированном состоянии его продольная ось прямолинейна и совпадает с линией центров тяжести поперечных сечений. Эту прямолинейную ось примем за координатную ось *z*. Обозначим через *m* распределённую (погонную) массу рельса, *V* – скорость движения поезда, *F* – площадь поперечного сечения рельса, *E* – модуль упругости рельсовой стали. Обозначим далее через *W (z, t)* интенсивность внешней нагрузки, направленной по оси рельса, а через *f (z, t)* – упругий отпор основания продольным смещениям.

Уравнение продольных колебаний рельса получим, составив уравнение Эйлера по формуле [4]:

$$m\frac{\partial^2\lambda}{\partial t^2} - EF\frac{\partial^2\lambda}{\partial z^2} + f(z,t)\lambda = W(z,\ t). \qquad (1)$$

Форма главного колебания или собственная форма продольных колебаний рельса в среде без трения соответствует однородному уравнению:

$$(mV^2 - EF)\frac{\partial^2\lambda}{\partial z^2} + U^{\Gamma}(z)\lambda = 0. \qquad (2)$$

Решение дифференциального уравнения (2) значительно упрощается, если криволинейную функцию $U^{\Gamma}(z)$ заменить ступенчатой. В соответствии с этим в пределах одного участка (см. рис.):

$$\left[U_0^{\Gamma} + aUy(z)\right] = U_i^{\Gamma} = const. \tag{3}$$

Если продольную тормозную нагрузку, передаваемую от колёс подвижного состава на рельсы, принять распределённой с интенсивностью $\tau(z)$, то дифференциальное уравнение продольных перемещений рельса (2) примет вид [4]:

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} + \frac{U^{\Gamma}(z)}{mV^2 - EF}\lambda = \frac{\tau(z)}{mV^2 - EF}. \tag{4}$$

При скоростях движения грузовых поездов $V \leq 90$ км/ч можно принять $mV^2 = 0$.

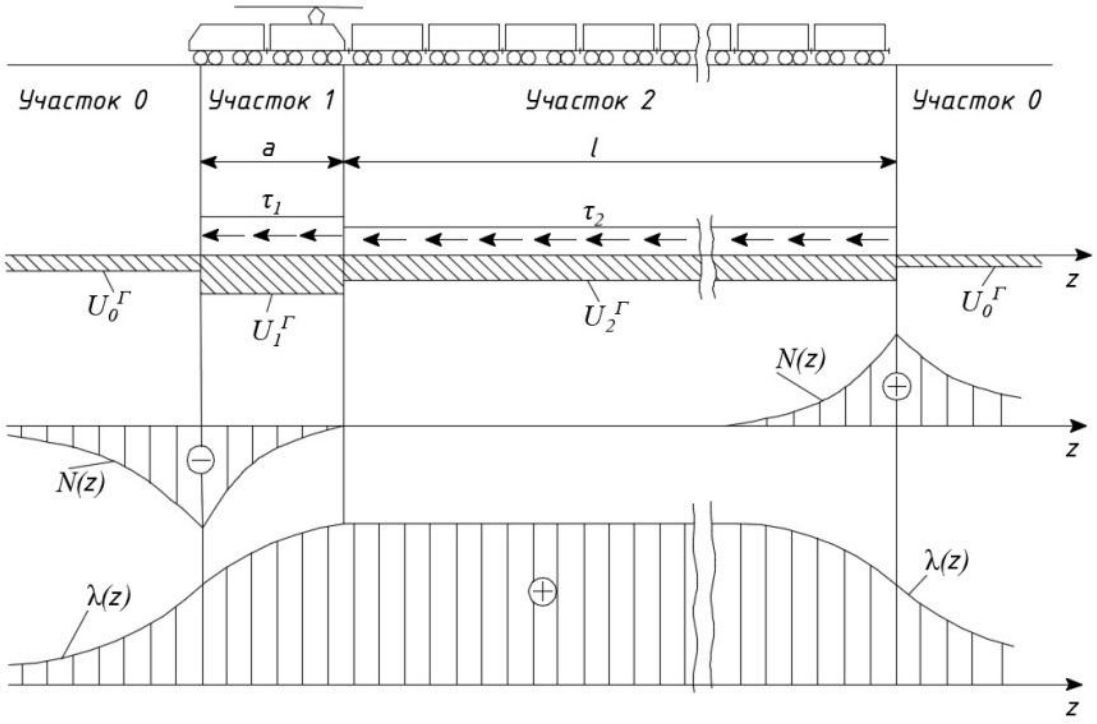


Рис. 1. Схема продольных сил и перемещений рельсов при механическом торможении поезда: $N(z)$ – эпюра продольных сил; $\lambda(z)$ – эпюра продольных перемещений рельсов

Интенсивность распределенной тормозной нагрузки $\tau(z)$ по длине поезда неодинакова, но в первом приближении ее можно принять ступенчатой, равной τ_1 под локомотивом и τ_2 под вагонами. Упругий про-

дольный отпор основания $U^{\Gamma}(z)$ примем также ступенчатым. Из расчетной схемы (см. рис.) видно, что рельсовую нить, загруженную распределенной тормозной нагрузкой, можно разбить на четыре участка. Расположим начало координат в конце поезда, имеющего длину $l+a$, где a – колесная база локомотива.

На участке $0<z<l$ под вагонной нагрузкой на рельсы действует продольная распределенная нагрузка τ_2 и вертикальная распределенная нагрузка:

$$q_{\text{в}}=\frac{Q_{\text{п}}-Q_{\text{л}}}{l}, \tag{5}$$

где $Q_{\text{п}}$ – вес поезда; $Q_{\text{л}}$ – вес локомотива.

Для этого участка согласно уравнению (5):

$$\frac{\partial^2\lambda}{\partial z^2}+\frac{U_2^{\Gamma}}{EF}\lambda=\frac{\tau_2}{EF}, \tag{6}$$

где $U_2^{\Gamma}=U_0^{\Gamma}+aq_{\text{в}}$.

Решение уравнения (6) будем искать в виде:

$$\lambda(z)=A_1\text{sh}k_2z+A_2\text{ch}k_2z+\frac{\tau_2}{U_2^{\Gamma}}, \tag{7}$$

Дифференцируя выражение (7) и учитывая закон Гука, получим:

$$N(z)=k_2EF(A_1\text{ch}k_2z+A_2\text{sh}k_2z). \tag{8}$$

При $z=0$:

$$\lambda_{(0)}=A_2+\frac{\tau_2}{U_2^{\Gamma}};\ N_{(0)}=EFA_1k_2. \tag{9}$$

На участке $l<z<l+a$ в пределах колесной базы локомотива, идущего в режиме рекуперативного торможения, на рельсы действуют продольная распределенная нагрузка τ_1 и вертикальная распределенная нагрузка (см. рис.):

$$q_{\text{л}}=\frac{Q_{\text{л}}}{a}. \tag{10}$$

Уравнение (4) для этого участка примет вид:

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} + \frac{U_1^{\Gamma}}{EF}\lambda = \frac{\tau_1}{EF}. \qquad (11)$$

Решение этого уравнения аналогично уравнениям (7) и (8).

При применении пневматических тормозов изменение продольных сил и продольных перемещений рельсов происходит только в начале и в конце поезда. В средней части поезда продольные силы в рельсах равны нулю, продольные перемещения постоянны и определяются выражением:

$$\lambda_{max} = \frac{\tau_2}{U_2^{\Gamma}} = \frac{\tau_2}{U_0^{\Gamma} + aq_{\text{в}}}. \qquad (12)$$

При рекуперативном торможении поезда τ_2=0 максимальных значений продольные перемещения рельсов λ достигнут под локомотивом на участке $l < x < l + a$. В случае применения двойной и тройной тяги и рекуперативного торможения наибольшие значения продольных перемещений рельсов приближенно можно определять по формуле, аналогичной формуле (12):

$$\lambda_{max} = \frac{\tau_1}{U_1^{\Gamma}} = \frac{\tau_1}{U_0^{\Gamma} + aq_{\text{л}}}. \qquad (13)$$

Таким образом, как при электрическом, так и при механическом торможении поезда максимальные продольные перемещения рельсов прямо пропорциональны погонной тормозной нагрузке и обратно пропорциональны модулю продольной упругости подрельсового основания с учётом пригруза от подвижного состава.

Выполним расчеты продольных сил и перемещений рельсов в зависимости от величины нагрузок колесных пар электровозов и вагонов на рельсы и вида торможения подвижного состава, результаты которых приведены в табл. 1.

Для предотвращения случаев нарушения поперечной стабильности бесстыкового пути и случаев изломов плетей с образованием зазоров, опасных для прохода поезда, рельсовые плети должны закрепляться на постоянный режим работы при оптимальной температуре ($t_{\text{опт}} \pm 5\,°C$) [6].

Риск температурного выброса бесстыкового пути перед электровозом, идущим в режиме рекуперативного торможения, оценим сопоставлением сжимающих сил от повышения температуры N_t и тормозных сил N_τ, передающихся на рельсы:

$$N_t = N_\tau;\ \alpha EF\Delta t = k_0 EF\frac{\tau_1}{U_1^\Gamma}, \qquad (14)$$

откуда $\Delta t = \frac{k_0\tau_1}{\alpha U_1^\Gamma} = \frac{0,075\cdot 10,4\cdot 10^3}{0,118\cdot 10^{-4}\cdot 20,5\cdot 10^6} = 3,2\,°C.$

Величина $\Delta t = 3\,°C$ небольшая, однако, если бесстыковые плети закреплены в оптимальном интервале с нижней границей $mint_з = 25\,°C$, которая в кривой радиусом $R = 300$ м совпадает с минимальной расчётной $mint_з$ из условия устойчивости пути:

$$mint_з = t_{max\,max} - \left[\Delta t_у\right]. \qquad (15)$$

Для г. Новосибирска $t_{max\,max} = 55\,°C$, $\left[\Delta t_у\right] = 30\,°C$, $mint_з = 55 - 30 = 25\,°C$. При учёте тормозной нагрузки: $mint_з = 55 - (30 - 3) = 28\,°C > \left[mint_з\right] = 25\,°C$.

В этом случае возникает проблема повышения поперечной устойчивости бесстыкового пути за счёт увеличения эпюры шпал, укладки шпал с увеличенным поперечным сечением или омоноличивания плеча балластной призмы.

Таблица 1

Максимальные продольные силы и перемещения рельсов в зависимости от осевых нагрузок и вида торможения

Вид подвижного состава	Вид торможения	Нагрузки колесных пар на рельсы, кН			
		230		250	
		перемещения, мм	силы, кН	перемещения, мм	силы, кН
Электровоз	рекуперативное	0,24	43	0,26	47
	экстренное	0,45	61	0,49	66
Вагоны	служебное	0,18	22	0,19	34
	экстренное	0,41	52	0,44	57

Риск возникновения температурного выброса бесстыкового пути перед электровозом оценен сопоставлением продольных сжимающих сил от повышения температуры в рельсовых плетях и воздействия тормозной нагрузки. В связи с этим допустимый перепад температуры по устойчивости пути против выброса в кривых радиусом 300 м и менее снижается на 3 °*C*, что вызывает необходимость повышения поперечной

устойчивости пути за счёт увеличения эпюры шпал до 2100 шт./км или укладки шпал с увеличенным поперечным сечением их торца.

Библиографический список

1. Яновский А.С. Итоги 2018 года, задачи 2019 года // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 1. С. 1–6

2. Каплан В.Н. Повышение стабильности пути в стыках // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 4. С. 29–32

3. Коган А.Я. Динамика пути и его взаимодействие с подвижным составом : моногр. М. : Транспорт, 1997. 326 с.

4. Карпущенко Н.И. Надежность связей рельсов с основанием : моногр. М. : Транспорт, 1986. 150 с.

5. Карпущенко Н.И., Труханов П.С. Проектирование и расчеты элементов верхнего строения железнодорожного пути. Новосибирск : Изд. СГУПСа, 2016. 192 с.

6. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути : утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2544/р

М.А. Карюкин
Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия

КОНСТРУКЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО РЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ВИТКОВОЙ КЛЕММЫ

В статье рассматривается изучение клеммы в виде пружины кручения или витковой клеммы. Исследования проведены на основе изучения напряжённо деформированного состояния компьютерных моделей, созданных с помощью программы SolidWorks.

Ключевые слова: витковая клемма, клемма в виде пружины кручения, промежуточные рельсовые скрепления, верхнее строение пути, напряженно деформированное состояние.

Являясь средством для надёжного соединения рельсов с подрельсовым основанием, промежуточные рельсовые скрепления на прямую определяют надёжность, параметры геометрии и пространственной жёсткости рельсовой колеи, от чего в свою очередь зависят условия взаимодействия пути и подвижного состава, а также затраты на строительство и текущее содержание.

На сегодняшний день на сети Российских железных дорог активно внедряются отечественные промежуточные рельсовые скрепления АРС-4 и ЖБР-65 с упругими прутковыми клеммами [1; 2]. Такие скрепления имеют упругие клеммы единой формы – В-образную клемму и имеют лишь небольшие отличия между собой в геометрии.

Главным недостатком данных клемм остаётся высокая величина усилий, необходимых для прижатия рельса к подрельсовому основанию в процессе эксплуатации. Поэтому вопросы по совершенствованию конструкции упругих клемм, оптимизации их геометрических размеров являются актуальными.

Для этого необходимо провести анализ направлений оптимизации геометрических размеров современных упругих клемм отечественных промежуточных рельсовых скреплений, главными задачами которого являются:

– установление рекомендуемых геометрических размеров существующих упругих клемм;

– оптимизации геометрических размеров существующих упругих клемм.

Исследования по данной теме начаты с изучения напряжённо деформированного состояния моделей упругих клемм В-образной формы скреплений ЖБР-65 и АРС-4, созданных с помощью программы SolidWorks.

Под напряженно-деформированным состоянием имеется ввиду внутренние напряжения и упругий ход уса клемм в точке приложения нагрузки, на основе которого проводилось сравнение моделей с изменёнными геометрическими характеристиками. Были даны рекомендации по совершенствованию конструкции и предложена новая форма клеммы, а именно клемма в виде пружины кручения (витковая).

Задачи на данном этапе исследования:

– исследование витковой конструкции клеммы;

– определение оптимальных геометрических параметров клеммы.

Под геометрическими размерами я имею в виду:

– диаметр пружины;

– диаметр прутка;

– количество оборотов (витков);

– шаг витка.

Преимуществом данной клеммы является то, что для обеспечения необходимого погонного сопротивления смещению плети в 25 кН/м, необходимо усилие прижатия клемм в 9 кН, в то время как для В-образной формы нужно 20 кН.

Сравнив построенные модели, можно сказать, что наиболее оптимальными для данной модели являются следующие геометрические параметры: диаметр клеммы – 50–60 мм; диаметр прутка – 18 мм; шаг – 25 мм, количество витков – 2,4 штуки.

При данных геометрических параметрах, по сравнению с клеммой скрепления АРС-4, внутренние напряжения в 1,5 раза меньше, а упругий ход уса клеммы – в 2 раза больше.

Следующим логическим шагом является подбор параметров для применения данной клеммы в уже существующих скреплениях или создание нового, специально под данную витковую клемму.

В качестве наиболее перспективного вида скреплений выбрано анкерное, примером которого является АРС-4.

В состав скрепления входят: анкер, две клеммы, два амортизационных уголка и подрельсовая прокладка. Главным преимуществом данного скрепления является простота, т.е. отсутствие каких-либо движущихся и закручивающихся частей, а также, в сравнении с АРС-4, отсутствуют два плоских подклеммника и монорегулятора.

Установка клеммы производится следующим образом: клемма одевается на зубец, заводится за анкер до упора в рельс усами и устанавливается в рабочее положение с помощью клещей.

Учитывая выше перечисленные достоинства данной клеммы, можно сказать, что разработка и использование скреплений с данной клеммой являются весьма перспективными направлениям в развитии путевого хозяйства.

Библиографический список

1. Карпущенко Н.И., Величко Д.В. Надежность скреплений // Путь и путевое хозяйство. 2008, № 10. С. 4–8

2. Николаенко А.А., Величко Д.В., Прудников А.В. Эксплуатация бесстыкового пути в условиях Сибири : моногр. Новосибирск : Сибпринт, 2010. 133 с.

3. Карюкин М.А. Совершенствование конструкции упругих клемм промежуточных рельсовых скреплений / Наука и молодежь СГУПСа в третьем тысячелетии. Вып. 7. Новосибирск, 2018. С. 61–67

Д.А. Ковенькин. Е.А. Садырин
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ВСЖД

В статье рассмотрены проблемы, связанные с несоответствием установленных и фактических скоростей движения подвижного состава на ВСЖД. Затронута проблема несоответствия фактических скоростей движения установленному возвышению наружного рельса в кривых участках пути. Установлены последствия, к которым приводит несоответствие скоростей. Рассмотрены основные мероприятия по снижению интенсивности износа рельсов. Проведен анализ скоростемерных лент. Также приведены основные причины, приводящие к снижению фактической скорости движения поездов. Даны рекомендации и предложения, которые позволят решить данную проблему.

Ключевые слова: возвышение рельса, фактическая скорость, скоростемерная лента

Введение

К числу факторов, определяющих износ, Г.М. Шахунянц относит: окружные усилия, передаваемые рельсу колесами подвижного состава, величину пропущенного тоннажа; нагрузку на колесо подвижного состава; профили колес и рельсов, определяющие их контактирования; план и профиль железнодорожного пути; подуклонку рельсов; качество металла [1].

Влияние возвышения на общий износ рельсов в кривых участках пути рассматривали многие ученые. Некоторые из них считали, что избыток возвышения оказывает благоприятное воздействие на условия работы наружной рельсовой нити [2]. Другие, напротив, считают, что избыточное возвышение приводит к интенсивному боковому износу рельсов в кривых [3]. Наши исследования говорят о том, что на Восточно-Сибирской железной дороги только на участке пути Большой Луг – Слюдянка эксплуатируется 37 кривых, в которых фактические скорости движения поездов не соответствуют установленному возвышению рельсов. В связи с этим происходит перегруз внутренней рельсовой нити в кривых, что приводит к образованию дефектов. Доля изъятия рельсов на ВСЖД по дефекту 19 (рис. 1) из-за перегруза внутренней нити сейчас, составляет до 20% от общего количества дефектных рельсов. А вот изъ-

ятие по боковому износу (дефект- 44) за тот же период осталось на прежнем уровне.

Рис. 1. Дефекты рельсов по нижней нитке в кривой с избыточным возвышением

Мероприятия по снижению интенсивности износа рельсов

Решение проблемы по снижению интенсивности износа рельсов можно разбить на три независимых направления:

а) улучшение качества металла рельсов;

б) применение смазки боковых граней рельсов;

в) изменение плана и профиля железнодорожного пути.

Установлено, что эксплуатационные качества рельсовой стали можно существенно улучшить за счет повышения металлургической чистоты, но на этот фактор снижения интенсивности износа рельсов мы повлиять не можем.

Применение смазки боковых граней рельсов на Восточно-Сибирской дороге в последнее время применяется очень активно.

Фактор, который может существенно повлиять на работоспособность рельсов это изменение плана и профиля железнодорожного пути. В тоже время увеличение скоростей движения грузовых и пассажирских поездов является важной возможностью наращивания пропускной способности железнодорожных линий, ускорения доставки грузов, сокращения времени поездки пассажиров, повышения эффективности использования локомотивных бригад и локомотивов. При этом системный под-

ход к условиям и организации перевозочного процесса и его показателям требует учитывать:

– в условиях ограниченных технических и технологических возможностей сети железных дорог просто повышение устанавливаемых скоростей движения не всегда эффективно;

– между скоростью движения и весом поездов обратно пропорциональная зависимость, следовательно, увеличение скорости вызывает снижение веса поездов и увеличение числа поездов на участке;

– увеличение скоростей движения поездов связано с увеличением расхода топливно-энергетических ресурсов;

– скорость влияет на эффективность использования локомотивных бригад и локомотивов, а также ускорение доставки грузов;

– повышение скорости вызывает дополнительные расходы на техническое обслуживание и ремонт объектов инфраструктуры [4];

– имеется доля вагонов и грузов, требующих ограничения скорости движения;

– более быстрые темпы развития пассажирского комплекса сдерживают и ограничивают скорости грузовых перевозок, составляющих основной доход ОАО «РЖД»;

– на скорость движения влияют: дефицит пропускной и перерабатывающей способности, временно отставленные грузовые поезда, содержание избытка рабочего парка вагонов и перенасыщение участков поездами.

Поэтому изолированное, отдельное от других показателей рассмотрение повышения скоростей движения поездов свидетельствует о несистемном решении вопроса.

За последние 90 лет среднегодовые темпы прироста технической и участковой скоростей составили соответственно 0,7% и 1%. Повышение технической скорости привело к дополнительным затратам топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов и дополнительным расходам на техническое обслуживание инфраструктуры. Повышение только установленной скорости движения грузовых поездов без проведения мероприятий, направленных на наращивание технической, участковой, маршрутной скоростей и скорости доставки грузов, малоэффективно.

Анализ скоростей движения поездов на участках ВСЖД

Время хода поездов на перегонах, полученное с помощью тяговых расчетов, соответствует максимально допустимой (установленной) скорости. При максимальных размерах движения и минимальных межпо-

ездных интервалах поток поездов становится неустойчивым, а процесс движения нестационарным.

Различная квалификация машинистов, современная конструкция скоростемеров и другие факторы не позволяют реализовать максимально допустимую скорость. Возникает несинхронность движения поездопотока по участку.

При несинхронности движения поезда следуют вместо зеленого на желтый, а часто и на красный сигнал светофора. Так, если пачка поездов следует с 6-минутными межпоездными интервалами и один из локомотивов снизит скорость движения против средней графиковой всего лишь на 5 км/ч, идущий за ним поезд через 1,5 мин подойдет к светофору с желтым сигналом светофора. Несинхронность следования объясняется тем, что машинисты пользуются расписанием движения поездов, в котором указано только время хода по перегонам. Скорость следования на различных элементах профиля пути определяют экспертно, выбор режима движения во многом зависит от квалификации машинистов.

Расшифровка скоростемерных лент показывает, что машинисты грузовых поездов почти всегда следуют со скоростью меньше расчетной или установленной. На рис. 2 представлен фрагмент скоростемерной ленты при проходе подвижного состава на участке Глубокая – Андриановская ВСЖД.

Рис. 2. Фрагмент скоростемерной ленты

Большое число кратковременных задержек поездов у входных и выходных светофоров промежуточных станций связано с несвоевременным их открытием дежурным по станции. Около 1 млн. поездо-часов в

год составляют задержки поездов из-за несвоевременного приема их техническими станциями, также велики задержки перед стыковыми пунктами из-за несвоевременного приема поездов соседними дорогами и отделениями.

При следовании поездов на зеленый сигнал проходного светофора, т.е. когда расстояние между поездами более трех блок-участков, расчетная норма ходовой скорости в среднем не выполняется на 20%, а графиковая – на 8%. Если расстояние между поездами менее трех и более двух блок-участков, и, часть пути они следуют на желтый сигнал светофора, средняя скорость соответственно ниже нормы на 46 и 38%. После проследования же путевого светофора с желтым сигналом средняя скорость ниже нормы на 63%. Фактическая скорость движения поездов отличается от установленной в широком диапазоне от 0,2 до 2,5 раз. Большой разброс скоростей объясняется, в том числе и разной квалификацией машинистов, неодинаково реагирующих на показания светофоров, зачастую осуществляя преждевременное торможение.

Практика показывает, что машинисты ведут поезда с максимально допустимой скоростью лишь в исключительных случаях и кратковременно, так как это сопряжено с чрезмерно напряженным режимом работы бригады, агрегатов локомотива и повышением расхода электроэнергии и топлива.

Существенные поправки в фактический диапазон скоростей движения вносят погодные условия, профиль и план пути, состояние локомотива, состояние элементов железнодорожного пути [5]. Так, отказы в работе технических устройств сокращают пропускную способность участков до 15%.

Составленные для некоторых средних эксплуатационных условий карты режимов вождения поездов на одних и тех же участках у различных машинистов имеют отклонения, как в большую, так и в меньшую сторону от установленной нормы удельного расхода электроэнергии или топлива. Стремление машинистов добиться экономии расхода электроэнергии или топлива приводит к снижению скорости движения грузовых поездов. Любое снижение скорости движения поездов по сравнению с расчетной скоростью для данного участка, а тем более перерыв в движении приводят к потерям в использовании пропускной способности и соответственно к экономическим потерям, а также, что важно для нас, как подразделения по поддержанию работоспособности пути, к повышенному износу рельсов и скреплений.

Заключение

Таким образом, чтобы эффективно управлять интенсивностью износа и безопасностью движения в современных условиях, необходимо исключить возможность возникновения условий эксплуатации, которые предъявляют противоречивые требования. Это может быть достигнуто, в первую очередь, за счет уменьшения разрыва в скоростях движения грузовых и пассажирских поездов. Также необходимо проводить постоянную работу по расчету и установке возвышения наружного рельса в соответствии с фактическими скоростями движения поездов. Необходимо уделить первостепенное внимание модернизации ходовых частей грузового подвижного состава.

Библиографический список

1. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во «Транспорт», 1969. С. 536

2. Козийчук П.Г. Износ рельсов в кривых в связи с возвышением наружного рельса и уширения колеи // Труды Киев. ин-та инж. ж.д. трансп. 1934. Вып. 5. С. 7–67

3. Лысюк В.С. Причины и механизм схода колеса с рельса. Проблема износа колес и рельсов. М. : Транспорт, 1997. С. 188

4. Чернецкая И.С. Анализ ключевых аспектов организации ремонтно-путевых работ / И.С. Чернецкая, С.Т. Плескач // Сб. трудов «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» : материалы восьмой международной научно-практической конференции, 28 марта – 01 апреля 2017 г. В 2 т. Иркутск : ИрГУПС, 2017. Т. 1. С. 634−638

5. Ковенькин Д.А. Повышение стабильности ширины рельсовой колеи в кривых участках пути / Д.А. Ковенькин, В.А. Покацкий, А.С. Лысак. Самара : СамГУПС, 2009. С. 128

Р.А. Комардинкин
Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПРОЕКТА 2750

В статье приведена методика и результаты оценки долговечности элементов стрелочных переводов проекта 2750 на железобетонных брусьях укладки 2004–2007 годов на грузонапряженном участке со смещенным движением грузовых и пассажирских поездов. Определен сред-

невзвешенный и гамма-процентный ресурс элементов: крестовин и ремкомплектов. Сделан анализ реальных сроков службы элементов стрелочных переводов в сравнении с нормативами.

Ключевые слова: стрелочный перевод, крестовина, ремкомплект, надежность, гамма-процентный ресурс, безотказность, долговечность.

В настоящее время в системе железнодорожного транспорта Российской Федерации эксплуатируется около 166 тысяч стрелочных переводов. Годовая замена данных конструкций, которые выработали свой ресурс, составляет 5,5–8,5 тысяч переводов, 6–7 тысяч полустрелок (ремкомплектов), 5–6 тысяч отдельных крестовин [1].

Для рационального ведения стрелочного хозяйства и планирования своевременной замены стрелочных переводов при выработке их ресурса ОАО «РЖД» использует Указание Министерства путей сообщения Российской Федерации «О ведении нормативных сроков службы стрелочных переводов» от 19.12.2002 г. № С-1241у [2], а так же Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути утв. 18.01.2013 г. № 75р [3], с изменениями и дополнениями № 2722р [4].

Нормативные сроки службы стрелочных переводов установлены для базовых условий эксплуатации исходя из условий обращения локомотивов с нагрузкой до 250 кН на ось и вагонов до 235 кН на ось для рельсов Р65, грузонапряженности 40 млн. т км бр./км в год и скоростей движения грузового состава 80 км/ч.

За 17 лет со временем рассматриваемых указаний условия эксплуатации и конструкции стрелочных переводов изменились, поэтому нормативы требуют переработки по результатам испытаний новых стрелочных переводов, в основном лежащих на главных ходах крупных магистралей.

Нормативный и гарантийный ресурс верхнего строения пути в целом установлен более продолжительный срок службы по сравнению стрелочными переводами.

За 17 лет со временем рассматриваемых указаний условия эксплуатации и конструкции стрелочных переводов изменились, поэтому нормативы требуют переработки по результатам испытаний новых стрелочных переводов, в основном лежащих на главных ходах крупных магистралей.

На рис. 1 представлены ресурсы элементов стрелочных переводов, которые более чем в пять раз ниже тех же показателей для линейных конструкций пути.

Рис. 1. Гарантийный и нормативный ресурсы элементов стрелочного перевода

В технических условиях на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути представлены критерии выбора стрелочных переводов, подлежащих капитальному ремонту [3]. На практике назначение ремонтов производится по фактическому состоянию стрелочного перевода, определяемому по результатам его комплексной оценки на основе диагностики и генеральных осмотров пути. Реальные сроки службы современных стрелочных переводов на железобетонном основании примерно в 3 раза больше.

На участке Омск–Новосибирск Транссибирского хода в 2004–2007 годах производилась реконструкция главных путей с укладкой стрелочных переводов проекта 2750 на железобетонном основании. По состоянию на 01.01.2019 г на участке содержится 341 комплект таких переводов. В настоящее время производится капитальный ремонт с укладкой модернизированной версии стрелочного перевода проекта 2750. Его полная длина составляет 34858 мм. Радиус бокового пути 300 м. По прямому направлению максимальная скорость движения пассажирских поездов – 140 км/ч, по боковому направлению – 50 км/ч.

Ресурс – это время работы объекта от начала эксплуатации или после капитального ремонта до предельного состояния, указанного в технической документации.

Ресурс (срок службы), до назначения очередного капитального ремонта стрелочного перевода определяется по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \sum \frac{t_i}{n}. \qquad (1)$$

где t_i – наработанный тоннаж i стрелочного перевода на данном участке, млн. т брутто;

n – количество i стрелочных переводов на данном участке, шт.

Гамма-процентный ресурс показывает наработку, в течение которой изделие не достигнет предельного состояния с вероятностью γ процентов. Делается вывод, что гамма-процентный ресурс показывает характеристику вероятности неразрушения. Гамма-процентный ресурс R_γ определяется из отношения

$$P(R_\gamma)=\frac{\gamma}{100}. \quad (2)$$

Для определения гамма-процентного ресурса стрелочных переводов используем метод квантиля, связывающий параметры функции нормального распределения отказов с их долговечностью.

В условиях отсутствия в нормативных документах определения предельного состояния стрелочных переводов для вероятности безотказной работы принято P(t) = 90%. В связи с чем

$$T_{90}=T_{\text{ср}}-U_{90}\sigma_t = T_{\text{ср}}-1{,}282\sigma_t. \quad (3)$$

Исследование долговечности стрелочных переводов проекта 2750 осуществлялось по данным АСУ-Путь на участке Омск–Новосибирск за 10-ти летний период.

Участок О-Н двухпутный, высокогрузонапряженный с совмещенным грузовым и пассажирским движением, со скоростями соответственно 90 и 120 км/ч. Средние осевые нагрузки по первому пути составляют 181 кН, по второму – 121 кН.

Результаты исследований представлены в табл. 1, отдельно для первого и второго путей с выделением стрелочных переводов, лежащих на диспетчерских съездах, по которым поезда следуют в основном по прямому направлению, и на ответвлениях приемо-отправочных путей.

Из табл. 1 следует, что ресурс стрелочных переводов проекта 2750 на железобетонном основании в 3 раза больше нормативного ресурса, установленного Техническими условиями [3], что свидетельствует о слабой изученности надежности таких стрелочных переводов на протяжении жизненного цикла.

На втором пути, где осевые нагрузки и грузонапряженность в 1,5 раза меньше, чем на первом, средний срок службы оказался так же на 20 % меньше. Объяснить это можно отсутствием научно обоснованных

критериев предельного (предотказного) состояния стрелочных переводов на железобетонном основании, которые должны быть основой для назначения капитального ремонта.

Таблица 1

Расчет параметров долговечности стрелочных переводов проекта 2750 на участке Омск–Новосибирск

Участок	Тип стрелочного перевода	Ремонт	$T_{ср}$, млн. т	σ_t, млн. т	v_t, доли ед.	T_γ, млн. т
О-Н, 1 путь	Диспетчерские съезды	Р или $К_{сп}$	1071,46	196,08	0,18	868,32
	Ответвления на приемо-отправочный путь	Р или $К_{сп}$	1209,56	208,25	0,17	993,81
О-Н, 2 путь	Диспетчерские съезды	Р или $К_{сп}$	854,4	173,32	0,2	678,84
	Ответвления на приемо-отправочный путь	Р или $К_{сп}$	635,1	150,46	0,24	479,22

Рассмотрим определение показателей безотказности крестовин и ремкомплектов стрелочных переводов как невосстанавливаемых изделий по результатам статистического эксперимента согласно методике [5].

Под нашим наблюдением находилось $N_0 = 336$ крестовин стрелочных переводов. Зафиксируем наработки, при которых происходили отказы крестовин.

На основе результатов испытаний строится гистограмма распределений значений t_i, (см. рис. 2). По виду гистограммы делается предположение о причастности данного объема значений к определенному закону распределения, в нашем случае принят нормальный закон распределения.

Для определения правильности выбранной гипотезы применяются критерии согласия. Обычно на практике используются критерии согласия Пирсона (критерий χ2 – квадрат), необходимо рассчитать значение:

$$\chi^2 = N_0 \sum_{i=1}^{k} (\overline{w}_i - w_i)^2 / w_i, \qquad (8)$$

где $\overline{w}_i$ – частости, которые получились в результате опыта;

w_i – частости, полученные расчетным путем

N_0 – число испытанных изделий.

Графическое изображение отказов крестовин на участке О-Н (первый путь, диспетчерские съезды) и плотность вероятности их отказов приведено на рис. 2.

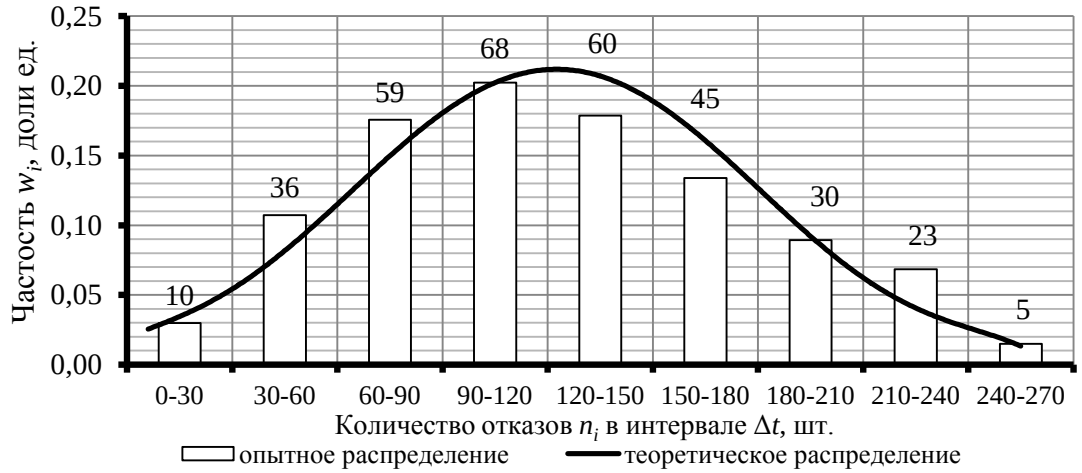


Рис. 2. Плотность вероятности распределения отказов и количество отказов n_i крестовин в интервалах наработки на участке О-Н (1 путь, диспетчерские съезды)

Сводные данные параметров распределения отказов крестовин по опытным участкам приведены в табл. 2, а ремкомплектов в табл. 3.

Таблица 2

Параметры нормального распределения отказов крестовин стрелочных переводов проекта 2750

Участок	Средняя осевая нагрузка, кН	Число прошедших осей, млн. шт.	Диспетчерские съезды						Ответвления на приемо-отправочный путь					
			$T_{ср}$, млн. т	σ_t, млн. т	v_t	T_γ	Проверка согласия опытного распределения с теоретическим		$T_{ср}$, млн. т	σ_t, млн. т	v_t	T_γ	Проверка согласия опытного распределения с теоретическим	
							$P(\chi^2)$	допуск					$P(\chi^2)$	допуск
О-Н 1 путь	181	7,2	122,5	56,3	0,46	64,2	0,038	0,01	128,5	62,6	0,49	63,6	0,14	0,01
О-Н 2 путь	107	7	118,3	57,3	0,48	58,9	0,07		131,9	57	0,43	72,8	0,36	

Таблица 3

Параметры нормального распределения отказов ремкомплектов стрелочных переводов проекта 2750

Участок	Средняя осевая нагрузка, кН	Число прошедших осей, млн. шт.	Диспетчерские съезды						Ответвления на приемо-отправочный путь					
			$T_{ср}$, млн. т	σ_t, млн. т	v_t	T_γ	Проверка согласия опытного распределения с теоретическим		$T_{ср}$, млн. т	σ_t, млн. т	v_t	T_γ	Проверка согласия опытного распределения с теоретическим	
							$P(\chi^2)$	допуск					$P(\chi^2)$	допуск
О-Н 1 путь	181	7,2	376,9	210	0,56	159,4	0,11	0,01	128,5	62,6	0,49	63,6	0,07	0,01
О-Н 2 путь	107	7	430,3	219,4	0,51	203	0,21		131,9	57	0,43	72,8	0,14	

Анализ параметров нормального распределения отказов крестовин с сердечником из высокомарганцовистой стали и ремкомплектов стрелочных переводов проекта 2750 (типа Р65, марки 1/11) показал, что средняя наработка крестовин по всем участкам колеблется на диспетчерских съездах в пределах диапазона значений $T_{ср}$ = 106 – 122 млн. т брутто, на ответвлениях приемо-отправочных путей в пределах $T_{ср}$ = 117 – 128 млн. т брутто при нормативной наработке 85 млн. т., из этих данных следует, что на диспетчерских съездах средний срок службы крестовин на 5–10 % меньше, чем на ответвлениях приемо-отправочных путей. В то же время из-за большого разброса данных по ресурсу (ν_t = 0,5) гамма-процентный ресурс $T_{\gamma = 90\%}$ = 44 – 66 млн. т брутто, что существенно меньше нормативной наработки.

Анализ данных по отказам ремкомплектов (рамный рельс, остряк, стрелочные башмаки) показал, что их средний ресурс колеблется в пределах $T_{ср}$ = 159 – 205 млн. т. брутто на диспетчерских съездах и $T_{ср}$ = 378 – 400 млн. т. брутто на ответвлениях на приемо-отправочных путей при нормативном ресурсе 275 млн. т. брутто. Гамма-процентный ресурс колеблется в пределах T_{γ} = 140 – 180 млн. т. брутто, что также ниже нормативной наработки из-за большого разброса данных (ν = 0,5).

Библиографический список

1. Яновский А.С. Нужны стрелочные переводы новых конструкций // Путь и путевое хозяйство : журнал. М., 2017. № 4. С. 11–14

2. Указание Министерства путей сообщения Российской Федерации «О ведении нормативных сроков службы стрелочных переводов» от 19.12.2002 г. № С-1241у. М., 2002. 6 с.

3. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути : Распоряжение ОАО «РЖД» от 18.01.2013 г. № 75р. М., 2013. 221 с.

4. Изменения, которые вносятся в Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути от 18.01.2013 г. № 75р : Распоряжение ОАО «РЖД» от 19.12.2018 г. № 2722р. М., 2019. 7 с.

5. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М., 2016. 23 с.

А.А. Ошлокова
Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛАХ

В статье рассмотрены вопросы оптимизации жесткости и прочности резиновых подрельсовых прокладок в зависимости от твердости резины, коэффициента Пуассона и коэффициента их формы. В целях предотвращения преждевременного выхода резиновых прокладок из строя удельное давление при сжатии не должно превышать 3,5 МПа при коэффициенте формы $k_ф = 1$; при $k_ф > 1$ можно допустить 7 МПа. Анализ показал, что прокладки ЦП 638 скрепления ЖБР-Ш имеют удовлетворительную форму, а у прокладок скрепления АРС нужно предусмотреть устойчивость канавок глубиной 3 мм.

Ключевые слова: резиновые прокладки, жесткость, коэффициент формы, скрепление ЖБР-Ш, АРС, узел скрепления.

Решающая роль в формировании жесткости пути на железобетонных шпалах принадлежит прокладкам-амортизаторам. В настоящее время для изготовления таких прокладок используют резиновые смеси, подобранные с учетом особенностей работы в пути. Кроме того, нужно помнить, что резина, как и жидкость, является несжимаемым материалом. Для обеспечения деформативности резиновых прокладок в них нужно устраивать полости в виде рифлей, канавок, выступов, которые заполняются резиной, выпучиваемой из-под штампа (подошвы рельса) [1].

Деформативность, а значит и жесткость прокладок, определяется коэффициентом формы, который вычисляется по формуле

$$k_{\text{ф}} = \frac{S_0}{S_{\text{б}}}, \qquad (1)$$

где S_0 – опорная площадь со стороны рифлей;

$S_{\text{б}}$ – площадь свободной боковой поверхности прокладки, которая во время сжатия подвергается выпучиванию в горизонтальной плоскости.

Прокладка находится в упругом режиме, если ее относительная деформация меньше 0,15. Эта жесткость прокладки при сжатии $Ж_{\text{ст}}$ и модуль ее упругости E подсчитывается по формулам [2]:

$$\left.\begin{aligned} Ж_{ст} &= \frac{E_р S_0}{h}; \\ E_р &= \frac{2G(1+\mu)k_ф}{0{,}25}, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

где $E_р$ – расчетный модуль упругости;

S_0 – опорная площадь прокладки со стороны рифления;

G – модуль сдвига;

μ – коэффициент Пуассона, который для резины принимают 0,47–0,5.

В свою очередь модуль сдвига и коэффициент формы находят из соотношений:

$$G = \frac{H^2}{3800}, \qquad (3)$$

где H – твердость резины в условных единицах по Шору.

При малых деформациях резиновых элементов (до 10–15 %) напряжение σ пропорционально относительной деформации (закон Гука):

$$\sigma = E_р \cdot \varepsilon \qquad (4)$$

Здесь напряжение и относительная деформация ε определяются следующим выражением:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}, \qquad (5)$$

где Δh – абсолютная деформация сжатия;

h – толщина прокладки.

Таблица 1

Расчетный модуль сжатия $E_р$ и модуль сдвига G резины

Твердость по Шору	$E_р$, Па, при коэффициенте формы $k_ф$			G, Па
	1/4	1/2	1	
60	3,4	6,7	13,4	0,94
65	4,5	8,9	17,6	1,12
75	5,9	11,7	23,2	1,47

Однако, при увеличении относительной деформации понятие «напряжение» становится неопределенным из-за существенного и притом неодинакового по высоте увеличения площади поперечного сечения элемента. Вследствие этого модуль упругости резины при сжатии не яв-

ляется константой. В качестве характеристики жесткости резины примем расчетный модуль упругости $E_р$, определяемый при статическом загружении и относительной деформации, не превышающей 10 %. При ориентировочных расчетах можно пользоваться данными табл. 1, если нет более точных характеристик сортов резины, предлагаемых для прокладок.

В целях предотвращения преждевременного выхода резиновых прокладок из строя необходимо выполнять следующее условие [3]:

$$\sigma_{сж} = \frac{Q_{пр}}{S_0} \le [\sigma_{сж}] \qquad (6)$$

Как правило, удельное давление при сжатии резины не должно превышать 3,5 МПа при $k_ф = 1$; при $k_ф > 1$ можно допускать $[\sigma_{сж}] = 7$ МПа.

Для повышения эффективности бесстыкового пути с железобетонными шпалами и щебеночным балластом в гашении вибраций, возбуждаемых проходящим подвижным составом, вертикальная жесткость скреплений не должна превышать 100 МН/м [4].

Для обеспечения рациональной жесткости и толщины прокладок в узлах рельсовых скреплений необходимо, чтобы статическая жесткость узлов скреплений на сжатие находилась в пределах $Ж_{ус}$ = 50–100 МН/м, толщина прокладок в бесподкладочных скреплениях h = 9–12 мм, а для подкладочных толщина подрельсовой и нашпальной прокладок должны составлять 6–7 мм с выступами на поверхности 2-3 мм.

Жесткость узла подкладочного скрепления определяется из зависимости:

$$\frac{1}{Ж_{ус}} = \frac{1}{Ж_р} + \frac{1}{Ж_ш}, \qquad (7)$$

где $Ж_р$ и $Ж_ш$ – жесткость подрельсовой и нашпальной прокладок.

При $Ж_р$ = 100 МН/м и $Ж_ш$ = 150 МН/м, $Ж_{ус}$ = 60 МН/м < 100 МН/м.

Минимальная жесткость узлов скреплений величиной $Ж_{ус}$ = 50 МН/м определяется из условия обеспечения прочности резиновых прокладок. Для снижения жесткости прокладок нужно снижать коэффициент формы, а, следовательно, увеличивать глубину канавок, что ведет к ослаблению поперечного сечения прокладок.

Предельная высота прокладок диктуется конструкцией скреплений, определяющей предельную толщину подрельсовых прокладок с учетом

возможной толщины регулировочных прокладок, укладываемых под подошву рельсов при выправке пути.

В настоящее время в конструкциях бесстыкового пути на железобетонных шпалах широко используются бесподкладочные скрепления ЖБР различных модификаций и анкерное скрепление АРС.

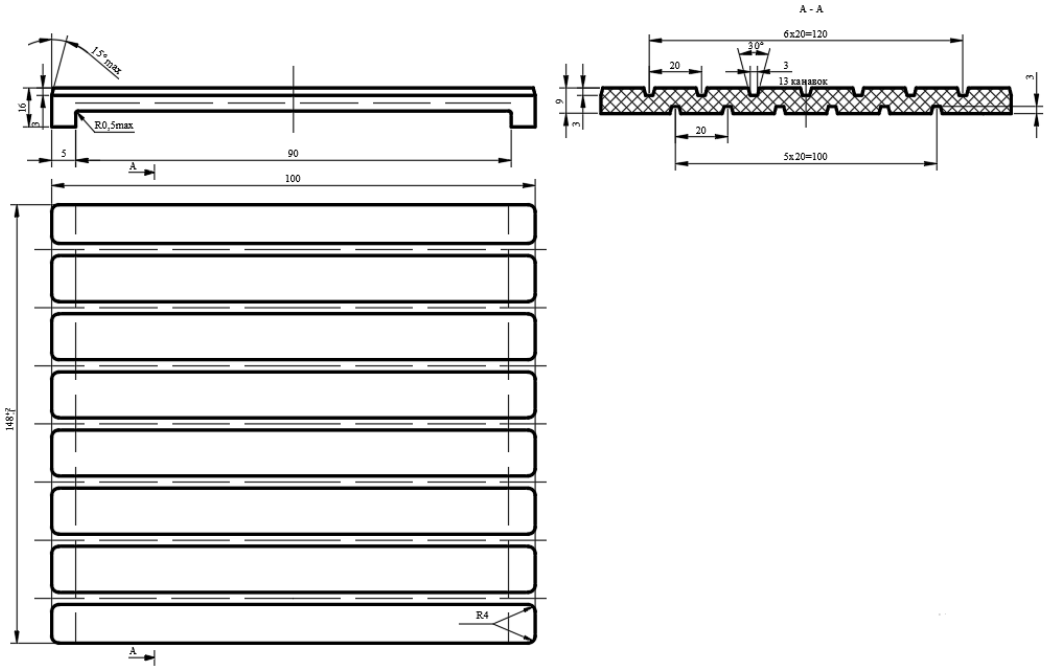


Рис. 1. Подрельсовая прокладка ЖБР2 (ЦП 638)

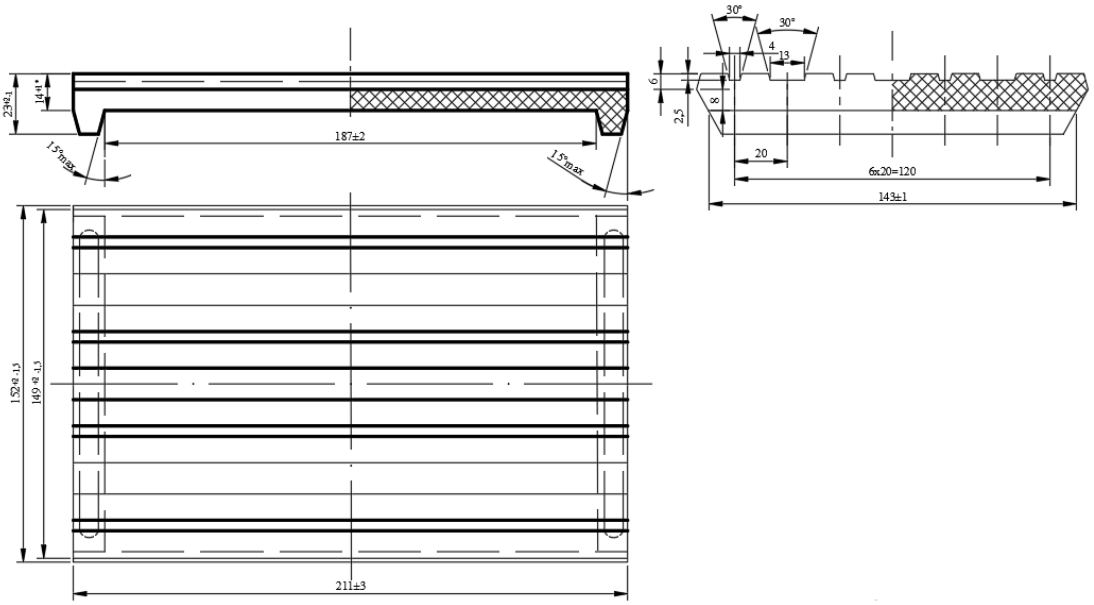


Рис. 2. Подрельсовая прокладка АРС-04

Проанализируем качество существующих подрельсовых прокладок ЖБР2 (ЦП638) – рис. 1 и АРС-04 – рис. 2. Первая имеет опорную поверхность со стороны рифлей за вычетом поверхности 13 канавок:

$$S_0 = (148 \cdot 180) - (13 \cdot 3{,}5 \cdot 180) = 18450 \text{ мм}^2$$

Площадь свободной боковой поверхности:

$$S_б = 13 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 180 = 14040 \text{ мм}^2$$

Коэффициент формы в этом случае составляет:

$$k_ф = \frac{18450}{14040} = 1{,}3$$

Прокладка АРС-04 имеет опорную поверхность:

$$S_0 = (149 \cdot 187) - (13 \cdot 3 + 4 \cdot 4) = 27808 \text{ мм}^2$$

Площадь свободной боковой поверхности:

$$S_б = 4 \cdot 2{,}5 \cdot 2 \cdot 187 + 3 \cdot 2{,}5 \cdot 2 \cdot 187 = 6545 \text{ мм}^2$$

Коэффициент формы в этом случае составляет:

$$k_ф = \frac{27808}{6545} = 4{,}5$$

Получаем, что прокладка ЦП 638 имеет удовлетворительную форму для обеспечения необходимой жесткости и прочности, а у прокладки АРС нужно увеличить высоту выступов до 4 мм, или предусмотреть устройство канавок глубиной 3 м на нижней поверхности прокладки. Толщину прокладки при этом можно снизить до 10–12 мм для возможности выправки пути по уровню и просадкам.

Библиографический список

1. Каменский В.Б. Оптимизация жесткости пути на железобетонных шпалах // Путь и путевое хозяйство. 2007, № 3. С. 10–15

2. Карпущенко Н.И., Яковлев А.В., Величко Д.В., Гурский А.В. Виброзащитные конструкции пути для транспортных тоннелей и метрополитенов. Новосибирск : Наука, 2011. 200 с.

3. Карпущенко Н.И., Труханов П.С. Проектирование и расчеты верхнего строения железнодорожного пути : учеб. пособие. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2016. 192 с.

4. Барабошин В.Ф., Антонов Н.И. Вредные вибрации пути и борьба с ними. М. : Транспорт, 1972. 48 с.

В.А. Подвербный, Д.А. Ковенькин, Е.В. Филатов
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

Н.А. Валиев
Восточно-Сибирская железная дорога,
г. Иркутск, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНОГО, ПРОМЫШЛЕННОГО, ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ТАЙШЕТСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

В статье рассмотрены перспективы строительства в Тайшетском районе Иркутской области и связанные с этим проблемы защиты от деградации многолетнемерзлых грунтов основания земляного полотна железных дорог, промышленных и гражданских объектов: реконструкция участка Междуреченск – Тайшет, реконструкция станции Тайшет, строительство Тайшетского алюминиевого завода и жилого микрорайона. Тайшетский район находится в зоне островного распространения многолетнемерзлых грунтов. Рассмотрены примеры сооружений, которые применялись на БАМе и в Якутии для предотвращения деградации многолетнемерзлых пород Показаны их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: перспективы строительства в Тайшетском районе Иркутской области, защита от деградации многолетнемерзлых грунтов основания земляного полотна железных дорог.

Введение

Мировая тенденция развития производительных сил все более отчетливо ориентируется на северные территории. Промышленное освоение районов Сибири и Крайнего Севера − одна из крупнейших народнохозяйственных проблем.

На всей громадной территории Сибири, от Урала на западе до побережья Чукотки на востоке, строитель железных дорог, осваивая новые районы, неизбежно сталкивается со своеобразием природных комплексов, вызванных наличием вечной мерзлоты, широким распространением мерзлых пород, подземных льдов и различных, неблагоприятных для строительства криогенных процессов (бугров пучения, термокарста, солифлюкционных образований и другими).

Стратегический план развития железнодорожной отрасли до 2030 года, показанный на рис. 1, был рассчитан не только на развитие железнодорожной отрасли, но и на стратегию развития экономики страны.

В Стратегии справедливо отмечалось, что «…Российские железные дороги не всегда оказываются способны адекватно и гибко реагировать на внешние вызовы, в результате чего потенциальные возможности для получения экономической выгоды могут обращаться в источник проблем» [1].

Рис. 1. Перспективная топология развития сети железных дорог РФ до 2030 года

Признавалось также и то, что большая часть сети железных дорог имеет значительные ограничения по пропускной способности.

Ограничения скорости движения поездов нередко вызваны деформациями земляного полотна, одной из причин таких деформаций является деградация (оттаивание) многолетнемерзлых пород основания земляного полотна.

В Тайшетском районе Иркутской области и ближайших к нему регионах ведутся работы по новому железнодорожному строительству и реконструкции железных дорог [2].

Рассмотрим основные инвестиционные проекты, касающиеся Тайшетского района.

Реконструкция направления Междуреченск−Тайшет

Реконструкция направления Междуреченск−Тайшет – южного хода Красноярской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», является одним из важнейших проектов, включенным в Стратегию развития железных дорог, завершение которого планируется к 2020 году.

В октябре 2012 года Правительством Российской Федерации было принято решение о государственной поддержке программы комплексного развития участка Междуреченск–Тайшет. Она стала частью государственной программы модернизации железнодорожной инфраструктуры Транссиба и БАМа.

Этот участок является главной артерией для угольных потоков из Кузбасса на восток.

До реконструкции, начавшейся в 2009 году, на участке Междуреченск−Тайшет при общей протяженности линии в 963 км на однопутные участки приходилось 554 км, из 64 перегонов 44 были однопутными, поэтому при заявке с Западно-Сибирской железной дороги на пропуск через стыковую станцию Междуреченск 40 поездов в сутки Красноярская железная дорога могла принимать не более 25 поездов.

Инвестиционный проект «Комплексное развитие участка Междуреченск – Тайшет Красноярской железной дороги» реализуется ОАО «РЖД» с 2009 года. Программа получила поддержку Правительства РФ.

Предполагается, что объемы перевозок на направлении Междуреченск–Тайшет возрастут в 1,7 раза (с 50,7 млн т в 2008 году до 86,7 млн т в 2020 году), в основном − из-за роста транзитных перевозок экспортных поставок кузбасского угля и чёрных металлов в адрес портов на тихоокеанском побережье России, а также роста перевозок железной руды с Коршуновского ГОКа (Иркутская область) на Новокузнецкий металлургический комбинат (Кемеровская область).

Кроме того необходимы резервы пропускной способности для возможных перевозок углей с Элегестского месторождения в Республике Тыва.

ЗАО «Тувинская энергетическая промышленная корпорация» ЗАО «ТЭПК» реализует комплексный инвестиционный проект «Строительство железной дороги Элегест−Кызыл−Курагино и угольного портового терминала на Дальнем Востоке в увязке с освоением минерально-сырьевой базы Республики Тыва».

Реконструкция станции Тайшет

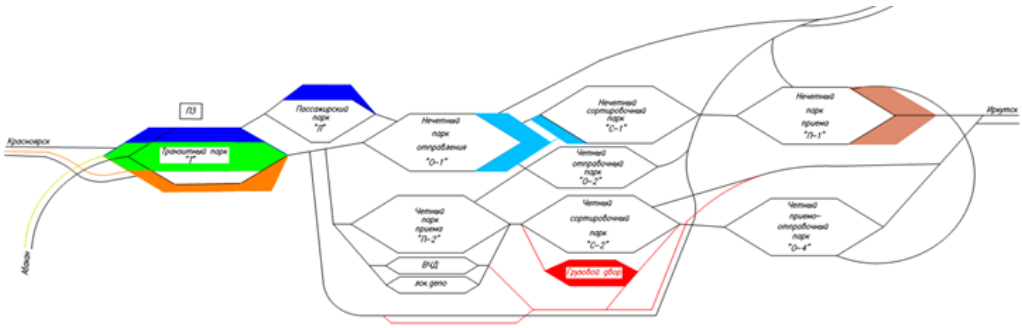
Сортировочная станция Тайшет ВСЖД является важнейшим узлом на магистрали.

На станции работают 9 парков, включая 4 парка прибытия, 3 парка отправления и 2 сортировочных парка. Расположение парков таково, что они формируют две сортировочные системы: четную и нечетную. О размерах станции можно судить по тому, что на ней уложено 170 путей, 445 стрелочных переводов, включенных в электрическую централизацию. Фактическая перерабатывающая способность станции Тайшет составляет 5 тыс. вагонов в сутки, станция работает в четырех направлениях и принимает около 100 поездов ежесуточно.

Однако на сегодня Тайшет является «узким местом» на сети ОАО «РЖД».

В 2011 году ОАО «Ленгипротранс» разработал генеральную схему развития станции Тайшет и Тайшетского узла в целом, приведенную на рис. 2.

Предусматривался перенос грузового двора ближе к четному сортировочному парку с двумя выходами, что исключало дополнительные нагрузки на горловины транзитного парка и сокращало время обработки. В транзитном парке была предусмотрена реконструкция западной и восточной горловин. Кроме того, потребуется реконструировать восточную горловину нечетного парка прибытия, увеличить полезную длину приемо-отправочных путей нечетного парка отправления, а также развить пассажирский парк с разделением потока по направлениям.



Условные обозначения	Наименование этапа проектирования	Виды работ и объекты капитального строительства, предусмотренные этапом
	Реконструкция ст.Тайшет ВСЖД. I этап	Строительство грузового двора. Устройство дополнительных соединительных путей.
	Реконструкция ст.Тайшет ВСЖД. II этап	
	1-ая очередь строительства	Строительство путей для четных пассажирских поездов в транзитном парке "Т"
	2-ая очередь строительства	Реконструкция приемо-отправочных путей в транзитном парке "Т"
	3-ая очередь строительства	Реконструкция пассажирского парка "П"
	Реконструкция ст.Тайшет ВСЖД. III этап	Устройство путепроводной развязки для отправления поездов на Абакан в четной горловине станции
	Реконструкция ст.Тайшет ВСЖД. IV этап	Реконструкция парка отправления "О-1"
	Реконструкция ст.Тайшет ВСЖД. V этап	Реконструкция парка приема "П-1"

Рис. 2. Схема реконструкции Тайшетского узла

Реконструкция Тайшетского узла включает строительство двухпутного подхода (перегон Тагул−Тайшет, 18 км) со стороны южного хода Красноярской железной дороги – направление Междуреченск−Тайшет. Реализация проекта оценивается в 10,5 млрд. рублей. Реконструкция позволит увеличить пропускную способность Тайшетского узла в 1,5 раза.

За последние несколько лет станция была значительно модернизирована. Затраты ОАО «РЖД» в 2010–2013 годах на развитие станции Тайшет составили 1,1 млрд рублей. Значительная часть расходов, 574 млн рублей, затрачена на модернизацию четной горки, где была установлена комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом. Внедрение системы позволило сократить объём маневровых работ, увеличить эффективность роспуска вагонов, снизить трудовые затраты.

В ноябре 2013 года был введен в строй один из цехов эксплуатационного локомотивного депо общей площадью 1080 м^2. Стоимость цеха составила 150 млн рублей. В целях увеличения пропускной способности станции, сокращения затрат на маневровую работу была произведена реконструкция соединительного пути станции Тайшет, на которую затратили 42 млн рублей.

Строительство Тайшетского алюминиевого завода

Строительство Тайшетского алюминиевого завода является стратегической целью ОК «РУСАЛ». РУСАЛ ведет переговоры с банками о проектном финансировании. На сегодняшний день РУСАЛ строит завод за счет собственных средств, а в дальнейшем планирует закончить строительство с привлечением проектного финансирования. В 2019 году РУСАЛ вложит 200 млн долларов в строительство Тайшетского алюминиевого завода. Ввод объекта ожидается в IV квартале 2020 года [3].

Согласно бизнес-плану, после введения в строй Тайшетский алюминиевый завод станет третьим по объемам выплавки алюминия в стране. Здесь будут использованы новые технологии, которые позволят минимизировать вред, наносимый окружающей среде. Панорама строительства завода показана на рис. 3.

После введения в строй Богучанской гидроэлектростанции в регионе возник избыток энергетических мощностей. Соответственно, созданы благоприятные условия для реализации проектов с использованием электроэнергии. Так как для выплавки алюминия вместо углеводородного топлива используется электричество, запуск БоГЭС стал важной предпосылкой для возведения Тайшетского алюминиевого завода недалеко от электростанции.

Рис. 3. Панорама строительства Тайшетского алюминиевого завода

На сегодня построено и продолжают строиться более 60 основных и вспомогательных производственных объектов и подъездные железнодорожные пути. Действует мобильный бетонный завод. Первый пусковой комплекс готов на 30 %, что отображено на рис. 4.

Рис. 4. Строительство корпусов завода

Тайшетский алюминиевый завод рассчитан на ежегодный выпуск 750 тысяч тонн алюминия. Первоначально для работы на предприятии будут привлекаться сотрудники ныне действующих Красноярского, Саянского и Братского заводов, относящихся к РУСАЛу.

В будущем костяк коллектива составят лучшие выпускники технических вузов Сибири.

Первоначально ТаАЗ будет состоять из четырех основных цехов: электролиза (4 корпуса); энергетического (1 корпус); литейного (1 корпус); анодного (1 корпус).

Уникальные электролизеры модели РА-400Т являются одними из самых мощных, экологичных и энергоэффективных в мире. Одна такая установка за сутки способна выплавить до 3 т алюминия.

На ТаАЗе будут установлены эффективные системы сухой очистки газов, построены водоочистные сооружения. Кроме того, в конструкции электролизеров предусмотрена система автоподачи глинозема, что снизит объемы вредных выбросов.

Важным моментом является создание для будущих работников хороших социально-бытовых условий. Недалеко от Тайшета будет построен новый микрорайон, где будут проживать заводчане и их семьи. Общая площадь жилья составит порядка 150 тыс. м^2.

Помимо домов планируется возвести различные культурные и социальные объекты, как это показано на рис. 5.

Рис. 5. Макет Тайшетского алюминиевого завода и микрорайона

Также немаловажную роль в выборе площадки для строительства завода сыграла близость к азиатским странам. Китай, Япония, Корея, страны Юго-Восточной Азии являются крупнейшими потребителями алюминия в мире. Учитывая развитую транспортную сеть, ОК «РУСАЛ» сможет заметно нарастить экспорт металла и продуктов на его основе в Тихоокеанский регион.

Приведенные примеры говорят об актуальности проектирования и строительства железных дорог в Тайшетском районе Иркутской области.

Проблемы строительства на вечной мерзлоте

Вечномерзлые грунты распространены на одной пятой части суши Земного шара и встречаются на 65 % территории России, как это показано на рис. 6.

Рис. 6. Карта распространения многолетнемерзлых грунтов на территории Российской Федерации [4]

Тяжелые природные условия рассматриваемой зоны; низкие отрицательные температуры (до -60°С), суровые и длинные зимы (7−9 месяцев), близко залегающие к поверхности вечномерзлые грунты, а также отдаленность от экономически развитых районов страны и слабое развитие транспортной сети (менее 0,2 км на 100 км территории) − приводят к тому, что стоимость строительства железных дорог в несколько раз превышает стоимость их строительства в средней полосе.

Высокий уровень промышленно-энергетического потенциала нашей страны позволил перейти к интенсивному освоению богатейших природных ископаемых, разведанных в районах распространения вечномерзлых грунтов (в Западной и Восточной Сибири, Якутии и Забайкалье): в Тюменской и Томской областях − запасов нефти, газа и леса; в Красноярском крае и Иркутской области − редких и цветных металлов, леса и энергетических ресурсов рек; в Якутии − алмазов, золота, угля; в Забайкалье − редких и цветных металлов, минерального сырья.

При строительстве на многолетнемерзлых грунтах в зависимости от конструктивных и технологических особенностей зданий и сооружений, инженерно-геокриологических условий и возможности целенаправлен-

ного изменения свойств грунтов основания применяется один из следующих принципов использования многолетнемерзлых грунтов в качестве основания сооружений [5−12]:

- принцип I − многолетнемерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения;
- принцип II − многолетнемерзлые грунты основания используются в оттаянном или оттаивающем состоянии (с их предварительным оттаиванием на расчетную глубину до начала возведения сооружения или с допущением их оттаивания в период эксплуатации сооружения).

Принцип I следует применять, если грунты основания можно сохранить в мерзлом состоянии при экономически целесообразных затратах на мероприятия, обеспечивающие сохранение такого состояния. На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмичности района следует принимать использование многолетнемерзлых грунтов по принципу I.

При строительстве на пластично-мерзлых грунтах следует предусматривать мероприятия по понижению температуры грунтов до установленных расчетом значений, а также учитывать в расчетах оснований пластические деформации этих грунтов под нагрузкой.

Принцип II следует применять при наличии в основании скальных или других малосжимаемых грунтов, деформации которых при оттаивании не превышают предельно допустимых значений для проектируемого сооружения, при несплошном распространении многолетнемерзлых грунтов, а также в тех случаях, когда по техническим и конструктивным особенностям сооружения и инженерно-геокриологическим условиям участка при сохранении мерзлого состояния грунтов основания не обеспечивается требуемый уровень надежности строительства.

Проектирование земляного полотна в районах распространения многолетнемерзлых грунтов при основаниях с относительной осадкой более 0,1, в том числе на марях, а также на наледных участках, на участках с наличием подземного льда, развития термокарста, солифлюкции, бугров пучения выполняется с обязательным прогнозом температурного режима и деформаций земляного полотна и основания. Прогноз необходимо выполнять на весь срок эксплуатации железнодорожной линии до ее реконструкции или капитального ремонта с проведением необходимых теплотехнических расчетов изменения геокриологических условий по СП 25.13330 и расчетов устойчивости и осадок земляного полотна при деградации мерзлоты как для слабых оснований.

По результатам прогноза принимаются конструктивные решения, назначаются противодеформационные мероприятия и защитные сооружения.

При этом в соответствии с СП 25.13330 предусматривают два альтернативных варианта: применение I принципа использования многолетнемерзлых оснований с недопущением оттаивания мерзлых грунтов в течение всего срока эксплуатации и применение II принципа с возможностью оттаивания многолетнемерзлых грунтов и их использовании при эксплуатации в оттаявшем состоянии.

В первом случае проектируют решения по поддержанию многолетнемерзлых грунтов в естественном состоянии, в том числе с применением различных охлаждающих конструкций. Во втором случае предусматриваются противодеформационные мероприятия, обеспечивающие условия устойчивости земляного полотна, прочности грунтов основания и непревышения допустимых деформаций в ходе и после оттаивания многолетнемерзлых грунтов основания, как для насыпей на слабом основании.

При проектировании земляного полотна в условиях многолетнемерзлых грунтов должны выполняться также требования СП 116.13330 и СП 25.13330.

На участках многолетнемерзлых грунтов III и IV типов оснований по просадочности предусматриваются водоотведение для предотвращения термокарста. Притрассовые дороги на участках с активным развитием термокарста устраивают на раздельном полотне не ближе 100 м от оси пути.

Примеры проектных решений по защите от деградации многолетнемерзлых пород в основании земляного полотна железных дорог

Деформации земляного полотна происходят из-за оттаивания льдистых многолетнемёрзлых грунтов основания и термокарстовых явлений, которые являются следствием деградации мерзлоты в основании земляного полотна.

Так, например на БАМе по данным многолетних наблюдений было выявлено, что выемки более подвержены к деформациям, несмотря на что при строительстве была выполнена вырезка льдонасыщенных грунтов и льдов с заменой их фракционированным скальным грунтом для сохранения основания в мёрзлом состоянии, по I принципу.

Проектом «Строительство второго пути на перегоне Сакукан – Салликит на участке Таксимо – Новая Чара Восточно-Сибирской железной дороги», было предусмотрено устройство охлаждающих конструкций в

виде отсыпки сортированной горной массой фракций 0,20 м – 0,50 м (средний размер камней 0,40 м) в объеме 6 072,00 м3, и установки сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) 184 шт. длиной по 13,00 м и общим весом 6,440 т.

В июле−августе 2008 г. на данном перегоне была выполнена комплексная реконструкция верхнего строения нечетного пути, в мае−июне 2009 г. – средний ремонт четного пути.

Однако, деформации пути после ремонта не прекратились. Так при реконструкции нечетного пути на 1841 км была заужена обочина земляного полотна слева по ходу километров на 25 см, а через год появились осадки пути до 80 мм на протяжении 50 м, как показано на рис. 7.

Несмотря на проведенные ремонты в 2008 и 2009 годах, данный участок пути выправляли 5 раз. Суммарная осадка пути в данном месте составила более 250 мм.

И только устройство охлаждающего навеса на 1841 км ПК2, слева по ходу километров прекратила осадки и доказала эффективность его работы.

При выполнении противодеформационных мероприятий на 1841 км в сентябре – ноябре 2009 г. было произведено устройство термоскважины №1 глубиной 2,96 м. Устройство термоскважины осуществлено на откосе кювета ПК2 1841 километра слева на расстоянии 7,30 м от оси первого пути. В данном месте мощность сезонно-талого слоя на момент установки термоскважины (04 ноября 2009 г.) достигала более 3,5 м.

Для предотвращения деградации многолетнемерзлых грунтов основания насыпи железнодорожного полотна, работниками дистанции пути под руководством мастера по земполотну Н.А. Валиева было принято решение установить охлаждающий навес.

Устройство навеса производилось из лиственничных старогодных шпал (негодных для укладки в путь). Строительство велось в период с 11.11.2009 г. по 06.12.2009 г. Протяжённость навеса составила 51,25 м, ширина 2,75 м, площадь покрытия составила 141 м^2.

Навес построен слева от обочины земляного полотна над кюветом с соблюдением всех требований габарита приближения строения пути. Общий вид навеса представлен на рис. 8.

Перед самым устройством охлаждающего навеса на 1841 км нечетного пути производилась выправка для устранения осадки величиной до 100 мм.

В результате работы охлаждающего навеса мощность сезонно-талого слоя уже менее чем через год сократилась с 3,5 м до 1,68 м, т.е. уменьшилась в 2,1 раза.

а)

б)

Рис. 7. Осадки железнодорожного пути на перегоне Сакукан – Салликит ВСЖД из-за деградации многолетнемерзлых грунтов: а − осадка пути на 1841 км ПК2 (фото от 21.05.2008 г., с востока, до ремонта пути); б − осадка пути на 1841 км ПК2 (фото от 04.06.2009 г., с запада, через год после комплексной реконструкции нечетного пути и через 10 дней после среднего ремонта четного пути; фото мастера по земполотну Н.А. Валиева)

а)

б)

Рис. 8. Общий вид солнцеосадкозащитного охлаждающего навеса 1841 км ПК2, фото от 16.12.2009 г.: а) с запада, б) с востока

Результаты изменения мощности сезонно-талого слоя во времени под охлаждающим навесом приведены на рис. 9.

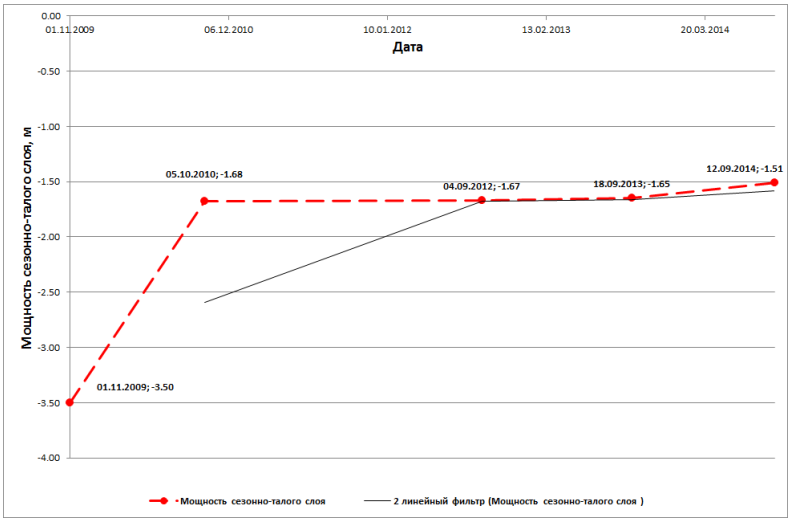


Рис. 9. График изменения мощности сезонно-талого слоя во времени под охлаждающим навесом

В последующем, как видно из графика, представленного на рис. 9, мощность сезонно-талого слоя под навесом продолжала уменьшаться, и, на 12.09.2014 г. составила 1,51 м.

Кроме того в октябре 2015 года специалистами Тындинской мерзлотной станции в программе Hert, разработанной на кафедре геокриологии МГУ, был произведен расчет температурного поля 1841 км ПК2 на 10-й расчетный год после устройства навеса, т.е. на 2019 год, который показан на рис. 10.

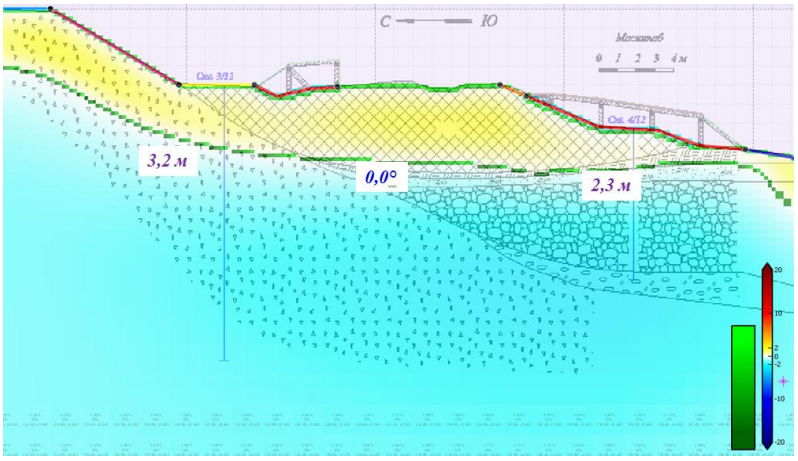


Рис. 10. Результаты расчета температурного поля земляного полотна на 1841 км ПК2 ВСЖД специалистами Тындинской мерзлотной станции

Хорошо видно, что чаша протаивания не наблюдается, вечная мерзлота располагается под навесом на глубине 2,3 м.

Таким образом, навесы сборно-разборной конструкции эффективно применять в период между ремонтами (реконструкциями) для преду-

преждения деформаций, вызванных деградацией многолетнемерзлых грунтов основания.

Затем, в проекте капитального ремонта (реконструкции) может предусматриваться, при необходимости, целый комплекс сооружений, включающих скальную наброску на откосе, грунтовые бермы с обсыпкой скальным грунтом, полностью скальные бермы, клещевидная обойма, скальная наброска с вентилируемыми лотками, СОУ, укладка теплоизоляции (пенополистирол), дополнять которые могут и навесы.

Коллективом специалистов ФГБОУ ВО ИрГУПС разработаны технические требования по устройству и эксплуатации солнцеосадкозащитных навесов, предназначенных для предотвращения деградации многолетнемерзлых грунтов основания земляного полотна железных дорог, утвержденные ЦДИ ОАО «РЖД» [13].

Проектные решения технико-экономически обосновываются, защищаются перед Заказчиком и проходят госэкспертизу.

Например, при проектировании в 2010 году участка Амуро-Якутской железной дороги Томмот – Кердем ООО «Проекттрансстрой» ЗАО «Инжтрансстрой» были разработаны конструктивные поперечные профили земляного полотна на участках многолетнемерзлых грунтов III–IV категории просадочности в основании железной дороги, включающие следующие решения и их сочетания:

1) вырезку и замену сильнольдистого грунта;
2) отсыпку насыпей из скального грунта;
3) скальную наброску;
4) устройство СОУ с укладкой пенополистирола;
5) устройство валиков из крупнообломочного грунта;
6) укладку георешетки Тенсар;
7) устройство экранов;
8) устройство комплексной охлаждающей конструкции, включающей ступенчатый откос насыпи с применением субвертикальных откосов с уклонами 1:0,75, укладку пенополистирола в основании откосов насыпи и устройство закладных труб для последующей установки консольных навесов;
9) устройство охлаждающих берм из скального грунта и гофрированных перфорированных дренажных трубок диаметром 200 мм;
10) армированием путем чередования дренирующего слоя из скального грунта и слоя из однородного недренирующего грунта.

Примеры проектных решений приведены на рис. 11–13.

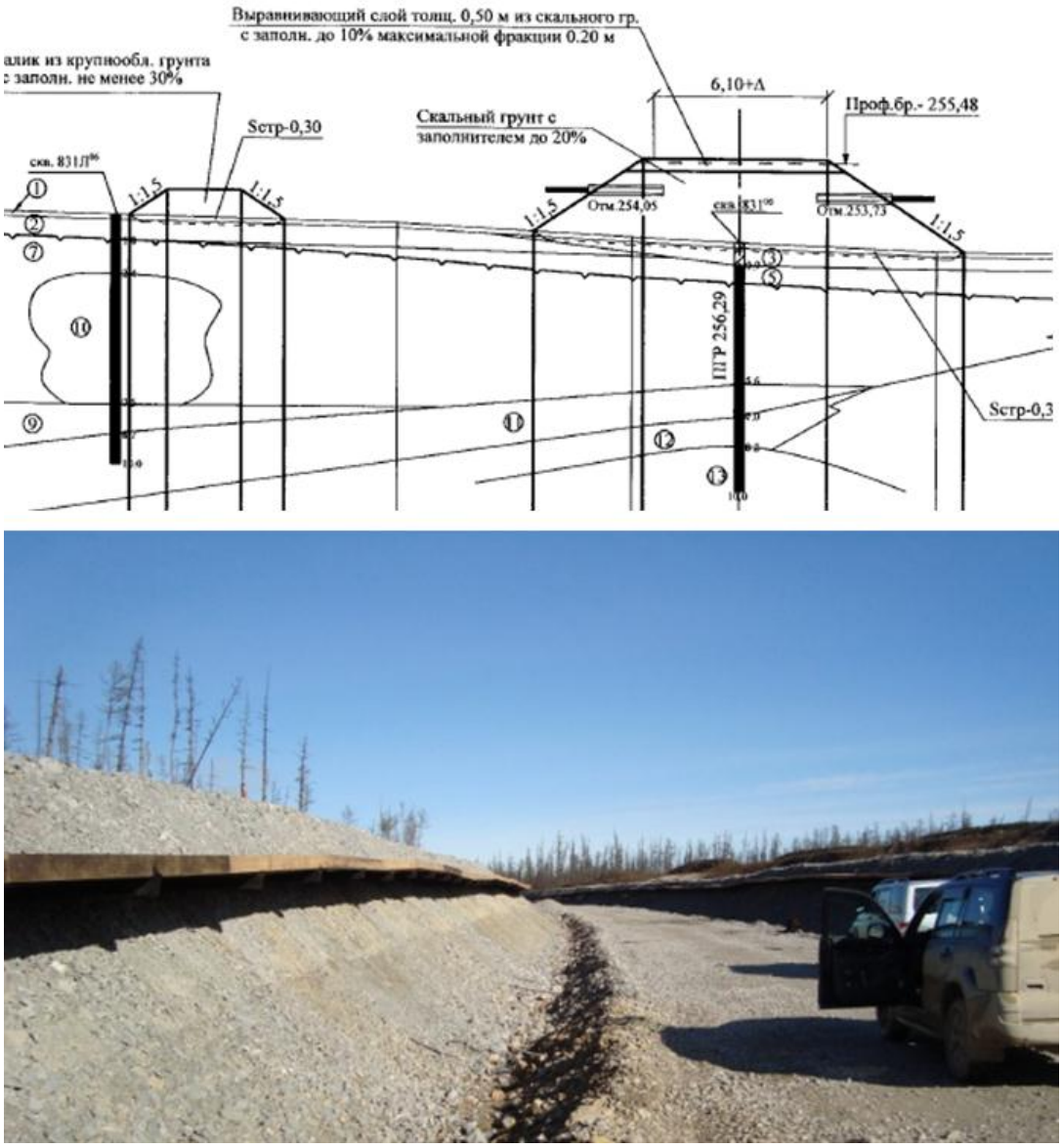


Рис. 11. Проектное решение с установкой защитных экранов

По нашему мнению, наиболее эффективным, хотя и затратным, является установка сезонно-охлаждающих устройств (СОУ), которые приведены на рис. 13.

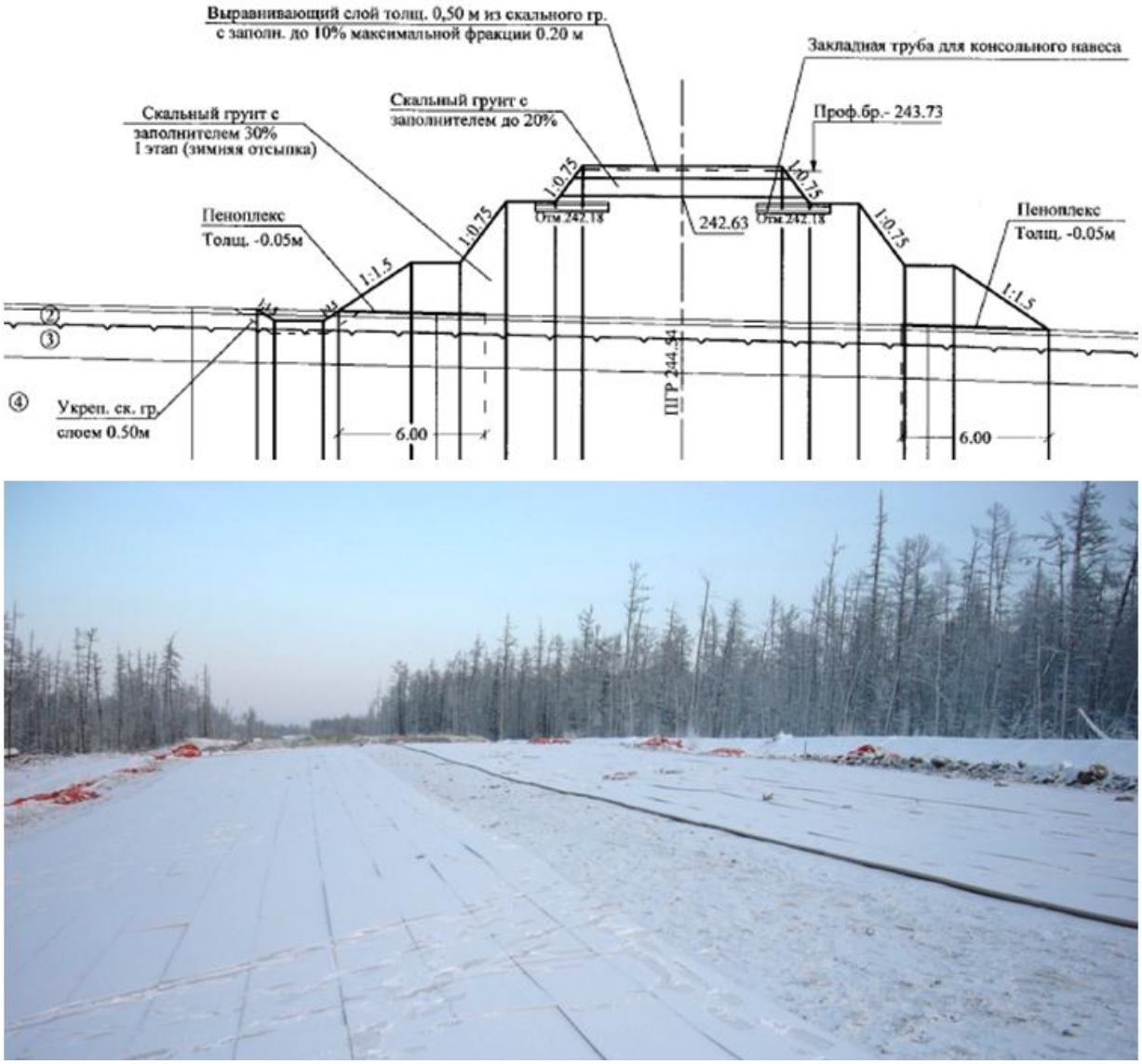


Рис. 12. Проектное решение с укладкой плит утеплителя Пеноплекс

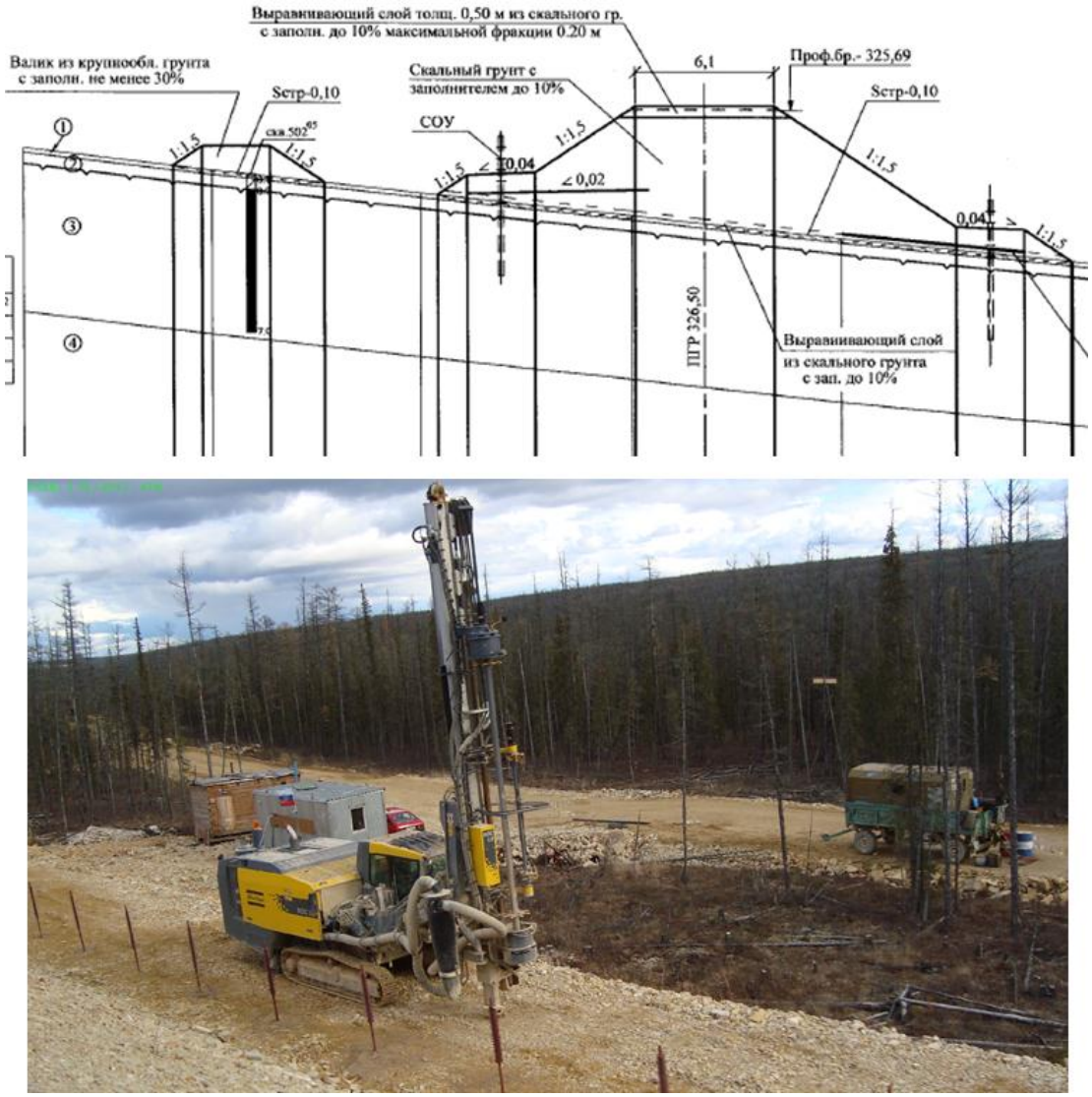


Рис. 13. Проектное решение с установкой СОУ

Заключение

1) Опыт ПДзем ПЧ 27 ВСЖД Н.А. Валиева показал, что солнцеосадкозащитные навесы, по примеру приведенных на рис. 10, могут предотвратить деградацию многолетнемерзлых грунтов.

2) Тепловые экраны, которые показаны на рис.11, мало защитят от солнца и осадков, хотя, конечно, не требуют больших затрат.

3) Пенополистирольные плиты в основании насыпи (рис. 12), конечно, снизят теплопередачу от насыпи к основанию. Но другие причины деградации мерзлоты, такие как солнечная радиация, отложение снега у подошвы насыпи, эти плиты не ликвидируют.

4) По нашему мнению, довольно эффективным, хотя и затратным, является установка сезонно-охлаждающих устройств, которые приведены на рис. 13.

5) Принцип действия и конструкции охлаждающих устройств рассмотрены в следующей статье.

Библиографический список

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р (в редакции распоряжения Правительства РФ от 11 июня 2014 г. № 1032-р [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/03/23/strategia.pdf.

2. Лушников А.В. Стратегия развития железных дорог как основа развития транспортно-промышленного комплекса Российской Федерации / А.В. Лушников, И.В. Мицук, А.П. Хоменко [и др.] // Проблемы и перспективы изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог : сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием. Иркутск : ИрГУПС, 2009. Т. 1. С. 9–27

3. Тайшетский алюминиевый завод : строительство, производство, контакты. Режим доступа : http://fb.ru/article/347738/tayshetskiy-alyuminievyiy-zavod-stroitelstvo-proizvodstvo-kontaktyi

4. СП 131.13330.2011. Строительная климатология / введ. 01.01.2000. М. : Госстрой, 2011

5. Временные технические условия на проектирование земляного полотна железнодорожной линии Улак – Эльга с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Утв. МПС, Департаментом пути и сооружений 01.10.2001. М., 2001. 53 с.

6. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации искусственных сооружений автомобильных дорог на водотоках с наледями / Минавтодор РСФСР. М. : Транспорт, 1989. 142 с.

7. ВСН 61-89. Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты

8. СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм

9. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.СП 238.1326000.2015. Железнодорожный путь

10. СП 119.13330.2017. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95

11. Технические указания по стабилизации деформирующихся насыпей железных дорог, расположенных на протаивающих основаниях из вечномерзлых грунтов. Утв. МПС России 11 мая 1993 г. М., 1993

12. Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути. Утв. Министерством путей сообщения РФ 30.03.1998 № ЦП-544

13. Технические требования по устройству и эксплуатации солнцеосадкозащитных навесов, предназначенных для предотвращения деградации многолетнемерзлых грунтов основания земляного полотна железных дорог. Разраб. ФГБОУ ВО ИрГУПС; Утв. № ЦДИ-1605 от 27.12.2018 г. М. : ОАО «РЖД». 24 с.

В.А. Подвербный, А.А. Перелыгина, Л.Ю. Гагарин, Д.А. Уральский
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ СЕЗОННЫХ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Рассмотрена проблема защиты от деградации многолетнемерзлых грунтов основания земляного полотна железных дорог. В Тайшетском районе Иркутской области, в настоящее время идет масштабное транспортное, промышленное и гражданское строительство. В то же время район находится в зоне островного распространения вечномерзлых грунтов. Рассмотрены принципы работы сезонных охлаждающих устройств. Рассмотрены примеры применения СОУ в строительстве и российские компании, поставляющие СОУ – ТСГ. Разработана программа RASCHET_SOU.xlsx, предназначенная для принятия решений при выборе конструкции и параметров сезонных охлаждающих устройств.

Ключевые слова: защита от деградации многолетнемерзлых грунтов, основание земляного полотна железных дорог, сезонные охлаждающие устройства, термостабилизаторы грунта, принятие решений, метод идеальной точки.

Введение

Тайшетский район Иркутской области находится в зоне островного распространения вечномерзлых грунтов [1].

Глубина сезонного промерзания-протаивания грунтов в Тайшетском районе может достигать 3 м, как это показано на рис. 1.

Осадки основания земляного полотна железных дорог проявляются как в виде резких локальных изменений пути в плане и профиле протяжением в несколько десятков метров, так и в виде протяженных «волнообразных» участков длиной до 1 км и более. При этом осадки протекают крайне неравномерно, приводя к значительным расстройствам рельсовой колеи, вызывая необходимость постоянных выправок и подъемок пути.

Деформации приводят к значительному увеличению количества ограничений скорости. В свою очередь ограничения скорости движения поездов приводят к серьезным экономическим потерям для ОАО «РЖД».

В местах интенсивных деформаций отмечаются трещины по обочинам, откосам и бермам земляного полотна, происходит осадка берм вплоть до их погружения в марь. Годовая величина осадки по результатам многолетних наблюдений на участках с просадочными сильнольдистыми грунтами может достигать более 100 мм/год.

Основной причиной деформаций является деградация мерзлоты в основании, вызванная нарушением естественных условий теплообмена между атмосферой и грунтовым массивом.

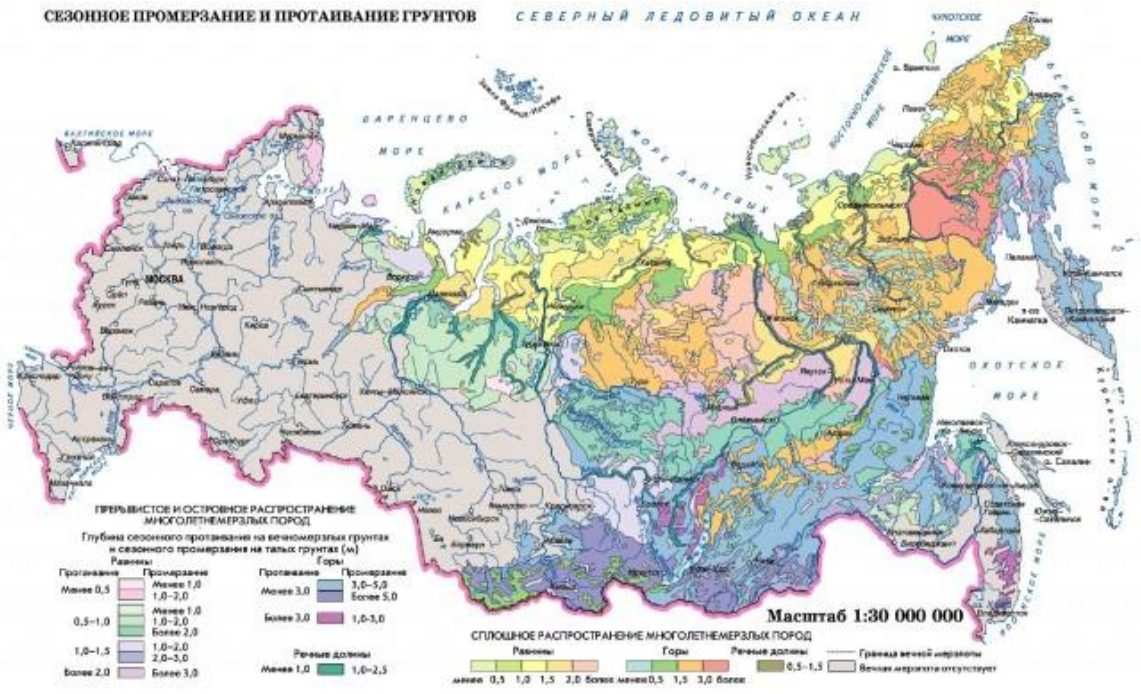


Рис. 1. Карта сезонного промерзания и протаивания грунтов

Основными нарушениями естественных природных условий являются:

- замена слоя торфа или переувлажненного суглинка в зоне сезонного оттаивания-промерзания на дренирующий маловлажный грунт;
- уменьшение испарения и увеличение инфильтрации атмосферных осадков, способствующих теплопереносу через оголенные поверхности контура земляного полотна, по сравнению с состоянием земной поверхности, находившейся в естественных условиях, наблюдавшимися до возведения земляного полотна;
- увеличение поглощения солнечной радиации поверхностями контура земляного полотна по сравнению с естественной поверхностью;
- ухудшение условий отвода поверхностных вод вблизи земляного полотна, приводящих к отепляющему влиянию углублений поверхности, заполненных водой и потоков грунтовых вод, фильтрующихся через тело земляного полотна и основание на косогорных участках;
- увеличение толщины снежного покрова у основания земляного полотна и на прилегающей территории.

В основном осадки земляного полотна наблюдаются на маревых ландшафтах, сложенных сильнольдистыми грунтами III и IV категории просадочности.

Особенно интенсивно осадки развиваются в местах где отсутствует или неисправен водоотвод от земляного полотна, где у подошвы земляного полотна сильно нарушен естественный моховой покров и развиваются термокарстовые явления.

Наиболее неблагоприятное положение складывается на подходах к мостам, которые в этих случаях из-за осадок подходных насыпей оказываются на «горбах», а также в зоне водопропускных труб, где осадки земляного полотна сопровождаются деформациями самих труб.

Величина осадки на таких участках гораздо больше, чем в обычных условиях, что связано с более интенсивным оттаиванием мерзлоты из-за отепляющего влияния многочисленных застоев воды в этих зонах.

Кроме многолетних деформаций из-за деградации мерзлоты на невысоких насыпях, где сезонное промерзание достигает основания, возможно морозное пучение с последующей осадкой при оттаивании.

Величина сезонной осадки при этом может превышать величину пучения в связи с горизонтальными смещениями к откосной части слабых оттаивающих грунтов, что приводит к накоплению осадки во времени. Учитывая неравномерность сезонного промерзания и деформаций по поперечному профилю, возможно при этом также «расползание» откосных частей насыпи.

На ряде участков, основание которых сложено льдистыми торфами и заторфованными грунтами, осадки могут происходить за счет бокового пластического выдавливания этих грунтов к откосной части, как это характерно для земляного полотна на слабых грунтах.

Таким образом, проблема предотвращения деградации многолетнемерзлых грунтов оснований земляного полотна железных дорог в районах транспортного и промышленного освоения имеет важное народнохозяйственное значение.

Принципы работы сезонных охлаждающих устройств

Охлаждение основания может осуществляться с помощью применения конструкций с тепловыми трубами. В качестве тепловых труб используются парожидкостные автономные сезоннодействующие охлаждающие установки, представляющие собой трубы, заполненные хладагентом, находящимся в жидком и парообразном состоянии. Установки работают в зимнее время, за счет естественной отрицательной разности температур атмосферного воздуха и охлаждаемого грунта основания, под действием которой происходит конвекция хладагента, являющегося легкокипящей жидкостью.

Хладагент в жидком состоянии из нижней подземной части установки (испарителя) испаряется и поднимается в виде пара в верхнюю надземную часть (конденсатор), где хладагент конденсируется на холодных стенках, отдавая тепло в наружный воздух, и затем стекает в виде жидкой пленки по стенкам в нижнюю часть, охлаждая прилегающий к установке грунт.

Конвекция хладагента в парообразном состоянии и фазовые его превращения происходят непрерывно в состоянии динамического равновесия жидкости и насыщенных паров, в течение всего периода пока температура верхней надземной части ниже, чем подземного испарителя. При изменении знака разности температур конденсатора и испарителя происходит прекращение процесса и установка автоматически отключается.

Парожидкостные установки применяются для охлаждения основания насыпи с целью: стабилизации положения мерзлоты либо восстановления ее до естественного уровня, создания мерзлотных упоров против бокового выдавливания грунтов в приподошвенной зоне насыпи, создания противофильтрационных завес, как это показано на рис. 2.

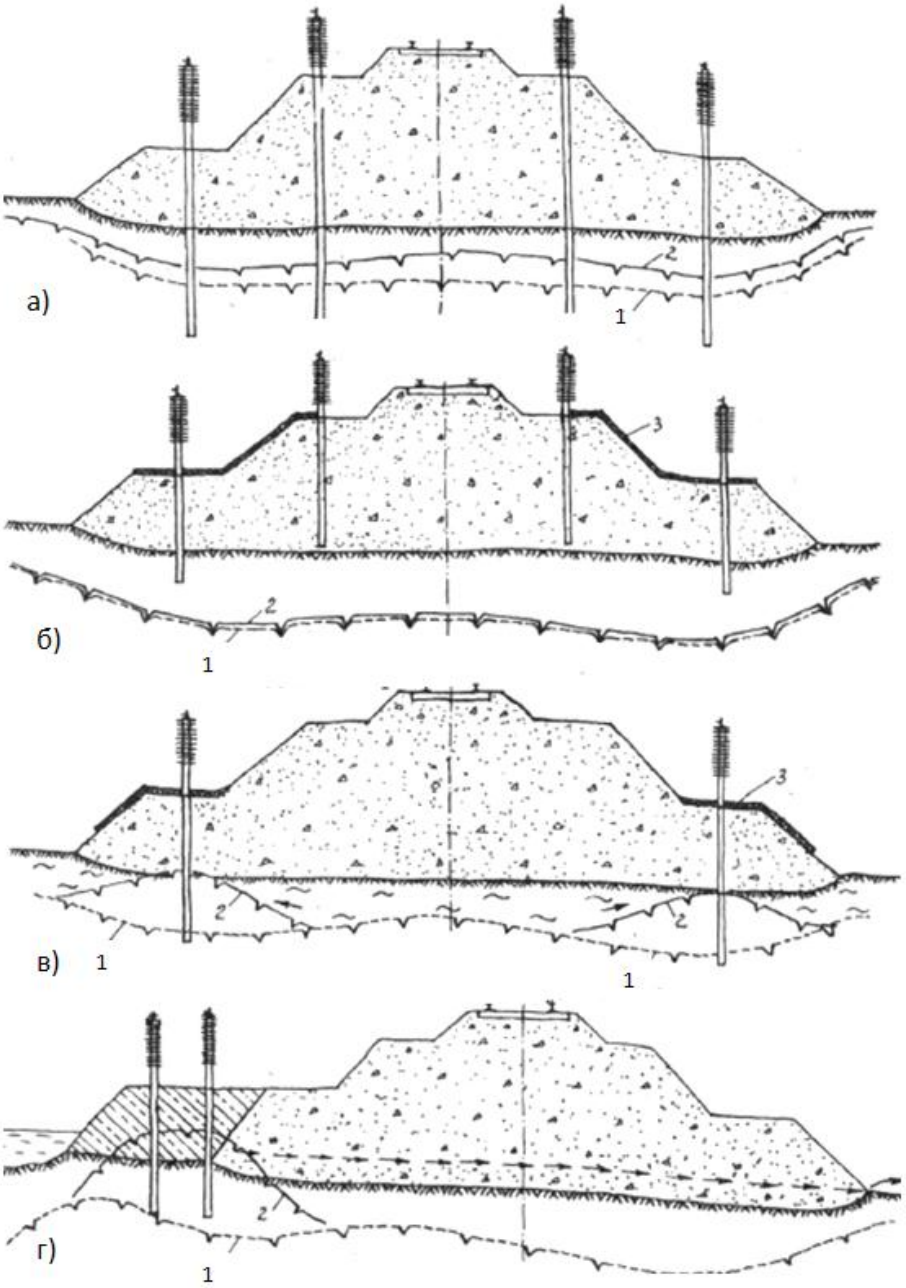


Рис. 2. Варианты использования СОУ: а – восстановление верхней границы вечной мерзлоты; б – стабилизация верхней границы вечной мерзлоты; в – создание мерзлотного упора против выдавливания талых грунтов основания; г – противофильтрационная завеса; 1 – ложе протаивания; 2 – новое положение верхней границы мерзлоты; 3 – слой теплоизоляции

При применении парожидкостных установок для стабилизации положения мерзлоты они ставятся по поперечному сечению насыпи с таким расчетом, чтобы установки нейтрализовали годовой положительный баланс тепла, поступающего в насыпь. Для увеличения охлаждающего эффекта парожидкостные охлаждающие установки могут применяться в

комбинации с устройством на откосах насыпи слоя теплоизоляции, препятствующей нагреву основания в летнее время. В качестве теплоизоляции используются различные пенопласты: полистирольные, полихлорвиниловые, полиуретаны, в том числе, твердеющие на месте и т.п., имеющие предел прочности на сжатие не менее 0,2 МПа. Толщина и ширина слоя теплоизоляции определяется теплотехническим расчетом.

При конструировании установок рассматривают различные варианты развития поверхности конденсаторов. Соотношение площадей поверхностей испарителя и конденсатора принимают от 0,5 до 1,0.

Развитие поверхности конденсаторов достигается их оребрением, которое может выполняться вертикальным из стальных полос шириной 0,25−0,5 диаметра трубы либо горизонтальным из стальных пластин шириной 0,4−0,6 диаметра трубы.

Горизонтальное оребрение несколько сложнее в изготовлении, но обеспечивает более равномерный теплосъем с поверхности конденсатора, наиболее эффективно оребрение конденсатора производить навивкой гофрированной стальной мягкой ленты, применяемой серийно в холодильной промышленности.

В качестве хладоагентов в парожидкосткых установках применяют: хладоны (фреоны). Хладоны не имеют запаха, не ядовиты и не взрывоопасны, к металлам, за исключением магниевых сплавов нейтральны, обладают большой текучестью, что требует обеспечения повышенной герметизации установок.

Допускается использовать нефтепродукты лёгких фракций – авиационный или осветительный керосин, реже – дизельное топливо [2].

Применение СОУ в строительстве

Сегодня в России многие предприятия освоили выпуск СОУ − термостабилизаторов грунта (ТСГ).

ООО «Асбестовский котельно-машиностроительный завод» производит термостабилизаторы грунта, примеры которых приведены на рис. 3.

Термостабилизатор представляют собой вертикальную трубу термосифона, вокруг которой замораживается грунт. По принципу действия термостабилизаторы относятся к гравитационным тепловым трубам.

Преимущества термостабилизаторов грунта:

– значительное снижение затрат на строительство;

– повышение несущей способности свайных фундаментов в более чем 3 раза;

– поддержание постоянного температурного режима в основаниях сооружений;

– позволяют сократить сроки возведения зданий и сооружений;

– нет необходимости в сооружении вентилируемого подполья;

– высокая устойчивость стенок котлованов при строительстве заглубленных сооружений на талых грунтах.

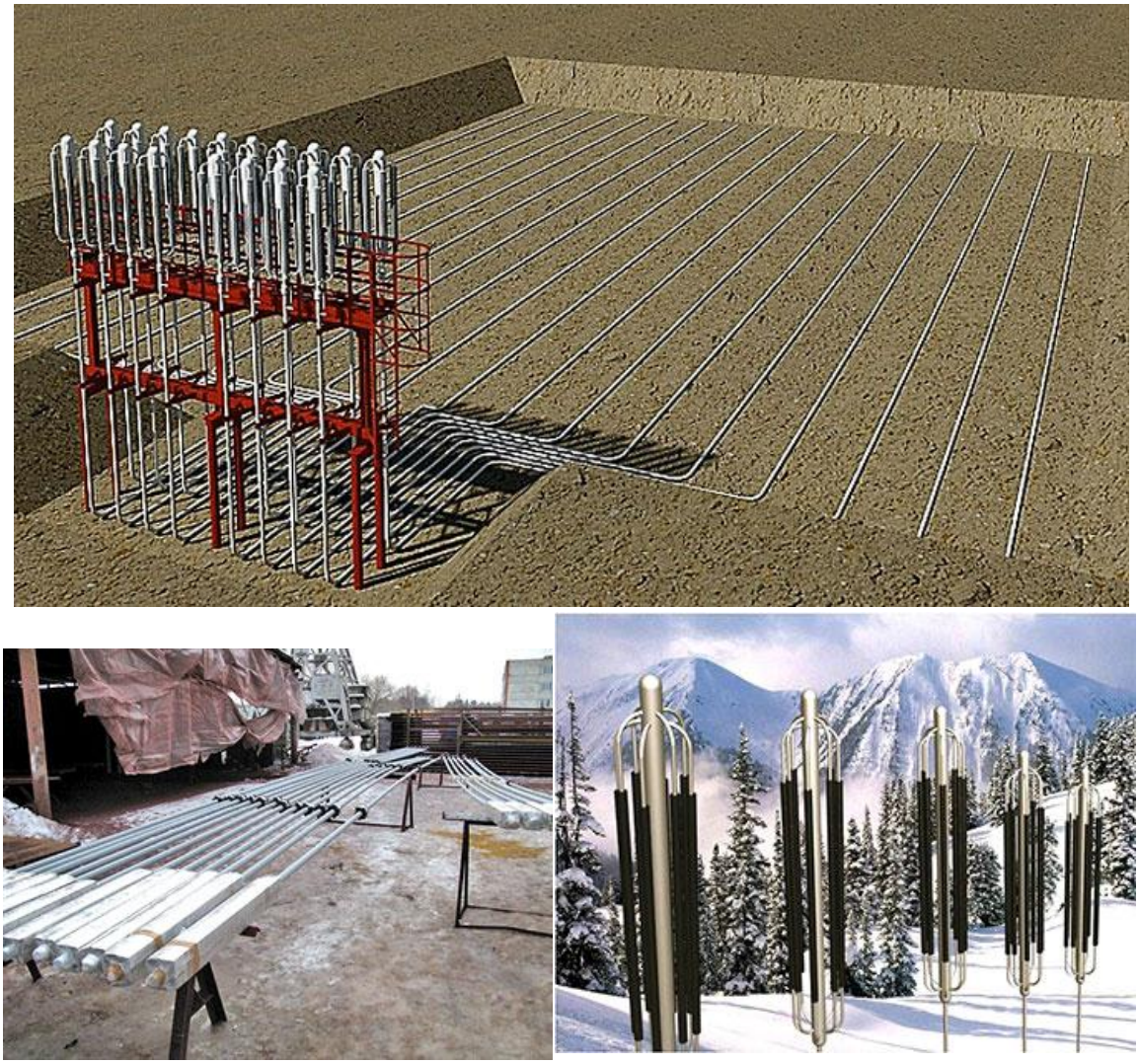


Рис. 3. Термостабилизаторы грунта, выпускаемые ООО «АКМЗ»

ООО НПО «Фундаментстройаркос» (г. Тюмень) − крупнейшее предприятие в России по производству систем температурной стабилизации вечномерзлых грунтов.

Производственные мощности компании, не имеют мировых аналогов, как по технологичности изготовления, так и по объемам выпускаемой продукции, что проиллюстрировано рис. 4.

Рис. 4. Производство ТСГ на ООО НПО «Фундаментстройаркос»

ООО НПО «Фундаментстройаркос» имеет преимущества:

– автоматическая сварка стальных труб, роботизированный сварочный комплекс;

– оцинкование труб и деталей;

– оригинальные биметаллические конструкции с оребренной поверхностью, применяются алюминиевые сплавы с коэффициентом теплопроводности в 4 раза больше, чем у стали с лакокрасочным покрытием;

– автоматическая заправка хладагентом;

– испытание термостабилизаторов в климатической камере;

– лазерная резка и гибка листовых материалов, плазменная резка стальных труб и листового металла;

– качественная упаковка и транспортировка, комбинированная логистика.

ТСГ, произведенные ООО НПО «Фундаментстройаркос» и установленные на различных стройплощадках, приведены на рис. 5.

Рис. 5. Термостабилизаторы ООО НПО «Фундаментстройаркос»

ООО «НПО «Север» (г. Владимир) − это завод, оснащенный оборудованием по выпуску технических средств для термостабилизации грунтов и инженерно-геокриологического мониторинга. Этот завод – полноправный производитель термостабилизаторов. Месячное производство термостабилизаторов составляет 2000 – 2500 шт. (в зависимости от типоразмеров), плюс сопутствующая продукция. Производитель термостабилизаторов имеет техническое оснащение, которое позволяет производить весь производственный цикл без привлечения подрядных организаций.

Система вертикальных ТСГ, показана на рис. 6 и предназначена для:

– предпостроечного замораживания/охлаждения грунтов оснований зданий и сооружений;

– работы по искусственному замораживанию грунтов основания в процессе строительства и эксплуатации;

– восстановление грунтов, то есть их мерзлотного состояния в основании зданий и сооружений, построенных по I принципу;

– создания такого устройства, как завеса противофильтрационная;

– устройства фундаментов промышленных и гражданских сооружений;

– устройства фундаментов линейных сооружений;

– обеспечения устойчивости шахтных стволов, нефте- и газодобывающих скважин и горных выработок;

– устройства противофильтрационных льдогрунтовых ядер в теле дамб и плотин, а также льдогрунтовых стенок при проходке котлованов, колодцев и траншей.

– Система горизонтальных термостабилизаторов грунта показана на рис. 6.

Рис. 6. Система вертикальных термостабилизаторов грунта

При небольших габаритах зданий и сооружений проводится монтаж термостабилизаторов горизонтальных с диаметром испарителя 38 мм

длиной до 16 м. Для монтажа конструкции в проектное положение используются поддерживающие конструкции.

При больших габаритах зданий и сооружений используется система горизонтальных термостабилизаторов с диаметром испарителя 76 мм, при этом конденсаторные блоки сводят в единый куст, а использование площадки обслуживания повышает эксплуатационные показатели системы рис. 7.

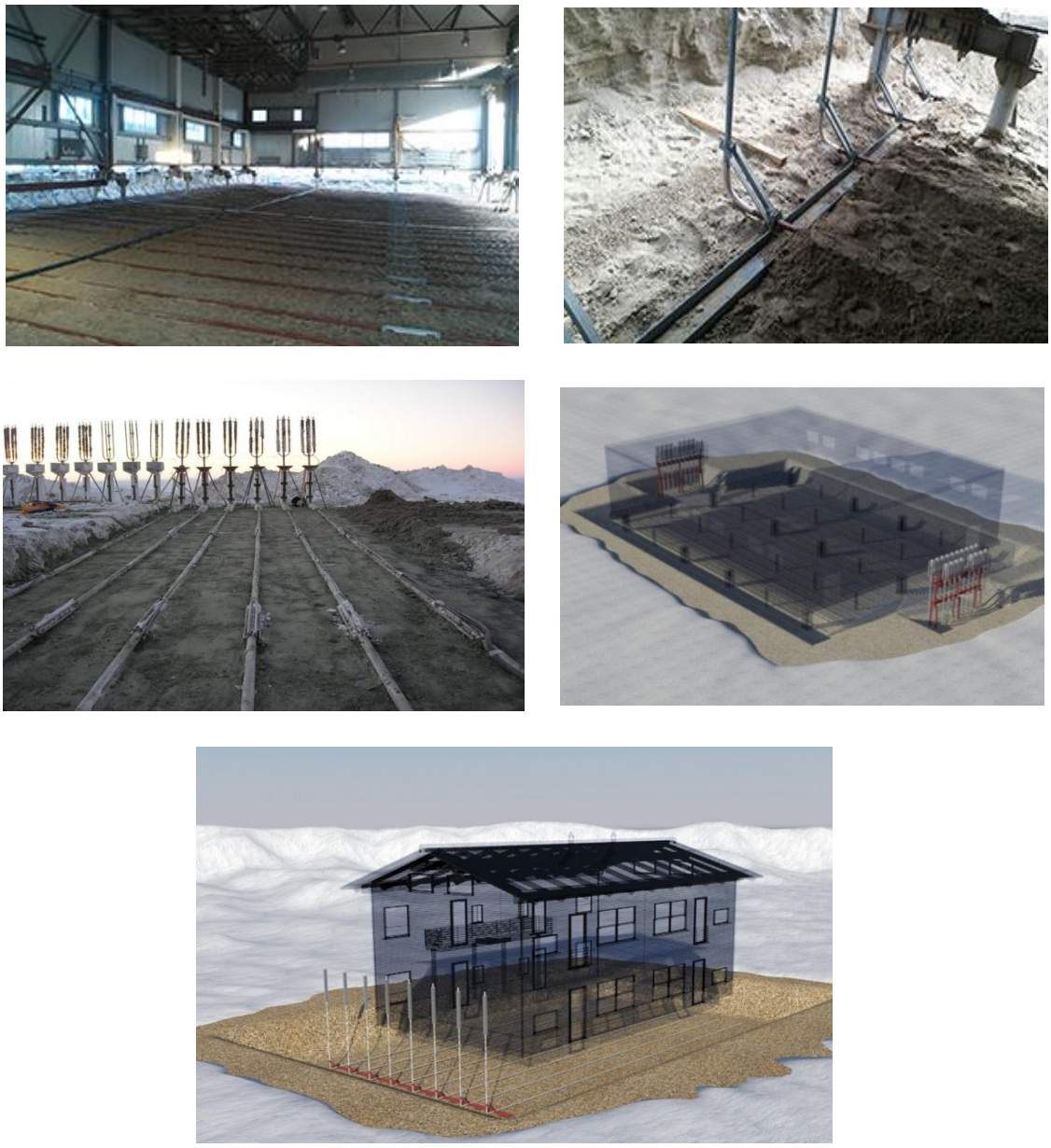


Рис. 7. Система горизонтальных термостабилизаторов грунта

Таким образом, для обоснованного выбора типа и конструкции сезонных охлаждающих устройств необходимо разработать программу.

Автоматизация принятия решения при выборе и расчетах СОУ

Для принятия решений при выборе конструкции и параметров сезонных охлаждающих устройств была разработана программа RASCHET_SOU.xlsx.

В расчете были использованы рекомендации, изложенные в документах [2−9]. Общий вид программы RASCHET_SOU.xlsx представлен на рис. 8.

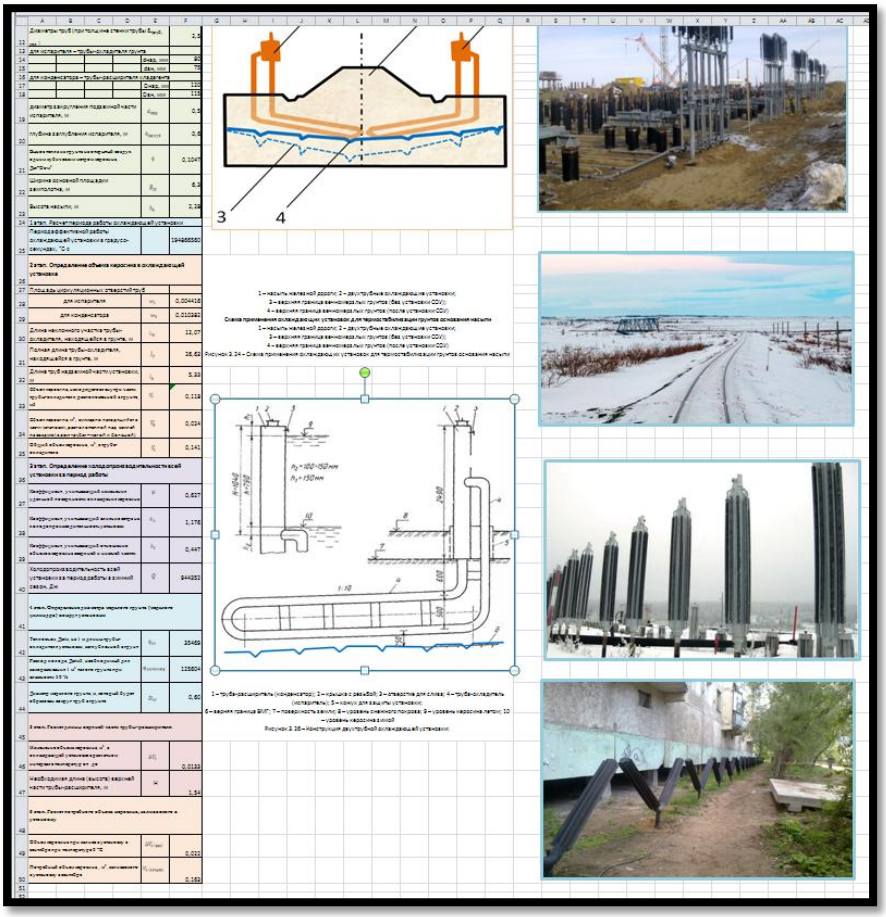


Рис. 8. Программа RASCHET_SOU.xlsx

В программе использован метод идеальной точки для выбора конструкции и параметров СОУ, который хорошо зарекомендовал себя при решении многокритериальных детерминированных задач [10−13].

При оценке вариантов СОУ в программе могут использоваться до 10 критериев, имеющих значение для лица, принимающего решение: стоимость, сроки поставки, сроки монтажа, конструкция, холодопроизводительность СОУ и радиус влияния, универсальность, качество сварки

и оребрения, покрытие труб и деталей, качество заправки хладагентом, испытание ТСГ в климатической камере.

Заключение

Таким образом, в работе получены результаты, приведенные ниже.

1. Показана важность и актуальность проблемы предотвращения деградации многолетнемерзлых грунтов оснований земляного полотна железных дорог в районах транспортного и промышленного освоения, каким является Тайшетский район Иркутской области.
2. Рассмотрены принципы работы сезонных охлаждающих устройств.
3. Рассмотрены примеры применения СОУ в строительстве и российские компании, поставляющие СОУ – ТСГ.
4. Разработана программа RASCHET_SOU.xlsx, предназначенная для принятия решений при выборе конструкции и параметров сезонных охлаждающих устройств.

Библиографический список

1. СП 131.13330.2011. Строительная климатология / введ. 01.01.2000. М. : Госстрой, 2011
2. Временные технические условия на проектирование земляного полотна железнодорожной линии Улак – Эльга с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Утв. МПС, Департаментом пути и сооружений 01.10.2001. М., 2001. 53 с.
3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации искусственных сооружений автомобильных дорог на водотоках с наледями / Минавтодор РСФСР. М. : Транспорт, 1989. 142 с.
4. ВСН 61-89. Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты
5. СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм
6. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88.СП 238.1326000.2015. Железнодорожный путь
7. СП 119.13330.2017. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95
8. Технические указания по стабилизации деформирующихся насыпей железных дорог, расположенных на протаивающих основаниях из вечномерзлых грунтов. Утв. МПС России 11 мая 1993 г. М., 1993

9. Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути. Утв. Министерством путей сообщения РФ 30.03.1998 № ЦП-544

10. Многокритериальная оптимизация множества вариантов железной дороги методом идеальной точки / А.В. Гавриленков, Ю.А. Быков, В.А. Подвербный, Е.А.Шиварева // Транспортное строительство. 1992. № 6. С. 10–11

11. Ченцова Е.О. Выбор оптимального варианта комплекса защитных сооружений от размыва откоса и заиливания железнодорожного моста на основе метода идеальной точки / Е.О. Ченцова, В.А. Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : Материалы третьей всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 15−19 мая 2012г., г. Иркутск. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2012. Т. 1. С. 465−472

12. Ковальчук М.В. Многокритериальное сравнение вариантов проектных решений на основе комплексного критерия / М.В. Ковальчук, В.В. Казарина, В.А. Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта−01апреля 2016 г., г. Иркутск. Т. 1. С. 457−461

13. Перелыгина А.А. Пример принятия решения в области проектирования железных дорог / А.А. Перелыгина, В.А. Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Девятой международной научно-практической конференции, 10−13 апреля 2018 г., Иркутск. Иркутск : ИрГУПС, 2018. Т. 1. С. 606−611

А.А. Серикова, С.С. Полищук
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ГЕЛИОЭНЕРГОРЕСУРСЫ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ИЗНАШИВАЕМОСТЬ МОСТОВ

В статье приведен подход к оценке влияния солнечной радиации на изнашиваемость моста. Приводятся выводы о влиянии солнечной радиации на качество и долговечность конструкции на стадии эксплуатации мостовых сооружений на примере Иннокентьевского моста в городе Иркутске.

Ключевые слова: мосты, гелиоэнергоресурсы, источник энергии, солнечная радиация.

Будущее нашей цивилизации находится под угрозой связанное со следующими причинами: изменение климата; разрушение озонового слоя; трансграничное загрязнение воздушного бассейна; истощение запасов пресной воды и загрязнение вод Мирового океана; истощение ресурсов. Одной из задач стоящих перед человечеством является перейти на возобновляемые источники энергии в зеленой экономике, научиться жить по законам экологии в гармонии с нашей Планетой [1]. Большие перспективы возлагаются на использование солнечной энергии. Что касается искусственных сооружений, в частности мостов, то в настоящее время не совсем достаточно внимания уделяется исследованию причин их разрушения от солнечной радиации на стадии проектирования. В данной статье выдвигаются предложения по рациональному использованию гелиоресурсов для мостовых сооружений, а также уменьшению температурных деформаций и напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции в целом [2].

Солнце, как известно, является источником света и тепла, в котором нуждается все живое на Земле. Однако, помимо фотонов света, оно также излучает жесткую ионизирующую радиацию, состоящую из ядер и протонов гелия.

На гелиоэнергетические ресурсы оказывают непосредственное влияние географические и климатические характеристики: продолжительность светового дня; средняя месячная и годовая продолжительность солнечного сияния; средние месячные и годовые характеристики прозрачности атмосферы и ряд других. Все эти факторы влияют на металлические конструкции, делая их более чувствительными к солнечному излучению, и требуют изменения стандартных подходов в проектировании и строительстве мостов.

На первоначальных этапах проектирования металлических пролетных строений необходимо произвести для них оценку активности влияния солнечных потоков и разработать определенные методики борьбы с активной деформацией металлоконструкций [2].

Укажем основные цели и задачи в рамках данного исследования:

1) создать подход к оценке влияния солнечной радиации на изнашиваемость мостов;

2) предложить возобновляемые источники энергии, в частности солнечные батареи, которые можно разместить в конструкции мостов.

Основные задачи: рассмотреть типовой мост, подверженный разрушению от солнечной радиации; оценить площадь моста и получаемую дозу от солнечной радиации в летний период; рассмотреть возможность использования солнечной энергии, получаемым мостом в активные периоды года; рассмотреть возможность установки солнечных приемников

энергии с преобразованием её в электрическую; оценить последствия разрушения или износа от солнечной радиации с оценкой финансовых потерь.

В качестве исследования был выбран Иннокентьевский мост, соединяющий Ленинский и Правобережный округа в городе Иркутске.

Рис. 1. Вид на Иннокентьевский мост в городе Иркутске

Данный мост состоит из металлических пролётов, которые подвержены особенно в летний период времени года температурной деформации, что существенно влияет на неравномерную изнашиваемость данного сооружения.

Именно металл из всех видов материалов, применяемых в строительстве, имеет самую наивысшую теплопроводность, поэтому температурные деформации более свойственны металлическим сооружениям, зависящие от изменения температуры внешней среды.

Солнечная радиация оказывает существенное влияние на формирование температуры различных элементов металлического пролетного строения. Величина нагрева элементов зависит от ориентации пролетного строения относительно географического расположения, от материала и вида поверхности, чистоты воздуха, широты местности, высоты над уровнем моря и других причин.

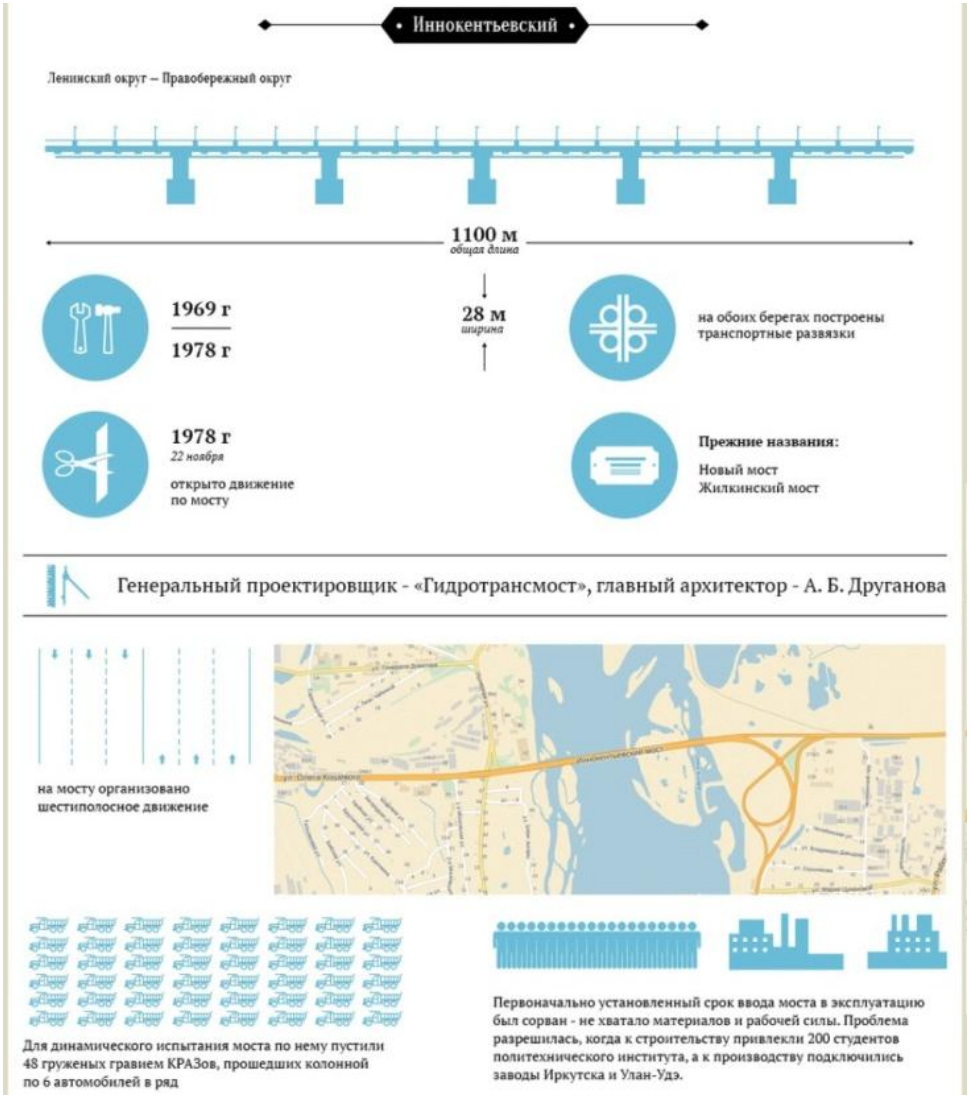


Рис. 2. Общие сведения об Иннокентьевском мосте в городе Иркутске

С учетом особенностей нагрева разных частей конструкции пролетного строения, выделяют открытые и закрытые зоны. Под воздействием ветра в открытых зонах теплообмен между внешней средой и элементами пролетного строения осуществляется более интенсивно, чем в закрытых.

Изменение хотя бы одного из перечисленных факторов мгновенно отражается на НДС пролетного строения.

При оценке потенциальных гелиоэнергоресурсов важно учитывать следующие климатические характеристики:

1) средние многолетние месячные и годовые суммы суммарной радиации Q;

2) процентное соотношение прямой солнечной радиации в общей сумме Q. Прямая радиация, поступающая на приёмную поверхность

солнечной установки, может преобразовываться в тепловую или электрическую энергию;

3) экстремальные месячные суммы *Q*;

4) среднеквадратичное отклонение месячных и годовых сумм *Q*;

5) средние многолетние суточные суммы *Q* по месяцам;

6) экстремальные суточные суммы Q по месяцам при реальных условиях облачности;

7) среднеквадратичное отклонение суточных сумм *Q*;

8) средние многолетние суммы *Q* за часовые интервалы;

9) средние многолетние значения интенсивности *Q* по срокам;

10) коэффициент вариации (%) суточных и месячных сумм *Q*;

11) продолжительность светового дня, когда могут работать гелиоустановки;

12) средняя месячная и годовая продолжительность солнечного сияния;

13) повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния более 6 ч;

14) отношение фактической продолжительности солнечного сияния к возможной;

15) средняя продолжительность солнечного сияния за день с солнцем;

16) число дней без солнца;

17) средние многолетние месячные и годовые значения коэффициента прозрачности атмосферы;

18) среднее многолетнее месячное и годовое количество общей и нижней облачности;

19) средняя месячная многолетняя повторяемость ясного (0…2 балла), полуясного (3…7 баллов), пасмурного (8…10 баллов) неба по общей и нижней облачности.

20) для измерения прямой солнечной радиации на актинометрических станциях используются приборы-актинометры. Рассеянная и отраженная радиация измеряется универсальным пиранометром, а радиационный баланс – балансометром.

Рассмотрим солнечное взаимодействие Иннокентьевского моста в городе Иркутске за летний период: в период интенсивного излучения энергии. Среднеарифметическое расписание восхода и захода Солнца приводится в табл. 1. Сведения о времени начала и окончания, а также продолжительности светового дня представлены в табл. 2.

Таблица 1

Среднеарифметическое расписание восхода и захода солнца в Иркутске на 2019 год

Расположение солнечных потоков	Июнь	Июль	Август
Перпендикулярно мосту (утро)	С 04:41 по 8:00	С 05:01 по 8:00	С 05:59 по 8:00
Вертикально мосту	12:00	12:00	12:00
Под углом к мосту	С 09:00 по 12:00 С 13:01 по 21:24	С 09:00 по 12:00 С 13:01 по 21:16	С 09:00 по 12:00 С 13:01 по 20:30

Таблица 2

Сумма часов продолжительности солнцестояния за сутки в Иркутске на 2019 год

Расположение солнечных потоков	Июнь	Июль	Август
Перпендикулярно мосту (утро)	4 ч 18мин	3ч	2 ч
Вертикально мосту	1 ч	1 ч	1 ч
Под углом к мосту	11 ч 18 мин	11 ч 16 мин	7 ч 30 мин
Σ,(ч. за сутки)	16 ч 36 мин	15 ч 16 мин	10 ч 30 мин

Исходя из представленных значений, можно сделать вывод, что самый интенсивный месяц излучения солнечной радиации в июне.

Поток солнечной энергии на 1 м^2 перпендикулярно поверхности равен

$$k = 1{,}6 \text{ кДж/с}.$$

Мост имеет 3 металлических пролетных строения приблизительной длины 380 м, шириной 28 м и высотой балки 2,5 м. Результаты расчетов влияния солнечных потоков на поверхность моста представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчет влияния солнечных потоков на поверхность моста

Расположение солнечных потоков	$S = a \cdot b$, м^2	Взаимодействие потоков с поверхностью $W = S \cdot k$, кДж·м^2/с
Перпендикулярно мосту	$S = 380 \cdot 2{,}5 = 950$	$W = 950 \cdot 1{,}6 = 1520$
Вертикально мосту	$S = 380 \cdot 28 = 10640$	$W = 10640 \cdot 1{,}6 = 17024$
Под углом к мосту	$S = 10640 + 950 = 11590$	$W = 11590 \cdot 1{,}6 = 18544$

Для уменьшения влияния солнечной радиации требуется устранить взаимодействие солнечных потоков с металлической конструкцией. В качестве альтернативных вариантов можно предложить:

1) нанесение полимерной светоотражающей краски;

2) применение термопленки в виде гибкой солнечной батареи, как показано на рис. 3.

Рис. 3. Гибкая солнечная батарея

Если рассматривать вариант нанесения полимерной отражающей краски на поверхность моста, то в результате её нанесения солнечная энергия будет рассеиваться и создавать нагрев воздуха вокруг пролетного строения, что может создать дополнительные проблемы.

Вариант с нанесением термоплёнки, в виде гибкой солнечной батареи в районе мест с максимальным напряженно-деформационным состоянием металлоконструкции, вызванным температурой, имеет экономически выгодный смысл, требующий дополнительных исследований. Для такого варианта устраняется проблема НДС с эффектом получения нового возобновляемого источника энергии, которую можно будет направить на нужды либо самого моста или местности, где он установлен.

Выводы. Предложенный подход к оценке влияния солнечной радиации на изнашиваемость сооружений на примере исследования Иннокентьевского моста позволяет вести дальнейшие разработки по устранению разрушений, а также переработке излучения, отрицательно влияющего на пролётное строение, в возобновляемый источник энергии.

Библиографический список

1. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии : учеб. пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 187 с.

2. Мишутин В.О. Оценка воздействия солнечной радиации на напряженно-деформированное состояние металлического пролетного строения моста // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Пятой международной научно-практической конференции – Иркутск, 31марта – 04 апреля 2014 г. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2014. С. 641–647

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

К.С. Антонов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению,
г. Чита, Россия

Д.А. Яковлев, В.Э. Осипова, В.В. Беликов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ СТАНЦИЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

На Забайкальской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» – имеется ряд станций, требующих обеспечения необходимого уровня освещения мест производства работ, стрелочных переездов и маршрутов служебных проходов. В статье рассматриваются особенности проектирования прожекторных матч с мобильной короной марки МГФ в соответствии с ГОСТ Р54984-2012 «Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта. Нормы и методы контроля».

Ключевые слова: уровень освещенности, прожекторная мачта, управление освещением, мобильная корона.

Введение. Проведение осеннего комиссионного осмотра на Забайкальской железной дороге – филиал ОАО «РЖД» готовности хозяйств к работе в зимних условиях позволило выявить, что на ряде станций не обеспечен необходимый уровень освещения мест производства работ, стрелочных переводов, маршрутов служебных проходов в соответствии с ГОСТ Р54984-2012 «Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта. Нормы и методы контроля» [1]. В целях приведения освещения станций железной дороги в соответствие нормативным требованиям Забайкальским институтом железнодорожного транспорта – филиалом Иркутского государственного университета путей сообщения выполнены проектные работы по теме «"Техническое перевооружение системы освещения станций" Забайкальской дирекции по энергообеспечению»

Особенности проектирования прожекторных матч. Проектом предусмотрен монтаж прожекторных мачт типа ВОУ-МГ с использова-

нием фундамента выполненного из двух винтовых свай типа СВМ-351-6.0 и закрепленного на нем металлического ростверка [4].

Проектируемые прожекторные мачты состоят из составных частей заводского исполнения, подлежащих сборке на площадке строительства согласно технологии монтажа разработанной заводом изготовителем. Стойки мачт представляют собой гнутый листовой металлопрокат из стали марки С345 толщиной 6 мм с отверстием для ввода кабелей в подземной части и ревизионным окном – в надземной части стойки. На стойки методом горячего оцинкования наносится специальное антикоррозийное покрытие в полном соответствии с ГОСТ 9.307-89. Крепление ствола мачты к фундаменту – болтовое через закладную деталь заводского изготовления, поставляемую в комплекте с мачтой и устанавливаемой в верхней части свайного фундамента.

Мачты с мобильной короной не требуют специальной техники для обслуживания установленного на них оборудования. За счет конструктивных особенностей рама с оборудованием опускается на удобную для обслуживания высоту 1,5–2 м над поверхностью земли. Мачты МГФ представляют собой металлические конструкции, состоящие из ствола с размещенным на нем блоком оголовка, расположенного в верхней части ствола. Оголовок укомплектован спускаемой рамой короны, снабженной механизмом жесткой фиксации в рабочем положении. Спускаемая рама предназначена для размещения светотехнического оборудования (светодиодных прожекторов). Характеристики рамы рассчитываются в зависимости от количества устанавливаемого оборудования и его ориентации. Для обеспечения спуска рамы используется лебедка грузоподъемностью от 250 до 800 кг. Лебедка расположена в основании мачты и ее грузоподъемность определяется при проектировании в зависимости от количества устанавливаемого оборудования. В состав поставки мачт входит комплект электрооборудования, предназначенный для подключения прожекторов.

Корпусы прожекторов, установленных на проектируемых прожекторных мачтах, присоединяются к PE-проводнику.

Прожекторные мачты устанавливаются в междупутье железнодорожных путей общего пользования, габариты сближения соответствуют ГОСТ 9238-2013[2] на основании светотехнического расчета в программном обеспечении DIALux [5]. Пример размещения прожекторной мачты приведен на рис. 1.

Выбор сечения токоведущих жил проектируемых силовых кабельных линий, выполнен исходя из условий обеспечения допустимых потерь напряжения, допустимых токовых нагрузок присоединяемых про-

ектируемых электроприемников, соответствия допустимого тока уставок защитных аппаратов, обеспечения действия защитного отключения.

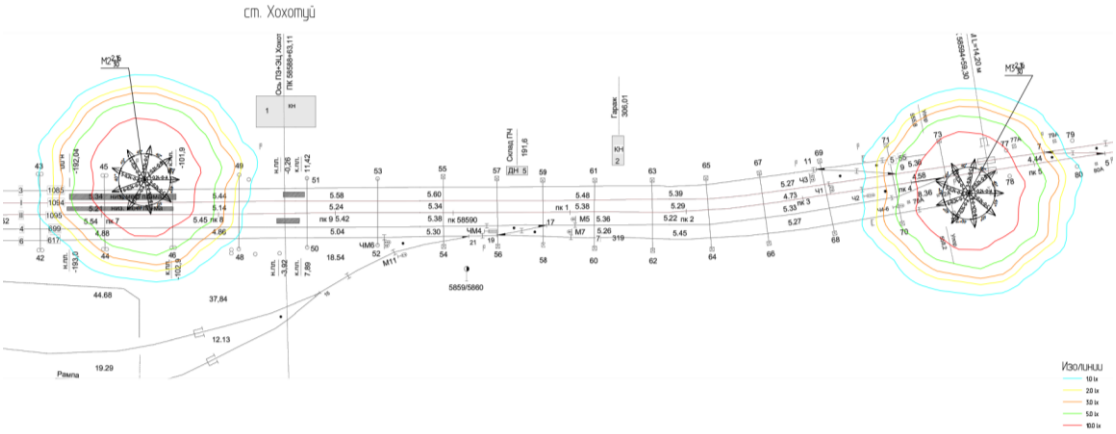


Рис. 1. Размещение мачт освещения в приделах станции

Особенности управления освещением территории станций. Управление освещением территории станций предусмотрено тремя видами управления:

- дистанционно из здания поста ЭЦ с помощью пульта управления;
- автоматического с помощью датчика освещенности;
- ручное с помощью кулачкового переключателя.

Для дистанционного включения освещения проектом предусматривается установка кнопочного пульта типа ПКУ. Монтаж ПКУ выполняется по месту в помещениях ДСП постов ЭЦ, подключение ПКУ к контактам шкафов ШУО выполняется контрольным кабелем марки КВВГнг(А)-LS и КВВГ. Кабели марки КВВГ прокладывается в гибкой гофрированной трубе из ПНД в траншее на всем протяжении трассы кабеля. Для разделки и соединения кабелей КВВГ с КВВГнг(А)-LS на вводе в здание поста ЭЦ установить клеммную коробку КЗНС. Контрольный кабель марки КВВГнг(А)-LS проложить внутри поста ЭЦ в кабельный канал закрепляемый на внутренних стенах поста ЭЦ. Управляющая фаза для дистанционного управления берется с ближайшего щита аварийного освещения ЩАО расположенного в посту ЭЦ, подключение управляющей фазы выполнить проводом марки ВВГнг(А)-LS проложенным в кабельном канале.

Заземление прожекторных матч. Заземление проектируемых прожекторных мачт выполняется на тяговый рельс с применением ГРПЗ-1У и ПРС-1/4,5или на собственный контур заземления сопротивлением растекания не более 30 Ом [3].

Контуры заземления для проектируемых мачт выполняются из стальных оцинкованных прутков диаметром 18мм длиной L=5м (вертикальный электрод), соединенных между собой полосовой оцинкованной сталью размером 40х4мм (горизонтальный электрод заземления) уложенной на отметке -0,5м относительно планировки.

Для выполнения повторного заземления нулевых проводников в шкафах управления освещением ШУО предусмотреть заземление нулевой шины шкафа на контур заземления питающей трансформаторной подстанции.

Если при измерении сопротивления заземляющего устройства значение будет больше нормируемого, то необходимо увеличить число вертикальных электродов с увязкой их с горизонтальным контуром.

Для наложения переносного заземления и присоединения приборов контроля напряжения на проектируемой ВЛИ-0,4кВ на каждой опоре смонтировать зажимы ZVZ481.

Для защиты проектируемых линий ВЛИ-0,4 кВ от наведенного напряжения в начале и конце линии монтируются шкафы с конденсаторами типа К75-24.

Учет электроэнергии на отходящей линии 0,4 кВ рассматриваемой КТП выполняется в РУ-0,4кВ подстанций проектируемым счетчиком электроэнергии типа ПСЧ с встроенным GSM коммуникатором для передачи данных в АСКУЭ ЖД

Заключение. Предложенные проектные решения позволили привести в соответствие с требованиями ГОСТ Р54984-2012 уровень освещенности на 32 станциях Забайкальской железной дороги с проектной установкой 100 мачт освещения, общим объемом инвестиций порядка 500 млн. руб.

Библиографический список

1. ГОСТ Р54984-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение наружное объектов железнодорожного транспорта. Нормы и методы контроля

2. ГОСТ 9238-2013. Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений

3. ПУЭ-7 п.1.7.139-1.7.146. Соединение и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов

4. Типовой альбом фундаменты под металлические мачты освещения / Научно исследовательский институт транспортного строительства (ОАО ЦНИИС), 2005

5. https://www.dial.de

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

ПРОВЕРКА УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РЕЛЬСОВОЙ СЕТИ ВОЗВРАТА ТЯГОВОГО ТОКА И АППАРАТУРЫ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Увеличение масс и длин поездов вызывает повышение обратного тягового тока в рельсовых нитях. Вызывая тем самым рост асимметрии обратного тягового тока. Асимметрия обратного тягового тока, влияет на работу рельсовых цепей. В статье рассматривается несколько методов устранения асимметрии обратного тягового тока. все способы снижают уровень асимметрии. Рассмотрены различные устройства после проведения экспериментов и с помощью виртуальной модели.

Ключевые слова: гираторы, имитационное моделирование, система возврата тягового тока, рельсовые цепи.

Обеспечение устойчивой работы устройств интервального регулирования движения поездов является важной задачей безопасности и бесперебойности движения. Увеличивая трафик грузооборота, увеличивает число тяжеловесных и сдвоенных поездов, что увеличивает нагрузку на контактную сеть и рельсовую сеть возврата. Рельсовая сеть возврата работает в одной линии с рельсовыми цепями, устройствами автоматики и телемеханики, которые обеспечивают обнаружение свободности участка железной дороги.

Согласно ГОСТ 29073-91 электромагнитное согласование это способность технических средств сохранять требуемое качество функционирования при воздействии на них электромагнитных помех с регламентированными значениями параметров и не создавать при этом электромагнитных помех другим техническим средствам [1].

При равенстве растекания токов в рельсовой линии соблюдается отсутствие помех в работе рельсовых цепей. Но равенство растекания в фактических условиях почти невозможно, разная длина рельсовых нитей в кривых участках, состояние соединителей нитей, подключение заземлений и т.д. Возникновение помех в результате асимметрии обратного тягового тока в сети возврата влияет на аппаратуру рельсовых цепей, а так же сигнал автоматической локомотивной сигнализации.

Обеспечить электромагнитную совместимость рельсовой сети возврата тягового тока и рельсовых цепей является важной задачей. Рассмотрим основные рельсовые цепи частотой 25 Гц. Вероятными способами решения данной задачи являются:

- Выравнивание тяговых токов в рельсовых нитях, исключая влияние на работу рельсовых цепей
- Устранение последствий способом компенсации магнитного поля или тока асимметрии во вторичной цепи.

Были проведены опыты по применению выравнивающих фильтров, резонатора Бонда, выравнивание методом квантования, а так же метод компенсации магнитного потока в сердечнике дроссель-трансформатора.

Выравнивающие пассивные фильтры обладают высоким импедансом из-за применения катушек индуктивности с учетом низкой частоты сигнала, добротность фильтра так же была низкой. Применение активных фильтров показала хорошее применение при развязке, но применение операционных усилителей с большим пропуском тока (порядка десятков ампер) имеют высокую стоимость, их применение будет экономически не эффективным.

Резонатор Бонда, представленный на рис. 1, представляет собой колебательный контур включаемый через гальваническую развязку, такое решение позволит уменьшить импеданс первичной обмотки, но его добротность не высока и частота резонанса будет смещаться в зависимости от используемого сердечника. Существует возможность шунтирования рельсовой цепи, что не обеспечит электромагнитную совместимость. Возможно использовать качественный сердечник, но его цена так же не обеспечит экономической эффективности.

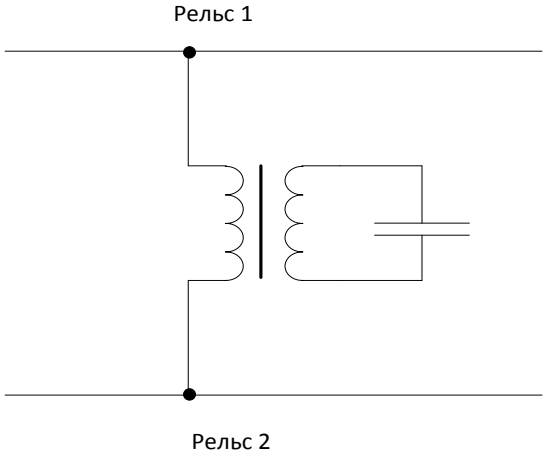


Рис. 1. Резонатор Бонда

Высокочастотное квантование, представляет принцип прямой передачи энергии через ключ между двумя рельсами. Частота подбирается таким образом, чтобы не было шунтирования или зума путевого реле. Такой метод устраняет асимметрию только на момент замкнутости ключа, что увеличивает износ аппаратуры рельсовых цепей и не снижает фактический уровень воздействия.

Возможен метод использования конденсатора в системе квантования, что не создаст больших скачков, но обеспечит частичную передачу энергии, данный способ уменьшит амплитуду и тока асимметрии и сигнального тока. Но благодаря высокой частоте реле не обесточивается. Данный метод может подойти для приёмника в виде реле, но электронные и микропроцессорные составляющие возможно не смогут обработать данный сигнал.

Данное устройство шунтирует оба сигнала, что приводит к снижению напряжения на путевом реле ИВГ. В связи с этим при подключении устройства необходимо провести настройку рельсовой цепи. Настройка будет проводиться только при подключении данного устройства [2].

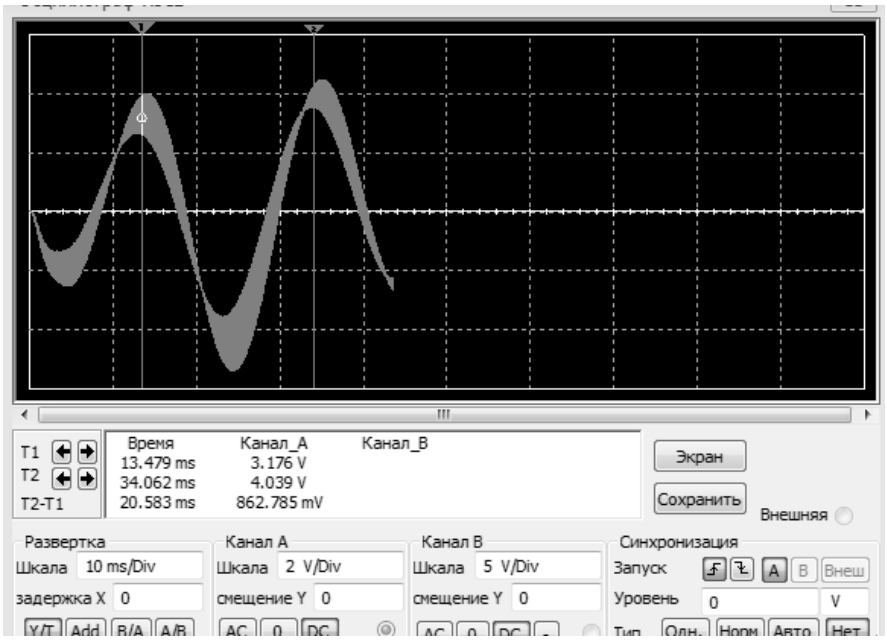


Рис. 2. Осцилограмма при работе выравнивающего устройства

Один из методов построения выравнивающего фильтра это использование фильтров на основе гиратора. Из результатов эксперимента сделан вывод, что высокий импеданс не позволит эффективно использовать фильтры на основе гираторов. Снижения импеданса ведёт к падению индуктивности, что снижает добротность контура и не позволяет выров-

нивать токи в рельсовых нитях. Большой сложностью создания выравнивающего фильтра является малое сопротивление рельсовых нитей и малая частота рельсовых цепей [3].

Из рассмотренных устройств невозможно построить выравнивающую систему для сети возврата обратного тягового тока. Фильтры обладают высоким импедансом и низкой добротностью из-за низкой частоты сигнального тока (25 Гц). При патентном поиске было обнаружено несколько устройств компенсирующего типа.

Основным методом компенсации служил магнитный поток создаваемый дополнительными обмотками. Без перестроения схемы дроссель-трансформатора метод компенсации магнитных потоков в сердечнике невозможно применить. Примером может служить патент на изобретение RU137247 U1 Компенсирующий рельсовый дроссель-трансформатор[4].

Такие решения позволяют исключить асимметрию обратного тягового тока в сети возврата, но только для нормального и шунтового режима. Сбой при приёме сигналов АЛС останется, что не обеспечивает полного функционирования системы интервального регулирования движения поездов.

На данный момент не существует определённого метода согласования работы системы возврата тягового тока и работы рельсовых цепей.

Библиографический список

1. ГОСТ 29073-91. Совместимость технических средств измерения, контроля и управления промышленными процессами электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам. Общие положения М. : ИПК Издательство стандартов, 2004

2. Разработка и проверка работоспособности выравнивающих устройств асимметрии обратного тягового тока на различных фильтрах // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : Материалы девятой межвузовской научно-практической конференции. Иркутск : ИрГУПС, 2014. С. 305–309

3. Выравнивающие фильтры на основе гираторов в рельсовых цепях // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : Материалы восьмой межвузовской научно-практической конференции. Иркутск : ИрГУПС, 2014. С. 327–331

4. Абусеридзе З.В. Патент на изобретение RU137247 U1 «Компенсирующий рельсовый дроссель-трансформатор». № 2013133069/11 от 17.07.2013 г.

Е.Л. Епифанов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению СП «Трансэнерго», г. Чита, Россия

С.А. Филиппов, А.А. Елин
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕЛЕ ЗАЩИТЫ

В работе рассмотрены различные статьи, по теме моделирования системы тягового электроснабжения. Авторы нижеуказанных работ применяют различные программные комплексы с различным наполнением-функционалом. Данная работа направлена на поиск оптимального способа моделирования системы тягового электроснабжения с целью исследования, тестирования и совершенствования алгоритмов работы релейной защиты с целью повышения ее технического совершенства.

Ключевые слова: энергоснабжение, моделирование, система тягового электроснабжения, система внешнего электроснабжения.

В современном мире трудно представить себя без электричества, так как всё бытовое оборудование в наших домах, оборудования на станциях, подстанциях и на железной дороге требуют его наличия. В связи с этим, встаёт логичный вопрос: «Как увеличить надежность и качество энергоснабжения?».

Для ответа на этот вопрос многие инженеры, учёные пытаются создать определённые алгоритмы при помощи различных способов моделирования. Компьютеры и программные комплексы помогают участникам этого вопроса продуктивно продвигаться в своих размышлениях, так как моделирование в программных комплексах ускоряет процесс анализа, делает его удобным, а в некоторых случаях и возможным.

В данной статье проводится исследование различных способов моделирования систем тягового электроснабжения для улучшения реле защиты и выделены некоторые из способов, более подходящие для решения вопроса, касающегося СТЭ.

Моделирование – это метод исследования свойств некого объекта (оригинала), посредством изучения свойств вспомогательного объекта

(модели), с целью предсказания поведения объекта-оригинала в определенных условиях.

Основными целями моделирования являются:

− изучение основных свойств объекта или явления;

− прогнозирование поведения объекта-оригинала в реальных условиях;

− создание эффективных систем управления объектом или процессом.

Оригинал – это объект, определенные свойства которого подлежат изучению методом моделирования.

Для наглядности весь процесс моделирования можно представить в виде блок-схемы, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Основные этапы моделирования

Классифицируя модели по характеру изучаемых процессов, выделим следующие из них на рис. 2.

Проанализируем выделенные классификации более детально.

Когда речь идёт об отсутствии случайных воздействий, прибегают к использованию детерминированного моделирования; когда предполагается наличие вероятностных процессов и событий, используют стохастическое моделирование; статическое моделирование применяют при описании состояния объекта в определённый фиксированный момент времени; динамическое же моделирование используют при изменении

состояния объекта во времени; дискретные модели служат для описания процессов, которые предполагаются дискретными, непрерывные модели отображают системы с непрерывными процессами.

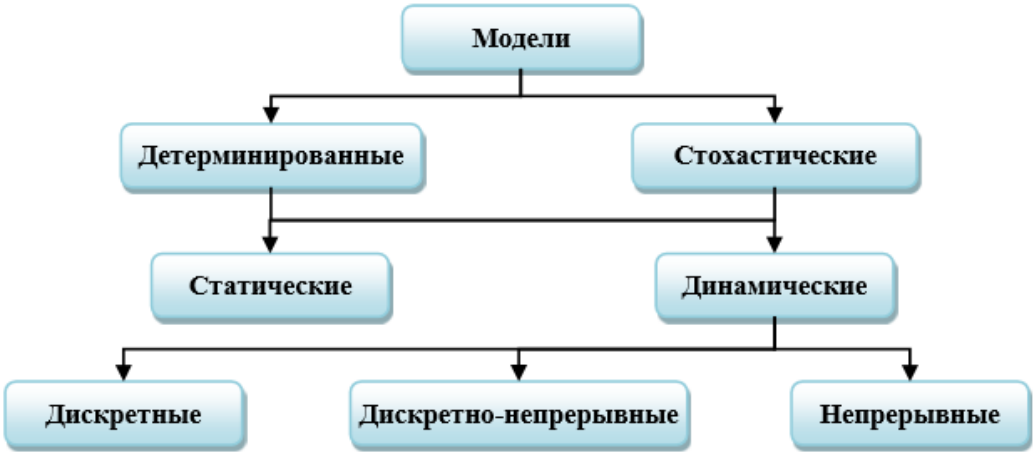


Рис. 2. Классификация моделей по характеру процессов

А.В. Крюков, Е.В. Турков, В.А. Ушаков в статье «Влияние тяговой нагрузки на режим сети внешнего электроснабжения» рассматривают проблему нормализации уровня напряжения с использованием тиристорно-управляемых реакторов, обуславливая это тем, что в сетях тяговой нагрузки использование шунтирующих реакторов и конденсаторных батарей нецелесообразно из-за низкой мобильности оных к регулированию баланса реактивной мощности по причине ограниченного ресурса масляных выключателей.

В данной работе преследуется цель эффективного использования и экономичного внедрения установок, авторы предлагают более экономичным вариант использования компенсаторов с фазоуправляемыми реакторами по 6-фазной схеме. При этом достаточно оснастить имеющиеся шунтовые реакторы, соединенные по схеме, звезда-нейтраль, тиристорными системами плавного регулирования тока.

Далее рассмотрим статью под названием «Имитационная модель системы тягового электроснабжения переменного тока 25 кВ с подвижными нагрузками»

В данной статье рассматривается использование программного комплекса Matlab для анализа режимов работы системы тягового электроснабжения с учётом движения поездов по расчётному графику.

Указанной статьёй занимались Ушаков В.А. и Туйгунова А.Г.

В работе при использовании цепочной схемы замещения тяговой сети, выделяя малые участки пути, авторы утверждают, что длину участка нужно выбирать, исходя из необходимой точности моделирования.

Авторы утверждают, что по этой модели можно решать различные задачи, решение которых в других видах моделирования нет возможности найти. В частности, описанная модель позволяет выполнять динамическое моделирование процессов тягового электроснабжения с учетом реальных форм кривых тока и напряжения, наиболее точно учитывать сложное динамическое взаимодействие системы внешнего и тягового электроснабжения и электроподвижного состава.

Авторы статьи «Моделирование систем электроснабжения железных дорог переменного тока» предлагают прийти к следующей цели: определение расхода электрической энергии (ЭЭ) при движении поездов и потерь ЭЭ в элементах систем тягового и внешнего электроснабжения, контроле напряжения на токоприемнике электровоза и токов в элементах СТЭ для предотвращения тепловых перегрузок.

В качестве иллюстрации предлагаемой методики имитационного моделирования режимов проведены расчеты ОСЭ, показанной на рис. 3. В анализе временных зависимостей напряжений, указанной в статье, было сделано заключение, в котором говориться, что для корректного моделирования ОСЭ необходим учёт графиков изменения как промышленных, так и тяговых нагрузок.

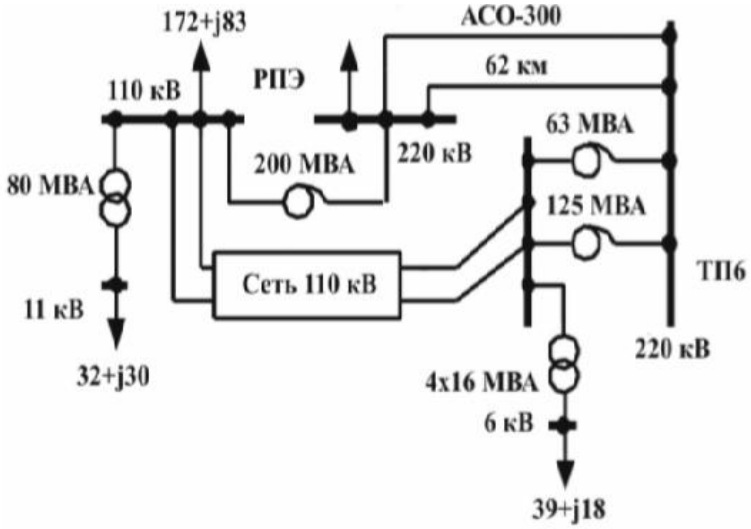


Рис.3. Схема ЭЭС: районная подстанция энергосистемы

Выводы по данной работе описаны ниже.

1. На основе системного подхода разработана методика имитационного моделирования, позволяющая рассчитывать режимы систем электроснабжения железных дорог переменного тока.

2. Предложена концепция оперативного управления системой электроснабжения железнодорожной магистрали в режиме реального времени.

В статье под названием «Моделирование систем тягового электроснабжения, оснащённых симметрирующими трансформаторами», которую написали В.П. Закарюкин, А.В. Крюков и И.М. Авдиенко, рассматривается вопрос о минимизации несимметрии с помощью внедрения симметрирующих трансформаторов – трансформатора Вубдриджа, Кюблера, Леблана и четырёхобмотоного трансформатора, на основе моделей созданных в ИрГУПСе. В данной работе авторы используют иммитационное моделирование на основе программного комплекса Fazonord.

Автора пришли к следующему выводу: «имитационное моделирование режимов показало существенное снижение несимметрии напряжений на шинах питающего напряжения подстанций в СТЭ, оснащенных СТ».

В статье под названием «Моделирование несинусоидальных режимов в системах электроснабжения железных дорог» авторы В.П. Закарюкин и А.В. Крюков с целью повышения энергоэффективности, основанной на моделировании режимов с учетом несимметрии и несинусоидальности, в ИрГУПСе разработали программный комплекс «Имитационное моделирование систем тягового электроснабжения переменного тока на высших гармониках» (Альтерна – Гармоники).

Этот комплекс позволяет рассчитать режимы СЭЖД переменного тока с учётом высших гармоник. За основу взята методология сложных электрических систем в фазных координатах.

Программный комплекс может решить множество задач по подготовке моделей элементов СЭЖД, формированию мгновенных схем, представлении напряжений и токов мгновенных схем, формированию графиков и кривых и по множеству других функций.

Проведенные анализ моделей и способов моделирования СТЭ показал, что современные разработки в этой области в основной массе направлены на моделирование ЭС для целей анализа и прогнозирования расхода электроэнергии и не позволяют моделировать алгоритмы работы релейной защиты и необходимые для этого параметры, что не отвечает целям авторов. В дальнейшем направление работы планируется сосредоточить на разработке адекватной математической модели на основании проделанного анализа с адаптацией под цели моделирования ра-

боты релейной защиты и практической реализации данной модели в программных средах Matlab или Python.

Библиографический список

1. Крюков А.В. Влияние тяговой нагрузки на режим сети внешнего электроснабжения / А.В. Крюков, Е.В. Турков, В.А. Ушаков // Энергетика : управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Т. 2. Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2003. С. 159–165

2. Крюков А.В. Моделирование систем электроснабжения железных дорог переменного тока / А.В. Крюков, В.П. Закарюкин, С.М. Асташин // Проблемы энергетики – Иркутск : Иркутский государственный университет путей сообщения, 2008. С. 134–139

3. В.П. Закарюкин. Моделирование систем тягового электроснабжения, оснащённых симметрирующими трансформаторами / А.В. Крюков, В.П. Закарюкин, И.М. Авдиенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск : Иркутский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 210–216

4. Закарюкин В.П. Моделирование несинусоидальных режимов в системах электроснабжения железных дорог / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков // Тр. Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2007». Ч. 2. Ростов-на Дону, 2007. С. 226–229

В.П. Закарюкин
ООО «Smart grid»,
г. Иркутск, Российская Федерация

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

РЕЗЕРВНОЕ ПИТАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ОТ КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВ SMART GRID

На железнодорожном транспорте имеются объекты, требующие организации электроснабжения повышенной надежности от трех источников электроэнергии. В современных условиях число таких потребителей растет. В качестве третьего источника для резервного электроснабжения традиционно используются дизельные электростанции, эксплуатация которых требует расхода дорогого энергоресурса. В статье предлагается альтернативный способ организации гарантиро-

ванного электроснабжения таких объектов от контактной сети 25 кВ с применением технологий интеллектуальных сетей (smart grid).

Ключевые слова: электроснабжение нетяговых потребителей, схема Штейнмеца, управляемые источники реактивной мощности, активные кондиционеры гармоник.

Введение. Для резервного электроснабжения особо ответственных объектов железных дорог традиционно используются дизельные электростанции, эксплуатация которых требует расхода дорогого энергоресурса. Современные технологии интеллектуальных сетей дают возможность реализации альтернативного способа организации такого электроснабжения непосредственно от контактной сети (КС), рис. 1.

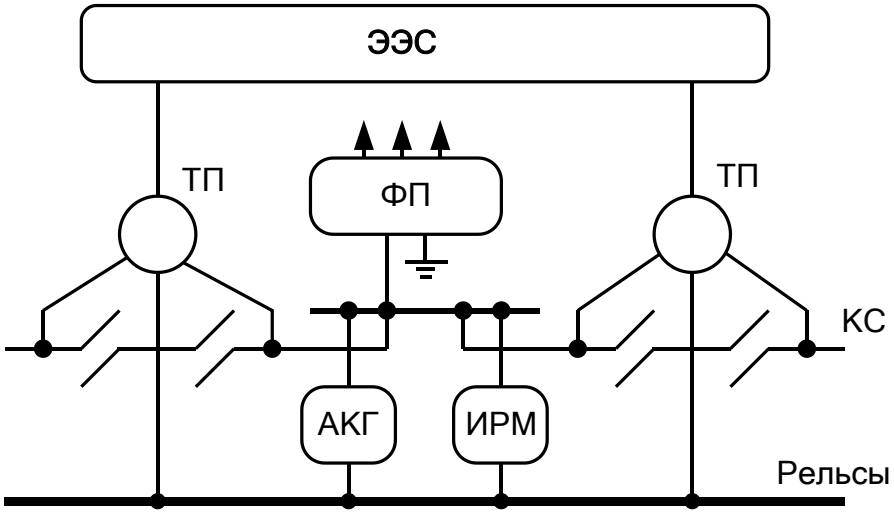


Рис. 1. Схема системы электроснабжения (СЭС): ФП – преобразователь числа фаз, реализованный по схеме Штейнмеца; АКГ – активный кондиционер гармоник; ИРМ – регулируемый источник реактивной мощности; ТП – тяговая подстанция; ЭЭС – питающая электроэнергетическая система

В состав предлагаемой системы входят следующие устройства, реализованные на базе элементов силовой электроники:

- преобразователь числа фаз по обращенной схеме Штейнмеца [1–3];
- активный кондиционер гармоник (АКГ) [4, 5];
- управляемый источник реактивной мощности (ИРМ) [4] с пределами регулирования реактивной мощности –10…+10 Мвар, поддерживающий уровень напряжения 28 кВ в точке подключения питающей потребитель линии.

Компьютерное моделирование, результаты которого представлены далее, подтверждает возможность реализации такой системы электроснабжения.

Исходные данные и результаты моделирования. Моделирование проведено с помощью программного комплекса Fazonord [6]. Расчетная модель (рис. 2) реализована для СЭС двухпутного участка железной дороги с шестью тяговыми подстанциями.

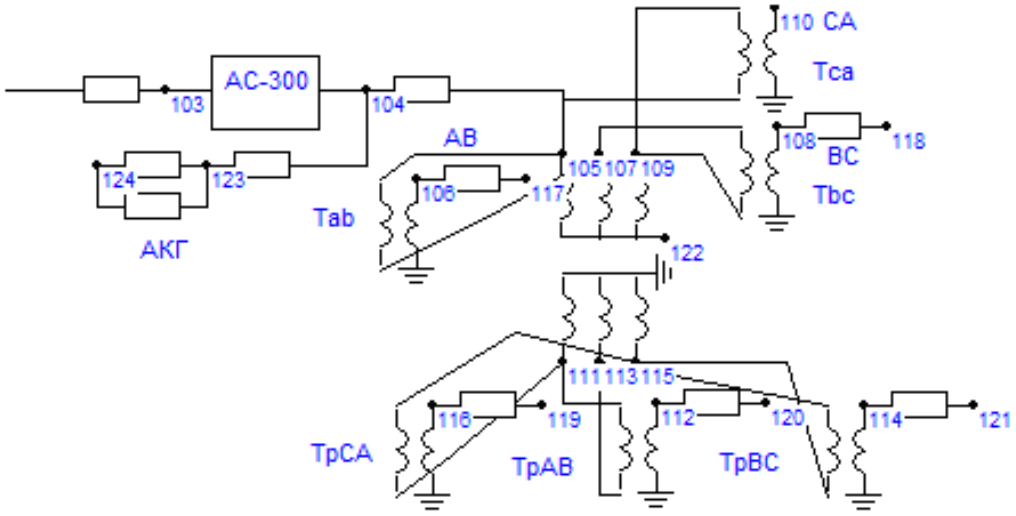


Рис. 2. Фрагмент схемы расчетной модели

Система тягового электроснабжения получает питание от сети 110 кВ, связанной с параллельной линией 220 кВ. Участок дороги имеет сложный горно-перевальный профиль с уклонами до 17 ‰. В модели предполагается электроснабжение нетягового потребителя от контактной сети по однопроводной линии длиной 0,1 км, выполненной проводом АС-300 и присоединенной к КС на пункте параллельного соединения. Для анализа влияния тяговой нагрузки на режим однофазно-трехфазного преобразователя рассмотрено движение 40 поездов массами от 2700 до 6000 т в четном и нечетном направлениях (рис. 3). Токовый профиль четного поезда массой 6000 т приведен на рис. 4.

Преобразователь числа фаз смоделирован схемой Штейнмеца на базе RL-элементов АВ и ВС с сопротивлениями $j1100$ Ом и $-j1100$ Ом, подключенных через разделительные трансформаторы Tab, Tbc. Вторые узлы RL-элементов содержат шунты на землю большой проводимости. Нагрузки трехфазного трансформатора ТМ-1000-27,5/11 представлены чисто активными с сопротивлениями 300 Ом, включенными на линейные напряжения. Разделительные трансформаторы с коэффициентами

трансформации, равными единице, позволяют получать величины линейных напряжений и подключать нагрузки в узлах вторичных обмоток.

Результаты моделирования представлены на рис. 5–10.

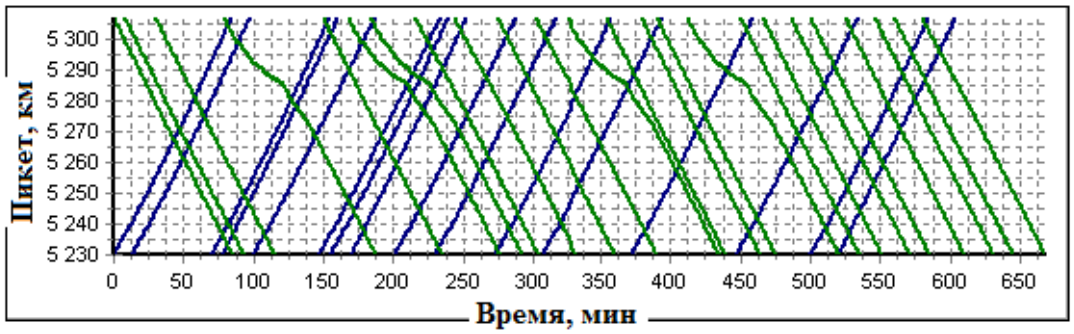


Рис. 3. График движения поездов

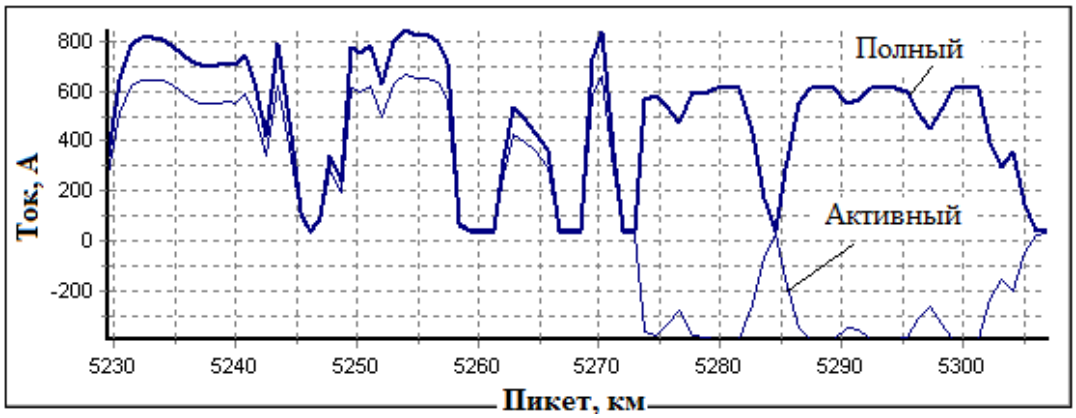


Рис. 4. Токовый профиль четного поезда массой 6000 т

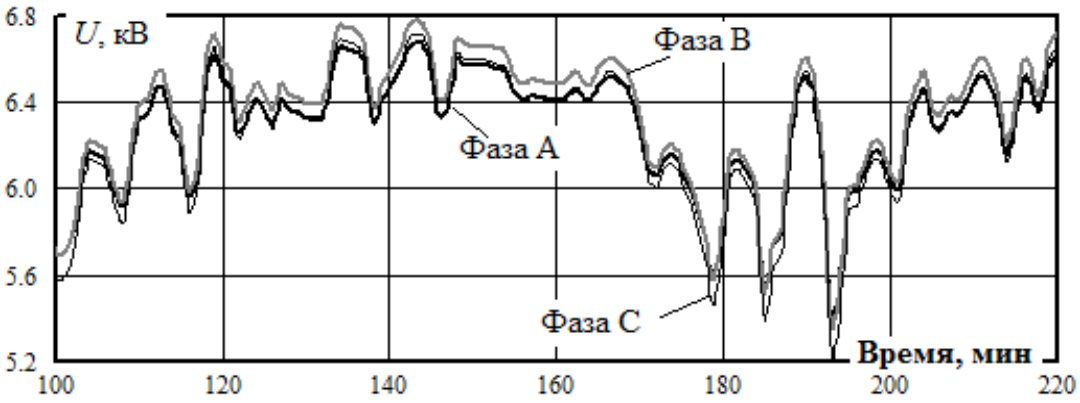


Рис. 5. Динамика изменений фазных напряжений на стороне 10 кВ преобразователя при отсутствии ИРМ

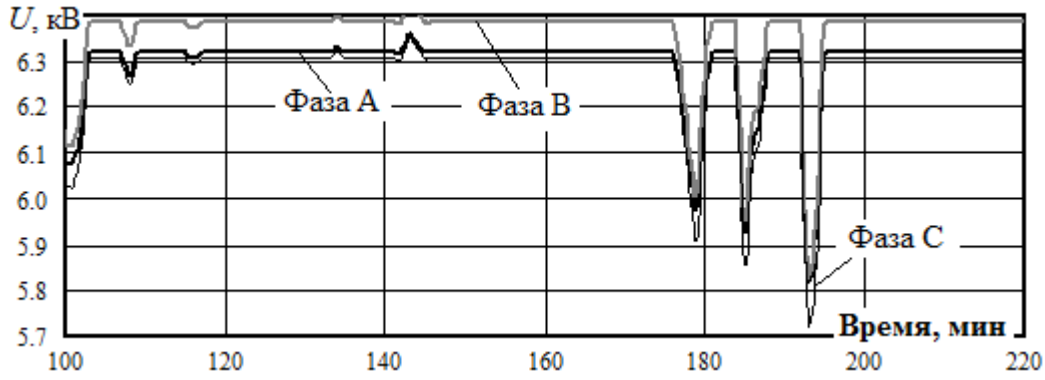


Рис. 6. Динамика изменений напряжений на стороне 10 кВ преобразователя при наличии ИРМ

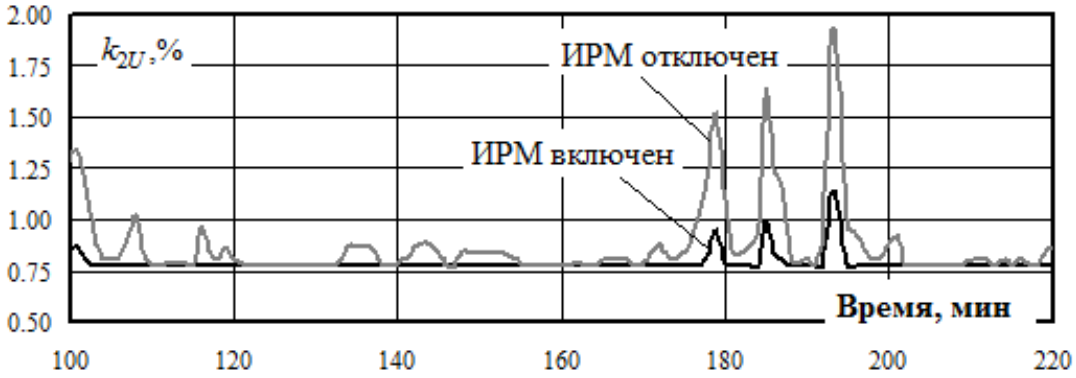


Рис. 7. Динамика изменений коэффициента несимметрии k_{2U} на стороне 10 кВ преобразователя

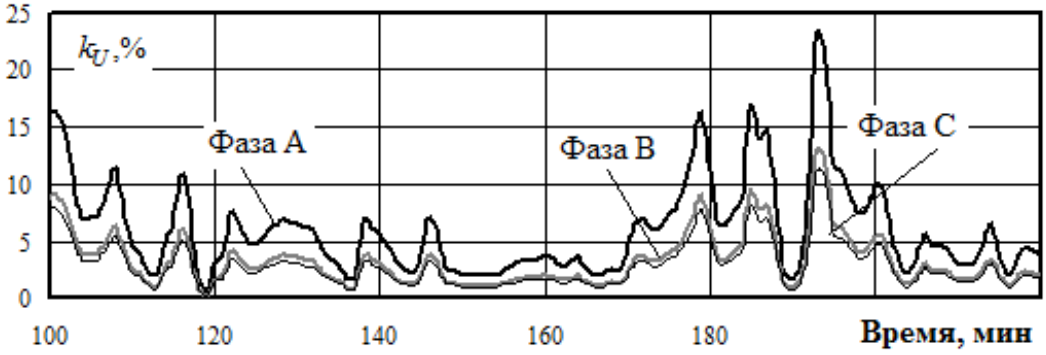


Рис. 8. Динамика изменений суммарного коэффициента гармоник на стороне 10 кВ преобразователя при отсутствии АКГ

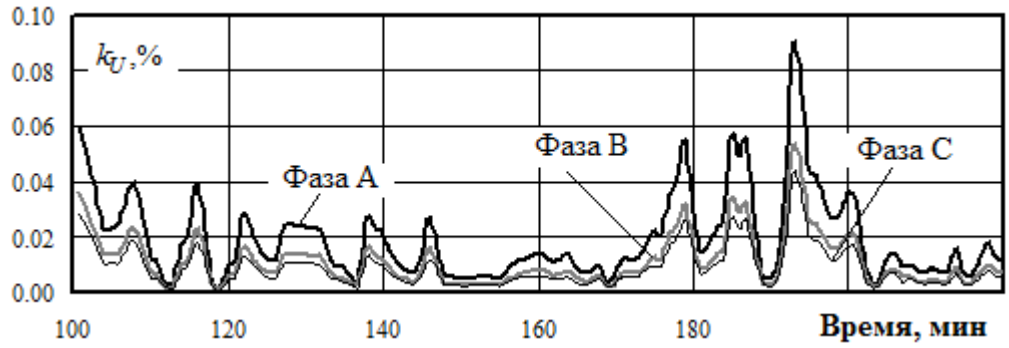


Рис. 9. Динамика изменений суммарного коэффициента гармоник на стороне 10 кВ преобразователя при наличии АКГ

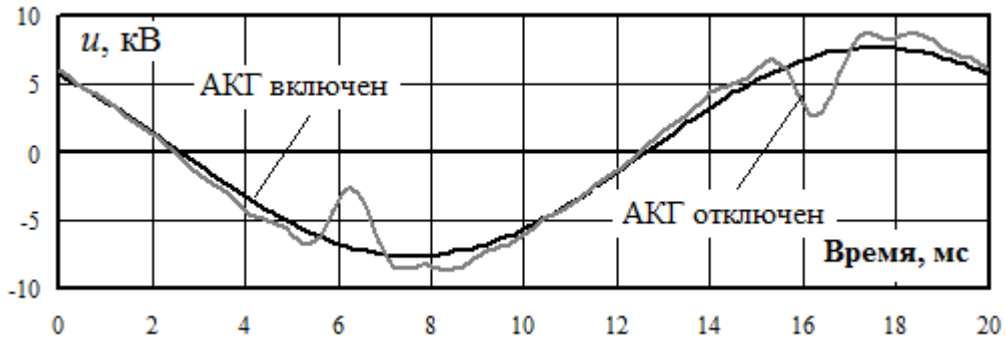


Рис. 10. Фомы кривых напряжения фазы А стороны 10 кВ для 193-й минуты моделирования

Представленные результаты позволяют сформулировать следующие выводы:

- надежное и качественное электроснабжение может быть реализовано только на основе комплексного использования активных элементов, таких как преобразователь числа фаз, АКГ и ИРМ; при отсутствии ИРМ наблюдаются существенные колебания напряжений на выходе преобразователя (рис. 4), а также заметная несимметрия (рис. 6), почти достигающая предела нормально допустимых значений; суммарный коэффициент гармоник напряжений при отсутствии активного фильтра превышает 20 % (рис. 7), а форма кривой напряжения существенно отклоняется от синусоиды (рис. 9);
- при наличии всего комплекса устройств достигается высокое качество электроэнергии на подстанции потребителя (рис. 5, 6, 8);
- моделирование показывает невысокую чувствительность рассматриваемой схемы преобразователя к погрешностям регулирования параметров;

- имеющиеся на рис. 5 отклонения напряжений, связанные с ограниченными пределами реактивной мощности ИРМ (–10…+10 Мвар), носят кратковременный характер и не превышают 5 % от номинального значения;
- моделирование показывает, что передача электроэнергии по однопроводной линии возможна на значительное расстояние, достигающее 25 км.

Заключение. На основе технологий интеллектуальных сетей может быть реализовано резервное электроснабжение трехфазных потребителей от однофазной контактной сети 25 кВ с применением устройства преобразования числа фаз, сформированного по обращенной схеме Штейнмеца. Устранение гармонических искажений, создаваемых выпрямительными электровозами, осуществляется посредством активного кондиционера высших гармоник. Для поддержания уровней напряжения может быть использован управляемый источник реактивной мощности с пределами регулирования –10…+10 Мвар.

Библиографический список

1. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. Киев : Наукова думка, 1985. 268 с.

2. Qingzhu W., Mingli W., Jianye C. & Guipping Z. Model for optimal balancing single-phase traction load based on the Steinmetz's method // Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress an Exposition (ECCE), 2010. P. 1565–1569

3. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Трехфазно-однофазные системы электроснабжения с преобразователями Штейнмеца // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018, № 3 (59). С. 98–107

4. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Черепанов А.В. Интеллектуальные технологии управления качеством электроэнергии. Иркутск : ИрГТУ, 2015. 218 с.

5. Ермоленко А.В., Ермоленко Д.В. Перспективы применения современных устройств активной фильтрации для нормализации качества электрической энергии в системе электрической тяги переменного тока // Вестник ВНИИЖТ. 2009, № 5. С. 7–12

6. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Сложнонесимметричные режимы электрических систем. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та. 2005. 273 с.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЛЭП ПРИ ДВОЙНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

В статье исследованы условия электромагнитной безопасности на трассе высоковольтной ЛЭП 35 кВ при двойных замыканиях на землю. Точки замыкания выбирались следующим образом: для фазы А – на приемном конце ЛЭП, для фазы В или С – на расстоянии z от отправного конца ЛЭП. В результате моделирования в программном комплексе Fazonord показано, что на высоте 1,8 м возникают повышенные значения напряженности магнитного поля, близкие к предельно допустимому для электротехнического персонала значению в 80 А/м. Изменение расстояний z в диапазоне 2…8 км не приводит к значительному изменению напряженностей ЭМП в начале линии.

Ключевые слова: электромагнитная безопасность, линии электропередачи, электромагнитное поле, короткое замыкание, моделирование.

Введение. Высоковольтные воздушные линии электропередачи (ЛЭП) создают электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты. Поэтому вблизи таких линий могут генерироваться помехи, вызывающие нарушения нормального функционирования электрических и электронных устройств [1–3]. При работе на отключенных линиях электропередачи или связи воздействие на персонал наведенных напряжений, вызванных наличием ЭМП, может приводить к тяжелым несчастным случаям. Ввиду сложности проведения замеров определение напряженностей электрического и магнитного полей для экстремальных режимов обычно проводят путем моделирования [2, 4].

Одной из разновидностей экстремальных режимов является короткие замыкания, приводящие к протеканию значительных токов по проводам ЛЭП и существенному росту напряженностей магнитного поля. Ниже рассматриваются условия электромагнитной безопасности в режимах двойных замыканий на землю в ЛЭП 35 кВ.

Методика моделирования. Моделирование с помощью программного комплекса Fazonord осуществлялось в три этапа:

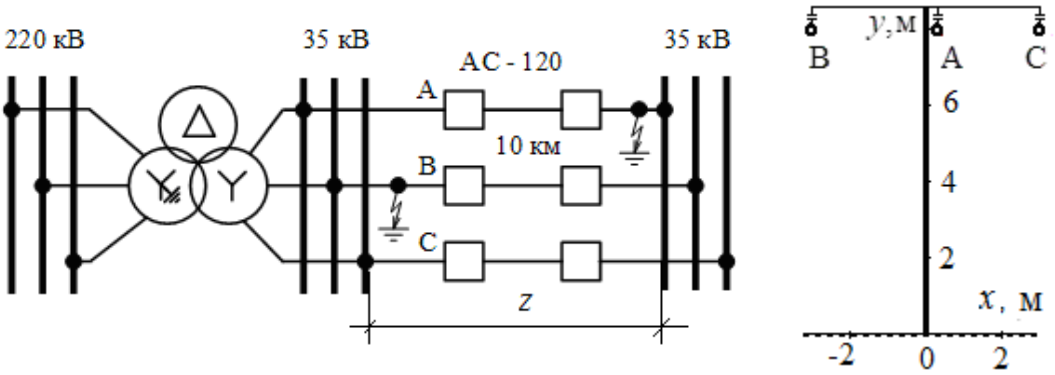
1. Расчет режима ЭЭС в фазных координатах, по результатам которого определялись потенциалы и токи всех проводов ЛЭП.

2. Вычисление вертикальных и горизонтальных составляющих напряженностей электрического и магнитного полей: $\dot{E}_x, \dot{E}_y, \dot{H}_x, \dot{H}_y$.

3. Расчет амплитудных значений напряженностей $E_{\max}, H_{\max}$ с учетом возможной эллиптической поляризации полей [3, 4].

Результаты моделирования. Схема исследуемой сети представлена на рис. 1, а. Моделирование осуществлялось для режимов двойного замыкания на землю. Точки замыкания выбирались следующим образом: для фазы А – на приемном конце ЛЭП, для фаз В или С – на расстоянии *z* от отправного конца ЛЭП.

Расположение проводов на опоре линии показано на рис. 1, б. Параметры ЛЭП приведены в табл. 1. Результаты расчета напряжений и токов на отправном конце ЛЭП представлены в табл. 2 и 3. Зависимости напряженностей ЭМП на отправном конце[1] от горизонтальной координаты *x* оси, расположенной перпендикулярно трассе ЛЭП, показаны на рис. 2–5.



а) б)

Рис. 1. Схема электрической сети (а) и координаты проводов (б)

Таблица 1

Параметры ЛЭП

Фаза	Омическое сопротивление, Ом/км	Радиус, см	Координаты		Площадь сечения, мм^2
			x, м	*y*, м	
A	0,25	0,76	0	8	137
B	0,25	0,76	–3	8	137
C	0,25	0,76	3	8	137

[1] На высоте 1,8 м от поверхности земли.

Таблица 2

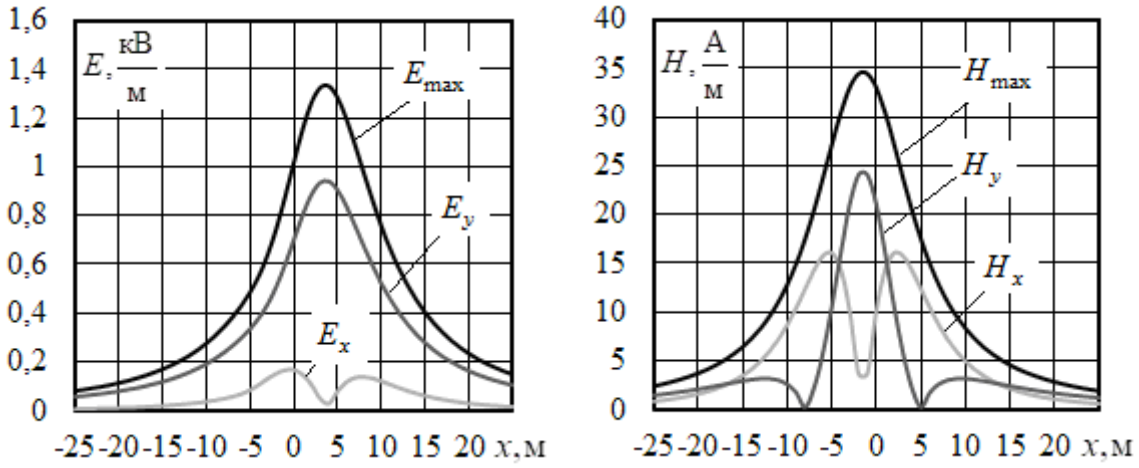
Напряжения и токи при замыканиях фаз А и В

Фаза	Расстояние *z* до точки замыкания фазы В, км									
	0		2		4		6		8	
	U, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А
А	18,61	2180	16,95	2158	15,34	2134	13,78	2111	12,3	2087
В	2,18	0,17	3,67	2157	5,45	2134	7,28	2110	9,1	2086
С	33,87	0,79	33,71	0,8	33,57	0,8	33,46	0,81	33,37	0,81

Таблица 3

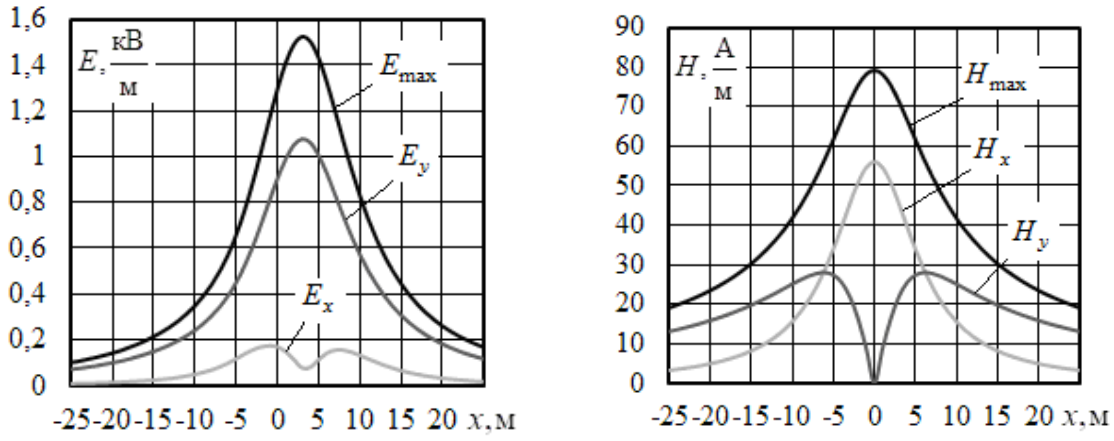
Напряжения и токи при замыканиях фаз А и С

Фаза	Расстояние *z* до точки замыкания фазы С, км									
	0		2		4		6		8	
	U, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А	*U*, кВ	*I*, А
А	18,61	2180	16,95	2157	15,34	2134	13,78	2110	12,29	2086
В	35,04	0,83	34,36	0,82	33,85	0,81	33,51	0,81	33,34	0,81
С	2,18	0,21	3,67	2157	5,45	2134	7,28	2110	9,09	2086



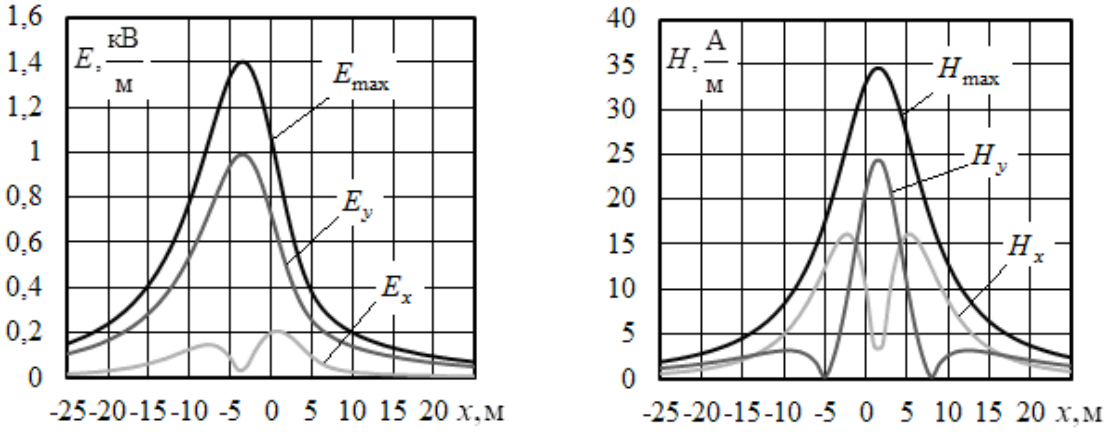
а) б)

Рис. 2. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей при замыкании фазы В в точке с координатой *z* = 8 км



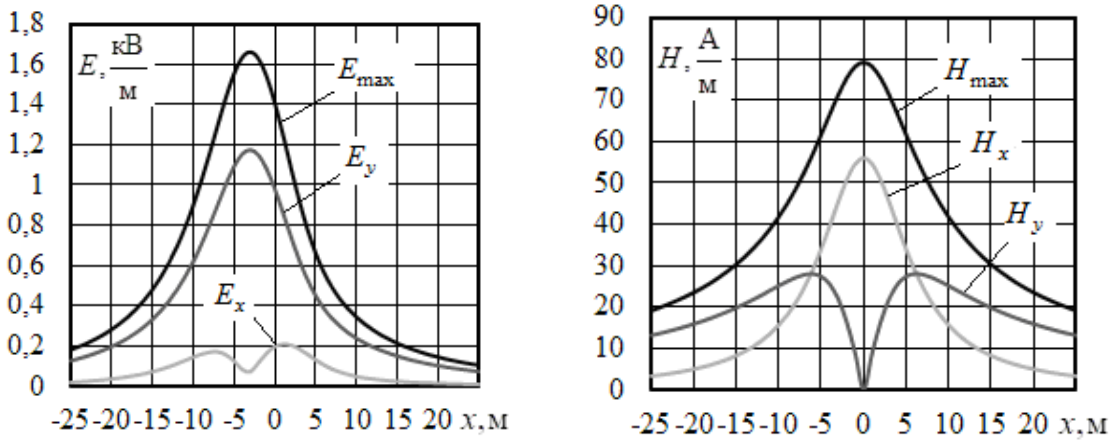
а) б)

Рис. 3. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при КЗ фазы В на отправном конце ЛЭП



а) б)

Рис. 4. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при КЗ фазы С в точке с координатой z = 8 км



а) б)

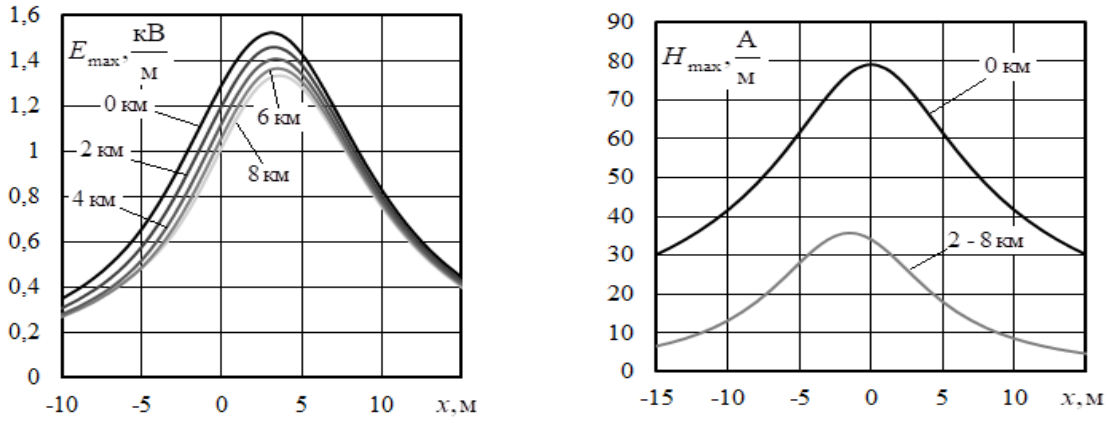
Рис. 5. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при замыкании фазы С на отправном конце ЛЭП

Максимальные значения амплитуд электрического и магнитного полей на отправном конце линии при высоте 1,8 м приведены в табл. 4. Зависимости амплитуд напряженностей электрического и магнитного полей от горизонтальной координаты *x* при изменении координаты *z* представлены на рис. 6 и 7.

Таблица 4

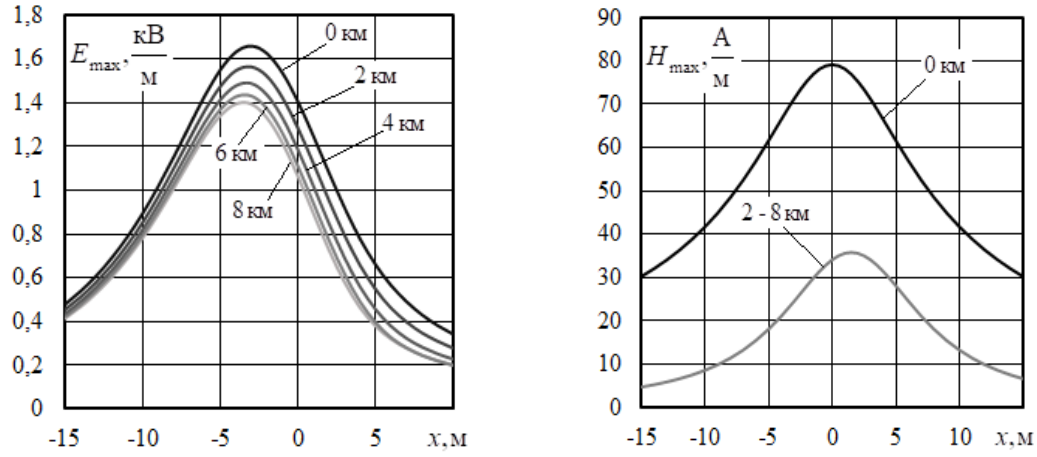
Максимальные значения амплитуд напряженностей ЭМП

Параметр	Расстояние *z* до точки КЗ фазы В					Расстояние *z* до точки КЗ фазы С				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
E_{max}, кВ/м	1,52	1,46	1,4	1,36	1,33	1,66	1,57	1,49	1,43	1,4
H_{max}, А/м	79,15	35,6	35,22	34,83	34,43	79,15	35,61	35,22	34,83	34,43



а) б)

Рис. 6. Амплитуды напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей на отправном на высоте 1,8 м при замыканиях фаз А и В



а) б)

Рис. 7. Амплитуды напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при замыканиях фаз А и С

Заключение. По результатам моделирования можно сделать следующие выводы по уровням напряженностей ЭМП на отправном конце линии при нормативной высоте точки наблюдения в 1,8 м от поверхности земли:

– при замыкании фазы А на землю на приемном конце ЛЭП, а фаз В или С на отправном конце ток протекает только по одному проводу, что приводит к увеличению напряженности магнитного поля до значений, близких к предельно допустимой величине в 80 А/м;

– изменение расстояний z до точки короткого замыкания фаз В или С в диапазоне 2…8 км не приводит к значительному изменению напряженностей ЭМП на отправном конце ЛЭП; наибольшие значения напряженностей наблюдаются при замыкании фазы С на расстоянии 2 км от питающей ТП и достигают 1,57 кВ/м и 35,61 А/м;

– вариация фазировки второго замыкания приводит к смещению точек расположения максимумов напряженностей на оси x, однако их значения изменяются незначительно.

Библиографический список

1. Сидоров А.И., Окраинская И.С. Электромагнитные поля вблизи электроустановок сверхвысокого напряжения. Челябинск : ЮУрГУ, 2008. 204 с.

2. Аполлонский С.М. Электромагнитная совместимость и функциональная безопасность в электроэнергетике. М. : РУСАЙНС, 2016. 326 с.

3. Буякова Н.В., Закарюкин В.П., Крюков А.В. Электромагнитная безопасность в системах электроснабжения железных дорог : моделирование и управление. Ангарск : АнГТУ, 2018. 382 с.

4. Electromagnetic Safety Enhancing in Railway Electric Supply Systems / Natal'ya Buyakova, Vasiliy Zakaryukin, Andrey Kryukov, Tu Nguyen // E3S, Web of Conferences 58, 01006(2018) RSES 2018, P. 1–6

Е.Л. Куликов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению СП «Трансэнерго»,
г. Чита, Россия

О.А. Соловьёва, В.П. Манчевская
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

В статье изложен результат анализа литературных источников информации относительно использования нейронных сетей в качестве инструмента для повышения надежности, качества и селективности дистанционной релейной защиты фидеров контактной сети.

Ключевые слова: нейронные сети, релейная защита, контактная сеть, дистанционная защита.

Релейная защита – вид электрической автоматики, предназначенная для защиты энергосистем и их элементов от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов и ликвидации или локализации аварии. Релейная защита автоматически определяет участок с аварией или ненормальным режимом и подает команду на отключение соответствующего выключателя или сигнал обслуживающему персоналу. [3]

Для надежности, безопасности и селективности срабатывания используют такие типы релейной защиты, как:

- дистанционная защита, реагирующая на сопротивление петли КЗ и угол сдвига фаз между током и напряжением;
- электронная защита фидеров контактной сети с телеблокировкой между подстанцией и постом секционирования, где при срабатывании защиты и отключении выключателя одной фидерной зоны отключается выключатель и другой фидерной зоны;
- токовая защита, которая действует при выходе тока из определенного значения

В настоящее время при пропуске тяжеловесных поездов в ряде случаев наблюдается неселективное срабатывание резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети, возникающие в результате того, что происходит перекрытие зон нормального и аварийного режима и защита не может однозначно идентифицировать наблюдаемый

режим. Данное заявление подтверждается результатами изменений и аналитических исследований, представленных в работе [5].

Результаты экспериментальных замеров (рис. 1), проведенных на Забайкальской железной дороге, показывают, что вектор сопротивления нагрузки **Z**(nT) принимающий значения в широком диапазоне характерных для нормального режима работы системы тягового электроснабжения $\mathbf{Z}_N$.

Данное состояние системы выражается следующим образом [5]:

$$\mathbf{Z}(nT) \in \mathbf{Z}_N \begin{cases} \mathbf{Z}_н > 50 \text{ Ом} \\ \varphi_{\mathbf{Z}_н} = \left[30^0; 40^0\right] \end{cases}$$

Однако в ряде случаев величина вектора сопротивления попадает в диапазон значений 30≤ **Z**(nT) ≤35 Ом при значении угла 65°≤ φ_Z ≤75°, что идентифицируется защитой как короткое замыкание, потому что угол сдвига фаз для области коротких замыканий $\mathbf{Z}_F$ в соответствии с данными нормативных документов [6] должен находиться в диапазоне 60°≤ $\boldsymbol{\varphi}_Z$ ≤80°. Данный факт говорит о том, что при пропуске тяжеловесных составов возможна ситуация, когда ($\mathbf{Z}_N \cup \mathbf{Z}_F$) ⊆ **Z**(nT), что повышает вероятность неселективного срабатывания резервной ступени направленной дистанционной защиты. [5]

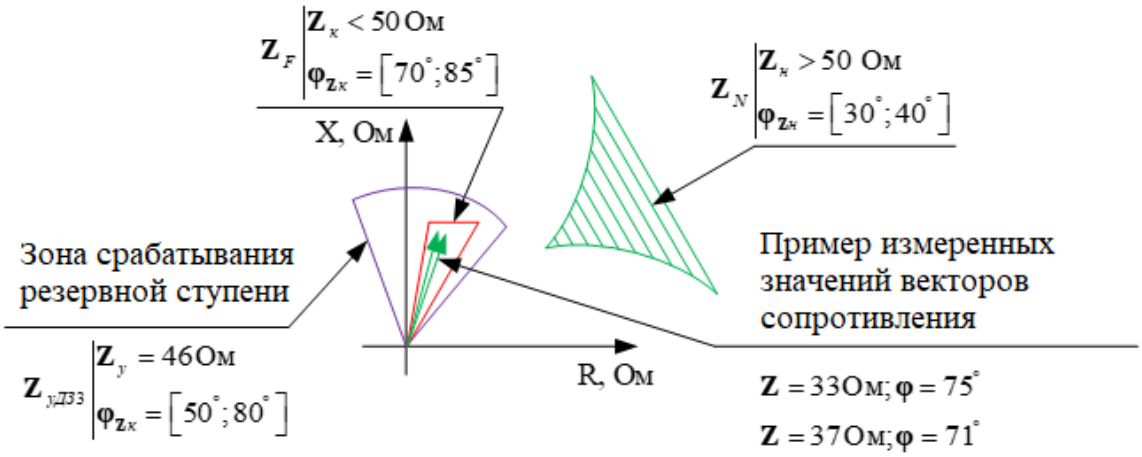


Рис. 1. Анализ комплексного сопротивления нагрузки

Увеличение массы состава приводит к естественному возрастанию максимального рабочего тока значения, которого иногда приближается по величине к значениям минимального тока кроткого замыкания.

Для устранения описанной выше ситуации в данной статье рассматриваются возможность и перспективы применения искусственны

нейронных сетей в качестве инструмента для повышения надежности, качества и селективности дистанционной релейной защиты фидеров контактной сети.

Нейронные сети – это раздел искусственного интеллекта, в котором для обработки сигналов используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ. Важнейшая особенность сети, свидетельствующая о ее широких возможностях и огромном потенциале, состоит в параллельной обработке информации всеми звеньями. При громадном количестве межнейронных связей это позволяет значительно ускорить процесс обработки информации. Во многих случаях становится возможным преобразование сигналов в реальном времени. Кроме того, при большом числе межнейронных соединений сеть приобретает устойчивость к ошибкам, возникающим на некоторых линиях. Функции поврежденных связей берут на себя исправные линии, в результате чего деятельность сети не претерпевает существенных возмущений. [4]

Проще говоря, нейронная сеть – это взаимодействующие между собой искусственные нейроны, то есть просты процессоры, которые получают и посылают друг другу сигналы. Простейшая модель нейронной сети представлена на рис. 2.

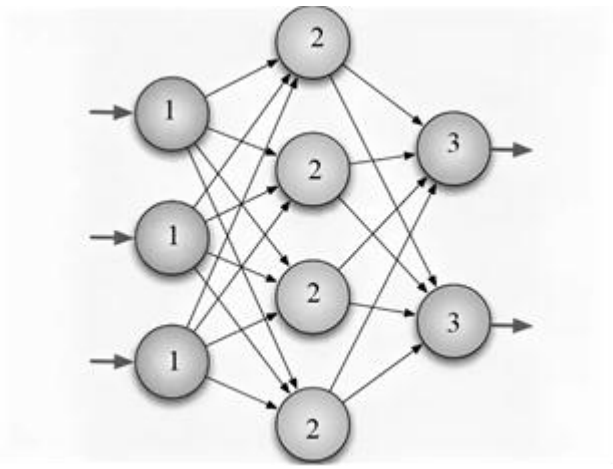


Рис. 2. Схема простой нейросети: 1 – входные нейроны; 2 – скрытые нейроны; 3 – выходные нейроны

Повсеместное внедрение нейронных сетей в энергетике представляет большую сложность в части моделирования и аппроксимации алгоритмов, необходимых для анализа процессов, протекающих в системе генерации, передачи и распределения электрической энергии. [2]

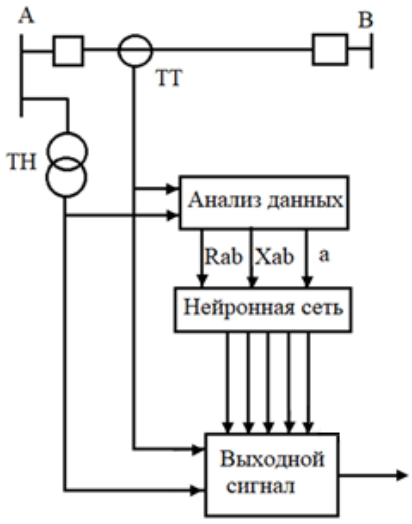


Рис. 3. Схема работы дистанционной защиты с применением адаптивной нейронной сети [2]

На рис. 3 приведена схема работы дистанционной защиты с применением алгоритма адаптивной нейронной сети. На первом этапе происходит получение новых значений параметров изменившегося режима сети. Следом происходит анализ этих параметров для определения скорости их изменения и наличия короткого замыкания и определяется необходимость выполнения расчетов прогнозных значения уставок устройств дистанционной защиты нейронной сетью. В случае, если данное значение не удовлетворяет по коэффициенту чувствительности, то алгоритм переходит в исходное состояние. В случае достаточности коэффициента чувствительности новых прогнозных уставок, сеть выводит получившиеся результаты. [2]

Под входной информационной базой понимаются наблюдаемые токи, напряжения и информация о диапазонах изменения параметров объекта. [2]

На рис. 4 приведена блок-схема типового алгоритма расчета уставок дистанционной защиты линий в случае изменения параметров режима работы сети. [2]

Рассмотрим преимущества и недостатки применения нейронной сети в дистанционной релейной защите. Преимуществом является то, что нейронная сеть позволяет решить такие задачи, как:

- 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],
- а также нейронная сеть может обучаться посредством выявления сложных зависимостей между входными и выходными данными.

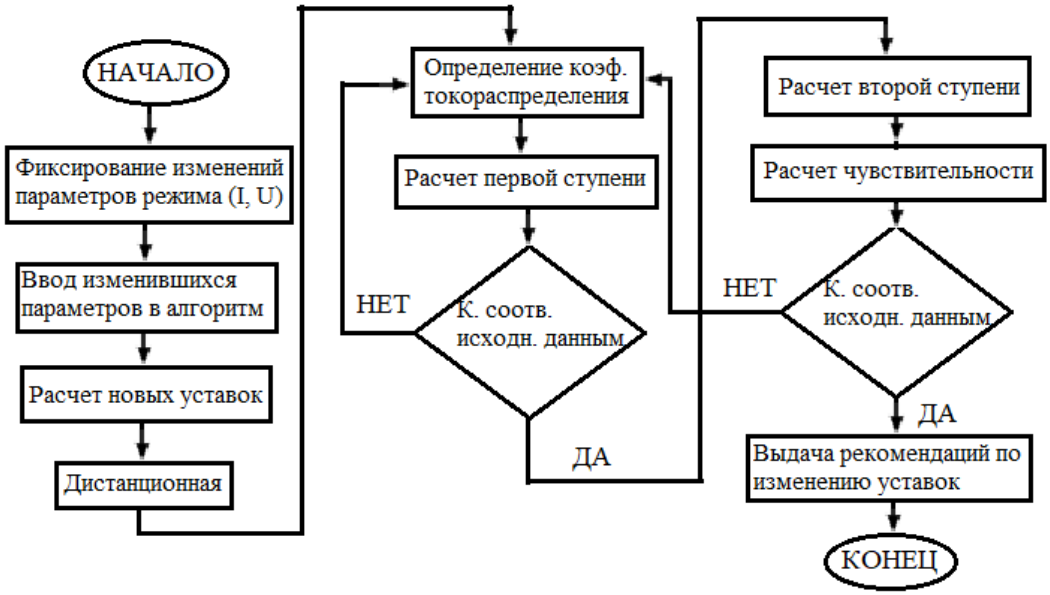


Рис. 4. Блок-схема типового алгоритма расчета уставок дистанционной защиты линии [2]

Недостаток состоит в том, что отсутствует единый систематический подход к проектированию, из-за чего невозможно разработать шаблонный алгоритм нейронной сети в релейной защите. Однако, немногочисленные полученные данные свидетельствуют, что нейронные сети являются надежной технологией моделирования релейной защиты. [2]

Библиографический список

1. Постановка задачи применения адаптивных нейронных сетей в дистанционной релейной защите линий / А.Т. Насибуллин, Е.А. Панова. ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, 3 с.

2. Библия релейной защиты и автоматики / В.А. Федоров. Новосибирск, 2004. 278 с.

3. Защита от однофазных замыканий на землю в сети 6-36 кВ / М.А. Шабад/ СПб, 1997

4. Приложения нейронных сетей. Лекция № 1. Введение в Нейронные сети / Л.А. Жуков

5. Повышение селективности резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации / Р.С. Трифонов. Омск, 2016. 21 с.

6. Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Переменный ток. 2004

О.В. Лобанов
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТОКОСЪЕМА НА ОСНОВЕ РАБОТЫ ВАГОНА ИСПЫТАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

В статье рассмотрены критерии оценки качества токосъема при взаимодействии токоприемника и контактной сети. Произведен расчет относительного изменения контактного нажатия для участка контактной сети Гончарово–Большой Луг. Первичные данные получены при контроле участка вагоном лабораторией. По результатам расчета доказано удовлетворительное качество токосъема. Описываемая методика позволяет уменьшить расходы и повысить надежность перевозочного процесса.

Ключевые слова: контактная сеть, критерии качество токосъема, вагон испытания контактной сети, контактное нажатие.

При современном увеличении скорости движения и массы поездов, проходимым по участку, важной задачей является – контроль механического взаимодействия токоприемника и контактной подвески. Контроль критериев качества токосъема позволяет повысить надежность при эксплуатации и уменьшить расходы на восстановление контактной сети и замене токосъемных пластин [1].

Существующие методики диагностики с привлечением определенных параметров, снимаемых вагоном испытания контактной сети не дает полной и четкой картины о механическом взаимодействии контактной подвески и токоприемника во время передачи электрической энергии с контактного провода электрооборудованию подвижного состав. Это в свою очередь не позволяет спрогнозировать дальнейшего развития этого

процесса и как следствие, определить мероприятия, позволяющие или устранить или замедлить развитие негативных процессов токосъема. [2].

К основным критериям оценки качества токосъема следует относить: неравномерность износа контактного провода, отрывы токоприемников, размах колебаний полоза, относительное изменение контактного нажатия. Кратко рассмотрим каждый из них [3].

Износ контактного провода в пролете характеризуется коэффициентом неравномерности износа $\kappa_н$ который определяют делением среднего износа провода в середине пролета $\Delta S_{ср\,прол}$ на средний износ провода у фиксатора $\Delta S_{ср\,фикс}$ анкерного участка.

По полученным результатам расчета находят участки проводов с недопустимым износом [4]. Такие участки подлежат обязательной замене

$$\kappa_н = \frac{\Delta S_{ср\,прол}}{\Delta S_{ср\,фикс}}, \qquad (1)$$

где $\Delta S_{ср\,прол}$ – средний износ провода в середине пролета, мм^2;

$\Delta S_{ср\,фикс}$ – средний износ провода у фиксаторов, мм^2.

Отрывы токоприемников от проводов наглядно показывают качество токосъема. Они дают мгновенную оценку надежности токосъема, хотя и не учитывают возможность поджатия проводов. При появлении отрывов возникает дуга, что увеличивает электрический износ контактирующих элементов.

$$\kappa_{отр} = \frac{\Sigma t_{отр}}{T} \times 100\% \qquad (2)$$

где $\Sigma t_{отр}$ – суммарное время отрывов, с;

T – период наблюдения, с.

Размах колебаний полоза относительно уровня головки рельса рассчитываются по формуле

$$\Delta H_л = H_{л\,max} - H_{л\,min} \qquad (3)$$

где $H_{л\,max}$ – максимальная высота токоприемника, мм;

$H_{л\,min}$ – минимальная высота токоприемника, мм.

Чем равномернее контактное нажатие, тем меньше изнашиваются контактирующие элементы и, следовательно, улучшается токосъем. При этом необходимо, чтобы нажатие было стабилизировано на оптимальном уровне, для каждого виды токоприемника и контактной подвески. Одним из значимых критериев оценки качества токосъема является относительное изменение контактного нажатия n, которое выбирается наибольшим из двух величин:

$$n' = \frac{P_{\text{кт max}} - (P_c + P_y')}{P_c + P_y'} \quad \text{и} \quad n'' = \frac{(P_c + P_y') - P_{\text{кт min}}}{P_c + P_y'} \qquad (4)$$

где P_c – статическая характеристика токоприемника, Н;

P_y – аэродинамическая составляющая контактного нажатия, Н.

Рассчитаем относительное изменение контактного нажатия для участка контактной сети Гончарово–Большой Луг. Данные необходимые для расчета были получены при проезде вагоном испытания контактной сети, представленном на рис. 1.

Рис. 1. Вагон испытания контактной сети

На рис. 2 графически представлены параметры измеряемые вагоном лаборатории.

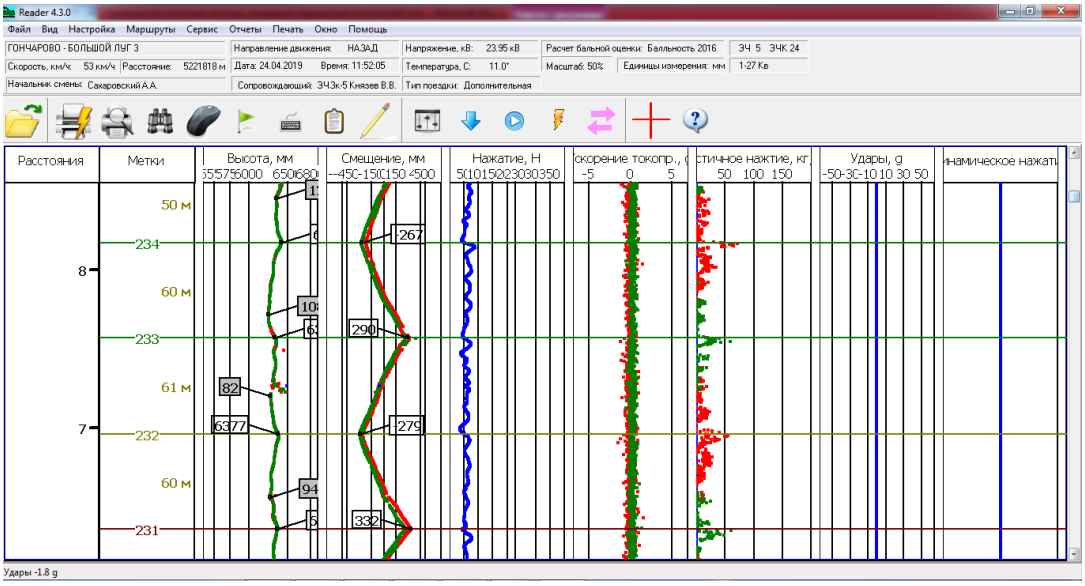


Рис. 2. Данные участка Гончарово–Большой Луг

Для упрощения расчетов воспользовались программой Microsoft Office Exel 2016. График относительного изменения контактного нажатия представлен на рис. 3.

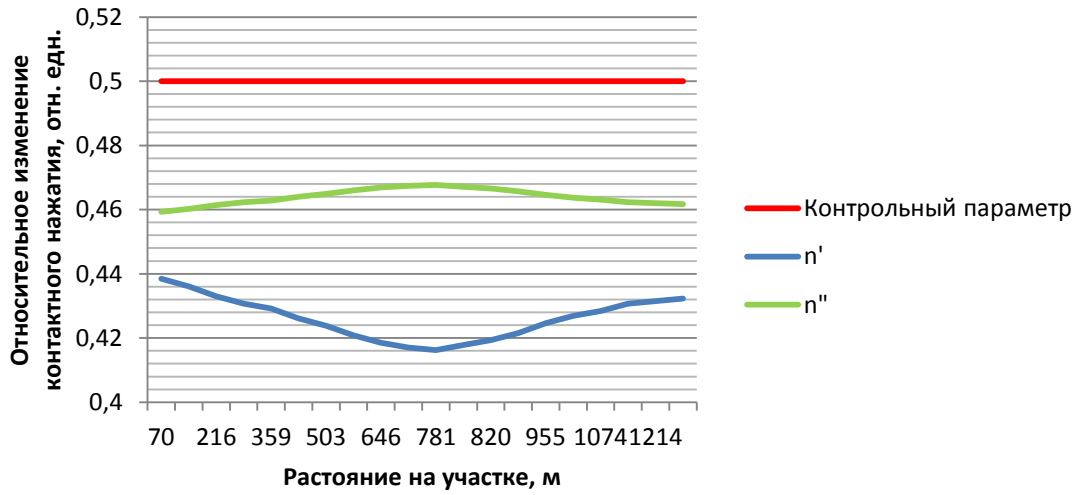


Рис. 3. График относительного изменения контактного нажатия на протяжении анкерного участка

По результатам, полученных из расчета можно сделать вывод, что относительное изменение контактного нажатия находиться в пределах допустимых значений и регулировка не требуется. А следовательно

происходит качественный токосъем и уменьшается износ контактной пары.

Для получения достоверных результатов необходим комплексный расчет всех критериев оценки качества токосъема. Это может позволить на ранних этапах определить предотказное состояние, как контактной сети, так и токоприемников электроподвижного состава.

Библиографический список

1. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи : учеб. для вузов / М. : Транспорт, 2006. 415 с.

2. Беляев И.А., Вологин В.А. Взаимодействие токоприемников и контактной сети / М. : Транспорт, 1983. 191 с.

3. Беляев И.А., Михеев В.П., Шиян В.А. Токосъем и токоприемники электроподвижного состава / М. : Транспорт, 1976. 184 с.

4. Ступицкий В.П. Проектирование контактной сети. Иркутск : ИрГУПС, 2010. 63 с.

Т.А. Мусатова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ АВТОБЛОКИРОВКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Традиционные системы интервального регулирования на основе рельсовых цепей, практически исчерпали возможности по значительному увеличению пропускной способности железной дороги, производительности труда, уменьшению затрат на техническое обслуживание. В статье рассматривается и предлагается система с другими принципами управления, взамен требующих реконструкции или строительства новых систем автоблокировки на перегоне. Рассмотрена передача параметров поступающей информации с перегона по волоконно-оптическому кабелю.

Ключевые слова: универсальный датчик контроля, распределенные волоконно-оптические датчики, точные координаты «Реперные точки», автоведение, доверительный интервал, резервный канал связи.

В настоящее время эксплуатируемые автоблокировки на перегоне с выработанным ресурсом эксплуатации будут модернизироваться, реконструироваться или строится новые. Их принцип управления с рельсовы-

ми цепями, со светофорной сигнализацией, громоздким энергозатратным напольным оборудованием, практически исчерпал возможности по увеличению пропускной способности участков железной дороги, производительности труда и малых затрат на техническое обслуживание.

Рассматриваемая в статье и предлагаемая взамен традиционных, новая система безопасна, надежна, функциональна и эффективна (рис. 1).

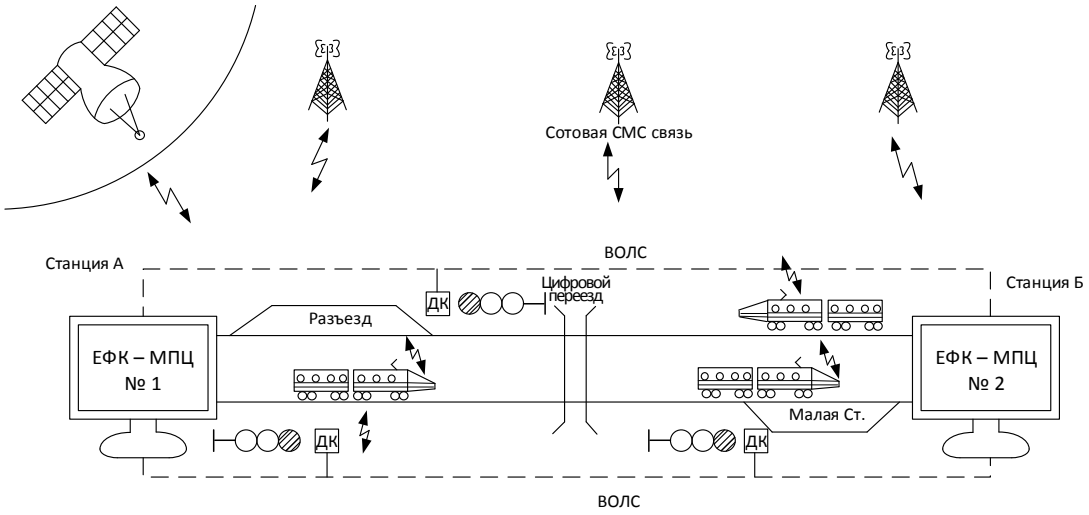


Рис. 1. Автоблокировка нового поколения

Автоблокировка нового поколения по конструкции простая. Напольное оборудование: основные элементы датчики контроля (ДК) и волоконно-оптический кабель.

Участок, оборудованный системой, ограничен Едиными Функциональными Комплексами Микропроцессорной Централизации № 1 (ЕФК МПЦ) станции, имеющей приоритет в управлении этим участком, и № 2 станции для смежного участка с приоритетом управления. Так как архитектура управления кольцевая, то информация о параметрах с перегона поступает одновременно на ЕФКМПЦ № 1 и № 2. При сбоях в № 1 автоматически участок управляется № 2.

Информация о параметрах с перегона поступает по ВОЛС от ДК. Датчики на перегоне устанавливаются на светофорных мачтах в шахматном порядке, они с автономным питанием от аккумуляторной батареи, под заряд от панели солнечной батареи.

Каждый датчик имеет свой номер на перегоне и заранее определенными точными относительными координатами, занесенными в память микропроцессов.

Датчики выполняют следующие функции:

1) фиксируют составы, определяя их координаты, скорость, направления, ускорение или замедление, а также контролируют полносоставность, длину состава.

Эти функции выполняют радары (ДИСС) или лидары. Их функции могут быть заменены другими устройствами или сенсорами, приближенных к рельсам для большей чувствительности и точности, в том числе и ВОЛС;

2) принимается и передается информация между локомотивами и датчиками с помощью цифрового высокоскоростного приемопередатчика (аналог радиоканала без антенно-мачтовых сооружений) с зоной уверенной работы не менее 6 км.

Далее информация шифрованная, кодированная передается в ЕФКМПЦ № 1и № 2 по ВОЛС и посылается, обработанная в приоритетном порядке в виде команд с функцией подтверждения принятия на подвижные единицы перегона. Система с рельсами не связана, контроль рельсовых линий, инфраструктуры, колес составов контролируется волоконно-оптическим кабелем, распределенными акустическими датчиками. Эти инновации уже внедрены в пилотных проектах подобных систем.

Датчики могут комплектоваться подсистемами безопасности аудио и видео распознавания для безопасного железнодорожного сообщения на проблемных участках. В датчиках имеется модем для резервного канала связи, по сотовой связи.

Функционирует система следующим образом: координаты в ней поступают из трех источников с различной точностью, от ВОЛС точность до 5 метров, ГЛОНАСС/GPC и Д-К «реперные точки» точность до сантиметров. По точным координатам корректируются и обнуляются накопленные ошибки не совсем точных координат от других источников. Знать точные и достоверные координаты подвижных единиц в этой системе, важно, так как они необходимы для расчета динамических кривых торможения, допустимой скорости движения, места ограничения скорости, прицельного торможения, точного расстояния до последнего вагона впереди идущего состава т.е. реализации режима «Автоведения». По полученной непрерывной, достоверной информации ЕФК МПЦ обрабатывают по программе и отправляется в приоритетном порядке на подвижные единицы.

Безопасность, надежность, отказоустойчивость системы обеспечена:

– кольцевой архитектурой управления;

– приемопередатчики работают с покрытием;

– наличия резервного канала связи по корпоративной сотовой связи;

– подсистемами безопасности в датчиках и на Локомотивах;

– три источника определения координат – информация идет бесперебойно, достоверно;

– само диагностируемым, резервированным, со схемами безопасности и сравнения от киберугроз оборудованием.

За счет малого и мало обслуживаемого оборудования, значительно повысится производительность труда и снизятся затраты на техническое обслуживание по состоянию.

За счет использования свободных мод оптоволоконного действующего кабеля, проложенного вдоль путей для транспортной связи, а при прокладке нового и его использования для других видов связи. Использование светофорных мачт для расположения ДК, универсальности комплектации ДК, потребуется меньше инвестиционных затрат на обустройство системы.

Пропускная способность участка, оборудованного системой, теоретически увеличивается до физически возможного, т.е. сплошная сцепка с автоведением. При смешанном железнодорожном сообщении по расчетам НИИАС интервал попутного следования составляет 1,5 ÷2 минуты для таких систем.

При строительстве системы не требуется вмешательства в монтаж и работу действующей системы.

Библиографический список

1. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. / А.В. Горелик. Ч. 1. 2013. 270 с.

2. Розенберг Е.Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее // Автоматика, связь, информатика. 2016, № 10. С. 4–8

3. Розенберг Е.Н. Разработка перспективных систем управления движением поездов // Автоматика, связь, информатика. 2014, № 12. С. 15–17

А.В. Пультяков, М.Э. Скоробогатов,
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия,

В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин
Восточно-Сибирская дирекция инфраструктуры,
г. Иркутск, Россия

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТОРЦЕВАЯ РЕЛЬСОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ РАЗБОРНОГО ТИПА С БАРЬЕРАМИ

В статье приведены некоторые результаты разработки торцевой рельсовой изоляции усовершенствованной конструкции разборного типа для изолирующих соединений электрических рельсовых цепей. Рассмотрены этапы разработки и направления усовершенствования конструкции торцевой изоляции рельсов, а также современное состояние дел по изготовлению опытной партии для организации эксплуатационных испытаний на железных дорогах Транссибирской магистрали.

Ключевые слова: рельсовая цепь, изолирующий стык, намагниченность, торцевая рельсовая изоляция, барьер.

Введение. На магистральных железных дорогах России и стран ближнего зарубежья широко применяются электрические рельсовые цепи с изолирующими стыками. Рельсовые цепи предназначены для контроля состояния участков пути – их свободности или занятости подвижным составом, а также целостности рельсовой линии [1]. Изолирующие стыки в них обеспечивают электрическое разделение смежных рельсовых цепей. От надёжности работы этого элемента зависит надежность работы всей рельсовой цепи и как следствие, зависит безопасность и бесперебойность движения поездов.

Особенностью технической эксплуатации рельсовых цепей является то, что текущее содержание изолирующих стыков на станциях и перегонах возложено на работников дистанций пути [2], а за надёжную и бесперебойную работу рельсовых цепей отвечают работники дистанций сигнализации, централизации и блокировки [3]. Это вносит определённые сложности и требует от работников обоих хозяйств более внимательного отношения к содержанию изолирующих стыков.

Анализ статистики отказов рельсовых цепей на Транссибирской магистрали за последние семь лет показывает, что их доля от общего количества отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки, составляет более 30 %. До четверти от общего числа отказов рельсовых

цепей происходит по причине закорачивания изолирующих стыков намагниченными элементами. При закорачивании изолирующих стыков рельсовые цепи контролирующие участки пути показывают ложную занятость, что приводит к задержкам поездов и нарушает бесперебойность их движения [4].

В настоящее время в качестве торцевой рельсовой изоляции в сборных ИС различных конструкций применяются цельные изолирующие прокладки стыковые ПС-65 толщиной 8 мм. Они имеют форму, повторяющую поперечное очертание рельса типа Р65 и предназначены для установки между торцами рельсов в изолирующих стыках различных конструкций для обеспечения изоляции рельсов между собой [2].

Конструкция изолирующего стыка широко применяемого типа АпАТэК с композитными накладками, изготовленными из стеклопластика марки СТЭП-Г [4], имеет ряд преимуществ перед другими типами изолирующих стыков. При этом намагниченность концов рельсов у такого изолирующего стыка значительна и может достигать 50 и более мТл, что с большой долей вероятности приводит к закорачиванию торцевой изоляции металлической стружкой, окалиной или любым другим токопроводящим элементом по всему очертанию торцов рельсов.

Закорачивание изолирующего стыка приводит к появлению ложной занятости рельсовой цепи, при этом закорачивание стыка может произойти как в видимой снаружи части изолирующего стыка, так и в невидимой части под накладками. Это является одним из основных недостатков изолирующего стыка, в частности, применяемой в них торцевой изоляции.

Другим недостатком является то, что в случае невозможности визуального определения места закорачивания и быстрого устранения отказа возникает неотложная необходимость переборки изолирующего стыка, что связано с выполнением ряда трудоёмких технологических операций с затратами большого количества времени и человеческих ресурсов, а также с перерывами в движении поездов. Работа по замене только торцевой рельсовой изоляции с соблюдением технологии выполнения работ составляет примерно 6,72 нормо-часа на бригаду [6, 7].

С целью обеспечения надёжности работы изолирующих стыков и повышения эффективности эксплуатации электрических рельсовых цепей, за счёт предотвращения их отказов, сотрудниками кафедры Автоматики и телемеханики ИрГУПС и службы Автоматики и телемеханики Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры разработана конструкция торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами [8], представленная на рис. 1.

Рассматриваемая торцевая рельсовая изоляция состоит из верхней 1 и нижней 2 составных частей, соединяемых между собой в механический замок 3. Для исключения закорачивания изоляции намагниченными частицами и элементами имеются наружные барьеры 4, 5 и 6, изготавливаемые из диэлектрических материалов имеющих способность сжиматься и принимать исходную форму после воздействия колеса. Такая конструкция позволяет снизить трудозатраты на замену торцевой изоляции и исключить случаи закорачивания изолирующих стыков намагниченными частицами и элементами.

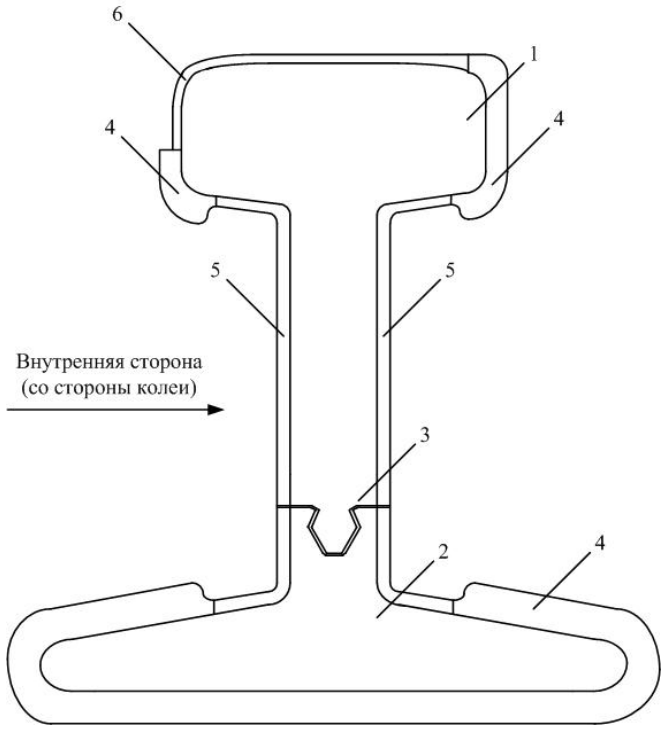


Рис. 1. Конструкция усовершенствованной торцевой рельсовой изоляции

Внешние барьеры 4 не позволяют намагниченным элементам, попадающим на зазор изолирующего стыка, соприкасаться одновременно с двумя рельсами, приподнимая или отодвигая один край намагниченного элемента от рельса. При собранном состоянии изолирующего стыка внутренние барьеры 5 находятся под накладками и плотно прилегают к их стенкам, препятствуя притягиванию намагниченных металлических элементов в зазор изолирующего стыка.

Барьер поверхности катания 6 при отсутствии колеса на изолирующем стыке выполняет функцию внешнего барьера 4. При наезде колеса на стык, барьер поверхности катания 6 прогибается под его воздействием, а после проезда колеса возвращается в первоначальное положение,

при этом является достаточно устойчивым к воздействиям колёс подвижного состава.

В условиях Иркутского центра устройств автоматики и телемеханики Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры были изготовлены опытные образцы предложенной конструкции торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами. За основу была взята типовая стыковая прокладка, к которой механическим способом в паз крепились резиновые барьеры. После этого была проведена опытная апробация торцевой рельсовой изоляции в действующих подверженных намагничиванию изолирующих стыках на главном ходу Транссиба. В течение одного года опытной апробации конструктивных разрушений прокладок и отказов, связанных с закорачиванием изолирующих стыков, зафиксировано не было [9].

На рис. 2 представлена фотография с установленной торцевой рельсовой изоляцией разборного типа с барьерами в изолирующий стык типа АпАТэК.

Достоинством усовершенствованной конструкции является то, что она не позволяет перекрывать торцевой зазор изолирующего стыка металлической окалиной или стружкой по всему очертанию рельса, в том числе и по поверхности катания.

Рис. 2. Пример установки торцевой рельсовой изоляцией усовершенствованной конструкции в изолирующий стык

Результаты успешной апробации разработанной торцевой рельсовой изоляции позволили поставить задачу серийного производства данного изделия. Проведённый анализ предприятий полимерной промышленности России показал наличие множества предприятий, готовых

предложить свои услуги литья из полимеров и пластмасс. Более пятидесяти крупных предприятий занимаются производством изделий из пластмасс, однако лишь некоторые из них могут делать литье и прессование полимерных материалов, с соединением в единую деталь различных материалов с обеспечением достаточной адгезии. На три предприятия были сделаны запросы о возможности изготовления указанного изделия с требуемыми техническими характеристиками.

Основной сложностью при изготовлении торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами является обеспечение требуемого качества адгезии гибкой части и основы прокладки, а также обеспечение такой себестоимости производства рассматриваемого изделия, при которой она будет конкурентоспособна на рынке. Всем предъявленным требованиям удовлетворило производственное объединение АО «Литмашдеталь» [10], имеющее широкую специализацию и обеспечивающее полный цикл производства от проекта до серийного выпуска, что позволяет предлагать конкурентоспособные цены на изделия.

Для дальнейшего взаимодействия между Иркутским государственным университетом путей сообщения, Восточно-Сибирской дирекцией инфраструктуры и АО «Литмашдеталь» было подписано трёхстороннее соглашение о научно-производственном сотрудничестве. На основании этого соглашения конструкторским отделом АО «Литмашдеталь» подготовлены техническая документация, определены технологические параметры стыковой прокладки, в том числе, замковой части и гибкого барьера, проведена проверка технологии изготовления на подготовленной оснастке, закуплены материалы – термопластичный полиуретан с требуемыми показателями по твёрдости и температурной стойкости и проведена пробная отливка.

На рис. 3 представлена изготовленная модель торцевой рельсовой изоляции усовершенствованной конструкции разборного типа с барьерами.

В настоящее время АО «Литмашдеталь» готово к производству первой партии торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами для её полноценной опытной эксплуатации на участках Транссибирской магистрали. При положительных результатах опытной эксплуатации перспективные объёмы внедрения торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами определяются количеством перебираемых изолирующих стыков в год и их количеством в год. Только на Восточно-Сибирской железной дороге за 2018 год была произведена переборка более 3500 изолирующих стыков с заменой торцевой рельсовой изоляции.

Рис. 3. Усовершенствованная торцевая рельсовая изоляция

Дальнейшее развитие конструкции и функциональных возможностей торцевой рельсовой изоляции и устранение выявленных недостатков отразилось в разработке торцевой рельсовой изоляции разборного типа с барьерами и сигнализатором сгона изостыка [11, 12]. Функция контроля сгона изолирующего стыка позволит выявлять предотказное состояние и предупредить появление ложной занятости при продавливании торцевой изоляции вследствие температурных и механических деформаций.

Таким образом, разработки направленные на улучшение работы рельсовых цепей и в частности изолирующих стыков, которые являются одним из самых не надёжных элементов верхнего строения пути и систем железнодорожной автоматики и телемеханики имеют востребованность. Применение торцевой рельсовой изоляции разработанной конструкции обеспечит надёжность работы изолирующих стыков и повышение эффективности работы рельсовых цепей, подверженных влиянию намагниченности рельсов. Это, несомненно, будет способствовать повышению безопасности и бесперебойности движения поездов на магистральных и промышленных железных дорогах.

Библиографический список

1. Рельсовые цепи магистральных железных дорог : справочник / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский; под ред. В.С. Аркатова. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во «ООО Миссия-М», 2006. 496 с.

2. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774). Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2012 г. № 2791р. М. : ОАО «РЖД», 2012. 234 с.

3. Инструкция по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки. Утв. и введ. в действие распоряжением ОАО «РЖД» от 17 апреля 2014 г. № 939р. М. : ПКТБ ЦШ ОАО «РЖД», 2014. 118 с.

4. Безопасность России. Тематический блок «Безопасность железнодорожного транспорта» : в 2 т. Т. 2. Безопасность железнодорожного транспорта в условиях Сибири и Севера : моногр. / В.А. Акимов, В.А. Алексеенко, Р.С. Ахметханов [и др.]; научн. рук. член-корр. РАН Н.А. Махутов. М. : МГОФ «Знание», 2014. 856 с.

5. АпАТэК – Прикладные перспективные технологии: [электронный ресурс]. Режим доступа : URL: http://www.apatech.ru

6. Технически обоснованные нормы времени на работы по текущему содержанию пути. 7-е изд., откор. и доп. / М. : ОАО «РЖД», 2009. 624 с.

7. Пультяков А.В. Повышение эффективности эксплуатации рельсовых цепей / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин // Мат-лы V междунар. научн.-практ. конф. : в 2 т. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2014. С. 327–331

8. Торцевая рельсовая изоляция : пат. 148437 Российская Федерация : МПК7 B61L 1/18 / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин; заявитель и патентообладатель ИрГУПС. № 2014115593/11; заявл. 17.04.14; опубл. 10.12.14, Бюл. № 34. 3 с.

9. Повышение эффективности работы изолирующих стыков электрических рельсовых цепей / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин, М.Э. Скоробогатов // Мат-лы I междунар. научн.-практ. конф. Самара : СамГУПС, 2016. С. 34–37

10. ЛИТМАШДЕТАЛЬ. Производство изделий из металлов и полимеров [Электронный ресурс]. Режим доступа : URL: http://www.litmash-detal.ru.

11. Устройство разборной торцевой рельсовой изоляции с барьерами и сигнализатором сгона изостыка : пат. 160811 Российская Федерация : МПК7 B61L 1/18, B61L 23/04, E01L 11/54 / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин, М.Э. Скоробогатов; заявитель и патентообладатель ИрГУПС. № 2015117851/11; заявл. 12.05.15; опубл. 10.04.16, Бюл. № 10. 3 с.

12. Устройство контроля сгона изостыка : пат. 158809 Российская Федерация : МПК7 B61L 1/18, B61L 23/04, E01L 11/54 / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин; заявитель и патентообладатель ИрГУПС. № 2014150705/11; заявл. 15.12.14; опубл. 20.01.16, Бюл. № 2. 3 с.

А.И. Руденко
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ДАТЧИК КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ АВТОБЛОКИРОВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В статье рассмотрен датчик контроля, применяемый в системе автоблокировки нового поколения на перегоне, работающей благодаря новым технологиям, на других принципах управления. Новая система эффективна, датчик в ней и оптоволоконный кабель являются основными напольными устройствами, с малыми затратами на техническое обслуживание. Подробно представлена функциональная схема работы датчика контроля. При строительстве системы автоблокировки нового поколения не происходит вмешательства в работу существующей системы.

Ключевые слова: доплеровский измеритель скорости, лидар, цифровой высокоскоростной приемопередатчик, обнуление и коррекция координат, комплектация, выполняемые функции.

Одним из основных устройств для автоблокировки нового поколения АБНП на перегоне является датчик контроля (ДК).

В системе АБНП рельсовые линии не используются, контроль их целостности присутствует и производится более эффективней, чем делают это рельсовые цепи (РЦ).

Датчики устанавливаются и настраиваются на кронштейне светофорной мачты, ниже или выше светофорных головок, располагаются в шахматном порядке на расстоянии не более 2,6 км друг от друга по перегону (рис. 1).

Датчик в системе выполняет несколько функций; так, доплеровскими измерителями скорости и следования:

1) фиксируются подвижные единицы на путях, определяя их точные относительные координаты;

2) контролируют полносоставность составов (альтернатива системы счета осей) с точностью до сантиметров). Измеряют скорость, определяют направление, ускорение или замедление;

3) с помощью цифрового высокоскоростного приёмопередатчика (альтернатива радиоканалу), принимается и передается информация на борт локомотивов. Зона уверенной работы приемопередатчика не менее 6 км;

4) подсистемы безопасности аудио видео распознавания на проблемных участках железной дороги, для безопасного железнодорожного сообщения, контролируют составы.

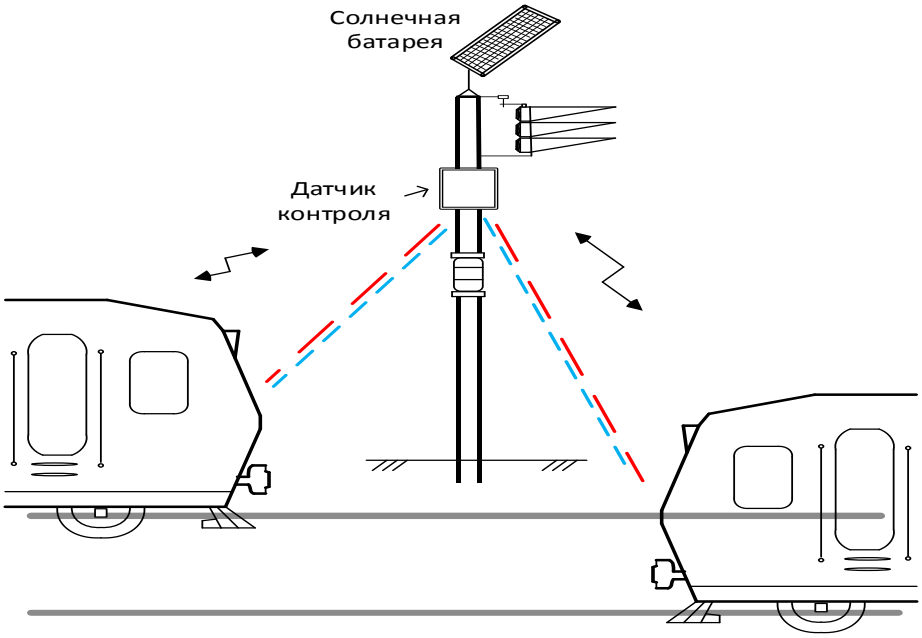


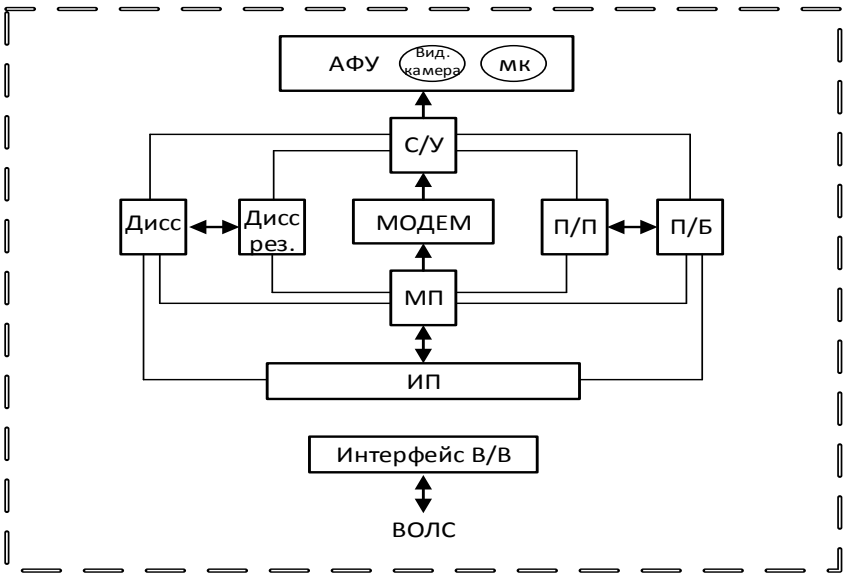
Рис. 1. Датчик контроля

Функциональная схема представлена на рис. 2.

В датчике имеется микропроцессор, он осуществляет программное управление функциональными узлами, частично разгружая Единые функциональные Комплексы (ЕФКМПЦ). Каждый датчик имеет свой номер, свои точные относительные координаты до сантиметра, по которым обнуляются накопленные ошибки и корректируются координаты, поступающие от ВОЛС и ГЛОНАС/GPS. Микропроцессор в приоритетном порядке отправляет и принимает шифрованную, кодированную информацию команды. Модем в датчике служит для осуществления резервной связи по корпоративной сотовой связи.

Датчик имеет автономный источник питания, литьевую аккумуляторную батарею повышенной емкости до 40 А/Ч, с под зарядом от магнитного поля высоковольтных линий (ВЛ), такая технология имеется или от солнечной батареи.

Все оборудование, в том числе разъемы находятся в пылевлагозащитном термическом из композиционного материала корпуса, с вандалозащищенным устройством, сигнализацией несанкционированного доступа.



ДИСС – доплеровский измеритель скорости следования
ДИСС рез. - резервный
П/П – Цифровой Высокоскоростной приемо-передатчик
П/Б – подсистемы безопасности аудио видео распознания
С/У - согласующее устройство, схемы сравнения
АФУ -Антенна Фидерное устройство с видеокамерой и микрофоном

Рис. 2. Функциональная схема датчика контроля

Предлагается по разработанному техническому заданию производство датчиков осуществлять как опытных образцов, так и их дальнейшее тиражирование на оборонных предприятиях РФ по программе «Конверсия». Эти предприятия имеют большой опыт в этой области и отечественную элементную базу.

Солнечные батареи выпускает Брянский завод «Термотрон» или «Солнечный кластер», он с 2012 года производит для РЖД солнечные энергосберегающие панели различной мощности на основе гибких и ударопрочных фотоэлектрических технологий, вместо кремния используя первоскит, эти батареи эффективно работают даже на закате, в облачную погоду и в туман. При этом они в пять раз дешевле в производстве, чем обычные фотоэлементы.

Вместо радиолуча ДИСС можно использовать ультрафиолетовый или лазерный луч – лидара для фиксации подвижных единиц на путях, на том же эффекте Доплера. Испытания и исследования в этой области необходимы.

Приёмопередатчик, аналог АБ по радиоканалу без антенно-мачтовых сооружений, работает на той же частоте и проверен на электромагнитную совместимость.

В согласующем устройстве имеются схемы сравнения и обеспечения кибербезопасности.

Диссы работают следующим образом: в каждом имеется две антенны, радиолучи от них исходят под углом не более 45º, фиксируют голову состава. Зная угол и расстояние от антенны до головы локомотива, определяются кроме координат с точностью до сантиметров, направление, скорость, замедление или ускорение. Фиксируя лучами хвост состава, контролируется полносоставность (альтернатива системы счета осей) определяется длина состава.

Диссов в датчике два, оба работают, резервируя дуг друга, их работой управляет микропроцессор. Точные относительные координаты датчиков, «реперные точки» заранее определены, по технологии специально обученному этому делу персоналом. Каждый датчик имеет свой номер и их координаты заносятся в память самих датчиков, бортовую электронную карту Локомотива и в Единые Функциональные Комплексы МПЦ, граничащих участок, оборудованный системой АБНП. Их точные координаты до сантиметров не зависят от помех атмосферы и других погрешностей это «реперные точки». По ним корректируются и обнуляются накопленные ошибки координат, полученные системой от ВОЛС и ГЛОНАСС (ССН). Знать точные координаты, важно, так как по ним и другим параметрам идет расчет расстояния попутного следования составов и реализовывается режим «автоведения». Комплектоваться датчики контроля при их тиражировании будут по-разному, в зависимости от выполняемых ими функций и поставленных задач.

Библиографический список

1. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах : учеб. пособие / А.Б. Бойник, С.В. Кошевой, С.В. Панченко, В.А. Сотник. Харьков : УкрГАЖТ, 2005. 256 с.

2. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В.В. Сапожников. М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2013. 288 с. ISBN 978-5-9994-0004-8

3. Розенберг Е.Н. Разработка перспективных систем управления движением поездов // Автоматика, связь, информатика. 2014. № 12. С. 15–17

О.К. Русинова, О.А. Макарова
Томский техникум железнодорожного транспорта,
г. Томск, Россия

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В статье говорится о характерных особенностях системы по осуществлению движения поездов, рассматриваются системы регулирования на перегоне, перечисляются составляющие устройств на станции. Было определено, почему релейная блокировка является наиболее популярной, чем отличается ПАБ от АБ.

Ключевые слова: устройства на станциях и перегонах, блокировка полуавтоматическая и автоматическая, релейная блокировка, трансмиттер, электрический фильтр, реле, стабилизатор, усилитель, дешифратор.

Транспорт на железной дороге занимает ведущие позиции в экономике РФ, осуществляя перемещение грузов и пассажиров по территории нашей огромной страны. Данная тема целесообразна, поскольку «на сегодняшний день ведётся обновление инфраструктуры транспорта на железной дороге для обеспечения требуемых объёмов перевозки и высокой безопасности движения» [3].

Чтобы эффективно выполнять задачи этой программы, необходимо уделить особое внимание теме организации движения поездов, являющейся одной из важнейших тем на железнодорожную тематику.

В этом случае, необходимо понимать краткую обобщённую структуру систем регулирования движения поездов.

Системами организации движения поездов являются такие системы, которые гарантируют безопасность и управление процессом перевозки и могут увеличить общий объём перевозки.

Таким образом, можно утверждать, что они могут повлиять на эффективность труда работников железнодорожной отрасли.

На перегонах и на станциях применяют отличные друг от друга системы регулирования, разница сводится к месту применения.

Перегонные системы нужны для безопасности в тот момент времени, когда поезда осуществляют передвижение с одного перегона на другой. Работа заключается в пропуске или в отказе пропуска поезда на какой-либо блок-участок.

Для общего понимания перечислим элементы перегонных устройств:

ПАБ;

АБ;

Диспетчерский контроль за движением поездов;
АЛС и устройства безопасности движения;
Устройство бдительности машиниста и средства контроля скорости;
Автоматическая переездная сигнализация и автошлагбаумы [1].
Системы на станциях регулируют зависимость стрелок и сигналов.
Устройства на станциях:
Ключевая зависимость;
Станционная блокировка;
ЭЦ стрелок и сигналов;
ДЦ;

Устройства регулирования скорости по скатыванию отцепов, ГПЗУ, горочная АЛС, то есть средства, применяемые с целью автоматизации и механизации сортировочных станций [2].

Но при этом стоит отметить, что АЛС, ДЦ и ограждающие устройства отнесены не только к перегонным, но и к станционным, ведь они способны контролировать движение как по перегонам, так и по станциям.

Релейная блокировка смогла стать наиболее популярной ввиду своей повышенной безопасности. Электрическим способом реализуются маршрутные зависимости в релейной блокировке. И общеизвестно: ПАБ уступает АБ, потому что у него меньше пропускная способность.

Сравнительно недавно было применено новое техническое решение: «введена в работу структура блочной централизации с компьютерной системой набора маршрута, являющейся аналогом релейно-процессорной централизации» [3]. Теперь имеется возможность самостоятельно создать релейную схему любой сложности максимально быстро и с минимальными потерями.

Также в СРД важными деталями приходятся: электрические фильтры, реле, трансмиттеры, стабилизаторы, усилители, дешифраторы, электродвигатели и т. д. [4].

Электрическими фильтрами являются устройства, которые пропускают сигналы определенных частот.

Реле – это ставная часть, в которой при плавном изменении тока или напряжения происходит перемещение якоря у контактных реле, а у бесконтактных реле преобразование сопротивления электрического или магнитного.

Трансмиттеры подразделяются на *маятниковые* и *кодовые.*

Маятниковый трансмиттер используют для импульсного питания рельсовых цепей постоянного тока.

Кодовые путевые трансмиттеры переменного тока служат для *образования кодовых сигналов*, которые используются в системах *числовой кодовой АБ и АЛС*.

Стабилизаторы пути разработали для ускоренной и контролируемой стабилизации жд пути с сохранением в границах норм содержания положения в продольном профиле и плане.

Усилитель повышает размах электросигналов и осуществляет количественное изменение воздействия.

Дешифратор нужен для расшифровки принятого кода и передачи реакции на следующий элемент, при этом выполняется качественное преобразование сигнала.

Электродвигатель превращает электроэнергию в механическую энергию.

Таким образом, СРД, которые нужны с целью автоматизации движения, занимают важную роль в перевозочном процессе. Были рассмотрены важнейшие составляющие данной структуры в обобщающей и структурированной форме.

Сейчас разрабатываются новые проекты по улучшению показателей СРД. С помощью этого повышаются технико-экономические параметры работы транспорта на железной дороге. И это является одним из многих вариантом экономии в железнодорожной отрасли.

Библиографический список

1. Общий курс железных дорог [Электронный ресурс] / Studbooks.net. Режим доступа : URL: https://studbooks.net/2436014/tehnika/ustroystva_dispetcherskogo_kontrolya_dvizheniem_poezdov (дата обращения: 15.11.2019)

2. Станционные устройства сигнализации, централизации и блокировки [Электронный ресурс] / studopedia.ru. Режим доступа : URL: https://studopedia.ru/7_28766_ustroystva-signalizatsii-tsentralizatsii-i-blokirovki-na-stantsiyah.html (дата обращения 16.11.2019)

3. Гришаев С.Ю., Попов А.Н. Инновационные технологии для создания автоматической системы управления движением // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 8. С. 9–12

4. Компоненты системы регулирования движения [Электронный ресурс] // caredenis.ru. Режим доступа : URL: http://caredenis.ru/resources/srd/html/les02.html (дата обращения 14.11.2019)

5. Назначение и классификация систем автоматики телемеханики [Электронный ресурс] / lektsii.org. Режим доступа : URL: https://lektsii.org/2-29384.html (дата обращения 15.11.2019)

6. Устройства СЦБ на перегонах [Электронный ресурс] / scbist.com. Режим доступа : URL: http://scbist.com/zheldor/okzd/okzd_17.html (дата обращения 14.11.2019)

7. Железные дороги. Общий курс : учеб. для студентов техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / М.М. Филиппов [и др.]. М. : Транспорт, 1991. 296 с.

8. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения : учеб. для вузов ж.д. транспорта / Э.В. Воробьев [и др.]. М. : Маршрут, 2005. 533 с.

В.А. Савватеев
Забайкальская дирекция по энергообеспечению –
СП «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД»,
г. Борзя, Россия

М.В. Востриков, Е.А. Титова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ СНЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПУСКОВЫХ И ПЕРЕХОДНЫХ ТОКАХ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ТЯГОВОЙ СЕТИ, С МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТОЙ ЦЗА-27,5-ФТС

В статье рассматриваются проблемы получения информации в on-line режиме о пусковых и переходных токах, протекающих в контактной сети при различных способах организации движения поездов с эксплуатируемых систем микропроцессорных защит фидеров контактной сети ЦЗА-27,5-ФТС с целью возможного уменьшения числа ложных срабатываний путем дополнительной отстройки от этих токов. Также рассмотрен альтернативный способ получения необходимой информации и даны рекомендации по возможности его применения для последующего анализа и оценки числа ложных срабатываний, приходящихся на долю пусковых и переходных токов.

Ключевые слова: микропроцессорная защита, ЦЗА-27,5-ФТС, пусковые токи, тяговая сеть, электронный осциллограф, АСУ ЦЗА-ФТС, аварийный режим, ложное срабатывание, осциллограмма, on-line режим.

В настоящее время на участке Забайкальской железной дороги Карымская–Борзя на тяговых подстанциях эксплуатируется микропроцессорная защита фидеров контактной сети марки ЦЗА-27,5-ФТС, производства НИИЭФА-ЭНЕРГО [1, 2]. Основным недостатком визуализации динамических процессов, протекающих в тяговой сети, является как отсутствие on-line режима просмотра в АСУ ЦЗА-ФТС (рис. 1), так и отсутствие возможности записи в память устройства данных об изменение токов и напряжений [3].

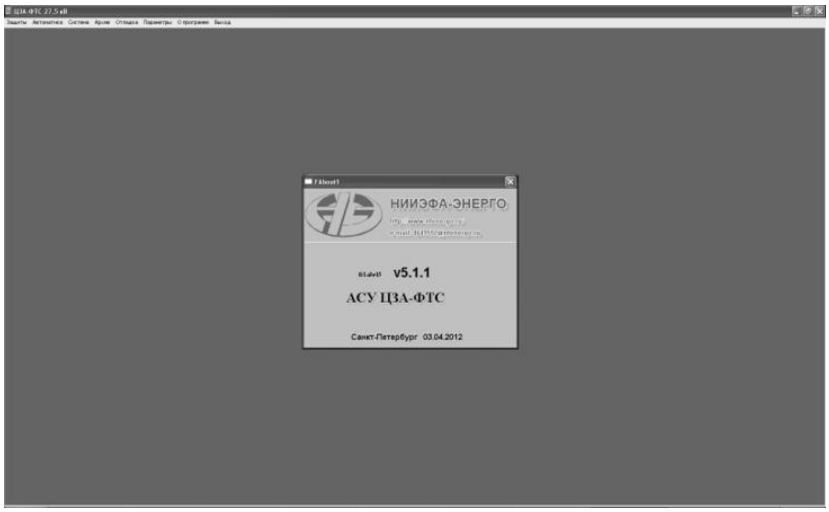


Рис. 1. Общий вид интерфейса АСУ ЦЗА-ФТС

Алгоритм работы автоматизированной системы управления позволяет лишь сохранять информацию по происходящим аварийным отключениям микропроцессорной релейной защиты фидеров тяговой сети в виде осциллограмм токов и напряжений (рис. 2).

Ранее в [4] рассматривались причины, по которым могут происходить аварийные отключения релейной защиты, в том числе и от пусковых токов, возникающих при трогании тяжеловесных и длинносоставных грузовых поездов с использованием электровозов марок ВЛ-80, ВЛ-85 и ЕРМАК (различных модификаций).

Поскольку возможности АСУ ЦЗА-ФТС не позволяют получить массив данных по мгновенно и постоянно изменяющимся значениям токов и напряжений, для записи и последующего анализа соответствующих осциллограмм в привязке к реальному периоду времени было решено использовать анализатор качества электрической энергии PQM-700 фирмы SONEL [5], который был подключен к вторичным цепям измерительных трансформаторов тока и напряжения фидера контактной сети на тяговой подстанции Борзя. Данная модель прибора позволяет ве-

сти запись токов и напряжений с усредненным интервалом 1 секунда, что является недостаточным для непрерывного прослеживания динамики изменения исследуемых параметров (рис. 3). Имеется также возможность организовать запись параметров с интервалом в полпериода, но такая запись ведется только в течение одной минуты, а затем прибор отключает запись и необходим его перезапуск. Перезапуск прибора на повторную запись длится несколько секунд, а за этот промежуток можно пропустить моменты возникновения пусковых токов и даже пропустить момент аварийного отключения самой релейной защиты.

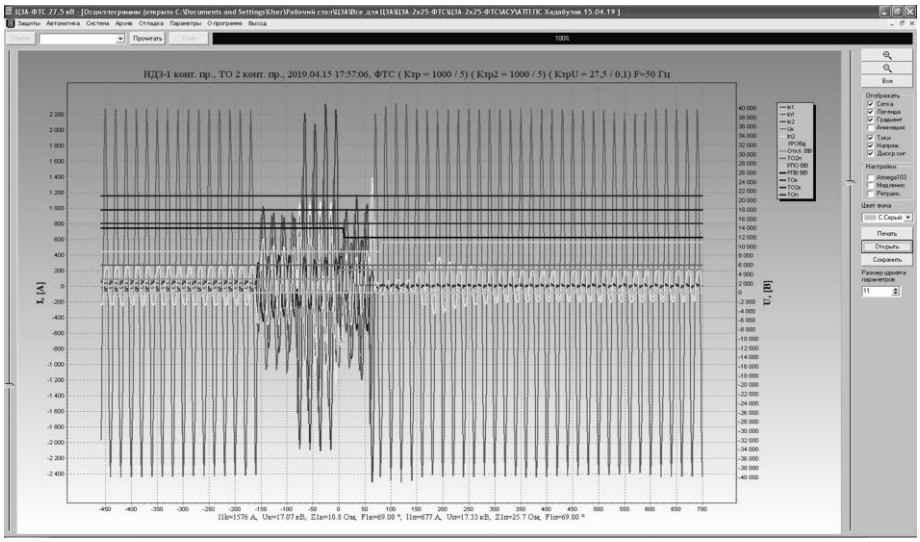


Рис. 2. Осциллограмма токов и напряжений при аварийном отключении АТП Хадабулак 15.04.2019 г.

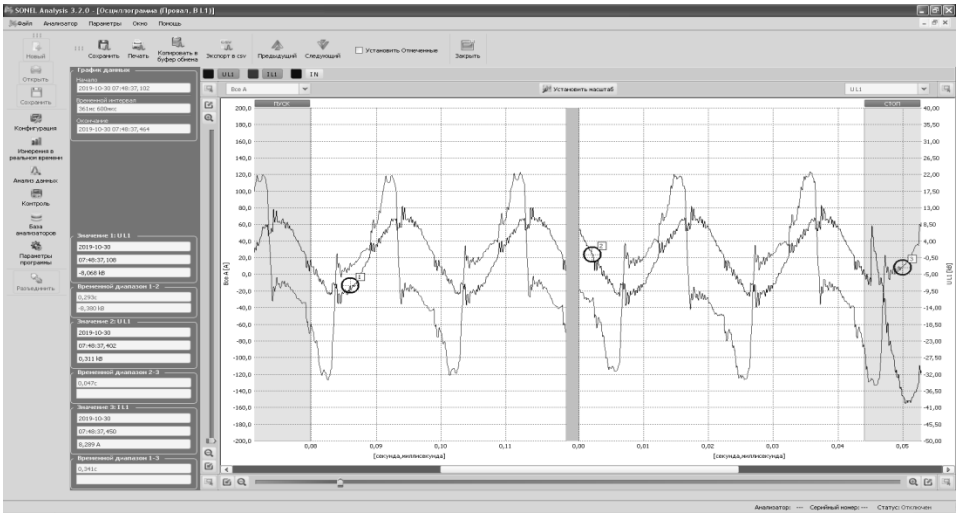


Рис. 3. Осциллограмма тока и напряжения, зафиксированные в момент провала напряжения длительностью 361мс 600мкс

Для отслеживания динамики изменения пусковых токов авторами было предложено использовать электронный осциллограф марки Tektronix TBS 1052B [6], который подключается непосредственно к модернизированным выходам с модуля датчиков тока и напряжения (МДТН) плат микропроцессорной защиты ЦЗА-27,5-ФТС (рис. 4).

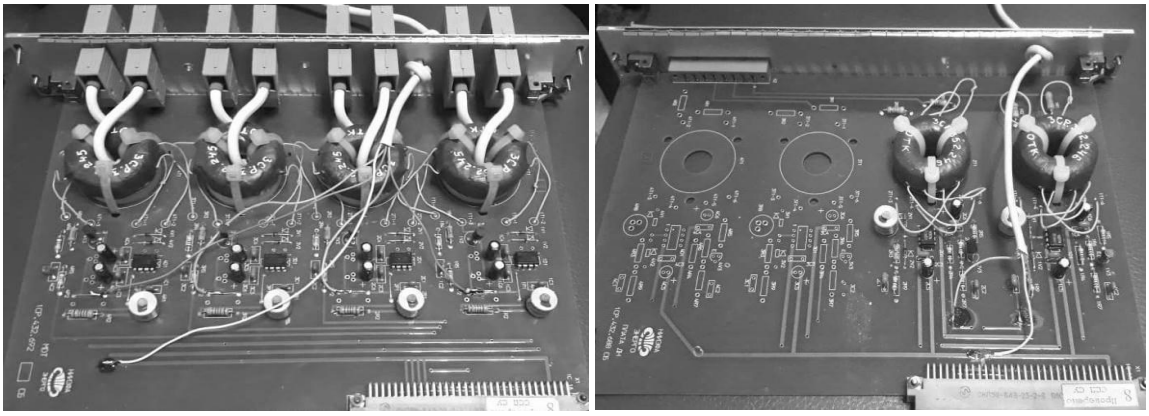


Рис. 4. Модули датчиков тока и напряжения (МДТН) ЦЗА-27,5-ФТС, модернизированные под подключение электронного осциллографа

К каждому модулю было подключено по одному осциллографу. В результате записи получаем фрагменты осциллограмм тока и напряжения в соответствующий момент времени, которые после обработки (масштабирования) и «склейки» в специализированной программе «TekScope Anywhere™» и будут представлять собой истинные формы изменения кривых тока и напряжения, протекающих в тяговой сети за отчетный период времени (рис. 5).

Рис. 5. Фрагмент осциллограмм напряжения и тока, снятые электронными осциллографами Tektronix TBS 1052B с МДТН ЦЗА-27,5-ФТС

Использование такого альтернативного способа непрерывного получения и записи осциллограмм токов и напряжений, протекающих в тяговой сети (включая пусковые и переходные процессы), сделало возможным получать информацию в режиме on-line с неизменной частой дискредитации 2500 точек в секунду с целью дальнейшего анализа данных по аварийным срабатываниям микропроцессорной релейной защиты и вычленения из их числа тех, что приходятся на пусковые и переходные режимы работы тяговой сети для возможного снижения числа ложных срабатываний релейной защиты.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации АВ036-00-000-00РЭ. Устройство цифровой защиты и автоматики фидера тяговой сети 2×25 кВ ЦЗА-27,5-ФТС. 61 с.

2. Электронный каталог. НИИЭФА-ЭНЕРГО. Цифровая защита и автоматика. Федеральный информационный фонд отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию. 2006. 21 с.

3. 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.

4. Епифанов Е.Л., Филиппов С.А., Востриков М.В. Проблемы существующих устройств релейной защиты фидеров контактной сети и пути их решения // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье : ОБРАЗОВАНИЕ–НАУКА–ПРОИЗВОДСТВО. 2017. Т. 1. С. 217–223

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

6. Серии TBS1000B и TBS1000B-EDU. Цифровой запоминающий осциллограф. Руководство по эксплуатации. 2017. 174 с.

А.Н. Сенотрусов
Служба «АиТ» Заб. ДИ – СП ЦД инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД»

К.В. Менакер, В.И. Ваулин
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СХЕМЫ СОПРЯЖЕНИЯ С КОНДЕНСАТОРНОЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКОЙ

В статье приведены результаты исследования безопасной конденсаторной схемы сопряжения микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики с исполнительными устройствами. Необходимость анализа безопасных схем сопряжения вызвана отсутствием соответствующей информации в открытой печати. Обучение студентов и слушателей курсов повышения квалификации основам построения микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики невозможно без рассмотрения и детального анализа существующих схемотехнических решений.

Ключевые слова: конденсатор, реле, безопасная схема сопряжения, устройство безопасного включения реле, надежность, отказ, интенсивность отказа.

При построении микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики важнейшей задачей является схемотехническая реализация безопасных схем управления исполнительными устройствами.

Схема управления исполнительными устройствами с трансформаторной гальванической развязкой подробно описана в работе [1]. Данная схема отличается высокой степенью надежности и безопасности. Используется, в том числе, в основе платы SRC релейного объектного контроллера МПЦ «Ebilock-950». Однако, схема имеет существенный недостаток, связанный с высокой стоимостью разделительного импульсного трансформатора [1].

Схема с конденсаторной гальванической развязкой, принципиальная схема которой приведена на рис. 1, отличается высокой надежностью и малой стоимостью.

Принцип обеспечения безопасности анализируемой схемы основан на высоком сопротивлении разделительного конденсатора C1 постоянному току. Транзистор VT1 преобразует постоянное напряжение источника V1 в импульсный сигнал. Управление транзистора осуществляется

с генератора прямоугольных сигналов XFG1 на частоте от 10 до 50 кГц (рис. 2). Импульсы отрицательной полярности (схема (а) рис. 1), положительной полярности (схема (б) рис. 1) снимаются с коллектора транзистора и поступают через конденсатор С1 и диод VD2 на конденсатор С2. На электролитическом конденсаторе С2 и на нагрузке происходит постепенное увеличение напряжение до номинального напряжения источника V1 (рис. 3).

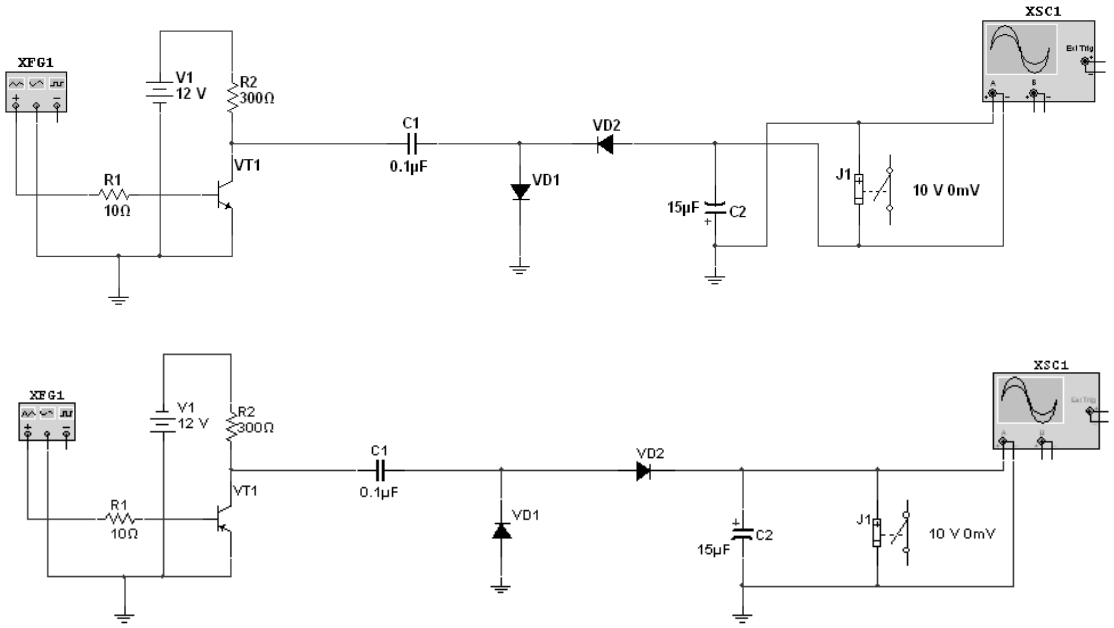


Рис. 1. Схема управления исполнительными устройствами с конденсаторной гальванической развязкой соответственно на p-n-p и n-p-n транзисторах

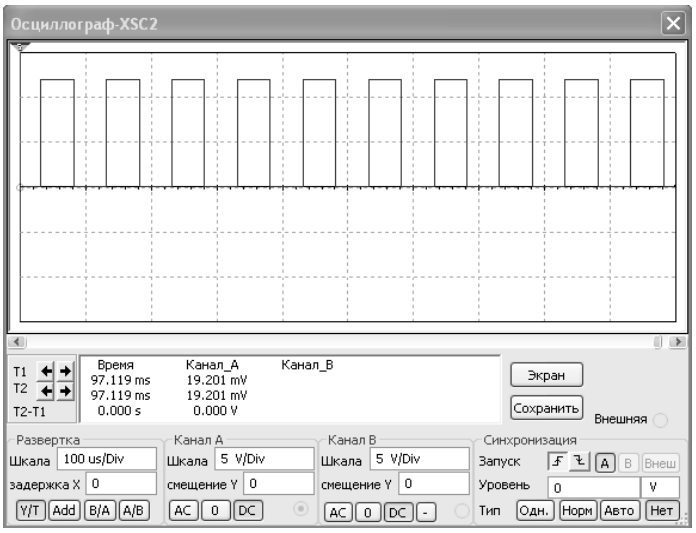


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на коллекторе транзистора VT1

Неисправности транзистора VT1 характеризуются двумя возможными состояниями: пробой (бесконечно малое сопротивление), обрыв (бесконечно большое сопротивление).

Перегорание транзистора, сопровождающееся обрывом, приводит к появлению постоянного напряжения на конденсаторе C1. Вследствие бесконечно большого сопротивления конденсатора постоянному току прекращается зарядка конденсатора C2 и происходит обесточивание нагрузки. При пробое транзистора, сопровождающееся коротким замыканием, потенциал коллектора стремится к нулю. Зарядка конденсатора C2 также прекращается.

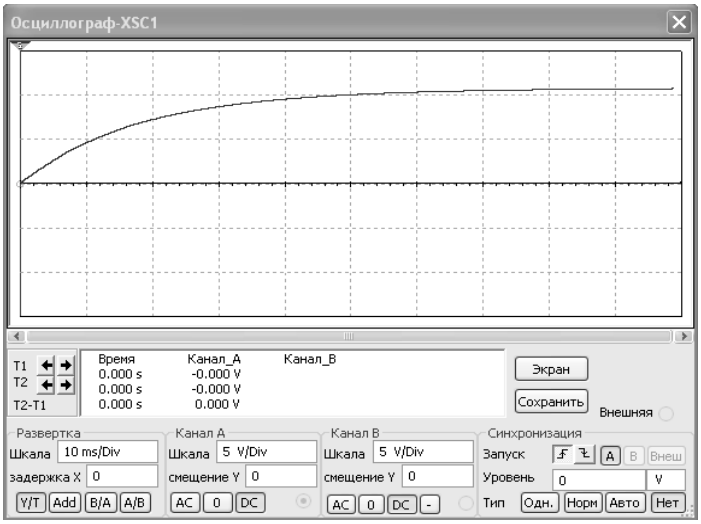


Рис. 3. Осциллограмма напряжения на конденсаторе C2

Потенциальную опасность на первый взгляд представляет кратная неисправность схемы, связанная с обрывом транзистора и пробоем конденсатора C1 (бесконечно малое сопротивление). Однако, при этой неисправности, диод VD2, имеющий встречное направление по отношению к источнику V1 исключает зарядку конденсатора C2. Даже в случае дополнительного пробоя диода VD2 зарядка конденсатора C2 исключается за счет шунтирования источника V1 посредством диода VD1 на землю.

Существует единственный опасный четырехкратный набор неисправностей для анализируемой схемы, связанный с обрывом транзистора VT1, с пробоем конденсатора C1 и диода VD2 и обрывом диода VD1. В этом случае конденсатор C2 заряжается напряжением обратной полярности.

Однако, во-первых, вероятность четырехкратного отказа составляет менее допустимого значения (доказательство приводится ниже). Во-

вторых, в случае установки в качестве нагрузки реле или исполнительного устройства, чувствительного к соответствующей полярности, схема в принципе исключает появление опасного отказа.

Вероятность одновременного отказа указанного выше набора элементов определяется по формуле

$$P_{ОП}(t) = 1 - P_{VT1}(t) \cdot P_{C1}(t) \cdot P_{VD1}(t) \cdot P_{VD2}(t), \quad (1)$$

где $P_i(t)$ – вероятности исправной работы соответствующих элементов схемы.

$$P_i(t) = e^{-\lambda i \cdot t}, \quad (2)$$

где λ_i – эксплуатационные интенсивности отказов соответствующих элементов.

Значения эксплуатационной интенсивности отказов большинства элементов рассчитываются по формуле [3]:

$$\lambda_Э = \lambda_Б \cdot \prod_{i=1}^{m} \cdot K_i, \quad (3)$$

где $\lambda_Б$ – базовая интенсивность отказов соответствующих элементов [2];

K_i – коэффициенты, учитывающие изменения эксплуатационной интенсивности отказов в зависимости от различных факторов [2].

Для биполярных транзисторов значение эксплуатационной интенсивности отказов определяется по формуле [2]:

$$\lambda_{ЭТ} = \lambda_Б \cdot K_Р \cdot K_Ф \cdot K_Д \cdot K_U \cdot K_Э \cdot K_П = 3.078 \cdot 10^{-9}, \quad \lambda_Б = 0,044 \cdot 10^{-6}\ 1/ч$$

где $K_Р$ – коэффициент режима работы, зависящий от электрической нагрузки.

$$K_Р = A \cdot \exp\left[\frac{N_T}{273 + t_{окр} + \Delta t \cdot K_H} + \left(\frac{273 + t_{окр} + \Delta t \cdot K_H}{T_M}\right)^L\right] = 0.25$$

где $A = 5.2,\ N_T = -1162,\ T_M = 448,\ L = 13.8,\ \Delta t = 150$ – константы;

$t_{окр} = +25^0 C$ – температура окружающей среды;

$K_H = 0.5$ – коэффициент электрической нагрузки;

$K_Ф = 0.7$ – коэффициент функционального режима работы прибора;

$K_Д = 0.8$ – коэффициент максимально допустимой нагрузки по току;

$K_U = 0.5$ – коэффициент максимально допустимой нагрузки по напряжению;

$K_Э = 1$ – коэффициент жесткости условий эксплуатации;

$K_П = 1$ – коэффициент приемки.

Для импульсных конденсаторов [2]:

$$\lambda_{ЭК} = \lambda_Б \cdot K_Р \cdot K_С \cdot K_Э \cdot K_П = 1.026 \cdot 10^{-9},\ \lambda_Б = 0,028 \cdot 10^{-6}\ 1/ч$$

$$K_Р = A \cdot \left[\left(\frac{K_Н}{N_S} \right)^H + 1 \right] \exp\left[B \cdot \left(\frac{t_{окр} + 273}{N_T} \right)^G \right] = 0.041$$

$$A = 9.259 \cdot 10^{-3},\ B = 2.5,\ N_T = 358,\ G = 18,\ N_S = 0.4,\ H = 5,\ K_Э = 1, K_П = 1.$$

$K_С = C^{0.05} = 0.1^{0.05} = 0.891$ – коэффициент, зависящий от значения номинальной емкости;

C – емкость в мкФ.

Для импульсных диодов:

$$\lambda_{ЭД} = \lambda_Б \cdot K_Р \cdot K_Ф \cdot K_Д \cdot K_U \cdot K_Э \cdot K_П = 1.248 \cdot 10^{-9},\ \lambda_Б = 0,025 \cdot 10^{-6}\ 1/ч$$

$$K_Р = A \cdot \exp\left[\frac{N_T}{273 + t_{окр} + \Delta t \cdot K_Н} + \left(\frac{273 + t_{окр} + \Delta t \cdot K_Н}{T_M} \right)^L \right] = 0.149,$$

$$A = 44.1025,\ N_T = -2138,\ T_M = 448,\ L = 17.7,\ \Delta t = 150;$$

$$K_Ф = 0.6,\ K_Д = 0.8, K_U = 0.7,\ K_Э = 1, K_П = 1.$$

С учетом вычисленных значений интенсивностей отказов вероятность одновременного отказа четырех элементов составит:

$$P_{ОП}(t) = 1 - \exp(-\lambda_{ЭТ} \cdot t) \cdot \exp(-\lambda_{ЭК} \cdot t) \cdot \exp(-\lambda_{ЭД} \cdot t) \cdot \exp(-\lambda_{ЭД} \cdot t) = 0.0012$$

где $t = 8760 \cdot 20\ ч$ – число часов за 20 лет.

Соответственно вероятность исправной работы набора элементов:

$$P_{И}(t) = 1 - P_{ОП}(t) = 0.9988.$$

Следует отметить, что при вычислениях учитывались отказы элементов схемы без разделения их на обрывы и пробои. При учете вида отказов полученное значение вероятности исправной работы набора элементов было бы на порядок больше.

С целью оценки полученных значений показателей надежности произведем сравнение с допустимыми значениями, принятыми для устройств железнодорожной автоматики и телемеханики [3] (см. табл. 1). Для устройств электрической централизации и автоблокировки вероятность безопасной работы не превышает 0.9987.

Таблица 1

Значения вероятностных показателей безопасности

Система	Измеритель	Интенсивность опасных отказов $\lambda_{оп}$, 1/ч	Наработка до опасного отказа, лет	Вероятность безопасной работы в течение 20 лет
ЭЦ	Станция (с N стр. < 22) Стрелка (с N стр. на станции >22)	$1{,}8 \cdot 10^{-7}$ $7{,}7 \cdot 10^{-9}$	634 14825	0,968464 0,998651
АБ	Сигнальная точка Протяженность линии, км	$9{,}2 \cdot 10^{-9}$ $7{,}0 \cdot 10^{-9}$	12408 16308	0,9919 0,9987736
АПС	Переезд	$5{,}6 \cdot 10^{-9}$	20384	0,9990189

Таким образом, безопасность схемы с конденсаторной гальванической развязкой в устройствах сопряжения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики с релейными устройствами подтверждена.

Библиографический список

1. Менакер К.В., Тихенко Н.В. // Исследование и создание схем сопряжения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики с релейными устройствами : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2017. 356 с.

2. Боровиков С.М. [и др.] // Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств : учеб.- метод. пособие. Минск : БГУИР, 2010. 68 с.

3. Количественные требования и средства контроля обеспечения безопасности систем и устройств СЦБ : Организация сотрудничества железных дорог, 2000. 8 с.

Р.С. Трифонов, Л.А. Муравейко
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

А.В. Барахоев
Читинская дистанция электроснабжения,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ МНОГОМЕРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Интенсивное развитие технологий, в частности микропроцессорной техники позволяют использовать новые возможности для выполнения большого количества расчетов и контролирования большего числа параметров, чем это было доступно раньше. Данная ситуация открывает широкие перспективы для дальнейшего технического совершенствования дистанционной защиты фидеров контактной сети и повышения надежности, быстродействия и селективности.

Одним из таких направлений является концепция многомерной релейной защиты, предложенная и рассматриваемая в работах Ю.Я. Лямеца, Г.С. Нудельмана.

Концепция многомерная релейной защиты (МРЗ) объединяет в единой алгоритмической модели всю доступную информацию о состоянии защищаемого объекта, которая может быть разнесена во времени, пространстве, а также текущую и априорную.

Ключевые слова: релейная защита, дистанционная защита фидеров контактной сети, селективность.

В системе тягового электроснабжения для защиты контактной сети от коротких замыканий используются несколько видов защиты:

- дистанционная защита;
- максимальная токовая защита;
- токовая отсечка.

Дистанционная защита реагирует на изменение комплексного сопротивления в тяговой сети. Так, при возникновении короткого замыкания вектор комплексного сопротивления резко уменьшает свое значение по отношению к нормальному режим, что приводит к форматированию сигнала на отключение защищаемого фидера контактной сети.

Защита руководствуется следующим правилами принятия решения R:

$$R_{F_1} = \left(\varphi_{уДЗ_3 \min} \le \varphi \le \varphi_{уДЗ_3 \max}\right) \wedge \left(Z \le Z_{уДЗ_3}\right);$$
$$R_{F_2} = \left(I \ge I_{уДЗ_3}\right) \vee \left[\left(I \ge I_{уДЗ_3}\right) \wedge \left(K_{г} > K_{гу}\right)\right];$$
$$R_{N_1} = \left(\varphi < \varphi_{уДЗ_3 \min}\right) \wedge \left(Z > Z_{уДЗ_3}\right);$$
$$R_{N_2} = \left(I < I_{уДЗ_3}\right) \vee \left[\left(I < I_{уДЗ_3}\right) \wedge \left(K_{г} < K_{гу}\right)\right];$$
$$C_I = 1,2 \cdot I_{уДЗ_3};$$
$$C_Z = 0,8 \cdot Z_{уДЗ_3}.$$

где R_{F_1} и R_{F_2} – правила определения аварийного режима;

R_{N_1} и R_{N_2} – правила определения нормального режима;

C_I и C_Z – программное «загрубление» уставок по току и сопротивлению соответственно.

Защита принимает решение на основании следующей логической формулы:

$$S = \begin{cases} 1, \text{если } R_{F_1} \vee R_{F_2} \wedge D^t \\ C_I, \text{если } K > K_{гу} \\ C_Z, \text{если } K > K_{гу} \\ 0, R_{N_1} \wedge R_{N_2} \end{cases}.$$

где S – решение принимаемое защитой;

D^t – выдержка времени, с.

При пропуске поездов повышенной массы возникает ситуация, когда защита при определенном стечении факторов начинает срабатывать там, где она не должна этого делать, т.е. работать не селективно. Данный вопрос исследован в работе [1].

Как видно из правил и логики работы защиты, она принимает решение о том, что произошло короткое замыкание или нет используя весьма ограниченный набор параметров, что в том числе и является одной из причин неселективной работы третьей ступени.

В данной работе исследуется концепция МРЗ применительно к задачам повышения технического совершенства резервной ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети, в то числе быстродействия, селективности и надежности.

Принцип построения МРЗ базируется на основе двухуровневого моделирования контролируемым объектов с применением имитационной и алгоритмической модели.

В работах [2, 3, 4] указывается что, имитационная модель воспроизводит процессы, происходящие в реальных защищаемых объектах, и задаётся в m – мерном объектном пространстве (где m – число варьируемых параметров имитационной модели), который определён как вектор объектных параметров $\boldsymbol{x}$, и производит преобразование $F(\mathbf{x}) = \mathbf{v}$, где $\mathbf{v}$ – вектор замеров (или просто замер), заданный в n- мерном уставочном пространстве A_v (n – число наблюдаемых вещественных компонентов входных величин).

Задача информационного анализа и принятия решения МРЗ в данном случае сводится к определению и заданию области срабатывания $S_v \subset A_v$.

Алгоритмическая модель (АОМ) необходима для создания совокупности информации о контролируемых параметрах в комбинации разнообразных режимов работы и преобразования замера $\mathbf{v}$ в двумерный вектор $\mathbf{z} = F_{ал}(\mathbf{v})$, через сжатие уставочного пространства.

Вектор $\mathbf{z} = \left[z_P, z_Q \right]$ образуется двумя скалярными величинами z_P и z_Q, представляющими их взаимосвязь с потреблением энергии в предполагаемом повреждении объекта и обменом энергией между повреждением и собственно защищаемым объектом.

Виртуальное реле (ВР) подключается на напряжения и токи повреждения, предполагаемого в определенном месте имитационной модели.

АОМ помогает в реализации этой идеи, формируя величины z_P и z_Q, являющимися входными сигналами ВР, характеристика срабатывания которого задаётся на плоскости с координатами z_P и z_Q.

Области срабатывания S_z на плоскости вектора $\mathbf{z}$ отвечает область срабатывания $S_v = F_{ал}^{-1}(S_z)$ в пространстве A_v, где $F_{ал}^{-1}$ – обратное преобразование замера $\mathbf{z}$ в множество замеров $\mathbf{v}$.

Однозначное соответствие между областями S_z и S_v указывает на то, что ВР опосредованно задает условия срабатывания МРЗ.

АОМ делятся на модели прямого, косвенного и промежуточного действия. В моделях прямого действия замеры выражаются через параметры объекта как эквивалентного генератора относительно места КЗ, где нагрузкой генератора служит резистивная модель повреждения. После исключения варьируемых параметров остаётся уравнение короткого

замыкания $z_Q(\mathbf{v}) = 0$, отражающее резистивную природу повреждения, и ограничение $z_P(\mathbf{v}) \geq 0$, отражающее его пассивный характер.

В моделях косвенного действия замеры $\mathbf{v}$ предварительно преобразуется в промежуточные величины, векторы напряжения $\mathbf{u}_f = F_u(\mathbf{v})$ и тока $\mathbf{i}_f = F_i(\mathbf{v})$ в месте предполагаемого замыкания, и лишь затем определяется вектор $\mathbf{z} = F(\mathbf{u}_f, \mathbf{i}_f)$. Заключительное преобразование F строится в соответствии с критерием резистивности повреждения, что позволяет не вводить в рассмотрение его модель.

В моделях промежуточного действия для формирования вектора $\mathbf{z}$ используется либо напряжение, либо ток. В теоретическом плане АОМ ассоциируется с формируемым ею уравнением короткого замыкания, а в практическом – с формированием замера $\mathbf{z}$ виртуального реле.

Информационная база МРЗ в общем случае складывается из результатов наблюдения двух режимов. В текущем режиме наблюдается процесс $\mathbf{v}_{\text{тк}}(t)$, $t \geq 0$. В предшествующем происходит процесс $\mathbf{v}_{\text{пд}}(t)$, $t < 0$. Смена режимов происходит в момент $t = 0$.

Практическую реализацию теория многомерной релейной защиты нашла в работах исследовательского центра «БРЕСЛЕР» в виде защиты дальнего резервирования линии «БРЕСЛЕР-0301». Основными модулями распознавания являются алгоритмическая модель линии и виртуальные (алгоритмические) реле сопротивления (АРС). Алгоритмическая модель объекта (АМО) представлена на рис. 1.

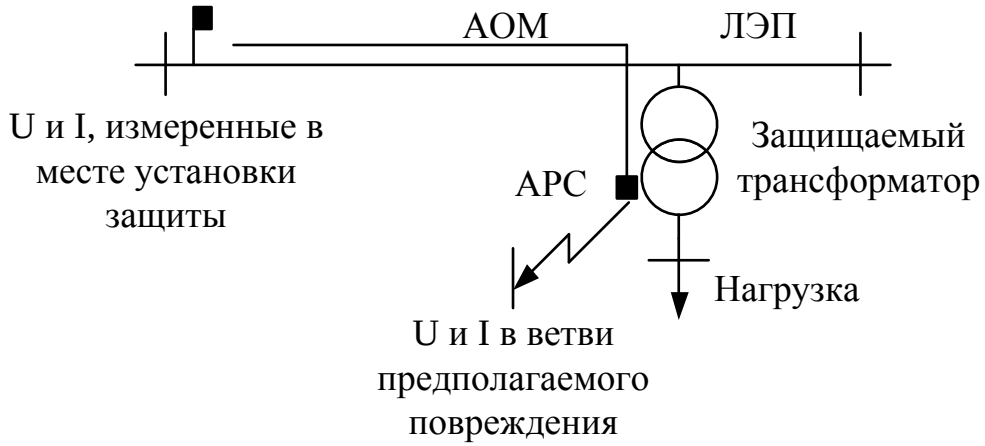


Рис. 1. Алгоритмическая модель и виртуальное реле

Концепция многомерной релейной защиты открывает широкие перспективы повышения технического совершенства направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети. Особенно перспективным

направлением представляется сочетание концепции МРЗ и методологии глубокого машинного обучения, что представляет дальнейшее направление исследований авторов статьи.

Библиографический список

1. Филиппов С.А., Трифонов Р.С. Повышение распознавательной способности резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации // Транспорт : наука, техника, управление. 2014. № 4. С. 14–20

2. Многомерная релейная защита. Ч. 1. Теоретические предпосылки // Электричество. № 10/2009. С. 17

3. Многомерная релейная защита. Ч. 2. Анализ распознающей способности реле // Электричество. № 11/2009. С. 9

4. Многомерная релейная защита. Ч. 3. Эквивалентирование моделей // Электричество. № 11/2009

Р.С. Трифонов, О.А. Соловьёва, А.С. Маниковский
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ЗАВИСИМОСТЬ ИСПОЛНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ОТ СХЕМЫ ПИТАНИЯ

В статье рассматривается вопрос повышения технического совершенства направленной дистанционной защиты фидеров контактной сети при различных схемах питания. Рассмотрены способы организации защиты при разных схемах питания в условиях пропуска тяжеловесных поездов.

Ключевые слова: релейная защита фидеров контактной сети, дистанционная защита, селективность, схема питания.

Любое устройство релейной защиты должно отвечать таким основным требованиям, как надежность, селективность, чувствительность, быстродействие и приоритетность[1]. Основной функцией релейной защиты является срабатывание защиты при коротких замыканиях на контролируемом объекте. Но при этом на нее воздействуют множество различных факторов, что приводит в свою очередь к возможности несрабатывания при коротких замыканиях в зоне защиты или к ложному срабатыванию за пределами зоны защиты.

Основной защитой фидеров контактной сети является трехступенчатая дистанционная защита. В зависимости от схемы питания системы тягового электроснабжения выбирается уставка дистанционной защиты. Классификация схем питания представлена на рис. 1.

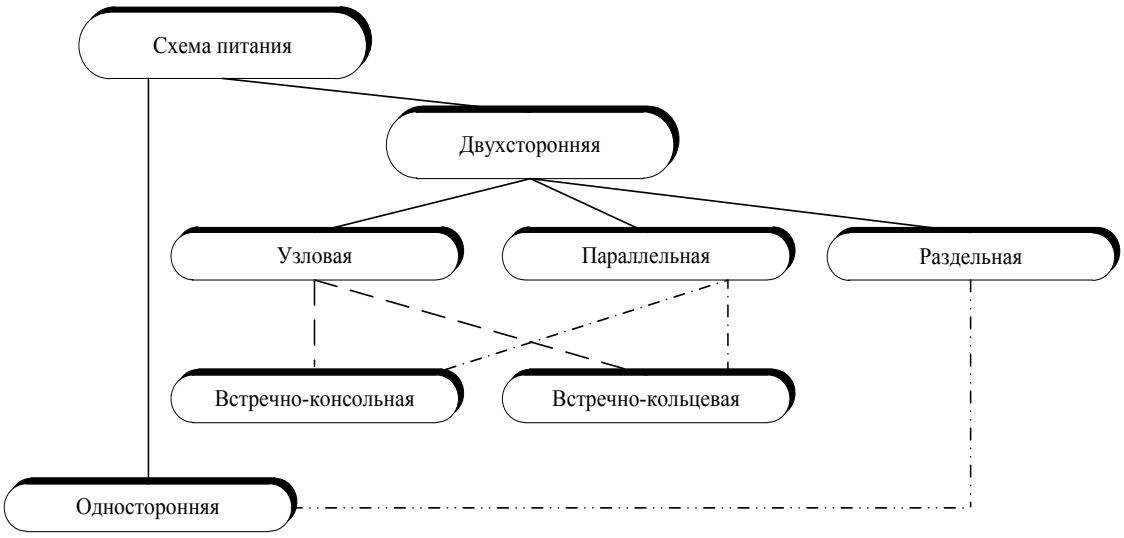


Рис. 1. Классификация схем питания

На рис. 2 представлен график селективности защит для раздельной схемы питания.

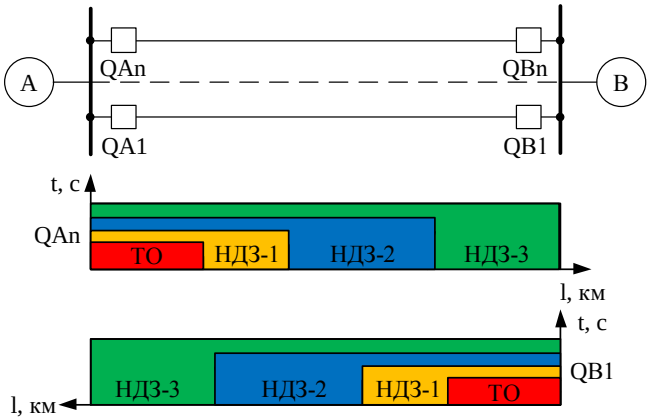


Рис. 3. График селективности защит для раздельной схемы питания

В соответствии с [2] первая ступень для раздельной схемы питания выполняется направленной и без выдержки времени, но с резервной токовой отсечкой, так как имеются «мертвые зоны» при КЗ вблизи места установки защиты.

Вторая ступень защиты является основной и выполняется направленной с выдержкой времени от 0,6 до 0,7с, фазовым углом от 0˚ до 100˚.

Третья ступень имеет выдержку времени в от 0,6 до 1,2 с и фазовым углом от 45˚ до 100˚, а также является резервной для первой и второй ступени.

На рис. 3 представлен график селективности защит для узловой схемы питания.

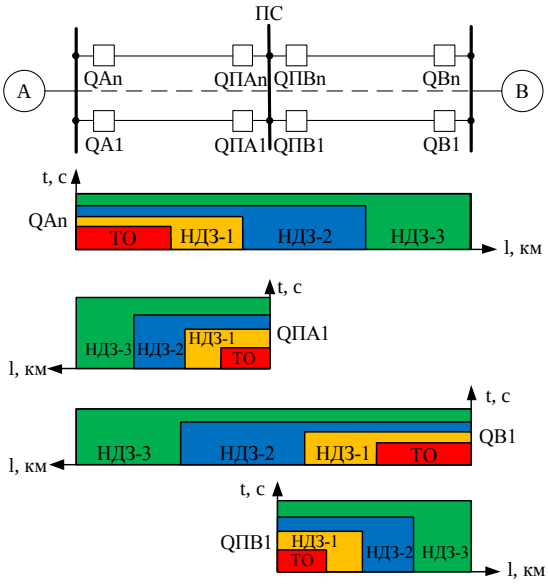


Рис. 3. График селективности защит для узловой схемы питания

На фидерах поста секционирования дистанционную защиту, как правило, выполняют трехступенчатой.

При этом первая ступень дистанционной защиты выполняется без выдержки времени и с резервной токовой отсечкой.

Вторая ступень дистанционной защиты выполняется направленной и имеет выдержку времени от 0,3 до 0,5 с с фазовым углом от 45˚ до 100˚.

Третья ступень защиты имеет выдержку времени на ступень больше, чем вторая. Угловые характеристики, а также выполнение направленной или ненаправленной третьей ступени зависит от проверки на чувствительность.

На рис. 4 представлен график селективности защит для параллельной схемы питания.

Для выключателя пункта параллельного соединения дистанционная защита выполняется одноступенчатой без выдержки времени и направленной. Она используется как резервная для дополнения потенциальной защиты.

На рис. 5 и 6 представлены графики селективности для консольной и встречно-консольной схем питания. Данные схемы питания использу-

ются редко, например, если питание осуществляется от разных энергосистем или питания межподстанционной зоны при выключении одной из подстанций.

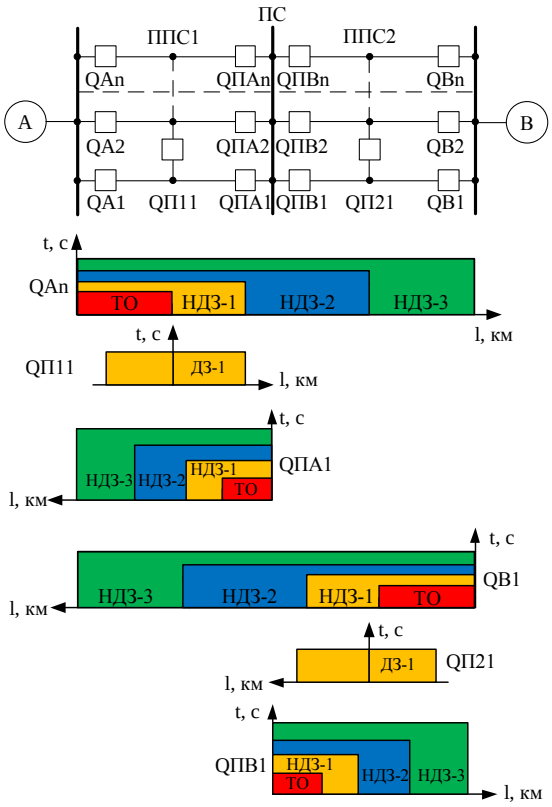


Рис. 4. График селективности защит для параллельной схемы питания

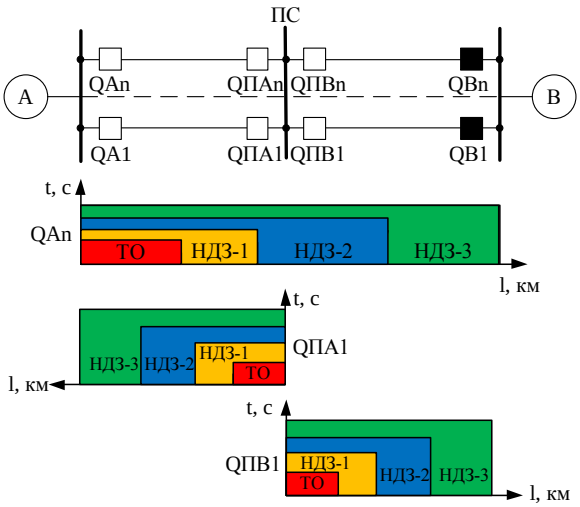


Рис. 5. График селективности защит для консольной схемы питания

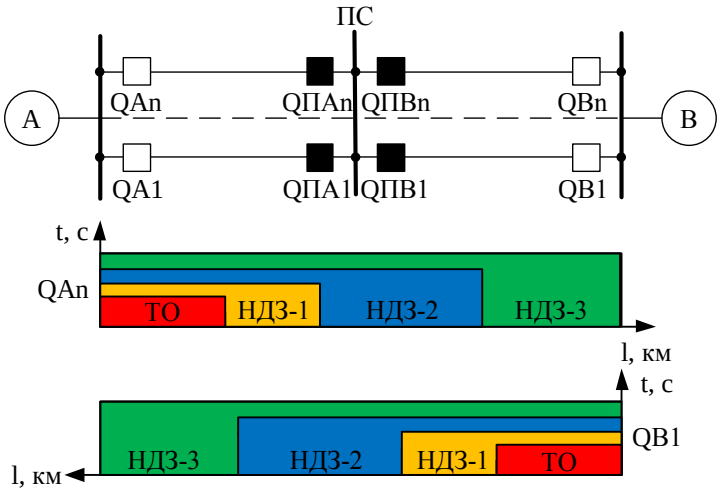


Рис. 6. График селективности защит для встречно-консольной схемы питания

Обобщая исследования, приведенные в работе [3,4] и анализ, выполненный в данной работе, можно сделать следующие выводы:

1. В системе тягового электроснабжения преимущественно используется параллельная схема питания.

2. Необходимо менять наполнение и уставки защиты при смене схем питания, так как при переходе, например от раздельной схемы питания к узловой, сопротивление защищаемой зоны меняется практически вдвое.

3. Защита фидеров контактной сети должна быть направленной и иметь минимум три ступени, где третья ступень является резервной. Основная функция третьей ступени дистанционной защиты фидеров контактной сети (ДЗ ФКС) состоит в определении режима, в котором находится защищаемый фидер. При изменении нормального режима на аварийный защита должна работать селективно. Независимо от схемы питания проблемы в работе ДЗ ФКС при пропуске тяжеловесных составов не решаются по причине перекрытия зон срабатывания нормального и аварийного режимов [3]. Для селективного определения режима работы ФКС предлагается кардинально изменить алгоритм работы резервной ступени [4].

Библиографический список

1. СТО РЖД 07.021.1-2015. Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Ч. 1. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах тягового электроснабжения

2. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «Российские железные дороги». М. : «Трансиздат», 2005. 216 с.

3. Филиппов С. А. Трифонов Р. С. Оценка обеспечения селективности резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации // Транспорт Урала. 2013. № 4 (39). С. 87–92

4. 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 РГУПС. 2015. № 2 (58). С. 132–140

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЛИЯНИЙ ТЯГОВЫХ СЕТЕЙ ПОВЫШЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ТРУБОПРОВОДЫ

В статье рассмотрены вопросы моделирования электромагнитных влияний перспективной тяговой сети повышенного напряжения на стальной трубопровод с диаметром 250 мм, проложенный на поверхности земли. Моделирование, выполненное в программном комплексе Fazonord, показало, что при расстоянии от трассы железной дороги до трубопровода в 100 метров максимальное наведенное напряжение достигает 100 В, что более чем в полтора раза превышает допустимое значение. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании перспективных систем тягового электроснабжения на участках их сближения с магистральными трубопроводами.

Ключевые слова: тяговые сети 94 кВ, электромагнитное влияние на трубопровод, моделирование.

Введение. В России создана масштабная сеть трубопроводов для транспортировки газа, нефти и продуктов ее переработки. Отдельные их участки могут проходить вдоль трасс железных дорог переменного тока [1, 2]. При высоком качестве изоляционных покрытий труб и прокладке их вблизи электромагнитно неуравновешенной тяговой сети (ТС) [1–3] возможно возникновение напряжений относительно земли, опасных для

обслуживающего персонала [4, 5]. В этом случае необходима разработка мероприятий по повышению электробезопасности. В условиях цифровизации электроэнергетики решение этой задачи должно базироваться на компьютерных технологиях, позволяющих определять наведенные напряжения, возникающие на деталях трубопроводов из-за электромагнитного влияния ТС.

Такие технологии могут быть реализованы на основе методов и средств моделирования режимов электроэнергетических систем в фазных координатах, предложенных в ИрГУПСе [6]. Вопросы определения наведенных напряжений на трубопроводе наземной прокладки с участками, проходящими вблизи железных дорог с тяговой сетью 25 и 2х25 кВ, рассмотрены в работах [7, 8]. Ниже представлены результаты моделирования электромагнитных влияний перспективной тяговой сети 94 кВ [19, 10] на трубопровод наземной прокладки.

Методика моделирования. Определение электромагнитных влияний тяговых сетей на трубопроводы можно выполнить на основе программного комплекса Fazonord [6]. Расчеты наведенных напряжений могут базироваться на принципах, предложенных в работах [5–8].

Один из главных принципов состоит в корректном учете возврата токов через землю на основе вычисления сопротивлений взаимоиндуктивной связи, а также собственных сопротивлений контуров «провод – земля» с помощью соотношений, предложенных в работе [11]; при этом обеспечивается точное определение интеграла Карсона для ближней, промежуточной и дальней зон.

Результаты моделирования. В программном комплексе Fazonord проведено моделирование режимов работы перспективной системы тягового электроснабжения (СТЭ) повышенного напряжения с симметрирующими трансформаторами (рис. 1).

Такая СТЭ предусматривает сооружение опорных тяговых подстанций, оснащенных симметрирующими трансформаторами; при этом расстояние между опорными подстанциями может достигать 300…350 км. Электроснабжение тяговой сети осуществляется от однофазных трансформаторов с напряжениями обмоток 93,9/27,5, расположенных на расстояниях 30…45 км друг от друга.

Фрагмент схемы расчетной модели представлен на рис. 2, а графики движения поездов на рис. 3. Токовые профили показаны на рис. 4.

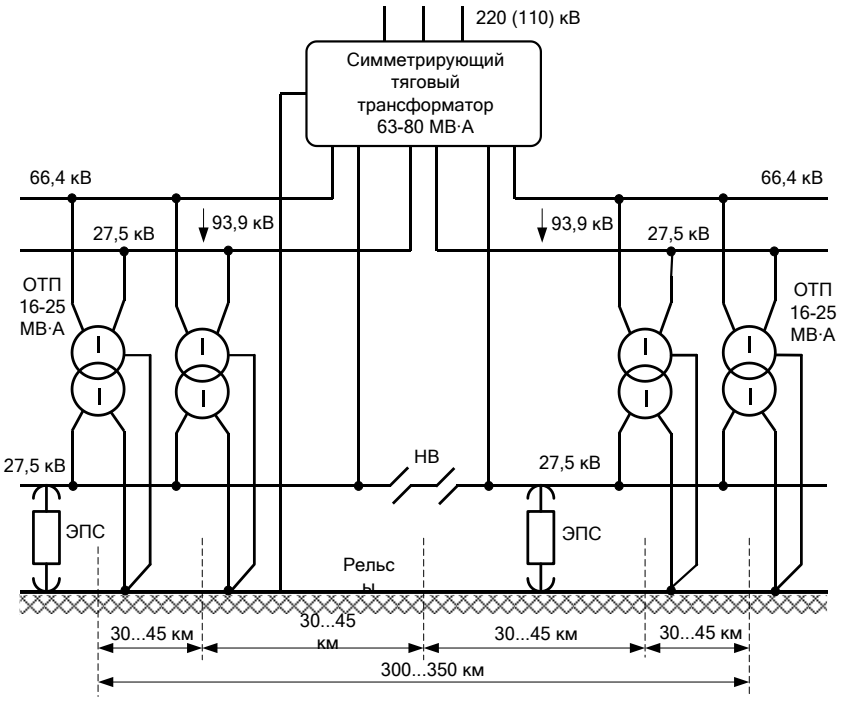


Рис. 1. Схема СТЭ повышенного напряжения с симметрирующими трансформаторами: ОТП – однофазная тяговая подстанция; НВ – нейтральная вставка

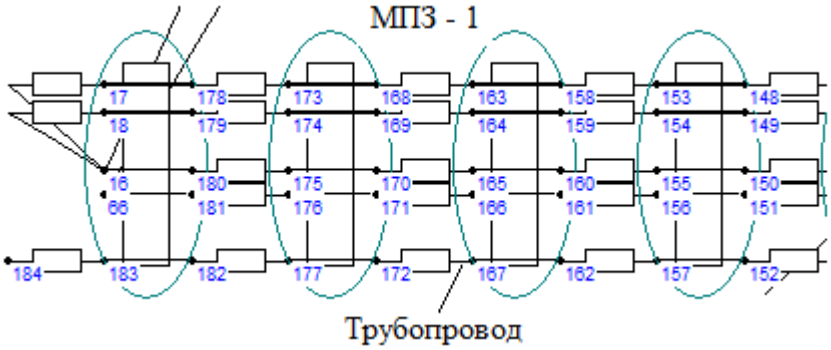


Рис. 2. Фрагмент схемы расчетной модели

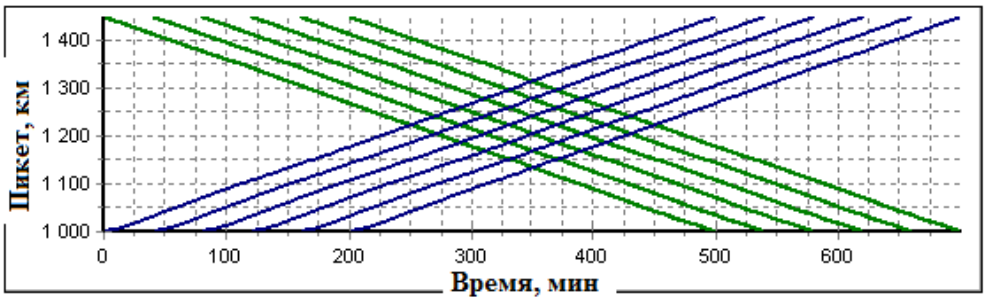
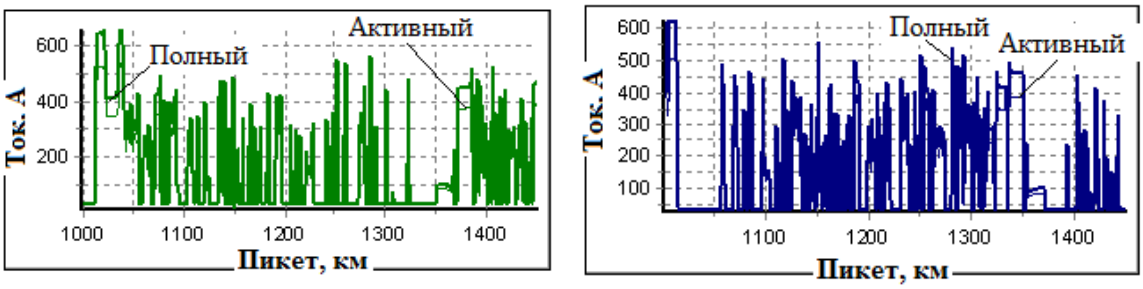


Рис. 3. График движения поездов



а) б)

Рис. 4. Токовые профили поездов массой 5968 т:
а – четное направление; б – нечетное направление

Наведенные напряжения определялись с учетом влияния высших гармоник тока и напряжения тяговой сети. Результаты моделирования представлены на рис. 5–9 и в табл. 1.

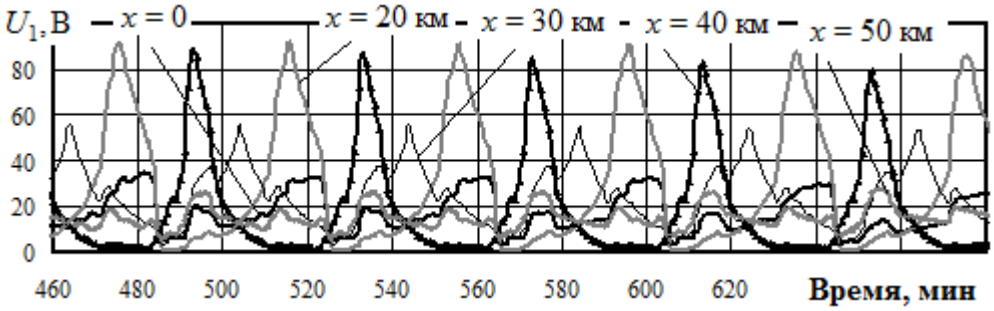


Рис. 5. Зависимости наведенного напряжения U_1 основной частоты от времени при ширине сближения a = 100 м:
x – расстояние от точки наблюдения до левой ТП

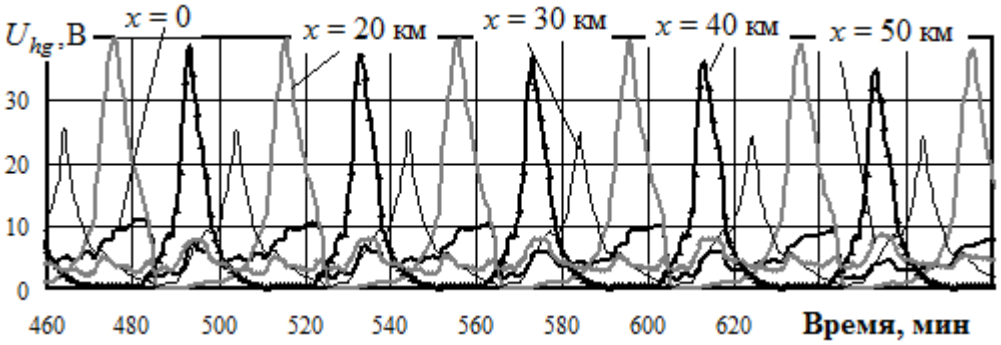


Рис. 6. Зависимости эффективного значения U_{hg} напряжений высших гармоник от времени при ширине сближения a = 100 м

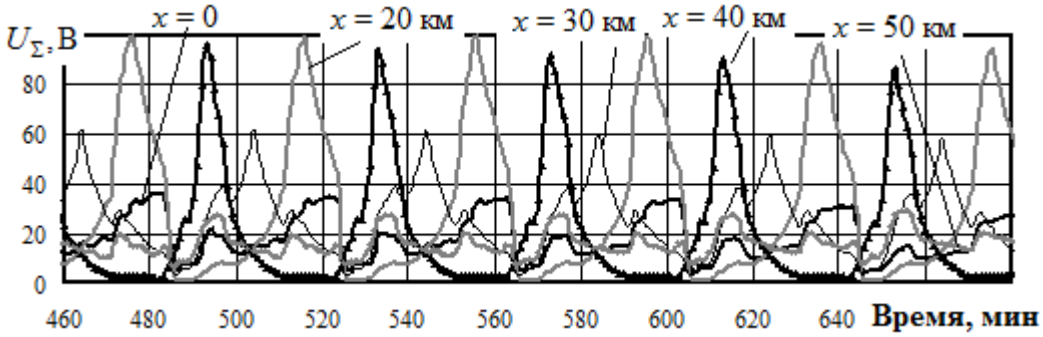


Рис. 7. Зависимости результирующего наведенного напряжения $U_\Sigma = U_1\sqrt{1+k_U^2}$ от времени при ширине сближения а = 100 м:
kU – суммарный коэффициент гармоник

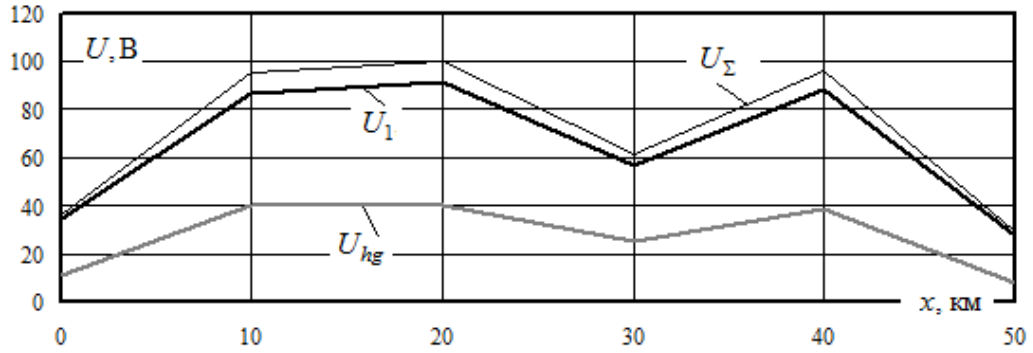


Рис. 8. Максимальные значения наведенных напряжений

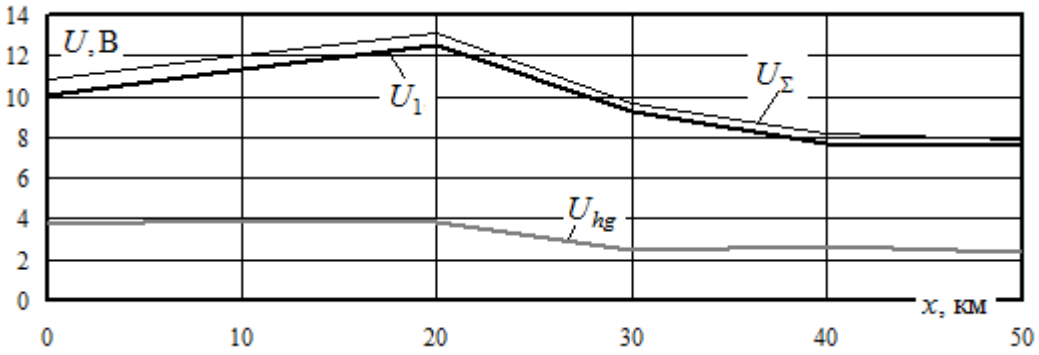


Рис. 9. Максимальные значения наведенных напряжений

Таблица 1

Сводные результаты

Показатель	Параметр	*x*, км					
		0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
Максимум	U_1, В	34,50	86,40	91,60	56,50	88,10	27,60
	U_{hg}, В	11,05	40,03	39,83	25,49	38,26	8,51
	$U_{□}$, В	36,23	95,22	100	61,98	96,05	28,84
Ср. значение	U_1, В	10,07	11,31	12,45	9,26	7,69	7,55
	U_{hg}, В	3,72	3,97	3,78	2,49	2,67	2,38
	$U_{□}$, В	10,77	12,02	13,06	9,64	8,17	7,95

Заключение. Результаты моделирования дают возможность сформулировать следующие выводы:

1. Для рассмотренной тяговой сети при ширине сближения в 100 метров максимальное наведенное напряжение достигает 100 В, что более чем в полтора раза превышает допустимое значение [12]. Для его снижения необходимо предусматривать дополнительные стационарные заземлители или увеличивать расстояние между трубопроводом и железной дорогой. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании перспективных систем тягового электроснабжения.

2. В процессе эксплуатации сооружения величина переходного сопротивления трубопровод-земля может уменьшаться, что приведет к снижению наведенных напряжений.

Библиографический список

1. Ратнер М.П. Индуктивное влияние электрифицированных железных дорог на электрические сети и трубопроводы. М. : Транспорт, 1966. 164 с.

2. Котельников А.В., Косарев А.Б. Электромагнитное влияние тяговых сетей переменного тока на металлические конструкции // Электричество. 1992, № 9. С. 26–34

3. Коннова Е.И., Косарев А.Б. Расчет электромагнитного влияния сетей переменного тока на металлические коммуникации // Вестник ВНИИЖТ. 1990, № 2. С. 17–19.

4. Яблучанский А.И. Методика оценки опасного влияния переменного тока высоковольтных ЛЭП на проектируемый газопровод // Материалы отраслевого совещания по проблемам защиты от коррозии. М. : ИРЦ Газпром, 2008. С. 110–123

5. Закарюкин В.П., Крюков А. В., Иванова А.П. Компьютерное моделирование электромагнитного влияния тяговых сетей на трубопроводы // Вестник ИрГТУ. Т. 21. № 5. 2017. С. 104–114

6. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Сложнонесимметричные режимы электрических систем. Иркутск : Иркут. ун-т. 2005. 273 с.

7. Черепанов А.В., Крюков А.Е. Электромагнитное влияние тяговых сетей магистральных железных дорог на трубопроводы // Энергетика в современном мире. Чита : ЗабГУ, 2017. С. 7–12

8. Черепанов А.В., Крюков А.Е. Учет гармонических искажений при определении электромагнитного влияния тяговых сетей на трубопроводы // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : в 2 т. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2018. С. 682–687

9. Василянский А.М., Мамошин Р.Р., Якимов Г.Б. Совершенствование системы тягового электроснабжения железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц // Железные дороги мира. 2002, № 8. С. 40–46

10. Бородулин Б.М. Симметрирование токов и напряжений на действующих тяговых подстанциях переменного тока // Вестник ВНИИЖТ. 2003, № 2. С. 14–17

11. Carson J.R. Wave propagation in overhead wires with ground return // Bell Syst. Tech. J. 1926. 5. P. 539–554

12. Technische Richtlinien-71 (TRL-71). EMR-Technic Kathodischer Korrosionsschutz fur Erdgasfernleitungen. P. 80

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

БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КТЖТ КрИЖТ ИрГУПС

В статье раскрывается история создания и внедрения беспроводных систем мониторинга подвижного состава; объясняется основные принципы их работы и функции, выполняемые ими; доказывается целесообразность внедрения новых систем мониторинга на железнодорожных путях; актуализируется проблема модернизации систем обнаружения; предлагается введение новых технологий для повышения безопасности движения железнодорожного транспорта; производится сравнительный анализ всех представленных систем мониторинга с перечислением их конструктивными достоинствами и недостатками.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, системы мониторинга, подвижной состав, система ПОНАБ, автоматизированная система контроля подвижного состава, безопасность движения.

Непрерывный рост перевозок грузов на железных дорогах и повышение скорости движения подвижного состава, требует увеличения пропускной способности железной дороги и повышения безопасности её движения. Для выполнения решения задач, связанных с отслеживанием состояния ходовых частей вагонов, а также раннее обнаружение их неисправностей, используются приборы мониторинга, следящие за состоянием подвижного состава. Системы мониторинга – это комплекс, состоящий из нескольких устройств, состоящих из специализированных датчиков и видеокамерами.

На сегодняшний день большая часть систем мониторинга за техническим состоянием подвижного состава устарела, и подобная обстановка на сети железнодорожного транспорта может угрожать безопасности движения поездов. И потому цель моей статьи заключается в сравнительном анализе систем мониторинга подвижного состава в разные годы его развития.

Самой первой системой мониторинга, за состоянием технического подвижного состава, является ПОНАБ – прибор обнаружения нагретых аварийных букс или пункт обнаружения нагрева аварийных букс [1]. Первые приборы ПОНАБ были установлены в 1969 г. Это устройство содержит чувствительный прибор, который реагирует на инфракрасное излучение, испускаемая буксой в ходе нагрева, и преобразует эту тепловую энергию в соответствующий по значению электрический сигнал. Настроенный на допустимую интенсивность инфракрасного излучения, прибор обнаруживает превышение этой интенсивности и вырабатывает электрический сигнал, определяющий перегретую буксу.

В ходе дальнейшего его развития система ПОНАБ стала комплектоваться еще одним приспособлением, в виде краска отметчика перегретых букс. Это устройство, при выявлении перегретого буксового узла под силой сжатого воздуха, выпускает струю окрашивающей жидкости, делая метку на колесе с перегретой буксой. По этой цветовой отметке осмотрщики вагонов стали гораздо быстрей определять перегретую буксу и устранять причину этой неисправности. Если система определила опасный нагрев буксового узла, то машинисту по радиосвязи сообщается об этом, и он должен соблюдать специальный скоростной режим.

Следующим этапом развития стал ДИСК – диагностическая информационная система контроля. Комплекс систем диагностики подвижного

состава ДИСК-БКВ-Ц состоит из нескольких функциональных подсистем, имеющих следующие назначение:

- ДИСК-Ц – спор полученных данных.
- ДИСК-Б – определение нагретых буксовых узлов;
- ДИСК-В – обнаружение волочащихся частей;
- ДИСК-К – нахождение неровностей поверхностей колес.

Из-за того что ДИСК-Б является функционально законченной и может эксплуатироваться самостоятельно, его можно назвать базовой подсистемой, поэтому аппаратура ДИСК-Б является самой распространённой на сети железных дорог.

Подсистемы ДИСК-К и ДИСК-В могут функционировать только совместно с ДИСК-Б, используя ее приемо-передающую и управляющую аппаратуру. Информация с выходов подсистем ДИСК-К и ДИСК-В передается на линейные пункты контроля, принимается и обрабатывается аппаратурой ДИСК-Б. При этом ДИСК-Б устанавливается вместо ПОНАБ-3.

На замену ПОНАБ-3 и ДИСК-Б в 1999г. пришёл КТСМ – комплекс технических средств многофункциональный. Его достоинством является смена блоков электронного типа на технические средства КТСМ. Устройства КТСМ на железной дороге выявляют перегретые буксовые узлы. Вместе с тем КТСМ может выполнять дополнительные функции, такие как:

- помощь в обнаружении заклиненных колес;
- определение числа вагонов и осей в них;
- возможность дополнительного подключения до 12 подсистем.

При дальнейшем улучшении КТСМ был создан КТСМ-02. Комплекс КТСМ-02 состоит из перегонного (постовых и напольных устройств) концентратора информации КИ-6М, размещённого на станции [2]. У КТСМ-02 повышена чувствительность, повышена помехоустойчивость, из-за уменьшения расстояния приемника термического излучение до буксового узла и увеличено число возможных подсистем с 12 до 15 .

При сравнении систем ПАНАБ, ДИСК-Б выявлены следующие недостатки:

- в случае обнаружения нескольких аварийно нагретых букс в вагоне, система обнаруживает только одну аварийную буксу;
- ложное срабатывание после прохождении состава при доставки горячих грузов или при утечке горячей воды из котла отопления пассажирских вагонов;
- система в автономном режиме может запоминать информацию только о 9-ти неисправных вагонах из 99;

- передача данных по проводным линиям связи, которые подверженные помехам;

- низкая помехоустойчивость из-за дистанционного контроля температуры буксового узла, что приводило к увеличению влияния погодных условий на измерения;

- калибровка прибора осуществляется только после прохождения состава.

У ДИСК-Б тоже были свои недостатки, а именно:

- система в автономном режиме может запоминать информацию только о 16-ти неисправных вагонах из 99;

- возможность определение вагона с количеством осей не превышающим 14;

- использование для передачи информации кабельной линии связи.

В будущем планируется внедрить более совершенную систему КТСМ-03, которая сможет прийти на замену физически и морально устаревших СКНБ-01Д, и КТСМ-02, с целью повышения эксплуатационных характеристик пунктов контроля. Нововведением в КТСМ-03 считается то, что вся информация будет передаваться через волоконно-оптическую линию связи. Это уменьшит время передачи пользователям автоматизированной системы контроля подвижного состава (АСК ПС) и повысит пропускную способность системы. Будет обеспеченно обновление программного обеспечение для увеличения точности определения неисправностей, и уменьшения ложных срабатываний.

Таким образом, на протяжении всей истории развития железнодорожного транспорта роль систем мониторинга только росла, вместе со своим функционалом. Итогом такого развития в будущем станет, минимальное человеческое участие в обнаружении неисправности подвижного состава, в результате чего уменьшиться роль человеческого фактора и время на его обслуживания.

Библиографический список

1. Казаков А.А. Автоматика регулирует движение поездов / А.А. Казаков. М. : ОАО, 2013. С. 26–28

2. Двоеглазов А.В. Наглядно о структуре КТСМ-02 / А.В. Двоеглазов // Автоматика, телемеханика и связь. 2010, № 11. С. 31–34

Д.Ю. Янкин
Забайкальская дирекция по энергообеспечению СП «Трансэнерго», г. Чита, Россия

И.Ф. Суворов
Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

Н.А. Давыдова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В статье рассматривается проблема неселективного срабатывания релейной защиты при увеличении массы поездов. При движении тяжеловесных поездов в гору, ток по показаниям тяговых подстанций возрастает, из-за чего происходит ложное срабатывание защиты. Необходимо разработать методы, чтобы защита не путала нормальный режим от аварийного, который вынуждает поезд остановиться во время движения. Нечёткая логика является одним из методов решения проблемы, рассматриваемой в данной статье. Благодаря своей универсальности многие учёные рассматривают в своих работах её в качестве метода решения представленной проблемы.

Ключевые слова: релейная защита, нечеткая логика, селективность, электрический объект, короткое замыкание.

Интенсивное развитие торговых отношений с Китаем, привило к тому, что на Забайкальской железной дороге на протяжении нескольких последних лет организованно движение поездов повышенной массы.

Исследование, целью которого было выяснить, как влияет масса поезда на работу дистанционной защиты, показало, что при увеличении массы поезда в ряде случаем наблюдается ситуация, при которой токи рабочего режима приобретают значения сопоставимые со значением при коротком замыкании, что подтверждается анализом данных на рис. 1.

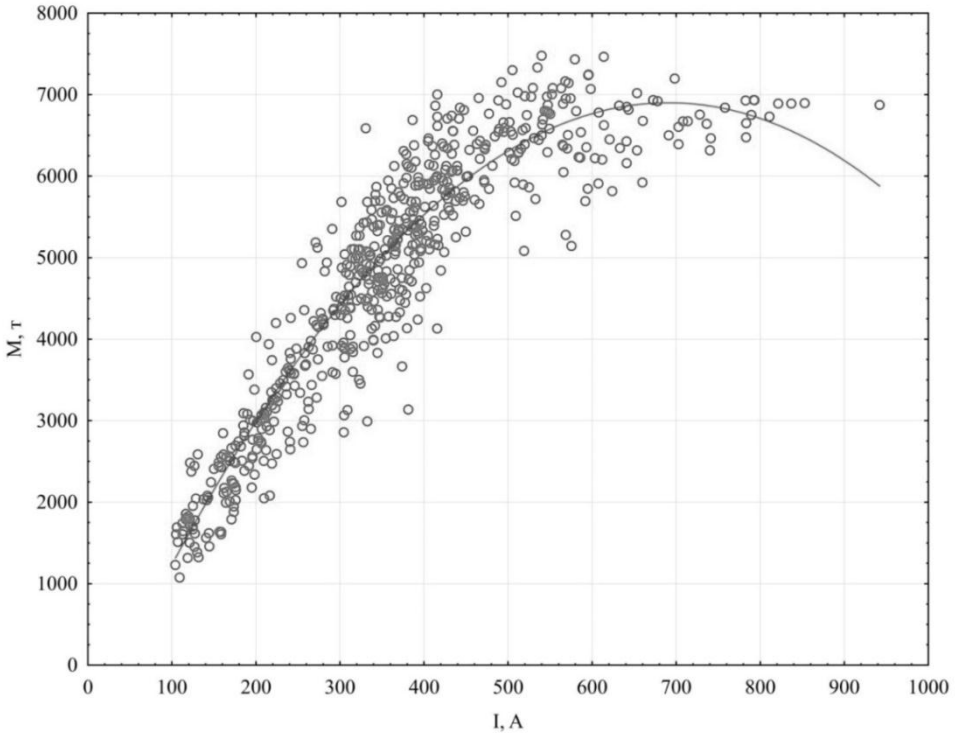


Рис. 1. Диаграмма рассеяния массы и тока поезда

Анализ диаграммы рассеяния показывает, что при возрастании массы поездов (M) в интервале M=(1000;7000] т происходит постепенное увеличение тока нагрузки в интервале $I_н(t)$=(100;500] А, при практически постоянной плотности распределения наблюдаемых значений. При нахождении массы поездов в диапазоне M=[6000;7000] т, и значении тока нагрузки $I_н(t) > 500$ А, наблюдается значительный разброс наблюдаемых значений, который постепенно концентрируется на интервале $I_н(t)$=[680;950] А. Непрерывное увеличение массы поездов приводит к возрастанию рабочих токов до максимально допустимых значений т.е. $I_н(t) \rightarrow I_{н\,max\,доп}(t)$, что сказывается на работе резервной ступени дистанционной защиты т.к. однозначно идентифицировать удаленное КЗ при таких значениях рабочего тока и существующем алгоритме построения защиты не представляется возможным.

Для разрешения сложившейся ситуации и повышения технического совершенства дистанционной защиты фидеров контактной сети, в данной работе исследуется возможность применения аппарата нечеткой логики для, повышения селективности, надежности и быстродействия защиты.

Нечёткая логика – это раздел многозначной логики, базируемый на обобщении классической логики и теории нечётких множеств. В современном мире нечёткая логика нашла своё применение в вычислитель-

ных и информационных системах различного назначения, так как она используется в тех случаях, когда на поставленные вопросы нет однозначного ответа и неизвестны возможные ситуации, которые могут произойти в будущем, что подходит для описания процесса принятия решения об отключении, терминалом защиты.

Современные микропроцессорные терминалы защиты руководствуются следующей логикой при принятии решения:

$$R_{F_1} = \left(\varphi_{уДЗ_3 \min} \le \varphi \le \varphi_{уДЗ_3 \max}\right) \wedge \left(Z \le Z_{уДЗ_3}\right);$$

$$R_{F_2} = \left(I \ge I_{уДЗ_3}\right) \vee \left[\left(I \ge I_{уДЗ_3}\right) \wedge \left(K_г > K_{гу}\right)\right];$$

$$R_{N_1} = \left(\varphi < \varphi_{уДЗ_3 \min}\right) \wedge \left(Z > Z_{уДЗ_3}\right);$$

$$R_{N_2} = \left(I < I_{уДЗ_3}\right) \vee \left[\left(I < I_{уДЗ_3}\right) \wedge \left(K_г < K_{гу}\right)\right];$$

$$C_I = 1,2 \cdot I_{уДЗ_3};$$

$$C_Z = 0,8 \cdot Z_{уДЗ_3}.$$

где R_{F_1} и R_{F_2} – правила определения аварийного режима;

R_{N_1} и R_{N_2} – правила определения нормального режима;

C_I и C_Z – программное «загрубление» уставок по току и сопротивлению соответственно.

Логическая формула принятия решения имеет следующий вид:

$$S = \begin{cases} 1, \text{если } R_{F_1} \vee R_{F_2} \wedge D^t \\ C_I, \text{если } K > K_{гу} \\ C_Z, \text{если } K > K_{гу} \\ 0, R_{N_1} \wedge R_{N_2} \end{cases}.$$

где S – решение, принимаемое защитой;

D^t – выдержка времени, с.

Анализ логики принятия решения показывает, что контролируемы параметров должны однозначно выполняться т.е. возможно решение только 0 или 1 и не каких промежуточных значений – рис. 2.

Данный подход оправдан с точки зрения исторического развития как защиты, так и организации движения, но не отвечает современным условиям.

Использование аппарата нечеткой логики целесообразно при сложности аналитической модели процесса, недостаточности информации о

структуре системы или ее нелинейном характере, что в явном виде прослеживается в системе тягового электроснабжения.

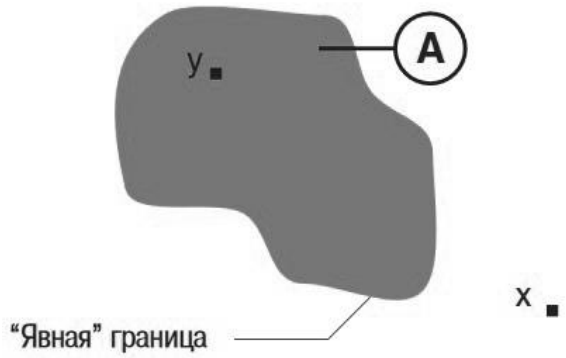


Рис. 2. Обычное множество

Рис. 3. Нечеткое множество

Как видно из анализа представленных рисунков при пропуске тяжеловесных поездов происходит размытие границ между режимами, что подтверждается рис. 1.

При построении алгоритмов защиты на базе нечеткой логики обязательны три основных этапа рис. 4:

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.

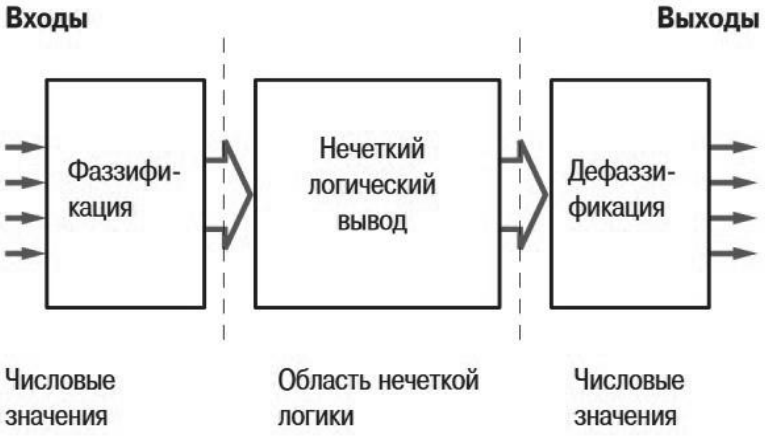


Рис. 4. Процесс обработки нечеткой логики

Использование аппарата нечеткой логики базирующегося на определении функций принадлежности представляется перспективным для дальнейших исследований в области повышения технического совершенства дистанционной защиты фидеров контактной сети и позволит однозначно повысить селективность, надежности и быстродействие защиты.

Многие научные деятели обращались к исследованиям, используя метод нечеткой логики. Исходя из своих опытов и знаний они делали новые выводы для решения поставленной задачи. Обратимся к научной публикации «Проблемы применения продольной дифференциальной токовой защиты линии для защиты кабельной линии и трансформатора и пути их решения» Джордж Карденас и Махеш Кунар. Главный вопрос, которые ставят авторы в своей статье – это особенности реализации единой системы защиты трансформатора и подключённой к нему кабельной линии, а также требования, предъявляемые к такой системе защиты. Выдвигая свои гипотезы и проводя многочисленные опыты на базе внутренней логики управления, они приходят к общему решению, позволяющему исключить ложное срабатывание защиты при включении трансформатора под напряжение. Метод, разработанный Джорджем Карденас и Махеш Кунар, сможет быть применен и на других объектах без каких-либо цифровых технологий, чем предоставит много возможностей его применения с сохранением того же уровня технического совершенства системы защиты.

В научной статье «Релейная защита двойной селективности. Логические защиты электрических объектов» И.Ф. Мируда предложен способ защиты электрических объектов от короткого замыкания, в котором релейная защита без выдержки времени отключает участок цепи с КЗ. Автор предлагает на трансформаторах применять защиту двойной се-

лективности, в которой выступают зона абсолютной селективности, расположенной между трансформаторами тока на входе и выходе объекта, в которой она работает без выдержки времени, и зона относительной селективности при работе с выдержкой времени в качестве резервной к защитам элементов смежной сети. Предложенная логическая защита даст возможность повысить быстродействие, надежность резервных защит трансформаторов и автотрансформаторов.

Если обратиться к двум зарубежным публикациям «Проектирование нечеткого логического реле для дистанционной защиты» Адедайо Кайоде Бабаринде и «Нечеткое логическое дистанционное реле» Маамун Фадхель Аль-Кабабджи, Мухаммед Нашван Аль-Калеажи, то они перекликаются между собой. В них говорится об использовании нечёткой логики для повышения производительности дистанционного реле. Авторы уверены, что усовершенствованная нечёткая логика способна обнаружить неисправность в другой системе. Производимые опыты в докладах раскрывают хорошие показатели быстроты и точности работы. Проанализировав их исследования, следует отметить, что разработанное дистанционное реле возможно реализовать в системе питания, а также оно способно работать с разными системами напряжения в кВ без нанесения каких-либо изменений в реле.

Изначально нечеткая логика была просто теорией, а сейчас ее используют в качестве полноценной методикой управления. Уникальность нечеткой логики заключается в том, что ее можно использовать совместно с традиционными методиками управления, и при этом она отлично дополняет их. Благодаря ей многие методики расширили и упростили свои возможности. И теперь предлагается простой метод для решения сложных процессов.

Библиографический список

1. Шеври Ф., Гели Ф. Нечеткая логика. 2009

2. Карпенко А.С. Логика нечеткая // Центр гуманитарных технологий. 2002–2019

3. Мясоедов А. Что такое релейная защита и для чего она нужна? 2016

4. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных систем. 2012

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА

М.Б. Горпинченко, А.В. Дороничев
Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА СОХРАННОСТЬ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗА

В статье рассматривается актуальный вопрос перевозок грузов с его сохранность в пути следования не только в количественном отношении, но и в качественном. В качестве способов защиты груза в статье предлагаются отойти от традиционных способов защиты груза с помощью механических запорно-пломбировочные устройства, а перейти к современным цифровым устройствам, подключенные к спутниковым системам навигации.

Ключевые слова: сохранные перевозки, ГЛОНАСС/GPS, электронные пломбы.

Задача любого грузоперевозчика – доставить груз вовремя и в сохранности. Именно поэтому использование различных инновационных решений, таких как электронные пломбы, GPS-маяки, закладки, RFID метки, востребованы буквально везде. Транспортные компании, государственные и муниципальные предприятия, занятые перевозкой грузов и просто частные перевозчики: всем необходима точная информация о местоположении и состоянии груза. Хищение грузов – это криминальный “бизнес” с годовым оборотом в несколько миллиардов рублей. Проблема хищения личного имущества была всегда актуальна для человечества. И чем лучше, исходя из своего печального опыта, люди учились это имущество защищать, тем более изощренные способы изобретали для его хищения. Хищение грузов - это международная проблема, затрагивающая как бизнес, так и потребителя. Например, в США ежегодно пропадает грузов на общую сумму в $30 млрд. Большая часть краж совершается преступными синдикатами, что приносит ворам баснословные доходы, и отказываться от них они не собираются. Российская статистика краж грузов не имеет точных данных. Причина в том, что подобные хищения не выносят в отдельную категорию, а рассматривают

как преступления, связанные с транспортом, в связи с этим сложно привести точные цифры. Однако разные источники утверждают, что количество краж в нашей стране ежегодно растет. Так или иначе, даже при наличии официальной статистики, вряд ли получится составить реальное представление о ситуации, так как зачастую потерпевшая сторона не желает предоставлять официальные данные для публикации в средствах массовой информации. О размере убытков, впрочем, может свидетельствовать судебная статистика. Согласно информации арбитражных судов различной юрисдикции, средняя стоимость похищенного груза в России составляет около 3 млн. рублей, но бывают случаи, когда убытки превышают отметку более 30 млн. рублей.

У многих транспортных компаний возникает вполне объяснимый вопрос: если произошла кража груза при транспортировке, кто ее будет возмещать? Ответ зависит от целого ряда факторов. В большинстве случаев, согласно судебной практике, придется отвечать перевозчику. Но он может быть освобожден от санкций, если ему удастся доказать, что кража в пути произошла по независящим от него обстоятельствам. Если будет установлено лицо, прямо причастное к краже, то ущерб можно взыскать с этого физического лица. Однако далеко не каждая кража в пути раскрывается правоохранителями. По данным экспертов, порядка 60% похитителей уходят от ответственности. Материалы судебной практики свидетельствуют, что наличие уголовного дела по факту исчезновения груза не является железным аргументом для того, чтобы освободить перевозчика от ответственности. Поиск виновников в исчезновении груза, как правило, осуществляется с применением систем видеомониторинга.

Несмотря на всю изобретательность воров, современные технологии тоже не стоят на месте, постоянно совершенствуются и способы защиты грузов. Если раньше это были классические замки с секретными технологиями запирания, то сегодня им на смену пришли цифровые технологии. Предлагается в статье заменить аналоговые механические запорно-пломбировочные устройства на современные цифровые устройства. Первым из таких устройств, в статье предлагается использовать запорно-пломбировочные устройства, подключенные к спутниковой системе навигации ГЛОНАСС/GPS совместно с системой видеонаблюдения [1].

В качестве примера приведем случай из практики компании «МониторингАвто» (оператора спутниковых систем контроля). Перевозчик отправлял водителя в рейс, загружали в машину паллеты с грузом. Груз в место назначения прибывал, а паллеты в пути пропадали. На поиск пропажи призвали систему мониторинга с расширенным функционалом. Анализ отчетов показал, что водитель во время рейса останавливался на

дороге, которая пролегала по его маршруту, и продавал паллеты, затем ехал дальше. Обнаружилось хищение с помощью датчиков открытия/закрытия дверей, поскольку обычный GPS-трекер показывал только место расположения машины (отслеживал скорость, маршрут и место расположения автомобиля в режиме реального времени с фиксацией данных на удаленный сервер), а отклонений от маршрута не было. Из практики, данные мониторинговых отчетов можно использовать и на таможне. Если у инспектора возникает вопрос к содержимому груза, с помощью упомянутых датчиков можно доказать, что водитель не мог воздействовать на груз или погрузить в кузов контрабандный или запрещенный груз.

Другим решением защиты груза от несанкционированного доступа к нему в статье предлагается внедрить электронные пломбы, которые помогут решить проблемы с таможенными органами или заказчиком. Электронная навигационная пломба – это фактически бортовой компьютер с огромным количеством функций, несущий всю необходимую для осуществления перевозки информацию. Электронная пломба способна обеспечить: сигнал при открывании и закрывании дверей кабины, контроль перемещения скоропортящихся и иных грузов, эффективный контроль перемещения особо ценных грузов и обеспечение безопасности объектов в приграничной и таможенных зонах. Она позволяет не только фиксировать факт вскрытия груза и его местоположение, но и контролировать эти параметры в режиме реального времени (имеются GPS/ГЛОНАСС модули и слоты для установки SIM-карт для мобильной/спутниковой связи). Некоторые модели электронных пломб способны реагировать на удар и освещенность, а самые продвинутые имеют ГЛОНАСС/GPS-трекер. Если вскрытие произошло вне разрешенных участков, происходит оповещение службы безопасности. Груз, защищенный подобными системами, можно на таможне проверять по базам данных и, не вскрывая, пропускать дальше. Это ускоряет доставку и помогает в борьбе с контрабандой [2].

В некоторых видах ответственных автоперевозок, например, при перевозке опасных грузов, предлагается в статье использовать системы видеомониторинга. Решение предусматривает установку камер кругового обзора с охватом по всему периметру транспортного средства. Трансляция может идти как в кабину (с записью на жесткий диск), так и на сервер. Система поможет зафиксировать посторонних и принять меры безопасности. Такие системы видеомониторинга позволят отследить не только наличие, но и состояние груза, а также понять, что груз был поврежден до или после его транспортировки [3].

И наконец, в качестве бюджетного варианта защиты груза от хищения предлагается в статье использоваться GPS-маяк («закладка»). Маяки

можно скрытно разместить в любом месте автомобиля, включая грузовой отсек (контейнер) и настроить на «отбивку» с определенными интервалами. Таким образом, груз у отправителя всегда будет под присмотром [4].

На российском рынке сегодня предлагается достаточно широкий выбор систем защиты грузов от несанкционированного доступа, но в частности это системы, представляющие механическую основу. В статье приведены системы, основанные на цифровых технологиях и во много раз превосходящие механические классические системы защиты. Вкладываться в эти системы или нет, каждый перевозчик и грузовладелец решает сам. Электронная пломбировка сегодня – это наиболее надежный и прогрессивный способ не только защитить груз, но и сэкономить на логистических операциях.

Библиографический список

1. Спутниковые системы мониторинга [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://ssm22.ru/elektronnye-plomby/

2. ЖелДорЭкспедиция. Доставка грузов по России [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.jde.ru/article/kak-otsledit-gruz-pri-perevozke.html

3. Евромобайл. Технологии беспроводной связи. [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.euromobile.ru/produkciya/glonass-plomby/jointech-jt701/

4. ГЛОНАСС/GPS мониторинг транспорта контроль расхода топлива, тахографы [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.stavtrack.ru/videonablyudenie/solutions/opasnye-gruzy.html

А.В. Димов, А.В. Дороничев
Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫМИ ГОРКАМИ

Сортировочные горки представляют собой сложный механизированный объект, оснащённый элементами автоматики. В настоящее время на сети железных дорог их насчитывается более сотни. Внедрение систем автоматизации позволит повысить производительность труда, сократить эксплуатационные расходы, осуществить переход на

безлюдные технологии работы транспортных железнодорожных узлов и сортировочных станций при обеспечении безопасности технологических процессов и экологической безопасности, выполнении требований охраны труда.

Ключевые слова: автоматизация, сортировочная горка, железнодорожные перевозки, безопасность, управление технологическим процессом.

В настоящее время невозможно представить себе крупные промышленные предприятия, которые бы функционировали без транспортных перевозок. Высокая производительность и большие объемы выпускаемой продукции вынуждают промышленные предприятия использовать грузовые железнодорожные перевозки [1]. Одним из подразделений, в котором выполняется сортировочная работа (комплектование и выбор направления) железнодорожных составов является сортировочная станция. Главным из функционирующих на ней устройств является сортировочная горка [2].

Конструктивно сортировочная горка включает в себя три главных участка: надвижную часть, горб и спускную часть.

Исходно состав «затягивается» локомотивом, затем за счёт силы тяжести на спуске оказывается в пункте назначения. Процесс скатывания вагонов контролируется тормозными позициями, имеющими в своём составе замедлители.

Первые сортировочные горки появились ещё в 1946-м году в Дрездене. Первый управляемый комплекс появился через десять лет. Полностью автоматические системы на сортировочных горках стали внедрятся с 1970-го года и продолжают модернизироваться. Поэтому выбранное направление статьи является актуальным.

Целью данной статьи является исследование автоматизированных систем управления сортировочной горки.

Достигнуть поставленную цель предлагается за счёт решения следующих задач:

– рассмотрения классификации сортировочных горок;

– проведения обзора автоматизированных систем управления, используемых на них;

– выявление преимуществ и недостатков на рассмотренных системах управления.

В настоящее время наибольшее внимание уделяется не количественному значению перевозок железнодорожного транспорта, а качественной составляющей осуществления этих перевозок. Под качественным показателем понимается безопасность процесса перевозки [3]. Оче-

видно, что повысить безопасность одновременно поддерживая на уровне показатели эффективности технологического процесса можно за счёт внедрения и грамотного использования автоматизированных систем управления, в том числе и на сортировочной станции.

В работе [4] приводится схема взаимодействия подсистем управления нижнего уровня железнодорожной автоматики (рис. 1).

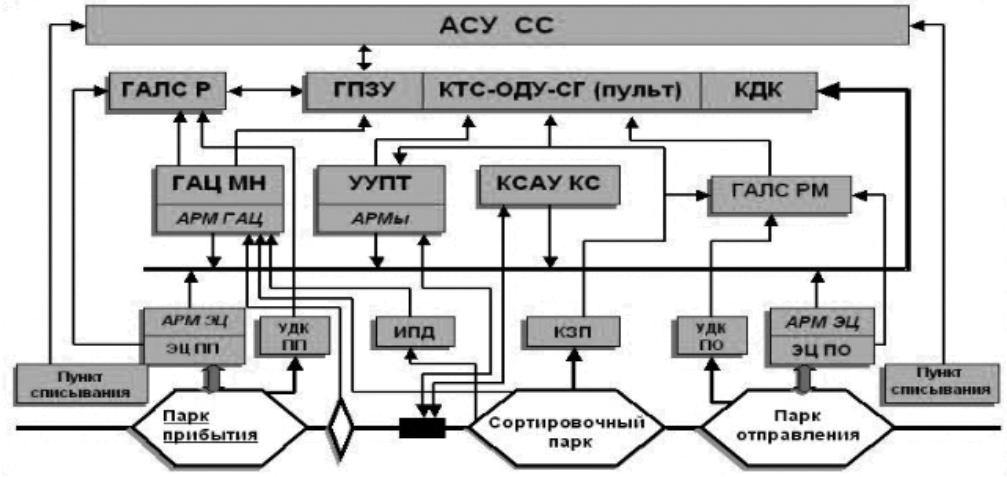


Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем управления нижнего уровня железнодорожной автоматики

В работе [4] также приводится описание АСУ сортировочной станции КСАУ СС, которая разработана российскими специалистами. Система включает в себя два уровня: верхний, отвечающий за планирование передвижение состава и нижний, отвечающий за управление стрелками; локомотивами, осуществляющими манёвры и замедлителями. Одной из отличительных особенностей системы является возможность мониторинга за перемещением объекта. В состав системы (рис. 1) входит система контроля занятости путей (КЗП-ИПД), которая относится к сортировочному парку. С её помощью можно отслеживать движение каждого отцепа от начальной и до конечной точки. Кроме того, внедрение данной системы позволит существенно сэкономить на энергетических и человеческих ресурсах, а также повысить производительность труда по причине отсутствия необходимости в резервных операторах на постах [4].

В работе [5] выдвигается мнение о том, что к 2050-му году большинство европейских компаний перейдёт на выпуск поездов с автономным управлением. В Российской Федерации внедрение системы автоматизированного управления маневровыми тепловозами на станции Лужская позволило автоматизировать и ускорить работу сортировочной гор-

ки. Вместо четырёх проездных бригад можно использовать только одну. Простои, которые вызваны человеческим фактором практически сведены к нулю. Отсутствует понятие «усталости» системы, что приводит к повышению безопасности движения.

Согласно [6] на уже отмеченной станции Лужская также функционирует интеллектуальная сортировочная горка. По скорости роспуска и точности регулирования скорости отцепов, возможности подстройки к особенностям горки и погодным условиям, диагностике работы оборудования эта система превосходит все известные аналоги. В ней применяются инновационные отечественные вагонные замедлители с длинной тормозной шиной, электронная многоступенчатая управляющая аппаратура и специальные алгоритмы плавного управления тормозными средствами.

В работе [7] предлагается алгоритм, связанный с решением задачи выбора очередности роспуска, которая основывается на трёх критериях:

1) минимизация простоя поездов у входных сигналов;

2) минимизация отклонения фактических временных показателей от запланированных;

3) минимизация времени ожидания “нужных” вагонов.

Алгоритм осуществляет локальный поиск в пространстве решений с использованием процедур интенсификации и диверсификации, основанных на адаптивном изменении параметра рандомизации окрестности.

В работе [8] предлагается полезная модель, относящаяся к системам, предназначенным для автоматизации технологического процесса на сортировочной горке. В разработанной модели ставится задача автоматизации управления сортировочным процессом со всех сторон. Внедрение автоматизированной системы позволит повысить надёжность и безопасность работы. В полезной модели предлагается система, которая включает в себя путевые устройства, исполнительное оборудование, которое связано с комплексом программно-аппаратных средств. Ещё одним элементом системы является метеостанция. Она необходима для того, чтобы определять параметры внешней среды, которые оказывают влияние на ходовые свойства скатывающихся вагонов, а также используются при расчете скоростей выхода отцепов из тормозных позиций. Кроме того, система имеет сервер баз данных, который содержит конфигурационные данные конкретной сортировочной горки и предназначенный для протоколирования работы напольного оборудования и действий оперативного персонала и работы системы. Ещё одной составной частью автоматизированной системы является модуль поддержки принятия решений для эксплуатационного и обслуживающего персонала. Он связан с автоматизированным рабочим местом старшего электромеханика сор-

тировочной горки и с неограниченным количеством автоматизированных рабочих мест, которые подключаются по принципу «тонкий клиент». Кроме того, имеется модуль управления компрессорной станцией, предназначенный для оптимизации работы компрессорных установок, подающих сжатый воздух в пневмосистему замедлителей, а также дополнительно содержит, по меньшей мере, один интерактивный микропроцессорный пульт, предназначенный для отображения информации о состоянии напольного оборудования и управления средствами централизации и механизации сортировочной горки с поста управления.

В нашей стране вагоны простаивают на станциях сортировки до трети времени в технологическом цикле работы вагона. Себестоимость переработки вагонопотока на них составляет существенную долю от общих эксплуатационных затрат. Проведённый анализ показал, что внедрение автоматизированных сортировочных станций позволит снизить эксплуатационные затраты на переработку вагонопотока и уменьшить время нахождения вагонов на станции.

Библиографический список

1. Ёрж А.Е., Городничев В.В. Инновационные горочные системы и технические средства // Автоматика, связь, информатика. 2015, № 1. С. 20–23

2. Долгий И.Д., Ковалев С.М., Криволапов С.В. Оптимизация графиков движения поездов на основе методов эволюционного моделирования // Интеллектуальные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте : сб. научных трудов 7-й Международной научно-технической конференции : в 3-х т. Т. 1. Коломна, 2013. С. 862–868

3. Павлов Л.Н. Автоматизация и механизация процессов на сортировочных станциях. Зарубежный опыт // Железнодорожный транспорт. 2008, № 1. С. 55–61

4. Кобзев В.А. Автоматизированное управление на сортировочных станциях // Мир транспорта. 2010, № 5. С. 13–20

5. В России наступает эра беспилотных локомотивов [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://sdelanounas.ru/blogs/121757

6. Харкин А.Д., Штенгель Ю.Ю. Интеллектуальные системы управления расформированием поездов на сортировочных станциях [Электронный доступ]. Режим доступа : https://nsportal.ru/npo-spo/avtomatika-i-upravlenie/library/2016/10/23/ intellektualnye-sistemy-upravleniya

7. Шабельников А.Н. Метаэвристические алгоритмы в автоматизированных системах управления технологическими процессами на сорти-

ровочных станциях // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016, № 8. С. 102–114

8. Даньшин А.И. Золотарёв Ю.Ф., Одикадзе В.Р., Рогов С.А., Родионов Д.В., Сапков И.Г., Сачко В.И. Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП). Патент на полезную модель 95623. Номер заявки: 2010109685/22. Дата регистрации : 15.03.2010. Дата публикации : 10.07.2010

В.В. Зубков
АО «Федеральная Грузовая Компания»,
г. Екатеринбург, Россия

С.Е. Наглий
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Е.А. Негодяев
Читинский информационно-вычислительный центр,
филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ МОРСКОГО ПОРТА ВАНИНО НА РОСТ КОЛИЧЕСТВА БРОШЕННЫХ ПОЕЗДОВ

В статье проведен анализ работы международного морского порта Ванино, приведена гистограмма погрузки и выгрузки по видам груза, представлен сравнительный анализ преимуществ и недостатков существующего способа выгрузки навалочных грузов в порту. Рассмотрены вопросы анализа отказов технических средств погрузки и выгрузки. Дана производственно-техническая характеристика порта. Исследованы факторы, влияющие на отказы погрузо-разгрузочных устройств и как следствие влияющие на рост количества брошенных грузовых поездов назначением в данный порт.

Ключевые слова: погрузка, выгрузка, кран, отказ, брошенные поезда.

Международный морской порт Ванино – транспортный узел, связывающий воедино железнодорожную, морскую и автомобильную транспортные системы. Через порт Ванино поставляются грузы в северо-восточные регионы России, Японию, Южную Корею, Китай, Австралию, США и другие страны. Выгодное географическое расположение порта открывает ближайший выход к морю грузам, идущим с Запада по Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожным магистралям.

Нормативная среднесуточная перерабатывающая способность морского порта 400 вагонов, при выгрузке – 280 вагонов и погрузке – 120 вагонов.

На рис. 1 представлена гистограмма доли объемов погрузочно-выгрузочных работ по видам грузов.

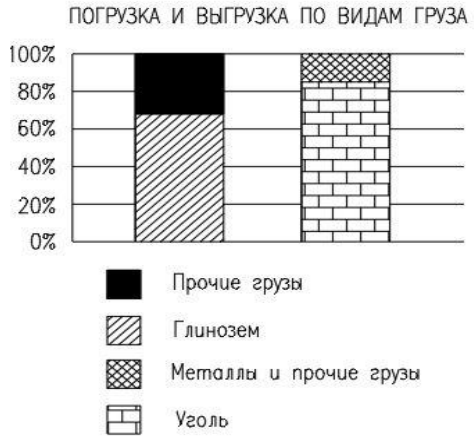


Рис. 1. Гистограмма погрузки и выгрузки по видам грузов

Из гистограммы (рис. 1) видно, что основной перерабатываемый груз порта – каменный уголь. В порту два грузовых района: Общий пункт перевалки комплексный (ОППК – 1) и Пункт перевалки комплексный (ППК – 3), всего 32 фронта выгрузки специализированных под груз уголь, вместимость данных грузовых фронтов более 260 вагонов. В порту 47 технических средств осуществляющих погрузо-выгрузочные работы. График работы порта круглосуточный.

Основные виды грузов: насыпные и навалочные грузы (в том числе каменный уголь, металлолом, руда и др.), лес и пиломатериалы, контейнеры, черные и цветные металлы, генеральные грузы и т.д. Опасные грузы: нефтепродукты в адрес порта. Среднесуточный вагонооборот составляет 200–300 вагонов.

Существующие средства механизации погрузо-разгрузочных работ:

- автопогрузчики, экскаваторы, бульдозеры;
- 1 мобильный кран «Liebherr», грузоподъемностью 40 т;
- 2 мобильных крана «Liebherr», грузоподъемностью 64 т;
- 11 портальных кранов «Сокол» грузоподъемностью 32 т;
- 8 портальных кранов «Альбрехт», грузоподъемностью 20 т;
- 7 портальных кранов «Альбатрос», грузоподъемностью 20 т;
- 1 портальный кран «Liebherr», грузоподъемностью 64 т;

- 1 контейнерный причальный перегружатель «КОНЕ», грузоподъемностью 30,5 т;
- 1 контейнерный складской перегружатель «КОНЕ», грузоподъемностью 30,5 т;
- 1 контейнерный железнодорожный перегружатель «КОНЕ», грузоподъемностью 30,5 т;
- 1 стреловой погрузчик «Mantsinen 60»;
- 2 стреловых погрузчика «Mantsinen 70»;
- 1 стреловой погрузчик «Mantsinen 90»;
- 2 стреловых погрузчика «Mantsinen 120»

Основной способ выгрузки навалочных грузов в порту, грейферный способ. В табл. 1 представлен сравнительный анализ преимуществ и недостатков данного способа [3].

Большую часть объема грузовой работы в порту выполняют грузовые грейферные краны, при эксплуатации которых возникают отказы оборудования, влекущие сбой в работе морского порта в целом и как следствие допускается рост брошенных грузовых поездов.

Таблица 1

Преимущества и недостатки способов выгрузки

Номер п/п	Метод	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4
1	Грейферная выгрузка	- возможность применения прямого варианта из вагона грейфером прямо в автомобиль; - возможность выгрузки с глуходонного вагона или с нижними люками.	- вероятность повреждения обшивок вагонов грейфером; - необходимость зачистки вагонов от остатков грузов (примерно остаются до 3 т груза) или вручную, или с применением специальных способов; - низкая производительность; - трудности при выгрузке смерзающихся насыпных грузов в зимнее время, поскольку в этом случае требуется применять виброрыхлители.

Отказ технического средства – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Рассмотрим наиболее частые случаи отказов [2], [4]:

- неисправность канатов и канатных блоков;
- неисправность механизма движения моста;
- видимый износ захватного крюка;

- механизм работает только в одну сторону.

Причины отказов:

1) небрежный уход или неумелое обращение с оборудованием;
2) перегрузка механизма;
3) неправильный монтаж или ремонт;
4) изношенность из-за несвоевременного ремонта;
5) несовершенство конструкции.
6) коррозия металла вследствие влияния морского климата.

На рис. 2 представлен фрагмент грейферной выгрузки каменного угля из открытого подвижного состава.

В большинстве случаях в порту Ванино из 32 специализированных путей специализированных под выгрузку каменного угля, в полном объеме выполняют свою работу не все пути, в виду загруженности складских площадок. В случае неисправности одного из грузовых кранов, порт вынужден ожидать приезда специалиста и ремонта этого крана. В том числе, не в полном объеме ведется работа по закупке запасных деталей и узлов крана, созданию аварийного запаса оборудования и устройств, что приводит к дополнительным простоям в работе кранов.

Рис. 2. Фрагмент грейферной выгрузки каменного угля из открытого подвижного состава

Большая загруженность специализированных путей под выгрузку угля влияет на простои грузовых поездов назначением в порт Ванино, которые вынуждены находится в ожидании их доставки и дальнейшей выгрузки. В отдельные периоды времени в условиях низких температур на путях магистрального железнодорожного транспорта находится в

брошенном состоянии более 20 грузовых поездов назначением в данный порт.

Таким образом, своевременное обеспечение запасными деталями и узлами для грейферных кранов, а также наличие своей ремонтной базы позволит снизить простои грузовых поездов и увеличить оборот вагонов, как на железнодорожной станции Ванино, так и в международном морском порту Ванино. Проблема исследования отказов технических средств и своевременное их устранение, требует дальнейшего детального рассмотрения в рамках совершенствования эксплуатационной работы порта.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10.01.2003 N 17-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.08.2018)»

2. Неисправности крана и кранового оборудования : ст. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://stroy-technics.ru/article/neispravnosti-krana-i-remont-kranovogo-oborudovaniya

3. Технологии выгрузки из открытого подвижного состава» : ст. [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://helpiks.org/4-101336.html

4. Подъемно-транспортное оборудование : каталог-справочник / Б.М. Скворцов. ЦИНТИМ, 1962. 430 с.

В.В. Зубков
АО «Федеральная Грузовая Компания», Московское представительство, г. Екатеринбург, Россия

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

Е.А. Негодяев
Читинский информационно-вычислительный центр, филиал ОАО «РЖД», г. Чита, Россия

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ДВИЖЕНИЯ СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ЛИМИТИРУЮЩИХ ПО ПРОПУСКНЫМ СПОСОБНОСТЯМ НАПРАВЛЕНИЯХ

Процесс формирования соединенных поездов, их пропуска по участкам железных дорог является сложным и многоуровневым технологическим процессом, при организации которого необходима оптимизация его подпроцессов, особенно при организации их пропуска на лимитирующих по пропускным способностям направлениях.

В публикации представлена информационная модель организации планирования, ведения, учета соединенных поездов, которая обеспечивает выбор оптимального варианта их движения. Задача оптимизации технологических подпроцессов управления движением соединенных поездов при построении информационной модели исследована и решена в традиционном представлении, то есть в последовательном выполнении производственных операций.

Ключевые слова: соединенные поезда, технологический процесс, оптимизация подпроцессов, информационная модель, оптимальный вариант движения.

Основными задачами в процессе организации движения соединенных поездов являются качественное соблюдение и выполнение технологических подпроцессов по их формированию, пропуску по поездным участкам железных дорог и расформированию [1]. Эффективное решение данных задач возможно применением целевой информационной модели организации планирования, ведения, учета соединенных поездов [2]. Целевым критерием результативности используемой информа-

ционной модели является применяемый способ движения соединенных поездов при минимальных суммарных издержках данного производственного процесса.

При организации способов следования соединенных поездов исследуют такие ключевые критерии грузоперевозки как:

- подбор грузовых поездов по их техническим характеристикам;
- подбор железнодорожных станций по их производственно-техническим характеристикам;
- подбор места формирования по их техническим характеристикам;
- подбор места расформирования по их техническим характеристикам;
- подбор локомотивных бригад по квалификационным требованиям.

Проводя выбор оптимального варианта организации пропуска соединенных поездов, разработанная автоматизированная система учитывает:

- технические характеристики подвижного состава, в том числе тягового;
- свойства перевозимого груза;
- производственно-технические характеристики железнодорожных станций, транспортной инфраструктуры направлений и участков;
- характеристики установленных мест формирования и расформирования соединенных поездов;
- квалификацию и опыт локомотивных бригад [2].

Осуществляя мониторинг вероятных способов грузоперевозки, система учитывает в том числе установленные технико-технологические нормы и правила существующего процесса.

На рис. 1 показана общая модель выбора оптимального варианта движения соединенных поездов.

Как видно на рис. 1, процесс выбора оптимального варианта ($\boldsymbol{V_{opt}}$) состоит из подпроцессов определения возможных вариантов ($\boldsymbol{V_{1...i}}$) маршрутов следования и способов движения соединенных поездов, а также сбора, учета, анализа и хранения показателей производительности модели.

Решение оптимизации подпроцессов при организации формирования и пропуска соединенных поездов в информационной модели осуществляется применением сравнительной экономической модели, которая является механизмом поиска оптимального варианта маршрута следования соединенного поезда при условии определения минимальных производственных издержек [3].

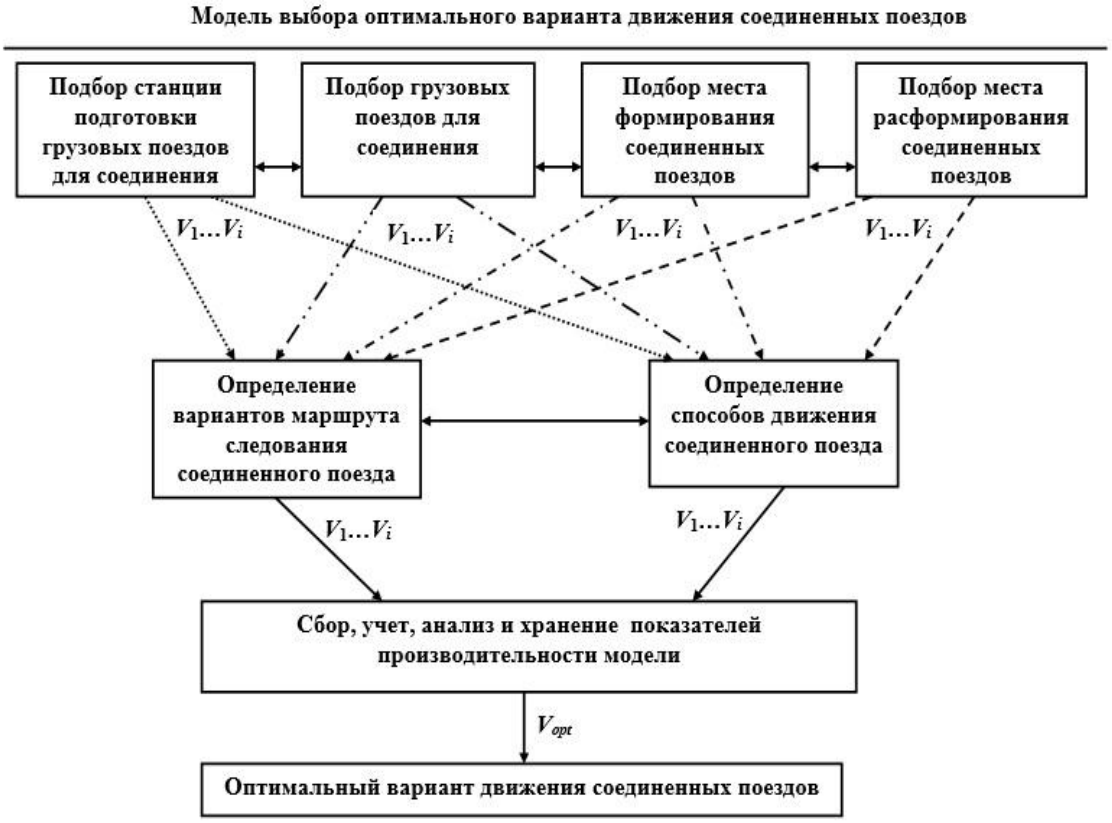


Рис. 1. Общая модель выбора оптимального варианта движения соединенных поездов

На рис. 2 представлена модель выбора оптимального маршрута следования соединенного поезда, применяемая в разработанной информационной системе управления и указаны следующие величины:

N_{pp}, N_{sp} – суммарное количество грузовых поездов на входе и выходе поездного участка, направления;

G_{pp}, G_{sp} – грузопоток на входе и выходе поездного участка, направления;

M_{pp}, M_{sp} – масса грузовых поездов на входе и выходе поездного участка, направления;

L_1, L_2, L_i – расстояние следования соединенных поездов по вариантам;

t_1, t_2, t_i – суммарное время организации вождения соединенных поездов по вариантам;

c_1, c_2, c_i – себестоимость организации вождения соединенных поездов по вариантам.

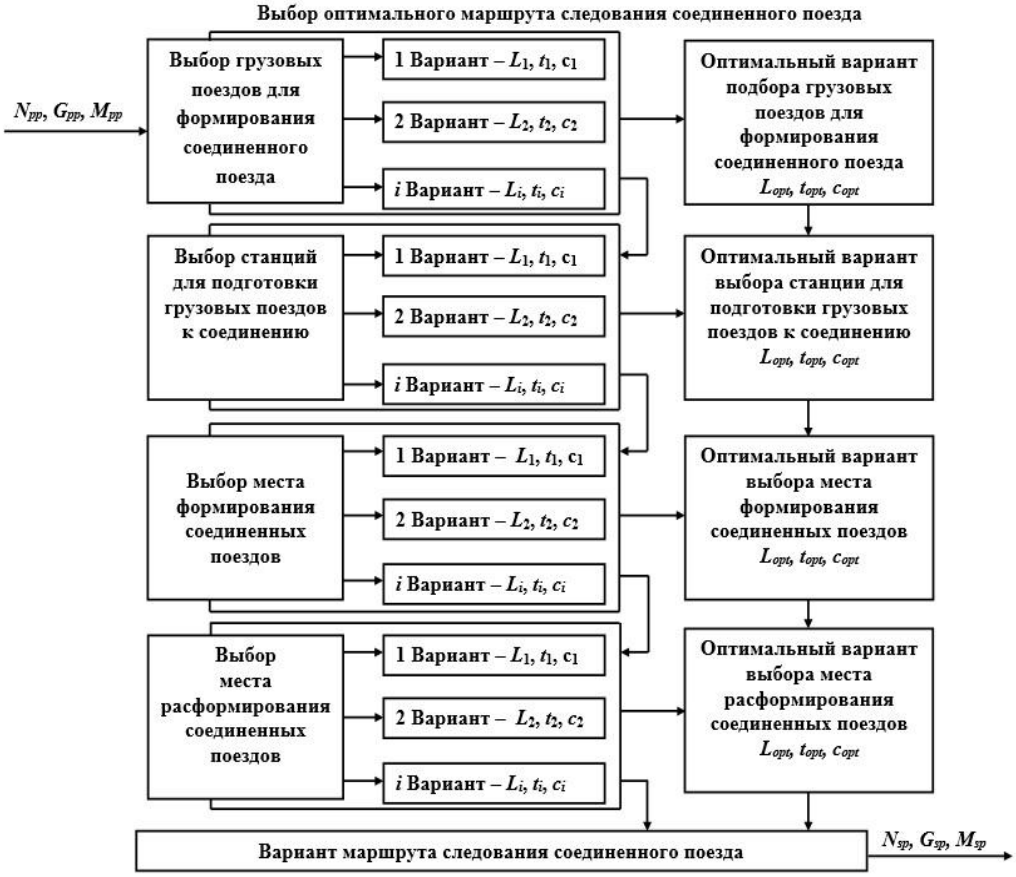


Рис. 2. Модель выбора оптимального маршрута следования соединенного поезда, применяемая в информационной системе управления

Задача обоснования возможных вариантов оптимизации в сравнительной экономической модели решается по следующему алгоритму:

- определение суммарных затрат оптимального варианта подбора грузовых поездов для формирования соединенного поезда;
- определение суммарных затрат оптимального варианта выбора станции для подготовки грузовых поездов к соединению;
- определение суммарных затрат оптимального варианта выбора места формирования соединенного поезда;
- определение суммарных затрат оптимального варианта выбора места расформирования соединенного поезда;
- определение оптимального маршрута следования соединенного поезда.

В сравнительной экономической модели применяется показатель оптимальности, отражающий проверку качества выбранных решений по каждому технологическому подпроцессу, и осуществляющий оценку воздействия решений на весь перевозочный процесс [4].

На рис. 3 представлен фрагмент визуализации информационной модели организации планирования, ведения, учета соединенных поездов (ситуационное состояние транспортной инфраструктуры направления железной дороги).

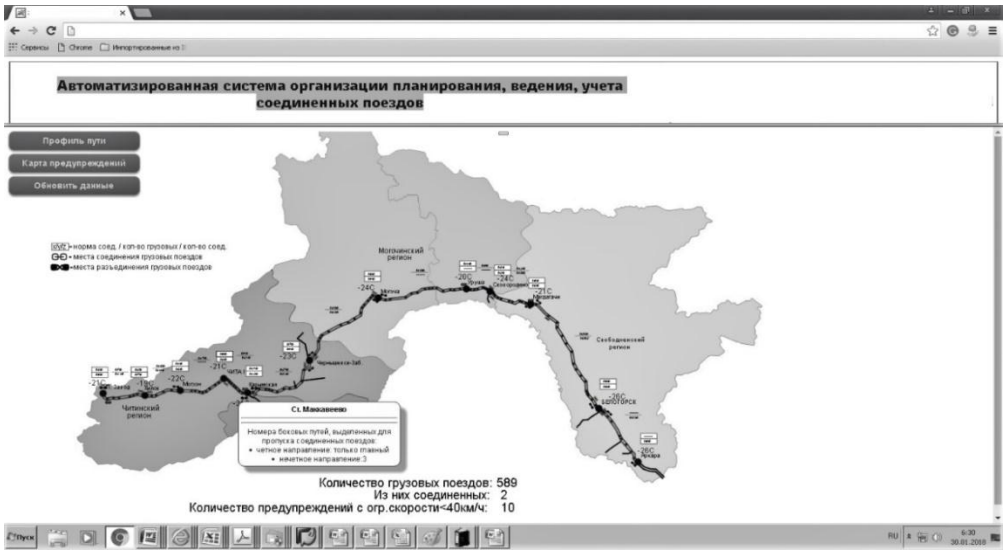


Рис. 3. Цифровой слой – ситуационное состояние транспортной инфраструктуры направления железной дороги

На рис. 4 представлен фрагмент визуализации информационной модели организации планирования, ведения, учета соединенных поездов (оптимальный выбор места разъединения соединенных поездов на транспортной инфраструктуре направления железной дороги).

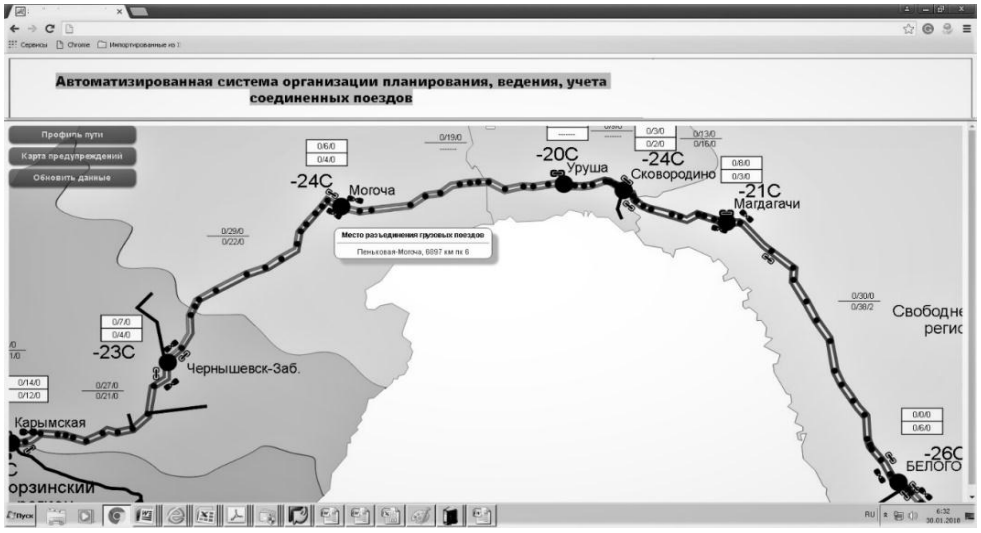


Рис. 4. Цифровой слой – оптимальный выбор места разъединения соединенных поездов на транспортной инфраструктуре направления железной дороги

В результате, эффективное моделирование, организация и управление движением соединенных поездов на лимитирующих по пропускным способностям направлениях имеют практический и научный интерес для ученых и специалистов транспортной системы.

Задача оптимизации подпроцессов целевого технологического процесса организации движения поездов многосложная. Сравнительная экономическая модель обеспечивает анализ, учет и выбор оптимального маршрута следования соединенного поезда при обеспечении минимума производственных издержек.

Информационная модель организации планирования, ведения, учета соединенных поездов прошла государственную регистрацию и не имеет в настоящее время аналогов, в том числе международных.

Библиографический список

1. К вопросу о межпоездном интервале / Д.В. Железнов, П.Е. Раевская (Волокитина) // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010, № 4 (28). С. 142–145

2. А.с. 2018615173 Российская Федерация. Автоматизированная система организации планирования, ведения, учета соединенных поездов / П.Е. Раевская, В.В. Зубков, О.В. Амельченко. № 2018612325; заявл. 12.03.2018; опубл. 27.04.2018

3. Зубков В.В. Управление перевозочным процессом на основе теории дальновидных систем // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте : сб. трудов I науч.-практ. конф. М. : НИИАС, 2012. С. 138–140

4. Michael Stonebraker, Samuel Madden, Daniel J. Abadi, Stavros Harizopoulos, Nabil Hachem, Pat Helland. The End of an Architectural Era (It's Time for a Complete Rewrite). Proceedings of VLDB, 2007, Vienna, Austria

В.В. Зубков
АО «Федеральная Грузовая Компания», Московское представительство, г. Екатеринбург, Россия

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

КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЯХ

В современных условиях наиболее актуальна необходимость исследования и поиска альтернативных путей развития и совершенствования транспортно-логистической инфраструктуры производственных предприятий и грузовых станций, как структурных подразделений железнодорожной транспортной системы.

В работе представлена информационная модель управления Производственного предприятия Комплексной Транспортной Услуги, прошедшая государственную регистрацию. Методология, используемая при построении модели, нашла свое применение в едином транспортно-логистическом процессе.

Ключевые слова: информационная модель, система, информационное пространство, производственные предприятия, грузовые станции.

В настоящее время, в условиях снижения темпов роста экономического развития и пропорционального сокращения номенклатурной базы грузов, наиболее актуальными являются исследования и поиск альтернативных путей развития транспортно-логистической инфраструктуры производственных, промышленных предприятий и грузовых станций, как структурных подразделений железнодорожной транспортной системы.

В работе, применительно к задаче комплексного развития транспортно-логистической инфраструктуры, авторами рассматриваются методы интегративного повышения экономического результата использования потенциала транспортной отрасли, а именно: инфраструктурного, кадрового, энергетического, а также не менее важного информационно-технологического[1]. Решение задачи возможно путем совершенствования следующих направлений:

- формирование транспортно-логистической системы на основе информационно – экономической интеграции потребителей и поставщиков транспортных услуг в едином виртуальном пространстве;

- создание информационного страта подсистем по обеспечению приема, учета, обработки и хранения данных о предоставленных транспортных услугах;

- внедрение единых и общедоступных информационных технологий по прогнозированию, планированию, координации, реализации и контролю состояния перевозочного процесса на всех его этапах;

- повышения качества взаимодействия с потребителями транспортных услуг, и их обслуживания в информационно-экономическом пространстве региона;

- исключение нерациональных, неэффективных субъектов рынка транспортных услуг.

Решение задачи комплексного развития транспортно-логистической инфраструктуры на грузовых железнодорожных станциях в едином информационно-экономическом пространстве достигается созданием информационной модели управления Производственного предприятия Комплексной Транспортной Услуги (АСУ ПКТУ)[2]. Разработанная модель обеспечивает:

- мониторинг эксплуатационной деятельности на грузовых станциях направления и примыкающих к ним производственных предприятий;

- сбор, учет, хранение информационных данных о тяговом подвижном составе и используемых локомотивных бригад, ресурсах и технических устройствах производственного цикла предприятий;

- прогноз и планирование ресурсов;

- контроль выполнения производственными предприятиями и структурными подразделениями показателей за установленный период времени;

- согласованное распределение ответственности между взаимодействующими структурами транспортно-производственного процесса.

На рис. 1 представлена общая функциональная схема модели АСУ ПКТУ.

Как видно на рис. 1, общая функциональная схема модели АСУ ПКТУ включает в себя: автоматизированное рабочее пользователя (АРМ пользователя), автоматизированное рабочее оператора системы (АРМ оператора системы) и взаимодействует с базой данных Автоматизированной системы оперативного управления перевозками (АСОУП)[2].

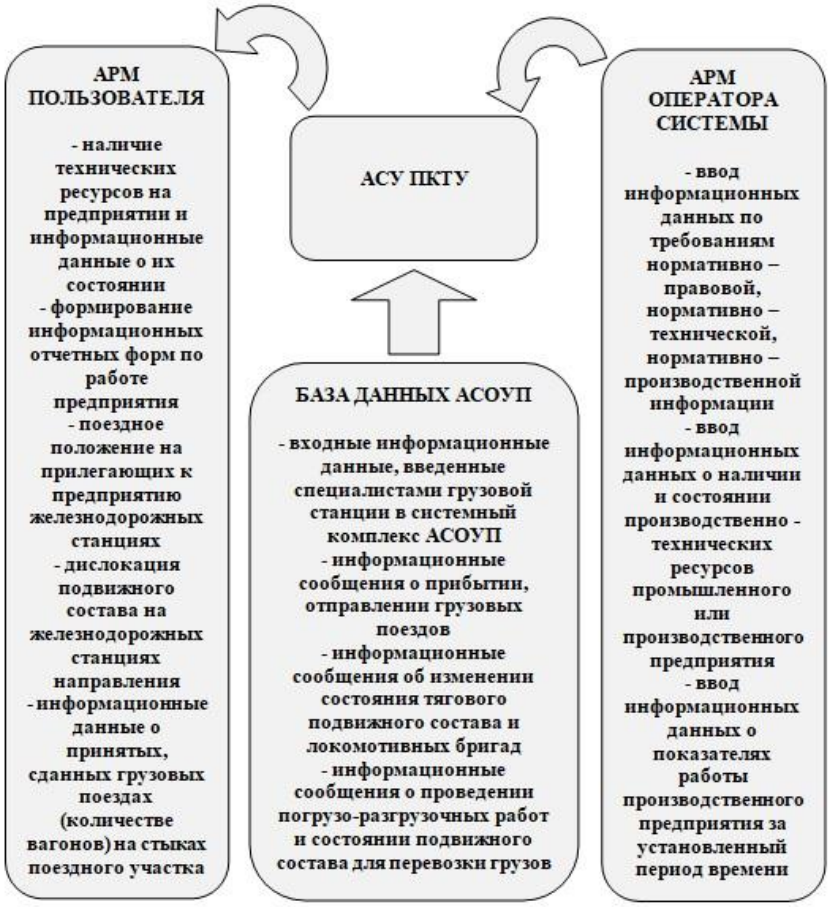


Рис. 1. Общая функциональная схема модели АСУ ПКТУ

Деятельность АСУ ПКТУ формируется в несколько этапов:

- этап сбора информационно-статистических данных о состоянии перевозочного процесса на железнодорожном участке;

- этап компьютерного анализа, учета, хранения информационных данных;

- этап визуализации показателей эксплуатационной работы производственных предприятий и железнодорожных грузовых станций поездного участка железной дороги.

Разработанная информационная модель системы управления АСУ ПКТУ обеспечивает интегрирование статистических данных из информационных систем, используемых в едином информационном пространстве транспортной системы страны (по согласованию). Взаимодействие систем осуществляется по пользовательскому запросу, используя протокол обмена организованными сообщениями в распределенной информационной среде, что обеспечивает целостность данных и работу систем в штатном режиме[3].

Программное обеспечение и хранилище размещается на сервере и не нуждается в установки дополнительных программных средств на рабочих станциях пользователя[3].

На рис. 2 представлена структура модели АСУ ПКТУ.

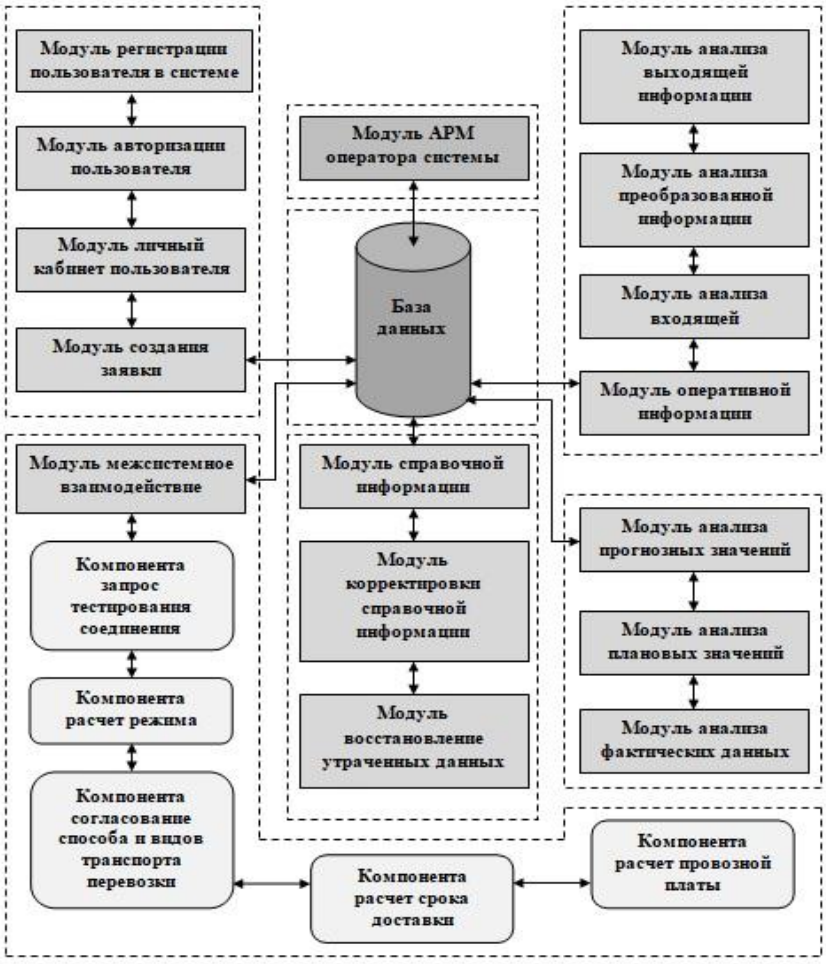


Рис. 2. Структура информационной модели АСУ ПКТУ

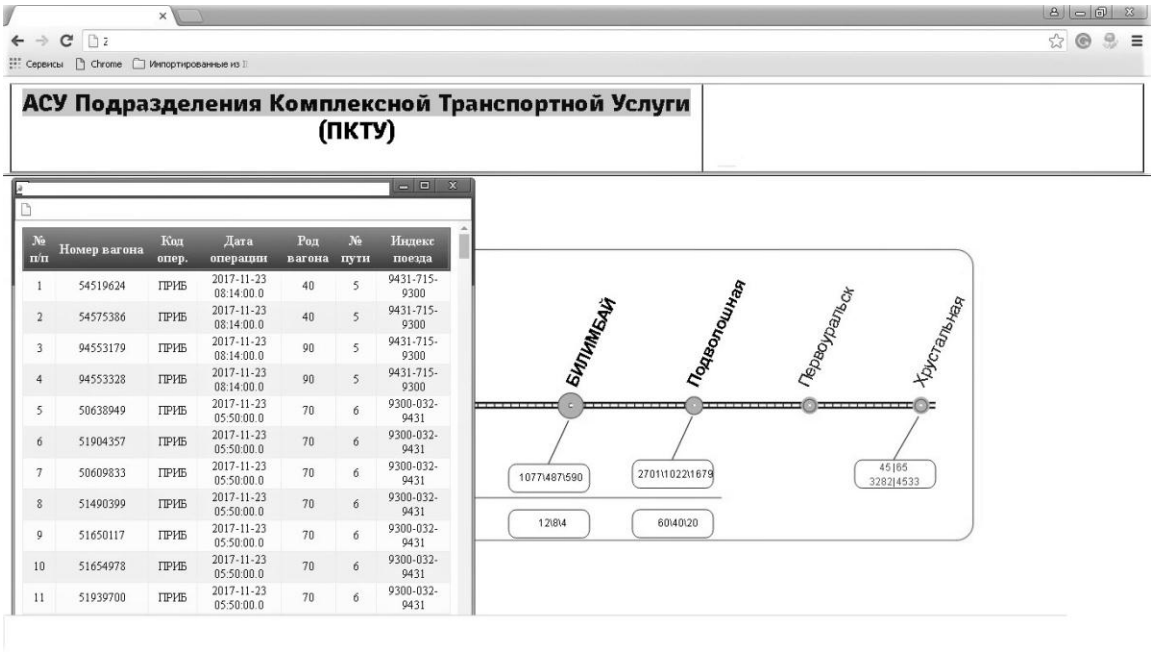
В разработанной информационной модели управления Производственного предприятия Комплексной Транспортной Услуги особое внимание следует уделить модулю межсистемного взаимодействия (рис. 2). Данный модуль предназначен для решения комплекса задач обмена и контроля данными при оформлении запросов на перевозку грузов и является служебной подсистемой в составе системы решающей задачи взаимодействия базы данных с системами единого информационного пространства[4]. Модуль межсистемного взаимодействия представляет собой WEB-сервис. Обмен данными осуществляется через протокол посредством информационных пакетов. Для использования WEB-сервисов смежных информационных систем модуль посылает к ним соответству-

ющую команду, с необходимым запросом, а в ответ принимает результат обработки переданной информации[4].

Основные функции модуля:

- вывод на экран пользователя диалоговую форму с полями ввода критериев грузоперевозки;
- предоставление пользователю помощи в заполнении критериев грузоперевозки в виде выпадающего списка подсказок в полях ввода информации;
- информирование пользователя о необходимости заполнения всех полей диалоговой формы, помеченных символом как обязательные для заполнения;
- предоставление пользователю расчетных данных режима грузоперевозки, расстояния, предварительного срока и стоимости доставки по заданным критериям перевозки;
- обеспечение защиты полей ввода от инъекций, посредством экранирования введенной информации.

На рис. 3 и 4 представлены примеры фрагментов визуализации информационных слоев модели АСУ ПКТУ.



№ п/п	Номер вагона	Код опер.	Дата операции	Род вагона	№ пути	Индекс поезда
1	54519624	ПРИБ	2017-11-23 08:14:00.0	40	5	9431-715-9300
2	54575386	ПРИБ	2017-11-23 08:14:00.0	40	5	9431-715-9300
3	94553179	ПРИБ	2017-11-23 08:14:00.0	90	5	9431-715-9300
4	94553328	ПРИБ	2017-11-23 08:14:00.0	90	5	9431-715-9300
5	50638949	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
6	51904357	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
7	50609833	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
8	51490399	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
9	51650117	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
10	51654978	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431
11	51939700	ПРИБ	2017-11-23 05:50:00.0	70	6	9300-032-9431

Рис. 3. Информационный слой модели АСУ ПКТУ (информационные данные о состоянии эксплуатационной работы на грузовых станциях участка)

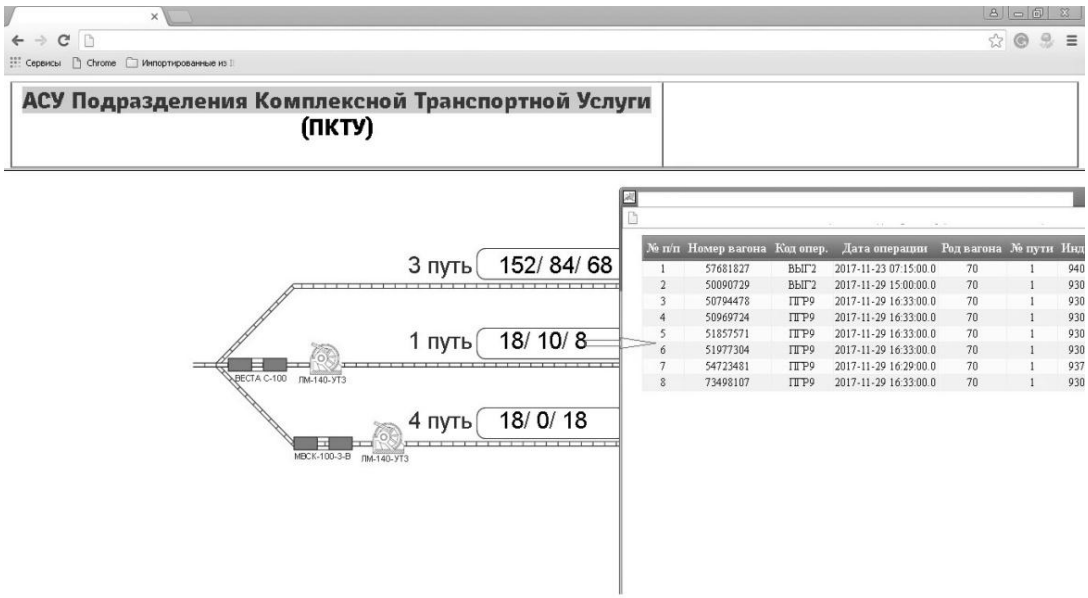


Рис. 4. Информационный слой модели АСУ ПКТУ (информационные данные о текущем положении на производственном предприятии)

Представленная информационная модель управления Производственного предприятия Комплексной Транспортной Услуги (АСУ ПКТУ) обеспечивает повышение качества прогнозирования и планирования работы грузовых железнодорожных станций и производственных предприятий. Предоставляет информационные данные и обеспечивает контроль сведений о корреспонденциях грузов назначением в адрес производственных предприятий и потребителей готовой продукции, проводит анализ выполнения показателей грузовых станций и производственных предприятий, что в итоге уменьшает долю транспортной составляющей в стоимости перевезенной продукции и снижает производственные издержки в основной деятельности железных дорог.

Библиографический список

1. Сирина Н.Ф., Зубков В.В. Применение информационных технологий в пространстве международных грузовых перевозок // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 3. С. 743–748

2. А.с. 2018616359 Российская Федерация. АСУ Производственного предприятия Комплексной Транспортной Услуги / В.В. Зубков, О.В. Амельченко, Е.А. Негодяев [и др.]. № 2018614531; заявл. 23.04.2018; опубл. 30.05.2018

3. Pokorny J.: NoSQL databases: a step to database scalability in web environment. In: iiWAS2011–13th international conference on information integration and web-based applications and services, pp. 278–283 (2011). doi: 10.1145 / 2095536.2095583

4. Yi L., Fulong W.: The transformation of regional governance in China: The rescaling of statehood. Progress in Planning 78, 55–99 (2012). doi: 10.1016/j.progress.2012.03.001

В.В. Зубков
АО «Федеральная Грузовая Компания», г. Екатеринбург, Россия

Д.В. Хаустова, С.В. Разумовский
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА (НА ПРИМЕРЕ ВАНИНСКОГО ПОРТА)

В статье рассмотрены основные технологические проблемы взаимодействия морского и железнодорожного транспорта. Объектом исследования выбран международный торговый порт Ванино. Представлена динамика роста грузопотоков в порты Дальневосточного бассейна и определено среднесуточное количество брошенных поездов назначением в порт Ванино с угольной продукцией в период массовой перевозки данного вида груза. Дана краткая характеристика порта Ванино. Проанализированы проблемы технологического характера во взаимодействии смежных транспортных систем. Предложены варианты и способы устранения проблем взаимодействия транспорта морского и железнодорожного.

Ключевые слова: морской порт, взаимодействие видов транспорта, суточный план-график; контактный график.

В Российской Федерации, как и во многих других государствах, добыча угля выполняет важную функцию в удовлетворении потребителей энергетическими ресурсами, а также добыча данного вида сырья участвует в формировании бюджета при условии его экспорта. В том числе обеспечивает развитие международных внешнеторговых связей. В 2018 году, организованные работы в России по добычи угля, позволили добыть 439,3 миллионов тонн данного вида сырья, а это на 10,6 проценн-

тов составило больше объемов добычи, чем в 2017 году [2]. В дальнейшем прогнозируется увеличение доли добычи каменного угля, что в свою очередь прогнозирует увеличение доли корреспонденций этих грузов потребителям на внешний рынок.

Железнодорожная транспортная система в перевозках экспортных грузов, в том числе угольных грузов выполняет одну из основных ролей в единой транспортной системе страны, обеспечивая при этом более 90 процентов перевозимых грузов от общей доли добываемой продукции угольной отрасли.

В существующих условиях эффективная реализация потенциала железнодорожной отрасли в экспорте готовой продукции, в том числе угольной, в категории грузоперевозок международные и с применением железнодорожно-морского сообщения, несет в себе множество технико-технологических проблем, таких как:

- разность объемных значений накопительных складов готовой продукции, перевалочных (портовых) грузовых площадок и терминально-складской инфраструктуры;
- множественные различия производственных мощностей мест осуществления погрузки или выгрузки, а также погрузо-разгрузочных ресурсов грузовых площадок;
- весомая величина повагонных отправок, не включаемых в маршрутизацию;
- потребность в подформировании судовых грузовых партий по видам угольной продукции при большом количестве управляющих операторских компаний подвижным составом;
- смерзаемость навалочных грузов условиях низких температур, при их транспортировке открытым подвижным составом.

Чтобы исключить данные недостатки требуется комплексное и эффективное вовлечение финансовых средств и совершенных технологий, которые создадут условия для своевременного освоения роста экспортных грузопотоков с соблюдением качества условий их доставки по назначению.

Объектом исследования избран международный морской порт Ванино, Дальневосточного бассейна, обслуживаемый Дальневосточной железной дорогой (ДВЖД). Направление данного исследования выбрано в связи с тем, что данный порт является лимитирующим в перерабатывающей и пропускной способностях не только ДВЖД, но и Восточного полигона в целом.

Анализ показателей работы Восточного полигона показывает динамику роста грузопотока в порты Дальневосточного бассейна, в том числе в международный морской порт Ванино.

На рис. 1 представлена динамика роста грузопотоков в порты Дальневосточного бассейна и среднесуточное количество брошенных поездов назначением в порт Ванино с угольной продукцией в период массовой перевозки данного вида груза.

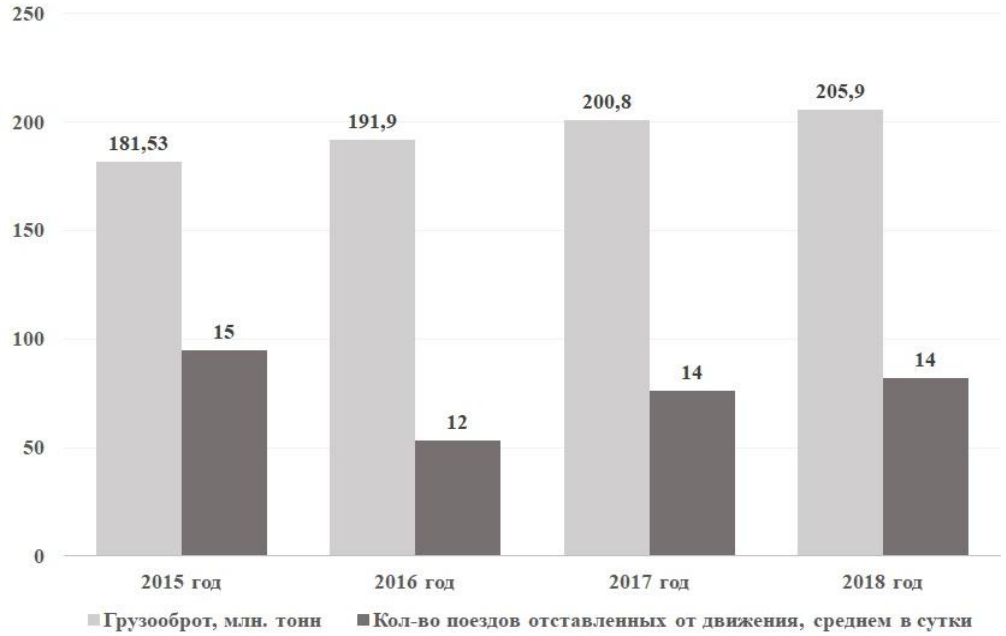


Рис. 1. Динамика роста грузопотоков в порты Дальневосточного бассейна и среднесуточное количество брошенных поездов назначением в порт Ванино с угольной продукцией в период массовой перевозки данного вида груза

Статистические данные рис. 1 показывают, что инфраструктура транспортной системы и способы, используемые в организации производственным перевозочным процессом, имеют технологические резервы для освоения большего объема грузоперевозок, и при этом не соблюдаются требования транспортного обслуживания в части своевременной доставки грузов.

В существующих условиях несовершенство погрузо-разгрузочных устройств порта (грейферная выгрузка) на предъявляемый объем перевалки, а также несвоевременной корректировки и в дальнейшем несоблюдения графика движения поездов, несоблюдения подвода морских судов в порт, все это приводит к наличию избытка данных видов груза на складских перевалочных площадях, что впоследствии является причиной бросания грузовых поездов на подходах к порту Ванино. Усугубляется положение эксплуатационной работы еще и тем, что при наличии информационных систем железнодорожного транспорта, позволяющих более качественно планировать подход грузовых поездов, отслеживать

ситуационное состояние железнодорожной инфраструктуры, в порту Ванино данные информационные технологии отсутствуют.

Как уже ранее было изложено, в современных условиях первостепенное значение в обеспечении поставок грузов в порт (и в обратном направлении) приобретает железнодорожный транспорт, что требует совершенствования технологии организации перевозок и изменения работы железнодорожных станций.

Взаимодействие морского и железнодорожного транспорта в транспортных узлах имеет большое значение [3]. Анализируя факторы, влияющие на работу морского порта Ванино и железнодорожной станции Ванино, можно выделить ряд проблем их взаимодействия, а именно:

- не эффективно организована работа в морском порту при взаимодействии двух видов транспорта морского и железнодорожного, в части отсутствия единого контактного графика работы;

- между морским портом и железнодорожной станцией не на должном уровне организована работа диспетчеров грузовых районов со сменными работниками станции, что оказывает негативное влияние на корректировку сменно-суточного плана работы при изменении условий работы порта и станции;

- длительные простои грузовых средств ввиду их неисправностей;

- длительный простой порожних вагонов на фронтах выгрузки;

- не взаимоувязаны технологические перерывы работников порта, участвующих в выгрузочных операциях со временем полного окончания выгрузки вагонов на конкретном фронте и соответственно временем перестановки вагонов по фронтам выгрузки, что также влияет на объем выгрузки;

- как следствие, недостаточно специализированных мест для выгрузки в порту.

Проанализировав основные проблемы, можно сделать вывод, что главная проблема морского порта Ванино – не эффективная организация работы при взаимодействии двух видов транспорта морского и железнодорожного.

Рассмотрим факторы, влияющие на взаимодействие двух видов транспорта:

- не соблюдение условий договора на подачу и уборку вагонов на железнодорожный путь необщего пользования ОАО « Ванинский морской торговый порт» по железнодорожной станции Ванино, в вопросах согласования и корректировки сменно-суточного плана;

- имеющийся суточный план-график в порту Ванино является на сегодняшний день не актуальным и требует доработки;

- станция Ванино не имеет точной информации о подходе судов в порт, вследствие этого, происходит затоваривание складских помещений;
- отсутствие в порту информационных систем, обеспечивающих интеграцию в информационные системы железнодорожного транспорта.

Способы решения проблем взаимодействия морского и железнодорожного транспорта рассматриваются на протяжении нескольких лет. Порт Ванино не исключение. Так в 2012 году был сформирован Логистический центр ДВЖД, который осуществляет планирование перевозок железнодорожным транспортом на основе заказов портов и терминалов. Его создание существенно увеличило выгрузку в морских портах.

Мировая практика доказывает, что задача управления корреспонденциями грузов в области управления несколькими видами транспорта многосложная и многоуровневая. Опираясь на полученные фактические данные морского торгового порта Ванино, логично предложить эффективные пути решения, вышеперечисленных проблем. Таких как:

- актуализация и доработка суточного план-графика;
- применение закрытой выгрузки, что улучшит состояние угольной продукции в условиях низких температур и снизит негативное влияние на окружающую среду;
- создание интегрирующего информационного продукта обеспечивающего прогнозирование и планирование перевалку и транспортировку экспортных грузов в пространстве взаимодействия нескольких видов транспортных систем;
- внедрение контактного графика взаимодействия смежных видов транспорта;
- организация обслуживания порта одной управляющей компанией подвижного состава.

Библиографический список

1. Зубков В.В., Сирина Н.Ф. Этапы формирования целевой модели комплексной транспортной услуги в сфере грузовых перевозок // Вестник ВНИИЖТ. 2018. Том 77. № 6. С. 368–374

2. Галкин А.Г., Зубков В.В., Сирина Н.Ф. Модель комплексной транспортной услуги как перспектива развития грузовых перевозок // Транспорт Урала. 2018. № 1(56). С. 7–11

3. Основы взаимодействия железнодорожного и водного (морского) транспорта: ст. [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://cyberleninka.ru/

4. Федеральный закон от 10.01.2003 N 17-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации (с изм. и доп.)», вступ. в силу с 14.08.2018

М.И. Коновалова, Ю.В. Бухонина
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Е.В. Мясникова
Забайкальская железная дорога,
г. Чита, Россия

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

В статье рассмотрена целесообразность применения полигонных принципов управления перевозочным процессом. Представлены предпосылки данной технологии. Приведены показатели работы восточного полигона на период 2016–2019 гг. Предложена условная модель полигонной технологии. В статье отражены проблемные вопросы перехода на полигонную технологию. Приведен перечень технологических мероприятий, реализованных в текущем году для улучшения перевозочного процесса на восточном полигоне. Достаточно подробно описана ситуация по организации вождения поездов повышенной массы с применением новых электровозов. Отражены пути повышения эффективности работы восточного полигона. Сделаны выводы об эффективности данной технологии.

Ключевые слова: восточный полигон, грузооборот, пассажирооборот, участковая скорость, средняя продолжительность «окон», продолжительность задержек грузовых поездов, поезда повышенной массы, локомотивные бригады, график движения поездов.

Сегодня деятельность Российских железных дорог направлена на достижение одной из стратегических целей – повышение конкурентоспособности железнодорожной отрасли и привлечение дополнительных объемов грузовых перевозок.

Основываясь на прогнозы, приведенные в Долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» ожидается общий прирост погрузки грузов на период до 2025 г. на уровне 18,5 %, это более чем на 225 млн. т груза (рис. 1).

Наряду с освоением возрастающих объемов перевозок должно обеспечиваться повышение качества предоставляемых транспортных услуг и тем самым, решение задач по росту внутренней эффективности работы компании.

Рис. 1. Прогноз объема перевозок до 2025 г.

Достичь поставленные цели невозможно без реализации комплексных задач, которые позволят обеспечить внедрение технологически важных решений, сбалансированных с приоритетными планами по развитию инфраструктурного комплекса и обновлению и модернизации подвижного состава. Одной их из таких инициатив является применение на сети железных дорог полигонных принципов управления перевозочным процессом.

На протяжении последних лет происходят значительные перемены в методах эксплуатации, в технике, а также в экономике железнодорожного транспорта. Повышаются скорости движения, удлиняются плечи обслуживания локомотивов, вводятся в эксплуатацию новые железнодорожные линии, поезда, вагоны, а также технологии управления. Одной их опытных технологий является полигонная модель управления перевозочным процессом.

Компания ОАО «РЖД» ведет целенаправленную работу по переходу от региональных принципов управления к организации и планированию движения поездов на полигонах сети. Идея данной оптимизации заключается в том, чтобы обеспечить рост качественных показателей эксплуатационной работы, пассажирооборота и грузооборота. Единое управление потоками поездов в пределах полигона позволит ускорить пассажирское движение, а также выстроить оптимальную логистическую технологию управления погрузкой и продвижением грузопотоков к крупным выгрузочным регионам – морским портам и межгосударственным стыковым пунктам [1].

Положительный ценный опыт в этом плане уже наработан на действующем восточном полигоне, включающем в себя подразделения производственного блока ОАО «РЖД» в границах Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог.

Работа восточного полигона организована в условиях делегирования полномочий из центрального и регионального уровней управления по целому ряду ключевых направлений таких как, разработка графика движения и плана формирования поездов, рассмотрение и предоставление «окон» для ремонта инфраструктуры, сменно-суточное планирование, обеспечение тяговыми ресурсами, продвижение вагонопотоков в адрес морских портов и погранпереходов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты работы восточного полигона

Наименование показателя	Факт 2017 г.	План 2018 г.	Факт 6 месяцев 2018 г.	+ / – к 2017 г.	+ / – к плану
Грузооборот	2039	2085	2182	+ 7,0 %	+ 4,7 %
Производительность локомотива	2283	2285	2326	+ 1,9 %	+ 1,8 %
Маршрутная скорость	649	650	686,5	+ 5,8 %	+ 5,6 %
Средний вес поезда	3948	3970	3980	+ 0,8 %	+ 0,3 %
Среднесуточный пробег локомотива	742	745	753	+ 1,5 %	+ 1,1 %
Участковая скорость	40,3	40,5	41,1	+ 2 %	+ 1,5 %
Выполнение заказ-наряда по предоставлению «окон»	–	не менее 85 %	87%	–	+ 2,0 %
Выполнение плана подвода поездов на припортовые станции	–	96 %	97,3 %	–	+ 1,3 %
Снижение потерь рабочего времени локомотивных бригад	– 3,7 %	– 5,0 %	6,2 %	+ 2,5 %	+ 1,2 %
Снижение часов сверхурочной работы локомотивных бригад	+ 7,1 %	– 5,0 %	– 16,6 %	+ 23,7 %	+11,6 %

Полигонная технология должна обеспечивать стабильное продвижение поездопотоков на основе сбалансированных единых ключевых показателей и взаимоувязанных процессов по управлению вагонопотоками, тяговыми ресурсами и ремонтными работами на инфраструктуре нескольких участков железных дорог, объединенных в полигон.

Условная модель полигонной технологии представлена на рис. 2.

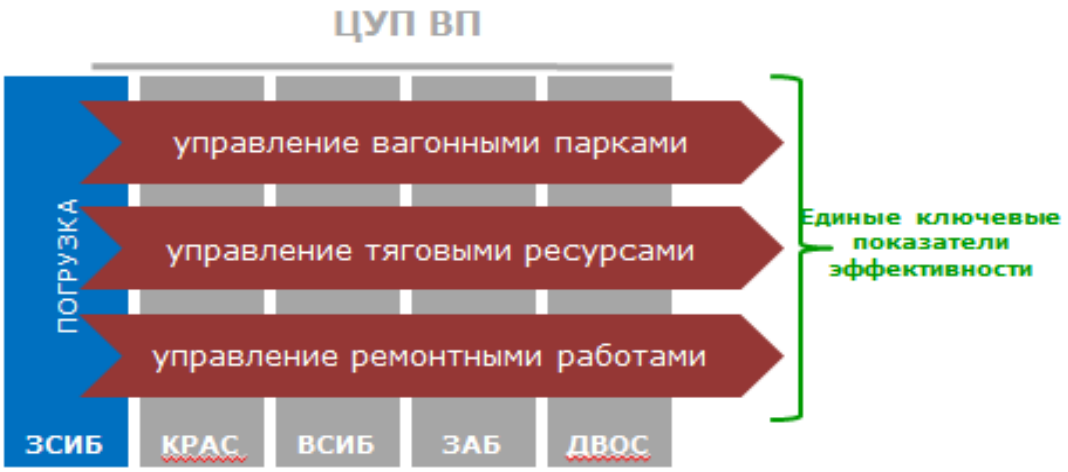


Рис. 2. Условная модель полигонной технологии

Однако переход на полигонную технологию обострил противоречие между территориальными принципами планирования и нормирования показателей эксплуатационной работы (в границах железных дорог), а также организацией местной работы на укрупнённых полигонах. В качестве проблемных вопросом можно выделить следующие: отсутствие полномочий на управление входом/выходом вагонопотоков на полигон; отсутствие единых ключевых показателей эффективности; отсутствие единых требований к нормативам перевозочного процесса.

За последние четыре года на дорогах восточного полигона объемы перевозимых грузов стабильно увеличиваются. Эксплуатационный грузооборот вырос на 14%. Погрузка сети и стран СНГ в направлении припортовых станций и пограничных переходов Дальневосточной дороги увеличилась на 7%.

Наряду с положительной динамикой увеличения объемов перевозок возросли и факторы, оказывающие отрицательное влияние на эксплуатационную работу полигона. Средняя продолжительность «окон» увеличилась на 5,8%, протяженность предупреждений на 77%, продолжительность задержек грузовых поездов по отказам технических средств выросла в 2,2 раза.

В этих условиях один из важнейших показателей эксплуатационной работы участковая скорость после достижения в 2018 году пикового значения 41,1 км/ч в текущем году снизилась на 2,7 %, по причине уменьшения пропускных способностей дорог из-за накопления парка вагонов (рис. 3).

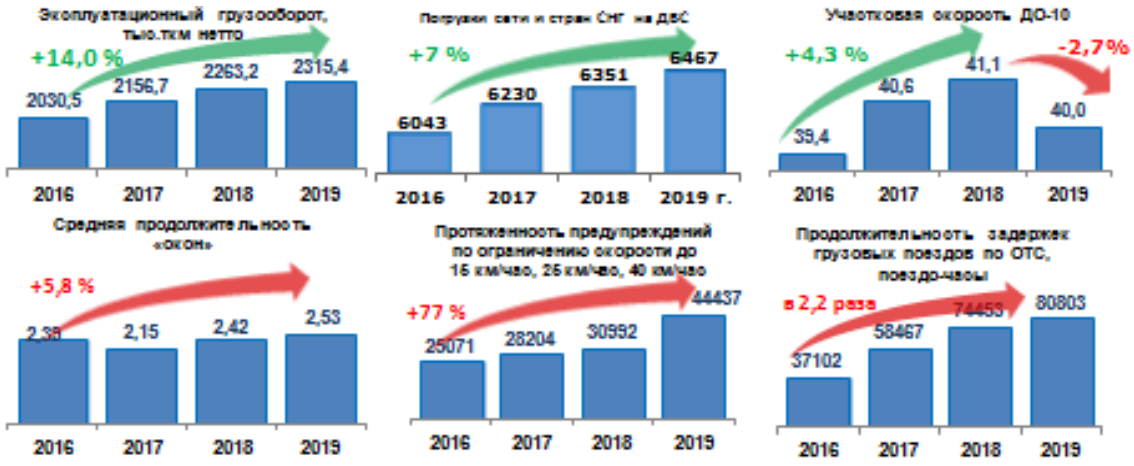


Рис. 3. Показатели работы восточного полигона за период 2016–2019 гг.

В целях улучшения перевозочного процесса на восточном полигоне в текущем году уже реализованы некоторые технологические мероприятия:

- на постоянной основе осуществляется пропуск соединенных контейнерных поездов;
- на горно-перевальных участках введен параллельный график движения для всех пассажирских поездов, что позволило увеличить размеры движения грузовых поездов. Локомотивы подталкивания оборудуются устройствами саморасцепа;
- на некоторых участках переработана технология пропуска поездов через станции с учетом увеличения размеров движения, введен в действие непарный график движения поездов.

Для более эффективного использования тягового подвижного состава на полигоне уделяется большое внимание увеличению норм массы поездов. Восточный полигон стал площадкой для запуска более мощных локомотивов. На нескольких участках прошли испытания новые электровозы, которые способны перевозить до 7100 тонн. Проведение тягово-энергетических испытаний электровозов серии 3ЭС5К массой 7100 тонн, электровозов серии 1,5ВЛ80в/и, ВЛ85 с поездами массой 6300 тонн, позволило унифицировать весовые нормы поездов по участкам дорог до 7100 тонн и обеспечить вождение поездов без перелома веса.

Одним из способов увеличения провозной способности дорог при существующих пропускных способностях является увеличение размеров движения поездов повышенной массы. Эксплуатация новых электровозов серии 3ЭС5К с поосным регулированием силы тяги обеспечит вождение 14 грузовых поездов в сутки массой 7100 тонн на участке Мари-

инск – Хабаровск, что позволит перевезти дополнительно 15 000 тонн груза, или 1,8 поезда в сутки.

Реализация на восточном полигоне мероприятий по организации вождения поездов повышенной массы, привело к необходимости увеличения в графике движения поездов на 2019/2020 г. количества поездов массой 7100 тонн.

Таким образом, проведенные мероприятия и дальнейшая реализация поставленных задач по развитию полигонных технологий позволят достичь:

- увеличения участковой скорости на основе повышения уровня выполнения графика движения грузовых поездов по отправлению за счет более стабильного обеспечения составов локомотивами и локомотивными бригадами на запланированные сменно-суточными планами «нитки» графика движения поездов;

- увеличения среднего веса грузового поезда на основе: организации пропуска поездов более тяжелого веса без перелома веса на направлениях полигона; обеспечения составов локомотивами с учетом веса формируемых составов и технического состояния локомотивов;

- снижения пробега локомотивов в одиночном следовании за счет: более точного регулирования локомотивами на основе расчета их избытка и недостатка в пунктах оборота в целом на полигонах большой протяженности, увеличения горизонта планирования составообразования и обеспечения составов локомотивами; развития в ЦУТР системы диспетчерского контроля за выполнением сроков прохождения ТО и ТР; повышения качества планирования обеспечения составов локомотивами в периоды предоставления «окон» для ремонта и выполнения реконструктивных работ инфраструктуры;

- сокращения времени нахождения вагонов на станциях смены локомотивов и локомотивных бригад на основе: более точного регулирования локомотивами и локомотивных бригад по обеспечению составов локомотивами на запланированные сменно-суточными планами «нитки» графика движения поездов со снижением составляющей времени нахождения на станциях транзитных вагонов;

- повышения среднесуточной производительности локомотивов рабочего парка на основе: увеличения участковой скорости; увеличения среднего веса грузового поезда; снижения пробега в одиночном следовании; снижения времени нахождения локомотивов рабочего парка на станционных путях;

- снижения времени следования локомотивных бригад на основе оптимизации участков обслуживания и повышения качества планирования работы локомотивных бригад;
- снижения времени сверхурочной работы на основе повышения качества планирования работы локомотивных бригад [2].

Библиографический список

1. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года. «Белая книга», 2015. 63 с.
2. Бородин А.Ф., Сторчак М.В. Научная оценка перспектив модернизации Восточного полигона сети Российских железных дорог, 2017
3. Пехтерев Ф.С. Освоение объемов перевозок на Восточном полигоне до 2020 г. // Железнодорожный транспорт. 2014, № 3. С. 5–10

М.И. Коновалова, Н.В. Быкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

И.С. Бусыгин
Забайкальская железная дорога,
г. Чита, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДИКТИВНЫХ МЕТОДОВ РАБОТЫ В СФЕРЕ ПРОПУСКА И ОСМОТРА ПОЕЗДОВ

В статье рассмотрены перспективные методы повышения безопасности движения и сохранности перевозимых грузов. Отражены проблемные вопросы развития и обновления технических средств в сфере грузовой и коммерческой работы. Предложено применение предиктивной аналитики в технологии пропуска и осмотра поездов и вагонов в условиях внедрения новой автоматизированной системы лазерного сканирования АСКО ПВ 3D, перечислены составляющие её элементы и эффективность применения. Отражены перспективы применения новых технических средств коммерческого осмотра поездов и вагонов на Забайкальской железной дороге. Сделаны выводы об их эффективности.

Ключевые слова: безопасность и сохранность перевозимых грузов, коммерческие неисправности, габарит погрузки, технические условия размещения и крепления грузов, предиктивная аналитика, автоматизи-

рованная система коммерческого осмотра поездов и вагонов, лазерное сканирование, отказ технических средств.

Повышение безопасности движения и сохранности перевозимых грузов остаётся первоочередной задачей компании РЖД. В течение последних лет уже проведено немало организационно-технических мероприятий с целью повышения уровня безопасности движения поездов и сохранности доверенного перевозчику груза.

На российских железных дорогах для выявления в процессе движения поездов коммерческих неисправностей, угрожающих безопасности движения и сохранности перевозимых грузов (нарушение габарита погрузки, нарушение порядка выполнения технических условий размещения и крепления грузов на открытом подвижном составе, перегруз вагонов и др.) применяется автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ).

На текущий момент на полигоне Забайкальской железной дороги действует два междорожных пункта коммерческого осмотра, на станциях Карымская, Белогорск и один коммерческий пост безопасности на станции Сковородино. Системы АСКО ПВ установлены только на двух станциях дороги, Карымская и Белогорск. На железнодорожной станции Карымская в 2005 году установлены две автоматизированные системы коммерческого осмотра, оснащенные в 2014 году вагонными весами «Рельс тензометрический взвешивающий РТВ-Д». Четная АСКО ПВ станции усовершенствована до системы 3D в 2019 году, нечетная – осталась на уровне модернизации 2013 года.

На станции Белогорск I в 2003 году установлена система АСКО ПВ четного направления, которая претерпела изменение в 2012 году. К концу 2020 года планируется завершить реконструкцию парка А станции Белогорск II, в ходе которой будет установлена автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов, контролирующая нечетный грузопоток с Дальневосточной железной дороги. В свою очередь, коммерческий пост безопасности станции Сковородино не оснащен системами АСКО ПВ, что снижает качество контроля за выявлением в процессе движения коммерческих браков, что создает угрозу безопасному движению и влияет на сохранность грузов при перевозке.

Учитывая размеры движения на этих направлениях, когда в среднем в сутки передача поездов по стыку Штурм составляет (прием / сдача) – 11/10 поездов, 670/680 вагонов, ситуация с неисправностями в коммерческом отношении требует корректировки. Количество вагонов с коммерческими неисправностями, прибывающих с Дальневосточной

железной дороги и с ОАО АК «Железные дороги Якутии» через стыковую станцию Тында, увеличивается с каждым годом. В 2014 году количество вагонов с неисправностями (погрузка с нарушением ТУ и МТУ, расстройство погрузки в пути следования и др.) составило 10, в 2015 – 15 вагонов, в 2016 – 16, в 2017 – 21, а в 2018 – 22 вагона.

Аналогичная ситуация происходит по станции Белогорск. Количество вагонов, прибывающих с Дальневосточной железной дороги, у которых в пути следования допущено расстройство погрузки и другие коммерческие неисправности, увеличивается с каждым годом, что негативно сказывается на обеспечении безопасности движения и сохранности перевозимых грузов. Все это влечет за собой нежелательные отцепки вагонов.

Анализ отцепок за последние два года показал увеличение процента отцепленных вагонов к погрузке и превышение общесетевого показателя при перевозке лесоматериалов с 0,65% за 12 месяцев 2017г. до 0,91%, при общесетевом показателе за 12 месяцев 2018г. – 0,50%. При перевозке металлопродукции допущено увеличение процента отцепленных вагонов к погрузке и превышение общесетевого показателя с 0,29% за 12 месяцев 2017г. до 0,33%, при общесетевом показателе за 12 месяцев 2018 г. – 0,10%. При перевозке техники также допущено увеличение процента отцепленных вагонов к погрузке и превышение общесетевого показателя с 15,63% за 12 месяцев 2017г. до 22,54%, при общесетевом показателе за 12 месяцев 2018г. – 6,34%. При перевозке других грузов также допущено увеличение процента отцепленных вагонов к погрузке и превышение общесетевого показателя с 0,02% за 12 месяцев 2017 г. до 0,03%, при общесетевом показателе за 12 месяцев 2018 г. – 0,02%. Уменьшение процента отцепленных вагонов к погрузке достигнуто при перевозке ЖБИ с 0,21% за 12 месяцев 2017г. до 0,09%, но он превышает общесетевой показатель за 12 месяцев 2018 г. – 0,07%.

На ПКО, КПБ Забайкальской железной дороги (Карымская, Белогорск, Сковородино) за 12 месяцев 2018 г. отцеплено 304 вагона погрузки станций Забайкальской железной дороги с коммерческими неисправностями, против 175-ти вагонов, отцепленных за 12 месяцев 2017 г., что на 129 вагонов или на 74% больше. По родам перевозимых грузов отцепки за 2017–2018 гг. распределились следующим образом: лесоматериалы – увеличение на 22 вагона, металлопродукция – увеличение на 11 вагонов, ЖБИ – уменьшение на 1 вагон, техника – увеличение на 100 вагонов) и снижение на 3 вагона по другим грузам.

Существующие технические системы контроля коммерческих неисправностей при пропуске и осмотре поездов уже технически и морально устарели.

Эксплуатация и обслуживание применяемых технических средств контроля позволили выявить проблемные вопросы в хозяйстве грузовой и коммерческой работы, представленные на рис. 1.

Рис. 1. Предпосылки развития и обновления технических средств

В период активно развивающихся информационных, цифровых технологий в условиях роста грузопотока в сторону восточных портов, перспективными являются методы применения предиктивной аналитики в технологии пропуска и осмотра поездов и вагонов. Задачей этого метода является определение предикторов (параметров), которые влияют на прогнозируемое событие. Конечная цель – это принятие оптимальных решений и идентификация возможностей для составления наилучших прогнозов и определения рисков. Методы предиктивной аналитики уже получили развитие в таких областях, как финансовые услуги, страхование, торговля, туризм, медицина.

В сфере транспорта его использование эффективно для пассажирского комплекса с целью расширения сферы услуг, улучшения сервиса, развития маршрутной сети пассажирских сообщений [1]. Применение такого метода также приемлемо в сфере пропуска и осмотра поездов и вагонов с целью осуществления контроля за коммерческими неисправностями подвижного состава и принятия эффективных решений.

Только достоверные и объективные аналитические данные, характеризующие состояние транспортных средств и находящегося в них гру-

за позволят принять оптимальное решение, обеспечив наилучший прогноз результатов и определить риски.

Получение таких данных в технологии коммерческого осмотра транспортных средств позволит обеспечить новая автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов, усовершенствованная лазерным оборудованием – АСКО ПВ 3D, представленная на рис. 2.

Рис. 2. Система лазерного сканирования АСКО ПВ 3D

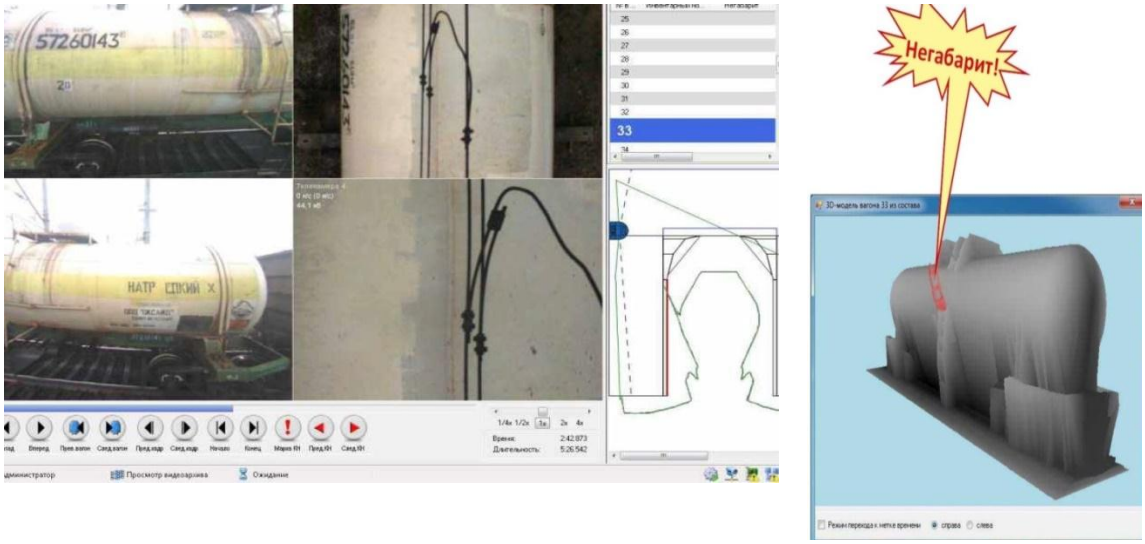


Рис. 3. Визуализация 3D модели вагонов

Обновленное оборудование системы АСКО ПВ 3D – многофункционально, выполнено с использованием новейших технологий и способно выполнять уже отработанные алгоритмы наиболее качественно и опера-

тивно, что немало важно для обеспечения максимальной пропускной способности станций (рис. 3).

В соответствии с реализацией инвестиционного проекта Забайкальского территориального центра фирменного транспортного обслуживания на 2019–2022 годы и перспективными планами развития и обновления технических средств хозяйства грузовой и коммерческой работы планируется до 2023 года провести модернизацию всех уже установленных систем и дополнительно установить системы АСКОПВ 3D на станции Сковородино нечетного направления, а также на станции Могоча четного направления [3].

Тем самым, мы будем иметь полигон дороги, защищённый со всех подходов автоматическими системами коммерческого осмотра, что позволит минимизировать задержки поездов по натурному коммерческому осмотру, обеспечить сохранность перевозимых грузов, повысить гарантированную безопасность перевозочного процесса, получить экономический эффект за счет сокращения эксплуатационных расходов и увеличения скорости доставки грузов. После установки и настройки всех систем на полигоне можно будет осуществить установку дополнительного программного обеспечения, которое позволит при работе соответствующих алгоритмов выявлять даже незначительное смещение груза в пределах габарита погрузки при проследовании состава поезда через две и более системы, что даёт огромное преимущество по сравнению с существующими технологиями коммерческого осмотра.

Библиографический список

1. Вестник АСУ «Экспресс-3» : информационный бюллетень. Выпуск 14. 2017 г. Режим доступа : www.vniizht.ru ; сайт АСУ «Экспресс-3». Режим доступа : http://10.17.226.192:8000/express3/

2. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года. «Белая книга», 2015. 63 с.

3. Инвестиционный проект Забайкальского территориального центра фирменного транспортного обслуживания на 2019–2021 гг.

4. Материалы XLI Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева на тему : «Инновационные технологии на транспорте : образование, наука, практика» (3–4 апреля 2017 г.). Т. 3

Р.А. Насаченко, А.В. Дороничев
Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ УДАЛЕННЫХ АЭРОДРОМОВ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ REMOTE TOWER

В статье рассматривается перспективный метод организации воздушного движения на аэродромах с интенсивностью полетов менее 10 самолетов в сутки, где диспетчерское обслуживание не оправдывается из-за больших затрат на организацию.

Ключевые слова: воздушный транспорт, Remote Tower System.

Организация воздушного движения на аэродромах с малой интенсивностью (менее 10 самолетов в сутки) является невыгодной с точки зрения расходов на содержание кадров, что рождает более высокую цену на обслуживание для эксплуатантов и пользователей воздушного пространства.

В настоящий момент данную проблему можно решить за счет применения новейшей в области организации воздушного движения технологии как RTS ((Remote Tower System – переводится как система удаленных КДП (контрольно-диспетчерский пункт)). Это совершенно новый подход к организации работы. Технология предполагает наличие централизованой сети. По периметру на значительном расстоянии располагаются аэродромы с низкой интенсивностью полетов, а в центре единый центральный КДП, откуда одновременно ведется работа по всем аэродромам (рис. 1).

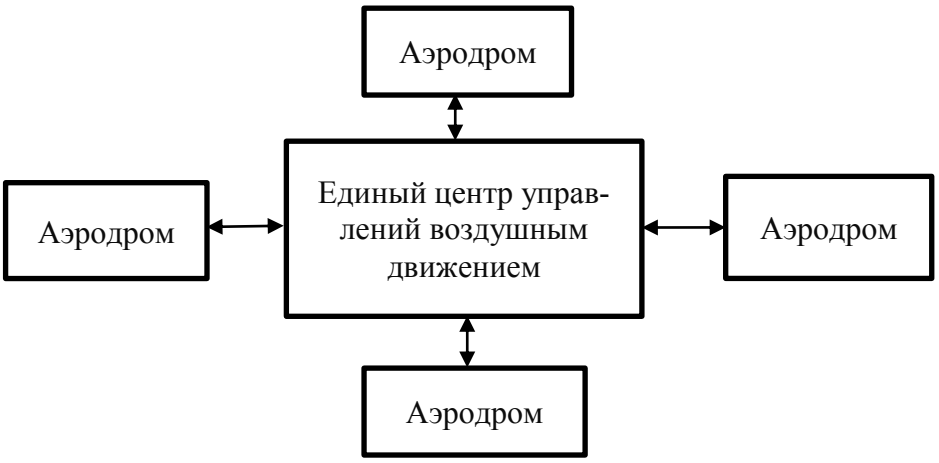


Рис. 1. Схема работы

Во всем мире поставщики аэронавигационного обслуживания (АНО) заинтересованы в такой технологии. Множество стран уже находятся на завершающей стадии внедрения. В США и Европе к 2020 году разработаны и уже внедряются программы NextGen и SESAR [2].

Сама программа разработана в Швеции компанией Saab на аэродроме Эрншельдсвик. Работает она следующим образом: за десятки километров в единый центр УВД передается вся необходимая информация по работе небольших аэродромов, далее, анализируя эту информацию, диспетчеры принимают решения.

В Австралии также тестируются подобные системы. Первое в мире автоматизированное рабочее место диспетчера было установлено компанией Sensis-Saab.

Sensis-Saab – компания, базирующаяся в США Нью-Йорк. Основным продуктом является средства для поддержки принятия решений в сфере управления воздушным движением.

В рамках программы по строительству и обновлению аэродромных вышек компания выбрала небольшой аэродром Alice Springs, далее на расстоянии полутора тысяч километров был построен КДП в Adelaide в целях проведения испытаний в круглосуточном режиме. На основе данных проверок было наглядно представлена сама система, а также большой потенциал на будущее развитие. Система предполагает разделение на 2 компонента.

Во-первых, это непосредственно взлетно-посадочная полоса, рулежные дорожки с камерами, микрофонами, прожекторами и различными датчиками на мачтах.

Во-вторых, это КДП расположенное на расстоянии, куда поступает вся информация, и на ее основании диспетчер осуществляет свою деятельность, как будто он находится в обычном стационарном КДП. При данном раскладе Федеральные авиационные правила (ФАП ОрВД), а именно, рабочее место аэродромного диспетчера должно обеспечиваться полным визуальным обзором контролируемого воздушного пространства со своего рабочего места не нарушаются [2].

Решается задача путем установки на рабочем месте диспетчера высококачественных жидкокристаллических дисплеев вкруг, наблюдения круговой картины аэродрома, заменяя вид на 360 градусов с окон обычной аэродромной вышки. При этом значительно ощущается экономия за счет:

- возведения КДП на каждом аэродроме,
- содержания служб УВД,
- времени ввода в эксплуатацию аэродрома, задел на повышение безопасности полетов и пропускной способности [4].

Основным значением является возможность с одного рабочего места координировать работу не только одного аэродрома, но и на нескольких одновременно, а также широкие возможности работы в нештатных ситуациях.

В России, по данным Министерства транспорта, для организации аэронавигационного обслуживания задействовано 26 тысяч человек, хотя в той же Австралии при той же численности аэродромов лишь 4 тысячи. В России данная система может зарекомендовать себя в таких регионах как Сибирь и Дальний Восток [2].

RTS позволяет значительно экономить организациям, осуществляющим ОВД, вследствие экономии на аэронавигационном обслуживании, и как следствие освободившиеся денежные потоки можно задействовать на модернизацию наземного оборудования. Это является большим заделом на будущее, что в дальнейшем все процессы будут автоматизированы, система будет работать без участия человека, собирать всю необходимую информацию по аэродрому (метеоусловия, передвижение наземного транспорта, взлетающими и выполняющими посадку ВС), информировать Единый Центра УВД о возможности или не возможности принять воздушное судно.

Предполагается, что система будет работать в автоматическом режиме, а человек лишь будет выступать в качестве оператора системы с функцией контроля и действовать в случае чрезвычайной ситуации, при ошибке, отказе и отклонении от нормальной работы системы. В целях минимизации возможных ошибок контролируемого воздушного пространства в полном объеме предусматривается наличие дублирующих технических средств связи и контроля. Очень важным элементом успешной работоспособности системы является надежность и бесперебойность каналов связи.

В России во множестве регионов отсутствуют каналы наземной связи и единственным вариантом информационного обмена является спутниковая связь, которая функционирует на базе ретрансляторов. Такая связь характеризуется высокой степенью надежности, благодаря этому контроль воздушного пространства может осуществляться из любой точки мира и при этом вести обмен информацией с воздушными судами с минимальными потерями. Дальнейшее развитие спутниковой связи в данной отрасли позволит прокладывать новые, более оптимальные маршруты и значительно повысить регулярность и безопасность полетов [5].

Несмотря на преимущества, спутниковая связь имеет ряд недостатков. Для минимизации последствий недостатков, так как между аэродромом и удаленным КДП большой объем трафика, наиболее подходя-

щей выглядит перспектива использования комбинации систем, где акцент делается на использование геостационарных спутников-ретрансляторов, основанные на технологии VSAT (Very Small Aperture Terminal). Это малая спутниковая земная станция, то есть терминал с небольшой антенной. VSAT технология используется в спутниковой связи с 1991 года. Сеть спутниковой связи включает три основных элемента:

- центральная земная станция в сети спутниковой связи – это центральный узловой элемент, который позволяет управлять работой всей сети, перенаправлении её ресурсов, обнаружении неисправностей, обозначение тарифов услуг сети и сопряжение с наземными линиями связи;
- абонентский VSAT терминал. Он включает в себя совокупность антенн и фидерного тракта, снаружи – внешний радиочастотный блок и внутри модем. Внешний блок состоит из небольшого приёмопередатчика и приёмника. Внутренний блок сопрягает спутниковый канал с терминалом оборудованием пользователя (ЭВМ, сервер, телефон, факс и т.д.);
- спутники-ретрансляторы VSAT устроены на основе геостационарных спутников связи. Они позволяют максимально упростить конструкцию терминала абонента и снабдить их фиксированными антеннами без самой системы слежения за спутником. Спутник получает сигнал от станции на земле, обрабатывает его и перенаправляет обратно на Землю. Одной из важнейших характеристик спутника являются мощность передатчиков на борту ВС и количество радиочастотных каналов (стволов и транспондеров) на нём. Для обеспечения работы через небольшие абонентские станции на основе VSAT требуются передатчики с выходной мощностью около 40 Вт. Нынешние VSAT работают в Ku-диапазоне частот 11/14 ГГц (одно значение частоты на приём, а другое на передачу); также есть системы, использующие С-диапазон 4/6 ГГц, также сейчас осваивается Ka-диапазон 18/30 ГГц. Согласно принятой классификации VSAT антенны на спутниковых станция имеют диаметр не более 2,5 метров, и для данной технологии упрощена процедура на получение разрешения для использования той или иной частоты.

Для работы диспетчера при реализации радиообмена и позиционирования целесообразно использование негеостационарных систем, в целях исключения даже минимальных задержек передачи сигналов, независимо от точки на земле. Однако данный вариант, рассматривая в сравнении с геостационарными, позволяет работать в полярных и приполярных широтах и обеспечивать минимальную задержку передачи звука между абонентами, включая полярные области.

Устройства, передающие сигнал, имеют компактные и минимальные массовые характеристики, что могут располагаться на любом самолете. В частности связь осуществляется посредством автоматического зависимого наблюдения контрактного типа (АЗН-К) в рамках системы (Future Air Navigation System), что особенно актуально при решении задач диспетчерского обслуживания в малонаселенных и островных районах, а также при построении оптимальных маршрутов движения воздушных судов (ВС) [8]. Работает АЗН-К по принципу вторичной радиолокации. Необходимая информация посылается, на основании запроса, получаемого трансивером на борту. В следствие, вторичный локатор связывается с ВС по низкоскоростной цифровой линии передачи данных, который функционирует по принципу запрос-ответ. Если бы передающая антенна локатора была бы ненаправленной, то широковещательный процесс вызвал поток ответов от всех ВС, находящихся в зоне действия. Поэтому такой локатор должен посылать бортом не широковещательные, а адресные запросы, чтобы не допустить наложения ответов (рис. 2).

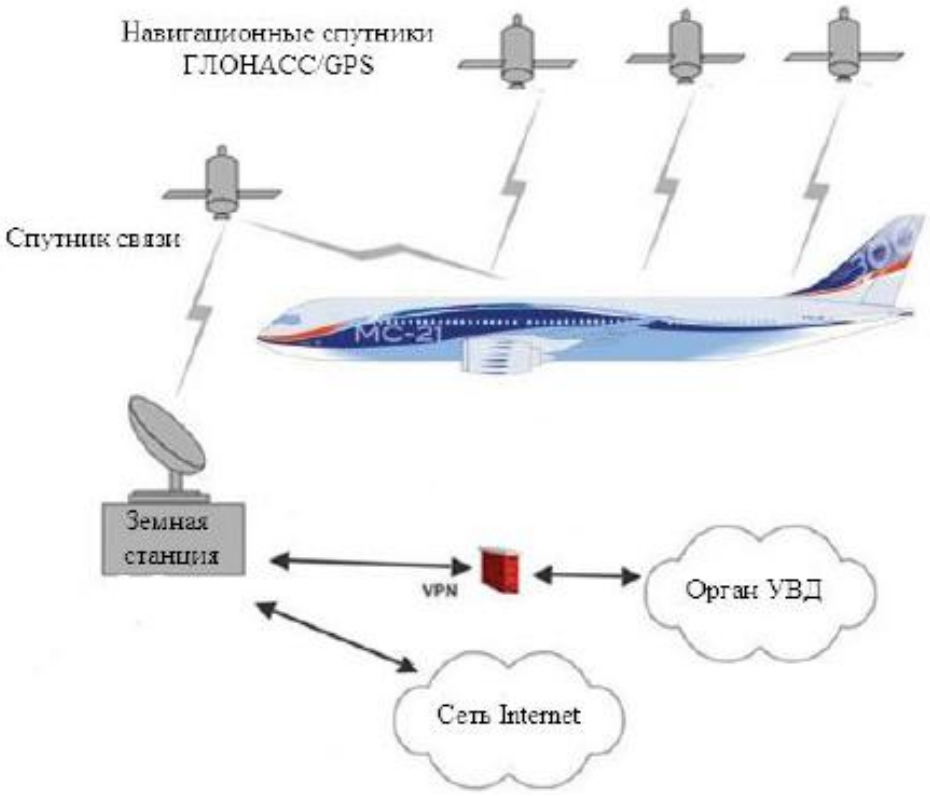


Рис. 2. Принцип работы системы FANS

Для функционирования аэродрома, контроля процессов обслуживания, передвижения ВС необходимо наличие современных, высококачественных камер видеонаблюдения, однако спутниковые каналы не позволят передать такие объемы информации единовременно. Для решения данной задачи предусматривается совершенно иной способ наблюдения. Для повышения осведомленности диспетчера о воздушной обстановке предлагается использование систем наблюдения, основанных на концепции «виртуального двойника» контролируемого ВС. Предлагается дополнить существующий регламентированный набору требуемых данных также возможностью предоставления через спутниковый канал связи расширенной полетной информации (рис. 3).

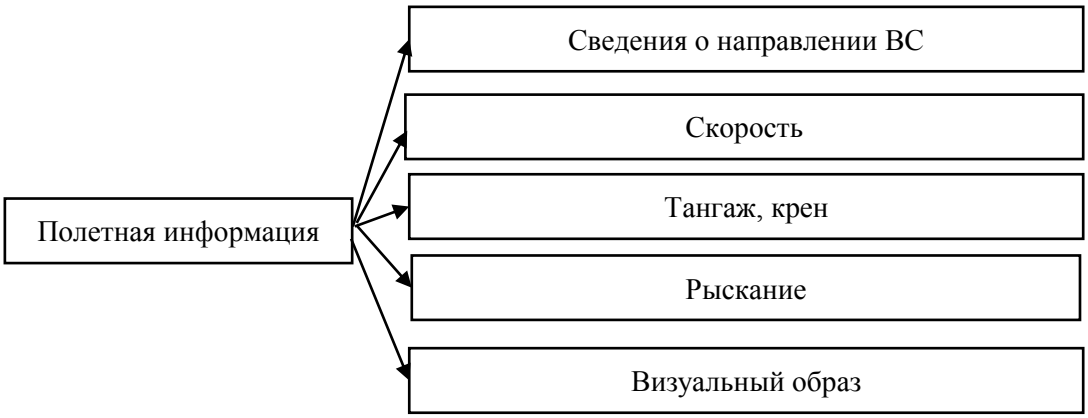


Рис. 3. Полетные данные

Информация передается в режиме реального времени на высокопроизводительной ЭВМ, расположенной в ЕЦ АУВД. Таким образом, процесс самолетовождения обеспечивается взаимодействием трех независимых ЭВМ: бортовой на контролируемом ВС, аэродромной ЭВМ и ЭВМ удаленного КДП (рис. 4).

Удаленный КДП принимает данные, которые приходят от бортовой ЭВМ контролируемого ВС, а также от ЭВМ, находящейся на удаленном аэродроме. Сервера удаленного аэродрома собирают, обрабатывают информацию, которая поступает от наземных средств радиолокации, средств контроля над окружающей обстановкой и состоянием аэродрома (рис. 5). Если совместить эти данные с уже существующими в ЭВМ удаленного КДП сведениями об особенностях и характеристиках ВС, физики и метеосостояния атмосферы, а также карты местности с особенностями рельефа возможно получение «виртуального двойника» ВС, который отображается в виде 2D 3D изображения на мониторе ином средстве диспетчера (рис. 5).

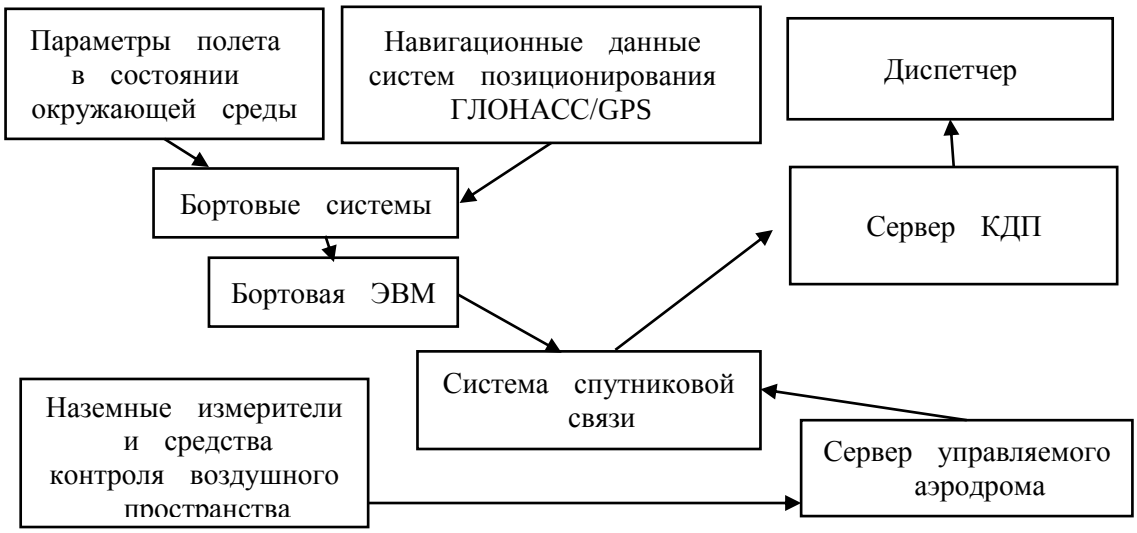


Рис. 4. Взаимодействие электронно-вычислительных машин в системе УВД

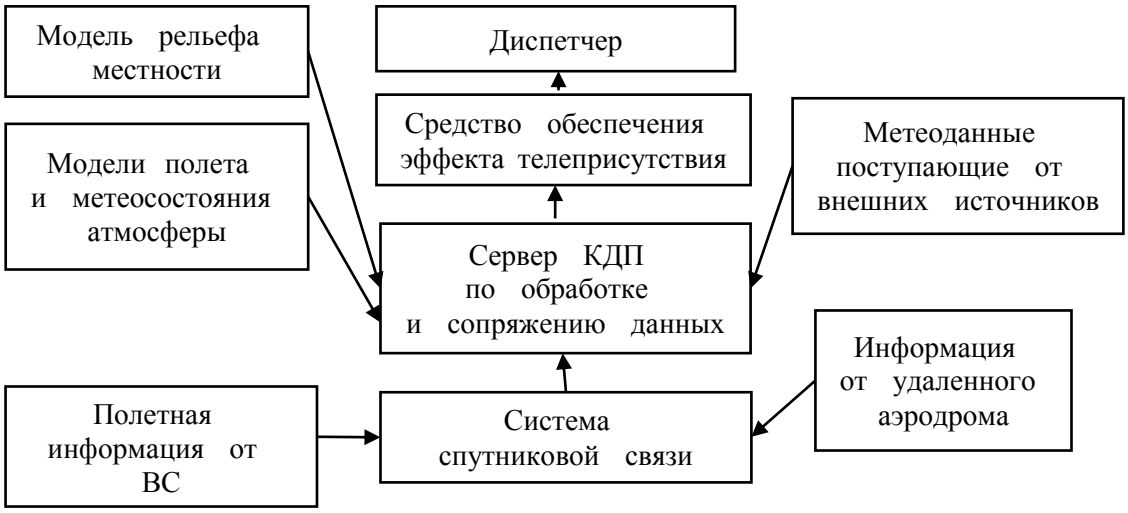


Рис. 5. Формирование виртуального двойника

Из-за небольшого объема необходимых данных имеется возможность использование даже низкоскоростных каналов связи (включая расположенные на низкой орбите ССС). Преимущества данного вида диспетчерского обслуживания представлены на рис. 6.

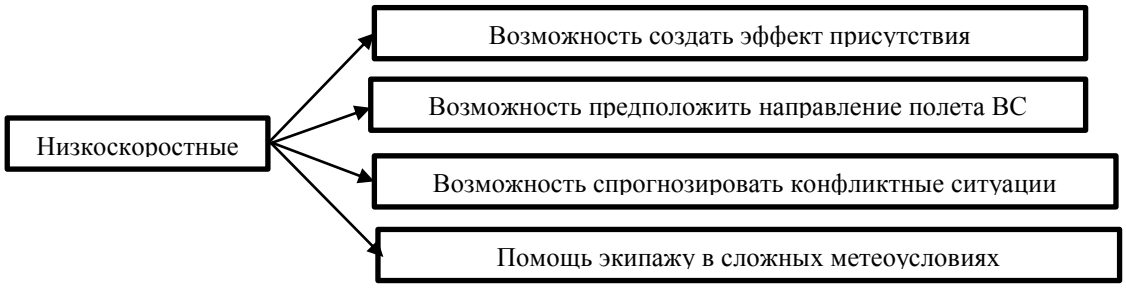


Рис. 6. Преимущества каналов низкоскоростной связи.

Анализируя вышесказанное, предлагаемый метод в совокупности с системами наблюдения аэродрома, позволяет выстроить систему такого видения диспетчера, благодаря которой вероятность каких-либо отказов будет сведена к минимуму в любое время суток и при любой метеобстановке, что, несомненно, скажется на безопасности полетов ВС.

Подводя итог можно отметить, на сегодняшний день система удаленного управления аэродромом является весьма перспективной, особенно на Дальнем Востоке, за счет сочетания высокого уровня эргономичности, эффективности, возможности уменьшения расходов на аэронавигационное обслуживание, что может сделать воздушные перевозки в регионах России более рентабельными.

Библиографический список

1.Janny Beechener. Remote tower stride ahead // Jane’s Airport Review. 2013, № 4. Pp. 16–17.

2. Моисеенко И.Н. Приоритетные направления создания и развития систем удаленного наблюдения для КДП аэродрома // Аэрокосмическое обозрение. 2014. № 3. С. 16–19.

3. Karl Vadaszffy. From a distance // Air Traffic Technology International Showcase 2015. 2015. № 1. Pp. 14–18.

4. Friedrich, Maik Möhlenbrink, Christoph. Which data provide the best insight? A field trial for validating a remote tower operation concept // Tenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar ATM2013. 2013. № 1. Pp. 193–203.

5. Нечаев Е.Е., Лазарев А.И. Спутниковая связь в дистанционной системе управления воздушным движением // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 209. С. 25–29

А.Д. Плотникова, Н.В. Демина
Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
г. Хабаровск, Россия

ОБ ОСНОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВКЛАДЫШЕЙ И МЯГКИХ КОНТЕЙНЕРОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГЛИНОЗЁМА В ПОЛУВАГОНАХ

В статье рассмотрены варианты перевозки сыпучих грузов, проанализирована эффективность применения вагонных вкладышей и мягких контейнеров при перевозке глинозема. Также были рассмотрены их основные характеристики и сферы применения. Проанализированы вопросы организации перевозки из порта Ванино на станцию Багульная с использованием вагонов хопперов и универсальных полувагонов. Рассчитана экономическая эффективность применения современных технологий при перевозке глинозема во вкладышах в полувагоне.

Ключевые слова: вагонный вкладыш, мягкий контейнер, биг-бэг, Ванино, полувагоны, глинозем, РУСАЛ.

Глинозем, или оксид алюминия, является одним из самых востребованных и распространенных веществ во всем мире. Его применяют не только в качестве сырья для производства алюминия, но и для изготовления огнеупорных и абразивных материалов, синтетических драгоценных камней, различных специальных видов керамических изделий. В ряде ключевых промышленных производств глинозем является катализатором, ускоряющим химические реакции.

По своим физическим свойствам он представляет собой кристаллический бесцветный порошок, очень легко впитывающий влагу, т. е. обладающий высокой гигроскопичностью. Получают глинозема в основном методом Байера, суть которого состоит в выщелачивании предварительно измельченного боксита щелочным раствором и дальнейшем выделении после фильтрации гидроксида алюминия. В настоящее время данный способ считается наиболее экономичным и простым в применении, позволяя получить при этом высококачественный глинозем.

Одной из крупнейших российских компаний, активно потребляющих и перерабатывающих глинозем, является компания РУСАЛ – Русский Алюминий. Активы данной компании расположены в 13 странах на пяти континентах. В ее состав входят предприятия по производству алюминия, глинозема и бокситов на территории России, а также иностранные предприятия, вошедшие в результате серии слияний. Произ-

водственные мощности компании составляют 4,5 млн тонн алюминия и 12 млн тонн глинозема в год.

Глинозема, выработанного на территории России, не хватает для загрузки всех мощностей компании, поэтому РУСАЛ импортирует глинозем из других стран, в частности Австралии. Австралийская компания Queensland Alumina Limited, филиалы которой расположены в городах Гладстон и Квинсленд, является крупнейшим в мире производителем глинозёма. В 2005 году была произведена сделка по приобретению РУСАЛом 20% акций завода Queensland Alumina Ltd, после чего началась активная транспортировка глинозема из-за рубежа. Уже на протяжении более 15 лет компания РУСАЛ осуществляет поставку глинозема через порт Ванино. На долю глинозема, а именно 1,5 тыс. тонн ежегодно, приходится более 90% грузооборота этого порта.

Из Австралии глинозем поступает в балкерах – специализированных судах для перевозки грузов насыпью. Из балкеров глинозем выгружается с помощью вакуумного судоразгрузчика, производительность которого не менее 850 тонн/час, поступая сразу либо на станцию загрузки вагонов, либо на силосный склад. Максимальное время разгрузки судна – 9 дней, иначе при превышении сроков могут последовать штрафные санкции РУСАЛу от судовладельца.

Завод Русского Алюминия, куда отправляется весь импортируемый глинозем, находится в Братске. Доставка осуществляется железнодорожным транспортом. Ранее для перевозки глинозема из порта Ванино использовались различные виды хопперов – саморазгружающихся бункерных грузовых вагонов для перевозки массовых сыпучих грузов. Кузов таких вагонов имеет характерную форму воронки, в нижней части которой расположены люки; при их открытии груз высыпается через них под собственным весом, что способствует быстрой разгрузке. Данный вид перевозки относится к бестарным, т. е. груз засыпается непосредственно в сам вагон.

Альтернативные варианты перевозки стали предлагаться после увеличения потребности отечественной промышленности в специализированном подвижном составе, а именно минераловозах, зерновозах, в которые осуществлялась погрузка глинозема.

Первой компанией, ставшей применять инновационный метод погрузки сыпучих грузов в полувагоны является компания «ВЛ ЛОДЖИСТИК». С участием Дальневосточной железной дороги были опробованы альтернативные технологии перевозки глинозема. Идея заключалась в использовании вагонных вкладышей и мягких контейнеров при перевозке глинозема в универсальных полувагонах с люками.

Вагонный вкладыш – это повторяющий очертания вагона мягкий короб, сшитый из ламинированной ткани, с боковыми и торцевыми крышками для укрытия груза. Данная упаковка полностью защищает груз от воздействия факторов окружающей среды. Сыпучие грузы защищены от просыпания, слёживания, выдувания и загрязнения. Возможно изготовление различных видов вкладышей, начиная от персональных размеров для определенных видов подвижного состава, изменениями в составе ткани вкладыша для увеличения его прочности и долговечности, дополнительными завязками и креплениями. В основном при использовании данной технологии груз засыпается непосредственно в вагонный вкладыш и перевозится в открытом подвижном составе. Но также для дополнительной вагонные вкладыши используют в качестве транспортной тары для уже фасованного груза в мешки и т.д.

Мягкий контейнер (МКР или биг-бэг) представляет собой транспортную тару, также изготавливаемую из полипропиленовой ткани и имеющую от одной до четырех грузоподъемных строп. В зависимости от множества параметров груза МКР производятся из полипропилена различной плотности и грузоподъемности. Могут изготавливаются с дополнительными элементами – внутренним вкладышем, наружным чехлом, загрузочными и разгрузочными люками и др. По частоте использования делятся на одноразовые и многоразовые. Они могут быть конструктивно адаптированы под любое погрузочно-разгрузочное оборудование и различные станции затаривания и разгрузки. В настоящее время в МКР перевозят продукцию строительной индустрии, сельского хозяйства, химической, медицинской, пищевой и металлургической промышленности. Вместимость таких контейнеров от 300 до 1500 литров, грузоподъемность до 3000 кг. Температура, при которой возможна эксплуатация данной тары – от –40 до +80 °С. МКР удобно перемещать, подняв его за стропы, или установив на поддон, что дает возможность использования погрузчиков с вилами.

Наиболее заметный экономический эффект оказался в сокращении расходов на перевозку. Удешевление перевозки произошло за счет более низкого тарифа при использовании универсальных полувагонов, по сравнению со специализированными вагонами хопперами. По результатам расчета ж\д тарифа на перевозку прямым маршрутом от станции Ванино до станции Багульная, которая находится в Братске, ее стоимость составила 113024,40 руб. при использовании хоппера, и 106635,60 руб. при перевозке в полувагоне.

Также за счет использования одноразовых вкладышей сокращаются порожние пробеги подвижного состава, и как следствие снижаются расходы на обратный прогон вагонов в окончательной стоимости перевозки

для компании РУСАЛ. В случае хопперов порожний пробег обязателен – вагоны, освобожденные от глинозема, возвращаются порожними на станцию отправления, Ванино, где снова должны быть запущены под погрузку глинозема. Таким образом возврат вагонов обходится в 70087,20 руб., что в значительной степени повышает цену на доставку и без того дорогого груза. При использовании вкладышей не нужно осуществлять дополнительную промывку и санобработку подвижного состава после выгрузки. Поэтому вагон в абсолютно чистом состоянии может быть подан под погрузку любого другого груза, например, первичного алюминия, произведенного этим же заводом, что уже снижает стоимость транспортировки глинозема.

Еще одним неоспоримым преимуществом использования данной технологии является уменьшении потерь и порче груза при транспортировке. Вагонный вкладыш полностью защищает груз от воздействия внешних погодных условий. По статистике при использовании вкладышей средний показатель потери груза стремится к нулю, при том, как при без вкладыша данный показатель составляет от 3 до 7%. Также применение данной технологии позволяет увеличить срок службы подвижного состава из-за отсутствия контакта груза со стенками вагона.

Для осуществления задуманной технологии в порту Ванино была организована специальная площадка для подготовки полувагона к основным технологическим операциям, закрепления траверсы, оборудование вагона вкладышем и т.д. Здесь же располагается склад хранения вкладышей и рам. Выработанная технология позволяет значительно сократить время на экипировку вагона, а также подачу его под погрузку и отправку на заводы Русского Алюминия, которые в свою очередь выработали технологии по быстрой выгрузке вагонов.

На бункере АО «Порт Ванино» также используется модернизированная аспирационная система для пылеподавления в процессе перегрузки сыпучих грузов. Для сбора осевшего, сухого материала с причала используется вакуумный погрузчик. Также если раньше технология предполагала загрузку всего двух горловин, в то время как остальные были открытыми и пылили, то сейчас все горловины закрыты, что минимизирует эффект вторичного пыления.

К дальнейшим планам по развитию инфраструктуры Дальнего Востока можно отнести постройку нового глиноземного терминала в порту Ванино. РУСАЛ планирует построить терминал на 1,5 млн т в год с возможностью увеличения до 3 млн т. Объем инвестиций – 5,4 млрд руб., из них 2 млрд – деньги федерального бюджета. По данным, полученным в начале 2019 года, уже были получены все необходимые одобрения, со-

гласования, заключения по проектной документации в федеральных, региональных ведомствах и министерствах, в частности в Федеральном агентстве по рыболовству, Росморречфлоте, Росморпорт, Министерстве транспорта, Таможенной и Пограничной службе ФСБ РФ, Минобороны России, РЖД, Роспотребнадзором и Россельхознадзором.

Таким образом, возможно перенесение данной технологии на другие виды транспорта, а также ее использование с другими типами грузов. В настоящее время ведутся различные конструкторские разработки, а также научно-исследовательские работы по усовершенствованию и внедрению вагонных вкладышей и МКР при транспортировке.

Библиографический список

1. Ванино хочет развития [Электронный ресурс] / Информационный портал Дальневосточного побережья наша-гавань.рф; Петров С. Электрон. дан. 2018. Режим доступа : http://наша-гавань.рф/news/ 413706579, свободный

2. Вкладыш для глинозёма [Электронный ресурс] / Павел Усов, соб. корр. «Гудка» // Gudok.ru, Дальневосточная магистраль. Вып. № 7, 2016. Режим доступа : https://www.gudok.ru/zdr/171/?ID=1344304&sphrase_id=21108, свободный. Загл. с экрана

3. Глинозем. Рентгенодифракционный метод определения альфа-оксида алюминия [Электронный ресурс] : ГОСТ 6912.1-93. Введ. 1995-01-01. Режим доступа : Система Кодекс-клиент

4. Головина А.С. Анализ способа перевозки сыпучих грузов с использованием полимерных вкладышей // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 1. С. 59–62

5. Головина А.С. Экономическая целесообразность применения полимерных вкладышей при перевозках сыпучих грузов // Успехи современной науки, 2016. С. 19–22. 5 т, № 11

6. Головина А.С. К вопросу о повышении сохранности перевозимых сыпучих грузов на железнодорожном транспорте / А.С. Головина, Е.К. Коровяковский // Логистика – евразийский мост : материалы XIII Международной научно-практической конференции, 2018. С. 76-79

7. Грузовые перевозки: РУСАЛ, ДВЖД и порт Ванино полностью перешли на новые технологии перевозки импортного глинозема в Сибирь [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1343241, свободный. Загл. с экрана

8. Когда новые инвесторы придут в Хабаровский край [Электронный ресурс] / О строительстве глиноземного терминала в порту Ванино. Электрон. дан. 2019. Режим доступа : https://amurmedia.ru/news/797706/?from=31, свободный. Загл. с экрана

9. ПГК начала перевозить глинозем из Находкинского морского торгового порта [Электронный ресурс] / И. Таранец, соб. корр. «Гудка» // Gudok.ru, Дальневосточная магистраль. 2019. Режим доступа : https://www.gudok.ru/news/?ID=1455312, свободный. Загл. с экрана

О.Л. Помыткина
Красноярский техникум железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Россия

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАНЦИЯ КРАСНОЯРСК-ВОСТОЧНЫЙ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СОВМЕЩЕННЫХ ОСМОТРОВ: КОММЕРЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В статье «Железнодорожная станция Красноярск-Восточный в условиях применения совмещённых осмотров: коммерческого и технического. Экономические аспекты» приводится один из вариантов совершенствования работы сортировочной станции, т.е. объединение таких наиболее важных операций как технический и коммерческий осмотры путем совмещения профессий.

Кроме этого, в статье перечислены дополнительные расходы при совмещении профессий и как после обучения осмотрщиков вагонов на должность приемщика поездов изменится заработная плата и увеличится ФОТ для эксплуатационного вагонного депо Красноярск-Восточный.

Ключевые слова: осмотрщик вагонов, приёмосдатчик груза и багажа, приемщики поездов, коммерческий и технический осмотры.

Особая роль железнодорожного транспорта состоит в развитии транспортной инфраструктуры на направлениях запад – восток, север – юг. В недалекой перспективе он станет центральным звеном в создании пяти евроазиатских транспортных коридоров, транспортным мостом между Европой, Азией и Америкой.

На станциях начинается и заканчивается перевозочный процесс. Качество их работы определяет надежность и безопасность всей транспортной системы. Станциям принадлежит важная роль и в организации информационно-управляющего обеспечения всего перевозочного процесса.

Сортировочные станции предназначены главным образом для массовой переработки вагонопотоков, т.е. расформирования и формирова-

ния грузовых поездов в соответствии с действующим планом формирования поездов. На сортировочных станциях перерабатывают транзитные и местные вагонопотоки, формируют сквозные, участковые, сборные и участково-сборные поезда на примыкающие линии, а также вывозные и передаточные поезда до ближайших грузовых станций узла и промышленных станций, производят частичную переработку вагонов с изменением массы и длины составов, подборку (группировку) вагонов в составах передач на грузовые станции и пути необщего пользования, а также в составах сборных и других многогруппных поездов.

Красноярск-Восточный – внеклассная сортировочная станция. По объему работы она является не только одной из крупнейших станций магистрали, но и входит в число решающих сортировочных станций России. Станция располагается на Красноярской железной дороге, в Красноярском железнодорожном узле.

Для того чтобы справиться с большим объемом работы по переработке вагонов на сортировочной станции, необходимо постоянно совершенствовать работу станции так, чтобы формирование, расформирование и обработка составов происходило как можно эффективнее, но при соблюдении графика движения поездов, плана формирования и при обеспечении безопасности движения.

Одним из вариантов в совершенствовании работы сортировочной станции является объединение таких наиболее важных операций как технический и коммерческий осмотры путем совмещения профессий. При передаче штатной численности приемщиков поездов необходимо обучение осмотрщиков–ремонтников вагонов службы вагонного хозяйства в части осмотра поездов в коммерческом отношении. Необходимо дополнительно произвести расчет затрат на обучение осмотрщиков–ремонтников вагонов в части выполнения производства коммерческого осмотра состава. При этом с учётом взаимозаменяемости работников обучению подлежит весь штат осмотрщиков, кратно превосходящий штат дирекции управления движением.

При передаче штатной численности приемщиков поездов необходимо пересмотреть время на обработку вагонов в техническом и коммерческом отношении. На сегодняшний день время на обработку в техническом отношении составляет 45 мин, в коммерческом 30 мин, данные операции работниками ПКО И ПТО выполняются параллельно.

Парк «Г» – четный транзитный парк, включающий в себя тринадцать путей: главный для приема, отправления, пропуска четных транзитных поездов, пути для приема, отправления грузовых поездов обоих направлений.

В смену в парке «Г» транзитные поезда обрабатывают:

– 2 бригады ПТО – по 7 осмотрщиков-ремонтников и 1 старший осмотрщик-ремонтник;

– 1 группа ПКО – 2 приемщика поездов.

Соответственно, общее количество работников, числящихся в парке, составляет:

– работники ПТО – 42 осмотрщика-ремонтника, 5 старших осмотрщиков-ремонтников;

– работники ПКО – 10 приемщиков поездов.

Процесс осмотра вагона осмотрщиком при совмещении с работой приемщика будет выглядеть следующим: после осмотра технической части вагона с пролазкой по подвагонному оборудованию осмотрщик не сможет одновременно произвести качественный осмотр крепления и расположения груза и поэтому ему придется вернуться по вагону для выполнения коммерческого осмотра, в итоге осмотрщик вдоль одного вагона будет вынужден проходить 3 раза, следовательно и время на проход вдоль группы вагонов возрастет в 3 раза.

Совмещенный коммерческий и технический осмотр поездов, прибывающих в расформирование в парк «Г», включает в себя:

– контроль состояния вагонов и груза при встрече поезда «сходу» с двух сторон;

– отпуск тормозов;

– контроль ослабления или обрыв реквизитов крепления (при наличии вагонов, имеющих реквизиты):

– контроль наличия ЗПУ, исправность закидки двери у крытых вагонов;

– проверку фитингов и ушек у контейнеров;

– контроль сдвига груза;

– дача готовности состава к роспуску с горки в техническом и коммерческом отношении.

У осмотрщиков вагонов при обработке поездов будет отсутствовать время заниматься составлением актов общей формы, сверкой ЗПУ, занесением информации в книгу ГУ-98ВЦ, а также у осмотрщика вагонов нет условий для записывания в рабочий блокнот выявленных коммерческих неисправностей, в процессе работы, замазученными руками доставать блокнот и производить записи, а особенно в условиях низких температур просто невозможно, следовательно для выполнения данной работы по аналогии, как осмотрщики передают информацию по радиосвязи о выявленных технических неисправностях в вагонах вагонному оператору, так необходимо будет ввести порядок передачи информации о коммерческих неисправностях по радиосвязи оператору, который будет

вести документацию по выявленным коммерческим несоответствиям, следовательно, для выполнения указанной работы нужно будет одного приемщика поездов из смены перевести на работу оператора.

Осмотрщик вагонов совместно с техническим осмотром будет производить коммерческий осмотр вагонов в прибывшем поезде. При отсутствии потребности в проведении коммерческого осмотра поезда (состав из порожних вагонов, вагонов, загруженных инертными грузами и т.п.) старший приемщик в бригаде ПКО, по маневровой радиосвязи сообщает осмотрщикам вагонов о том, что коммерческий осмотр данного поезда не требуется

В парке «Г» станции Красноярск-Восточный по штату работает по 2 приемщика в смену, всего 10 приемщиков поездов. При переводе одного приемщика на работу оператором, сокращению будет подлежать 5 приемщиков поездов.

Дополнительные расходы: при совмещении профессий осмотрщика вагонов и приемщика поездов необходимо будет осмотрщикам вагонов проходить ежемесячные тестирования в программе КАСКОР, ежеквартальные тестирования в программе АОС-Д и 1 раз в месяц посещать технические занятия на станции для приемщиков поездов, указанные виды тестирования и занятия проходят в свободное от работы время с почасовой оплатой среднего заработка.

После обучения осмотрщиков вагонов на должность приемщика поездов, оплата труда данных работников увеличится на 30% за совмещение профессий, что также даст увеличение ФОТ для эксплуатационного вагонного депо Красноярск-Восточный.

Курс «Организация движения на железнодорожном транспорте» является базовой дисциплиной специальности. В связи с реформированием системы управления перевозками, быстрым развитием эксплуатационной науки, широким внедрением в производство новой техники и компьютерных технологий курс дисциплины постоянно меняется.

Поэтому студенты должны овладевать теорией организации производственной деятельности сортировочных станций, управления перевозками на больших полигонах, планирования и нормирования технологических операций при безусловном обеспечении безопасности движения.

Библиографический список

1. Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2014. 368 с.
2. Временная технология работы пункта технического обслуживания и пункта коммерческого осмотра вагонов четной системы станции Красноярск-Восточный по организации совмещенного технического и коммерческого осмотра составов грузовых поездов, 2019 г. 16 с.
3. Работа сортировочной станции [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://studbooks.net/780601/tehnika/vvedenie. (Дата обращения: 01.05.2019)
4. Рекомендации по совмещению профессий. 2019. 26 с.

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

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Интервальное регулирование движения поездов оказывает большое влияние на выполнение пропускной способности железнодорожных участков.

В публикации представлен краткий анализ научных исследований по применению интервального регулирования на сети железных дорог России, а также что авторы понимали под этим понятием.

Ключевые слова: интервальное регулирование движения поездов, пропускная способность.

Системы интервального регулирования движения на железнодорожном транспорте в зависимости от места установки и применения используются как на перегонах, так и станциях. Они позволяют увеличить пропускную и провозную способность железных дорог, эффективность использования всех технических средств железнодорожного транспорта, повысить перерабатывающую способность станций, безопасность движения поездов, а также улучшить условия труда работников, связанных с движением поездов.

Технико-технологические решения по сокращению межпоездного интервала на участках, оборудованных автоматической блокировкой, относятся к интервальному регулированию. В общем случае межпоездной интервал это случайная величина, зависящая от большого количества факторов. Его наименьшее предельное значение определяется существующими на участке техническими средствами систем СЦБ и электроснабжения, состоянием пути и используемым подвижным составом. Перспективными решениями в области интенсификации перевозочного процесса для систем СЦБ следует считать спутниковое позиционирование головы и конца состава, однако и существующая система позволяет пропускать длинносоставные поезда с применением организационных мероприятий. Существующие на сети железных дорог ограничения пропускной способности по устройствам электроснабжения [1] обусловлены техническими параметрами электрификации участков железных дорог, проведенной в период 1950–80 гг. Заданная масса грузовых поездов в то время не превышала 4,5 тыс. т. В 90-х годах заданиями на проектирование предусматривался пропуск поездов массой 5,6 тыс. т, с интервалами следования 15 мин. На направлении Запад – Дальневосточный транспортный узел устройства электроснабжения по готовности к обеспечению пропуска поездов большей массы на различных участках неоднородны. Годы электрификации участков этого направления показаны в табл. 1.

Таблица 1

Электрификация на направлении Запад – Дальневосточный транспортный узел

Железная дорога	Год электрификации
Западно-Сибирская	1950–1960
Красноярская	1960
Восточно-Сибирская	1960
Забайкальская	1970–1990
Дальневосточная (южные припортовые участки)	1960–1970
Дальневосточная (участок Хабаровск – Уссурийск)	2002

В работе [2] Кенкадзе П.З. рассмотрен способ усиления пропускной способности железных дорог на основе блочного принципа движения поездов. Определяется уровень максимально возможной пропускной способности при безостановочном скрещении поездов на двухпутных и однопутных линиях.

В работе [3] Шелухин В.И. для организации движения при сокращении межпоездного интервала предлагает использовать радиотехниче-

скую систему интервального регулирования движением поездов. Она может обеспечить минимальный интервал попутного следования при безусловном выполнении требований безопасности движения. Методами теории дифференциальных игр и оптимального управления была рассмотрена задача возможности автоматического управления движения попутно следующих поездов с помощью радиотехнической системы интервального регулирования с учетом реальных возможностей существующих технических средств измерения, передачи информации и управления.

Было предложено использовать автономное высокоточное радиотехническое локомотивное устройство измерения параметров движения подвижного состава. Для устранения возможности возникновения в процессе функционирования экстремальных ситуаций, в этой системе, наряду с измерением пройденного пути, должны:

– определяться характер движения – ускоренное или замедленное;

– обнаруживаться опасные маневры впереди идущего поезда;

– при необходимости, осуществляться прицельное торможение или разгон с учетом профиля пути, тяговых и ходовых характеристик следующих поездов.

В работе [4] с учетом технического состояния автосцепных устройств установлены нормативы максимально допустимых растягивающих усилий, которые могут быть приложены от локомотива, находящегося в голове поезда: 95 тс при трогании с места из условия выполнения повторных торможений – 1200 м, порожних – 1600–1700 м. Расстановка локомотивов в голове и середине поезда снизят продольные силы при движении в переходных режимах на 30%.

Орлов А.В. [5] предложил способы автоматического определения абсолютной длины поезда. Им разработана интегрированная многоуровневая система управления и обеспечения безопасности движения поездов, использующих принципы координатного способа интервального регулирования с интерфейсом между подвижными объектами и центром управления по цифровому радиоканалу.

Канарская Л.А. [6] для организации регулярного движения ППМД обращает особое внимание на:

– безотказное действие системы синхронизации управления автотормозами и тягой локомотива;

– необходимость удлинения путей на промежуточных станциях для обгона и скрещения поездов;

– создание дополнительных парков или путей на технических станциях для осмотра и ремонта составов.

Вопрос об интервальном регулировании движения поездов всегда актуален, т.к. является первостепенным при рассмотрении вариантов для увеличения пропускной способности участков и железнодорожных станций. В существующем информационном развитии технических средств необходимо рассматривать интеллектуальное интервальное регулирование, как подвижного состава, объектов инфраструктуры, так и для роста производительности труда.

Библиографический список

1. Оптимизация системы тягового электроснабжения тяжеловесного движения на основных направлениях [Электронный ресурс] / А.А. Федотов, начальник Департамента электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД». Режим доступа : www.zeldortrans-jornal.ru/publik/ explotacion/train/november-05-10.htm /

2. Кенкадзе П.З. Увеличение пропускной способности железных дорог при движении поездов в блоках // Межвузовский сб. науч. тр. МИИТ, 1983, вып. 736, С. 90–94

3. Григорин-Рябов В.В., Шелухин О.И., Шелухин В.И., Леднев А.В. Повышение пропускной способности железных дорог и безопасности движения поездов с помощью радиотехнической системы // Межвузовский сб. науч. тр. МИИТ, 1983, вып. 736

4. Терещенко В.П., Кузьмина Е.И., Потапов А.С. Формирование и режимы вождения поездов повышенного веса и длины // Железнодорожный транспорт. 1989. № 10. С. 18–19

5. Орлов А.В. Совершенствование методов измерения параметров движения поездов : дисс. к.т.н. РГОТУПС, 2006

6. Канарская Л.А. Особенность расчета пропускной способности линий с грузонапряженностью однопутных линий более 25 и двухпутных более 120 млн. т.км. нетто/км. год. / под ред. д.т.н. Е.А. Сотникова и к.т.н. Л.А. Канарской // Сб. научн. тр. ВНИИЖТ. 1988.: Основные требования к параметрам особо грузонапряженных линий до 170 млн. т.км. нетто / км в год. С. 20–26

О.И. Рузанова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СИСТЕМОЙ ОБУЧЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕМ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ В РАМКАХ КОМПЛЕКСНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА»

В статье «Взаимосвязь между системой обучения и формированием новой технологии управления перевозками в рамках комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» изложен краткий процесс формирования новой технологии управления перевозками в рамках комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» и предложены пути подготовки специалистов среднего звена по специальности Организация перевозок и управление на транспорте.

Кроме того, в статье делается акцент на необходимость участия работодателя в проведении производственной практики и выполнения выпускной квалификационной работы с отработкой практических навыков на базе различных систем, применяющихся на сети железных дорог.

Ключевые слов: цифровая железная дорога, специалисты, логистика, инновационное развитие.

В настоящее время подготовка специалистов в области управления перевозочным процессом заключается преимущественно в изучении нормативных положений, регламентирующих организацию работы станций, полигонов и сети железных дорог в целом. Детально изучаются устройство и технологические процессы сортировочных и участковых станций, типы графиков движения поездов на различных участках с учётом достигаемой пропускной способности и участковой скорости. Изучается система организации местной работы, работы локомотивов и локомотивных бригад и др.

Однако железнодорожникам этого профиля необходимы знания и навыки организации перевозочного процесса. При высокой интенсивности движения поездов на основных направлениях сети дорог возникновение даже небольших затруднений может вызвать значительные отклонения от нормативного процесса поездной, маневровой и грузовой работы.

Между тем в учебниках можно найти только самые общие указания по организации перевозок в таких условиях.

Различные нестандартные ситуации не являются каким-то редким явлением – с ними постоянно сталкивается диспетчерский и дежурный персонал на всех уровнях управления.

В современных условиях освоения растущих объёмов перевозок, повышение качества услуг возможны лишь на основе совершенствования перевозочного процесса и внедрения инновационных решений [5]. Формирование новой технологии управления перевозками в рамках комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» предусматривает полную интеграцию интеллектуальных технологий грузовладельцев, операторов, транспортных средств, систем управления движением, инфраструктурой и коммерческой работой.

Информационные технологии стали одним из важнейших инструментов управления.

Научно-техническим проектом «Цифровая железная дорога» предусмотрены приоритетное развитие цифровых технологий и их внедрение в бизнес-процессы, в частности в транспортно-логистический бизнес-блок [5].

Разрабатывается концепция создания цифровой платформы транспортного комплекса. Это предполагает управление деятельностью по принципам онлайн ведения бизнес-процедур, согласованности действий участников, сквозного управления сервисами, а также инновационного программного обеспечения [5].

Сегодня много внимания уделяется принципу клиентоориентированности при оказании интегрированных логистических услуг.

Для успешной реализации научно-технического проекта необходимо располагать специалистами, имеющими необходимые знания.

Поэтому, в настоящее время в системе среднего профессионального образования должен идти научный поиск, совершенствоваться техника преподавания и внедряться практические решения в учебный процесс.

Ключевыми трендами в грузовых перевозках станут интеграция и интермодальность, зелёные технологии.

Генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёров сказал: «В грузовых перевозках и логистике мы планируем зайти глубоко «на территорию» крупнейших клиентов, полностью интегрируясь в их внутренние логистические процессы с точки зрения как перемещения грузов, так и информационных систем управления. Такая система позволит исключить потери времени и эффективности в цепочке поставок, сократить сроки и стоимость транспортировки».

Так, благодаря данным технологиям в грузовых перевозках, грузоотправители, подключённые к системе ЭТРАН, имеют возможность оформлять документы и оплачивать перевозки в режиме онлайн. Применяя цифровую подпись и электронное декларирование, сократилось время на таможенное оформление с трёх суток до одного часа.

Ещё одним направлением станут безлюдные технологии, в том числе поезда без машинистов и целиком автономные грузовые и пассажирские линии. Они позволят повысить скорости движения, сократить интервалы между поездами, снизить технологические риски.

Эволюция технологий повлечёт за собой соответствующие изменения в характере работы железных дорог. Так, например, можно будет отказаться от тяжелого ручного труда за счёт широкой автоматизации и применения робототехники.

Казалось бы, цифровая железная дорога позволит обойтись без технологических документов, однако это не так!

Поэтому при подготовке стратегических документов в транспортной сфере на уровне крупных транспортных компаний большое внимание уделяется развитию логистических возможностей для удовлетворения потребностей клиентов в комплексных услугах. Важное значение придаётся формированию долгосрочных программ сотрудничества с крупными грузоотправителями, организации взаимодействия всех участников перевозочного процесса на основе электронного документооборота и в том числе в международных мультимодальных перевозках грузов.

Своевременно реагировать на запросы времени, открывать специальности и направления подготовки специалистов должны образовательные организации.

«Умная» железная дорога потребует уверенных навыков работы в мультимодальной и цифровой среде, хороших знаний не только в области железнодорожного дела, но и в экономике, финансах, логистике. При этом уровень знаний необходимо совершенствовать регулярно.

Для специализированной подготовки студентов сверх государственных образовательных стандартов по актуальным вопросам освоения передовых технологий эксплуатационной работы необходимо привлекать ведущих специалистов-железнодорожников, авторов и разработчиков инновационных проектов, создателей имитационных моделей, автоматизированных систем управления перевозочным процессом, которые эксплуатируются на сети железных дорог РФ.

В настоящее время обучающиеся, получившие знания по специальности Организация перевозок и управление на транспорте должны пока-

зывать не только высокую успеваемость, но и личностные качества, такие как, целеустремлённость, уверенность в своих силах, стремление к саморазвитию и поиску новых решений, ответственность, трудолюбие, инициативность.

При организации обучения важным условием является предварительное определение конкретного места трудоустройства будущих выпускников, согласование с работодателем объектов прохождения ими производственной практики, а также назначение кураторов от производства при выполнении выпускной квалификационной работы. То есть, студенты должны получать не только углублённые теоретические знания на лекциях, но и отрабатывали практические навыки на базе различных систем, применяющихся на сети железных дорог.

Таким образом, перспективы инновационного развития транспортной отрасли требуют подготовки специалистов, способных хорошо разбираться в новых областях знаний, быстро реагировать на вызовы, просчитывать свои действия на шаг вперёд и принимать эффективные решения. Решение этих задач повлечёт за собой появление новых специалистов, таких как оператор цифровых систем диагностики объектов инфраструктуры, диспетчер по логистическому управлению, пилот высокоскоростного поезда, специалисты в области кибербезопасности и др.

Библиографический список

1. Международный транспортно-логистический форум в Сочи // Железнодорожный транспорт : журнал, 11-2018

2. Шаньгин Р.В. Цифровые технологии для железнодорожной инфраструктуры // Железнодорожный транспорт : журнал, 11-2018

3. Прокофьева Е.С. Подготовка специалистов с использованием современных методов обучения // Железнодорожный транспорт : журнал. 7-2019

4. Покровская О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем. Журнал : 7-2019

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

Е.Н. Светлакова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

А.А. Канин
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», г. Чита, Россия

УВЕЛИЧЕНИЕ ГАРАНТИЙНЫХ ПЛЕЧ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОЛИГОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение полигонных технологий позволяет более эффективно использовать технические средства и требуют пересмотра технологии работы полигона с целью увеличения его пропускной и провозной способности. Удлинение гарантийных плеч обслуживания вагонного парка отвечает этим требованиям.

В статье рассмотрен вариант объединения двух гарантийных участков на Восточном полигоне.

Ключевые слова: гарантийный участок, пропускная способность, обеспечение безопасности, вагонный парк, полигонные технологии.

Динамично растущая грузонапряжённость, работа по достижению обеспечения безопасности движения поездов и обновление основных производственных фондов являются основными важнейшими целями в осуществлении стратегии развития ОАО «РЖД».

Последние несколько лет отрасль переходит на полигонные технологии, при которых территориальные границы дорог утрачивают своё значение. Создание Восточного полигона является пилотным проектом. Впервые создан и эффективно функционирует Центр управления тяговыми ресурсами, который координирует использование локомотивного парка и локомотивных бригад на полигоне четырёх дорог, что значительно повысило эффективность их работы.

Совершенствование конструкции вагонного парка, усиление технической базы подготовки вагонов к перевозкам и переход на новые формы технического обслуживания составов поездов на участковых и сортировочных станциях, а также внедрение современных средств технической диагностики позволяют и в эту сферу внедрить полигонные технологии, и увеличить протяженность гарантийных участков безотказного проследования грузовых поездов без технического обслуживания с безусловным обеспечением безопасности движения поездов. В условиях дефицита пропускных способностей участков полигона является важ-

ным сокращение времени стоянки поездов на участковых станциях, что снизит задержки поездов на подходах к ним и увеличит участковую скорость.

Согласно требованиям «Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» от 21 декабря 2010г. №286 (редакция от 09.02.2018), гарантийный участок – это участок, ограниченный пунктами технического обслуживания, протяженность которого определяется исходя из необходимости безопасного проследования вагонов в исправном состоянии в составе поезда [1].

В настоящее время в пределах Восточного полигона средняя длина плеч гарантийного проследования грузовых вагонов составляет 1200 км.

Но в ближайшее время планируется увеличение средней длины участков гарантийного проследования до 1800 км, что повлечёт за собой ускорение оборота вагона, а также уменьшение срока доставки груза. В настоящее время максимальная установленная протяжённость гарантийных плеч – 2300 км для гружёного подвижного состава и 3300 км – для порожнего.

Объединение двух смежных участков гарантийной ответственности, а именно участков Иркутск – Карымская и Карымская – Могоча в четном направлении следования поездов соответствует этому требованию. Объединение этих участков приведет к созданию междорожного участка гарантийной ответственности Иркутск – Могоча протяженностью 1727 км.

Главной задачей технического обслуживания подвижного состава является выявление и устранение технических неисправностей вагонов, как в транзитных поездах, так и в поездах своего формирования для выполнения графика движения поездов, а в особенности их безопасного проследования без остановки для технического обслуживания вагонов на гарантийных участках.

Размещение пунктов технического осмотра (далее ПТО) на сети железных дорог в первую очередь должно обеспечивать работоспособность вагонов, сохранность перевозимых грузов, в особенности безопасность движения, минимальные трудовые затраты в том числе и денежные затраты, безостановочные гарантийные пробеги с минимальным числом стоянок поездов и исключать их многократную повторную обработку.

Удлинение участков гарантийной ответственности стало возможным благодаря проводимой планомерной работе по обеспечению безопасности движения поездов, повышению надежности грузовых вагонов и развитию систем контроля и диагностики. На сети железных дорог в последние годы уделяется особое внимание развитию средств контроля

технического состояния подвижного состава на ходу поезда. Внедрение систем контроля технического состояния подвижного состава позволяет более эффективно выявлять неисправности буксового узла, что особенно важно в условиях увеличения участков гарантийной ответственности [2].

Ввод новых гарантийных участков повышенной протяженности основывается на проводимой железными дорогами работе по техническому оснащению и развитию основных пунктов технического обслуживания грузовых вагонов, внедрению современных средств диагностики и контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда, а также обновлению подвижного состава и модернизации вагонов [3].

Обеспечение надежности перевозочного процесса будет достигнуто после внедрения систем диагностики, которые в свою очередь будут реализованы за счет следующих мер:

– создание центров комплексного контроля с объединением информации от различных методов диагностики подвижного состава;

– внедрение комплекса обработки информации от контрольных точек на всем протяжении маршрута следования;

– увеличение надежности технических средств и программного обеспечения за счет многократной обработки информации и математических моделей развития отказов.

Забайкальская железная дорога является важнейшей частью Транссибирской магистрали и является одной из ключевых дорог Восточного полигона. Она является частью трансконтинентального коридора, который связывает страны Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона.

На полигоне дороги расположены 4 эксплуатационных вагонных депо, в т.ч. два на Читинском регионе (ВЧДЭ-3 Карымская и ВЧДЭ-13 Борзя), одно на Могочинском регионе (ВЧДЭ-6 Могоча) и одно на Свободненском регионе (ВЧДЭ-7 Белогорск).

На дороге расположено 33 участка гарантийной ответственности, 17 из которых гарантийные участки технического обслуживания грузовых поездов, в том числе два междорожных.

Эксплуатационные вагонные депо дороги имеют систему по обслуживанию грузовых поездов, в которую входят 12 пунктов технического обслуживания вагонов, шесть пунктов подготовки вагонов под погрузку, 12 пунктов технической передачи вагонов, 39 контрольных постов выявления неисправностей вагонов на ходу поезда, 112 островков безопасности.

Для выявления предотказного состояния узлов и деталей вагонов в грузовых поездах на железных дорогах Восточного полигона использу-

ются комплекс технических средств контроля подвижного состава (далее КТСМ), комплекс технического измерения изометрических параметров колесных пар (далее КТИ), устройства контроля схода и волочения деталей подвижного состава, контролирует нижний габарит подвижного состава (далее УКСПС).

Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-02 представляет собой систему автоматического контроля, включающая в себя одну или несколько подсистем для обнаружения дефектных узлов и деталей подвижного состава (например: букс, колес, тормозов, габарита и т. д.). Основное назначение КТСМ-02 заключается в контроле параметров подвижного состава, привязанных к конкретным осям, или подвижным единицам, а также координации работы подключенных к нему подсистем и обеспечении информационного взаимодействия через систему централизации с системами контроля и управления верхнего уровня [4].

УКСПС — дополнительное средство, предназначенное обеспечить рост безопасности поездного движения. Устройство контроля схода подвижного состава УКСПС предназначено обеспечить остановку поезда возле входного светофора (перед станцией) при имеющихся в составе колесных парах, сошедших с рельс, а также отдельных свисающих частей, что выходят за пределы габарита по низу и могут привести к поломке стрелочных переводов [4].

На Забайкальской железной дороге эксплуатируются 263 установки автоматического контроля технического состояния подвижного состава, в т.ч. КТСМ-02 – 217 единиц, КТСМ-01Д (ПКЛ) – 46 единиц, что составляет, соответственно, 17,5 % и 82,5 % от их общего количества.

В эксплуатации находится 536 комплектов УКСПС, из них 494 установлено на подходах к станциям и 42 на подходах к искусственным сооружениям.

Основные неисправности в случаях отказов за период 01.01.2018г. по 31.12.2018 г., приведшие к нарушения безопасности движения, приведены на рис. 1 в виде Диаграммы Парето.

По данной диаграмме видно, что основной причиной нарушения безопасности движения выступает неисправность буксового узла, что может быть диагностирована КТСМ-02.

Цель удлинения гарантийных участков – повышение провозной и пропускной способности, увеличение участковой скорости, ускорение оборота вагонов, уменьшение срока доставки груза. [5]

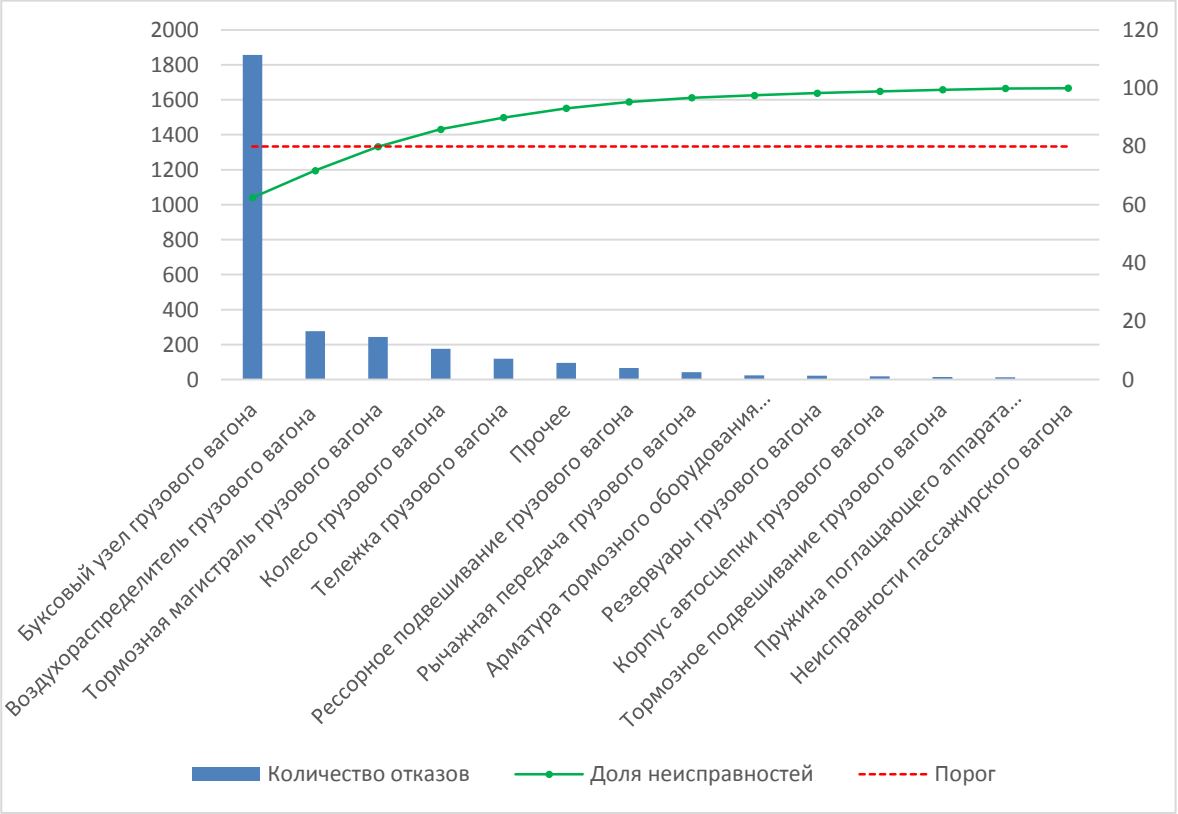


Рис. 1. Основные неисправности в случаях отказов, приведшие к нарушениям безопасности движения

Работы, связанные с техническим обслуживанием грузовых вагонов, осуществляются на сортировочных и участковых станциях.

Предлагаемые изменения гарантийных плеч в первую очередь коснутся станции Карымская, так как изменение гарантийного участка вызовет сокращение времени на техническое обслуживание транзитных поездов. Время на техническое обслуживание транзитных поездов по станции Карымская в парке «Д» сократится на 36 мин.

Расчеты показали, что при объединении участков гарантийной ответственности пропускная способность станции Карымская увеличится на 70 поездов в сутки.

Сокращенное техническое обслуживание предполагает сокращение штата работников ПТО по станции Карымская в парке «Д», что повлечёт за собой сокращение годового фонда оплаты труда на 61202552 рублей, что доказывает экономическую целесообразность данного мероприятия.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. М. : МОРКНИГА, 2012. 181 с.

2. Оптимизация гарантийных участков безопасного проследования поездов : статья в журнале – научная статья / Д.Ю. Лукс // Управление вагонного хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД». М. : 2013. С. 20–22

3. Оптимизация гарантийных участков безопасного проследования поездов : статья в журнале – научная статья. М. : 2011. С. 58–60

4. Миколайчук Т.А. Эффективность использования современных средств диагностики подвижного состава // Научное сообщество студентов : Междисциплинарные исследования : сб. ст. по мат. XXIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 12(23)

5. Светлакова Е.Н. Повышение провозной способности – комплексный путь решения // ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО : материалы Всероссийской научно-практической конфкеренции, 7.12.2018 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2018. С. 245–251

Е.Н. Светлакова, Т.С. Каюмова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ИНТЕРВАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ – НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Современные условия требуют от новых систем высокого уровня безопасности, надёжности, увеличения пропускной способности и скорости движения. Новые системы связи при современном уровне развития информационных технологий и инфраструктуры железнодорожного транспорта имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными средствами связи. Их внедрение является приоритетным направлением развития железнодорожной отрасли. В данной статье выполнен анализ факторов, влияющих на межпоездной интервал с использованием диаграммы Исикавы, рассмотрены достоинства инновационных систем интервального регулирования.

Ключевые слова: поездопотоки, пропускная способность, межпоездной интервал, подвижные блок-участки, виртуальная сцепка, автоблокировка.

Холдинг ОАО РЖД является лидером российского транспортного рынка.

В условиях современной экономики перед компанией стоит множество актуальных задач, решение которых должно обеспечить её устойчивое развитие, повысить конкурентоспособность и увеличить доходы отрасли. Это невозможно осуществить, не внедряя новые технические комплексы.

В настоящее время на Транссибе прослеживается тенденция ежегодного увеличения поездопотока. Рост интенсивности перевозок в условиях исчерпания резерва пропускной способности требует применения новых способов организации движения. Чтобы справиться с повышенными объемами перевозок уже были увеличены весовые нормы, длины поездов, протяженность участков обращения локомотивов и локомотивных бригад, введено курсирование соединенных поездов. Но это лишь временное решение проблемы. Ведь если представить, что даже при относительно небольшом ежегодном возрастании объема перевозок, например, на 3%, через 5 лет ежегодный объем перевозимых грузов увеличится на 15 %, а через 10 лет – на 30 %.

При таком существенном увеличении объемов перевозок усложняются условия эксплуатации, вызванные недостатком пропускной способности направления, что в свою очередь влечёт уменьшение участковой и технической скоростей движения грузовых поездов.

Огромное значение на ритмичность и стабильность перевозок оказывает величина минимально допустимых межпоездных интервалов, которые в условиях традиционных систем автоблокировки уже не отвечают современным требованиям.

К традиционным способам интервального регулирования относятся полуавтоматическая блокировка и автоматическая блокировка, дополненная автоматической локомотивной сигнализацией непрерывного типа (АЛСН). На главном ходу Транссиба применяется автоматическая блокировка.

При её рассмотрении в качестве недостатков можно выделить следующие:

– видимость путевых сигналов меняется в течение суток, а также зависит от погодных условий, рельефа местности и кривизны пути;

– машинист может не выполнить требование путевых светофоров, что требует наличия устройств контроля бдительности машиниста.

Но главный недостаток автоблокировки - это межпоездные интервалы, которые уже перестают отвечать современным требованиям пропуска плановых поездопотоков в ближайший период.

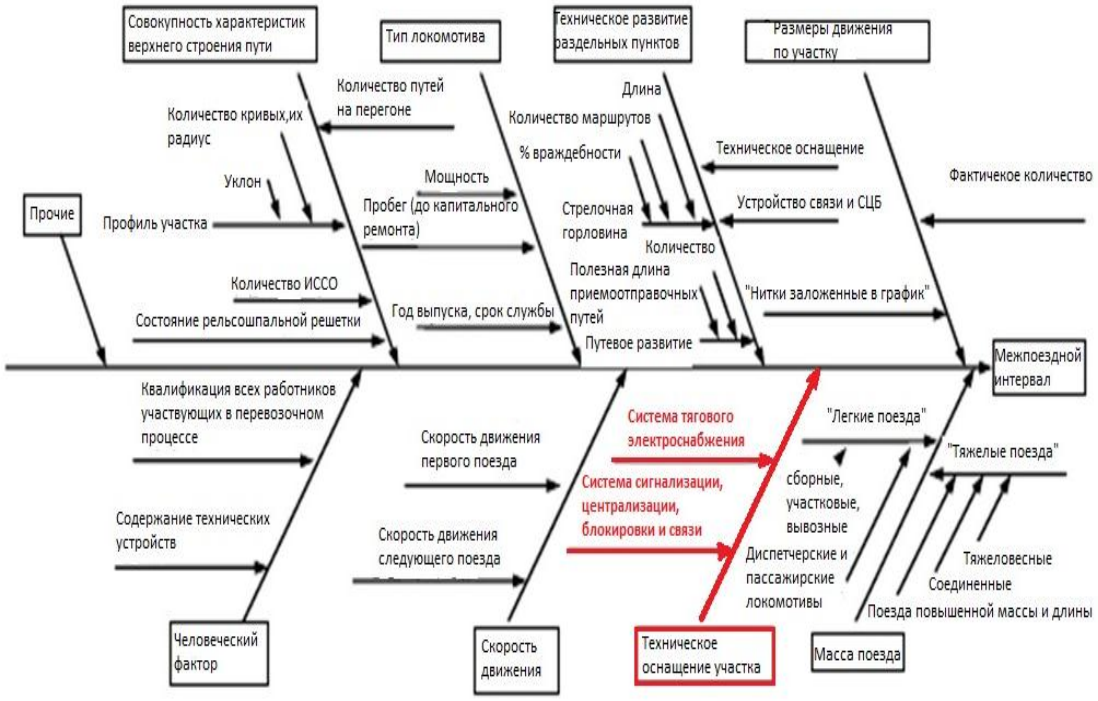


Рис. 1. Диаграмма Исикавы параметров, влияющих на межпоездной интервал

Анализ всех параметров, которые влияют на межпоездной интервал, представлен в виде Диаграммы причинно-следственных связей Исикавы (рис. 1).

Межпоездной интервал – минимальное время, которым разграничиваются поезда в попутном следовании.

Как видно из диаграммы, техническое оснащение (в частности, система сигнализации и связи) участка является одной из причин, влияющих на величину межпоездного интервала.

Чтобы поезд, следующий вторым, не снижал скорость движения из-за несвоевременного освобождения блок-участков впереди идущим поездом, отправление поездов осуществляется при двухблочном разграничении поездов, т.е. на зеленый огонь (рис. 2).

Значение межпоездного интервала варьируется от 7 до 15 минут, что не обеспечивает достаточный уровень пропускной способности, поэтому остро стоит вопрос о его снижении. [6]

Прогресс не стоит на месте и сейчас это уже можно реализовать путем применения новейших информационных технологий.

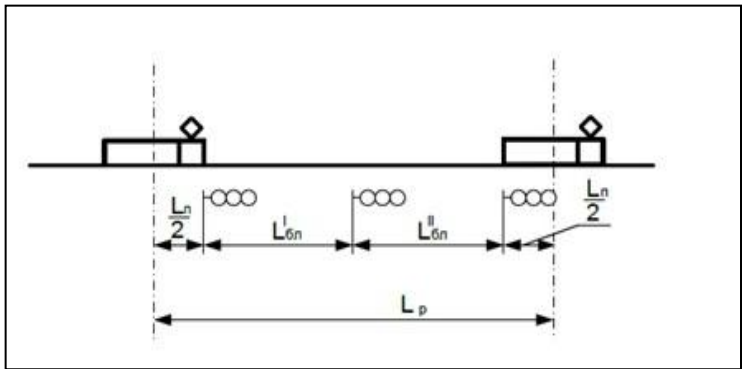


Рис. 2. Схема движения поездов на зеленый огонь

Одним из перспективных методов увеличения пропускной способности железнодорожных линий является внедрение новых систем интервального регулирования.

Российские и зарубежные специалисты работают в этой области уже не одно десятилетие и за это время были разработаны различные технологии по сокращению интервала попутного следования поездов.

Рассмотрим некоторые из них.

Например – система интервального регулирования на базе радиоканала с подвижными блок-участками. Данная система представляет собой комплекс устройств, который состоит из стационарной части и комплекса бортовых систем на локомотиве (рис. 3).

Иными словами, вокруг поезда создается поле с виртуальными блок-участками, которые передвигаются вместе с поездом. Блок-участки имеют определенные длины, обеспечивающие безопасность попутного следования. Система работает так, что поезд никогда не нарушит эту минимальную дистанцию.[7]

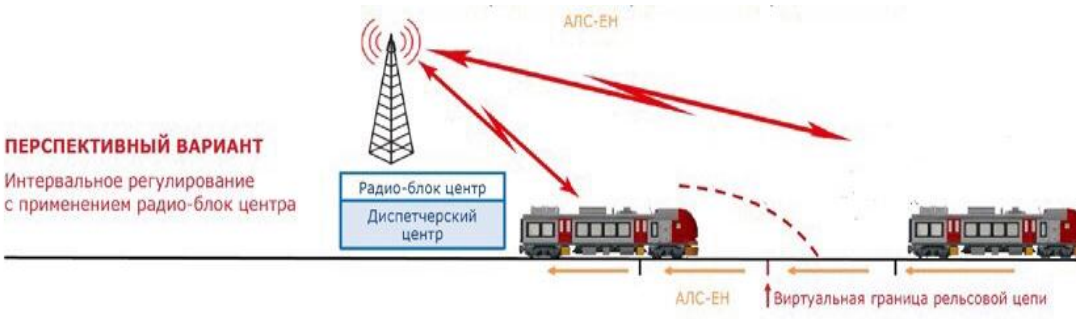


Рис. 3. Интервальное регулирование с применением радио-блок-центра

В этом случае межпоездной интервал регулируется в соответствии с фактической скоростью каждого из них, а также скорости друг относительно друга. В отличие от существующей системы автоблокировки принцип подвижных блок-участков предусматривает регулирование в расчете на координату хвоста впереди идущего поезда с учетом минимально необходимого защитного участка.

Длина такого подвижного блок-участка состоит из длины тормозного пути позади идущего поезда, длины впереди идущего поезда, а также удвоенной величины точности координирования поезда средствами радиосвязи.

Средний межпоездной интервал при такой системе сокращается до 3–4 минут, то есть более, чем в два раза, а, следовательно, увеличивается пропускная способность (рис. 4). [7]

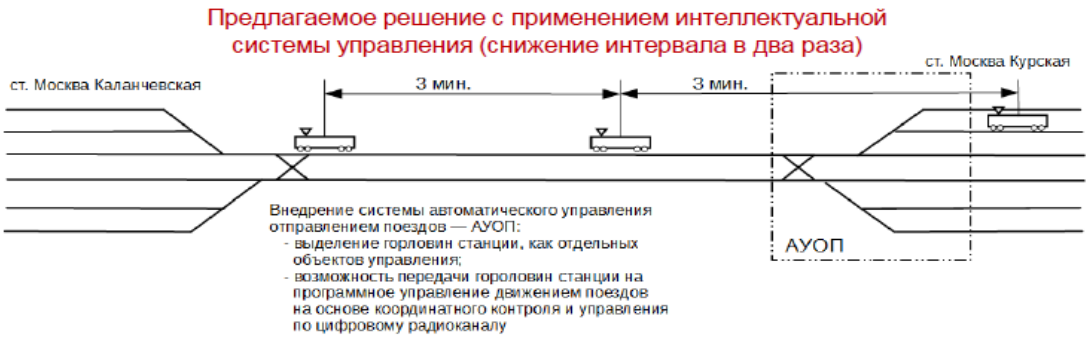


Рис. 4. Межпоездной интервал при внедрении новой системы регулирования на базе радиоканала

Еще одним перспективным средством интервального регулирования движения поездов является новейшая цифровая система блокировки – «Анаконда», разработанная инженерами НИИАС, которая действует на методе цифровой вибродиагностики. Данная система позволит отказаться от использования напольных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, так как все их функции возьмет на себя оптоволоконная сенсорика. «Анаконда» позволяет на протяжении 20 км видеть, где находится поезд, и с какой скоростью он движется.

Колебания земляного полотна и звуковые волны улавливает оптоволоконный кабель, который проложен под землей на глубине примерно один метр на расстоянии 2–10 метров от железнодорожных путей вдоль всего перегона. Данные, полученные с путей перегона, обрабатываются в установленном на станции рефлекторе. Этот прибор принимает сигналы от путевого кабеля и передает их на устройства – обработчики. Система анализирует шумы и создает акустический портрет поезда с по-

мощью сложнейших математических методов. На основании проанализированной информации «Анаконда» освобождает или блокирует перегон.

Описанная система позволяет вычислить координаты поезда и расстояние между составами. Для исключения ошибок «Анаконда» использует дополнительный алгоритм отслеживания поездов. Вся информация поступает на компьютер дежурного по станции для контролирования движения в режиме реального времени.

Данный метод уже протестирован на перегоне Шиповка – Балтийск. На данный момент система может работать только на однопутных перегонах, но перед специалистами уже стоит задача адаптировать систему и для двухпутных перегонов, а также оборудовать ее средствами для выявления дефектов пути и подвижного состава.

Система интервального регулирования «Анаконда» точнее действующих систем, но при этом и экономичнее, так как оптоволоконный кабель не требует постоянного обслуживания в отличие от напольного оборудования.

Одной из наиболее перспективных технологий интервального регулирования является «виртуальная сцепка», при которой два поезда и более движутся параллельно в одном направлении на минимальном расстоянии друг от друга. На локомотивы устанавливаются радиомодемы (рис. 5), по защищенным цифровым каналам которых транслируются режимы ведения составов в различных условиях и осуществляется связь между сцепленными поездам и (ведущим и ведомыми локомотивами). Данная система хороша тем, что не требует модернизации инфраструктуры, но при этом значительно увеличивает пропускную способность на 15 пар поездов в сутки.

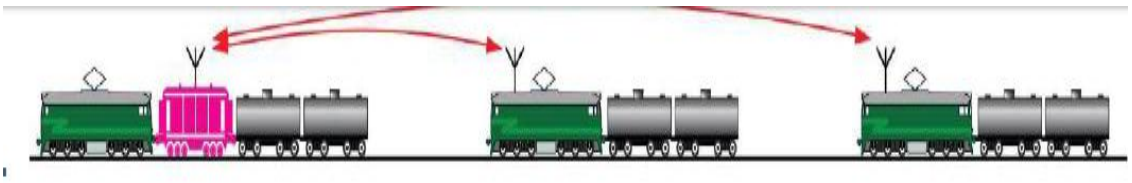


Рис. 5. Действие виртуальной сцепки

В качестве альтернативы увеличения пропускной способности участка можно принять в рассмотрение вариант со строительством дополнительных путей перегона, оборудованных традиционными средствами связи.

Выбор оптимального из них необходимо производить путем экономической оценки. Внедрение новой системы интервального регулирования это колоссальные капитальные затраты, но если рассматривать аль-

тернативу, то для строительства новых путей перегона необходимо проведение изыскательских работ, строительство нижнего и верхнего строения пути, оборудование их контактной сетью и средствами связи. Возможно это дешевле, но надолго ли это решит проблему?

Необходимо учитывать тот факт, что эта задача не просто многовариантная, но и многоэтапная. Поэтому выбор технологии должен удовлетворять не только требованиям потребной пропускной способности на сегодняшний день, но и найти оптимальную и экономически целесообразную последовательность мероприятий по ее наращиванию в перспективе.

И в заключении хотелось бы добавить, что интервальное регулирование – это настоящие и будущее организации движения поездов.

Библиографический список

1. Ақылбеков А.Н. Характеристика системы интервального регулирования движением поездов на базе радиоканала с подвижными блок-участками (СИДРП-Е) и анализ ее внедрения в Казахстане // Сборник научных трудов магистрантов. Алматы: Министерство образования и науки республики Казахстан, 2017. С. 449

2. Газета «Гудок». Выпуск № 204 (26813) 07.11.2019

3. Новые системы интервального регулирования движения поездов [Электронный ресурс] // Инновационный дайджест «Все самое интересное о железной дороге». Режим доступа : http://www.rzdexpo.ru/ innovation/eastholme_management_and_traffic_safety_reducing_the_risk_of_emergencies/new_systems_of_interval_control_trains// (дата обращения: 15.11.2019)

4. Распоряжение Правительства РФ №466-р от 19 марта 2019 г. «Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года»

5. Розенберг Е.Н. Реализация технологии интервального регулирования движения поездов [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://railwayexpo.ru/images/docs/2019/presentation/B3_RU.pdf

6. Светлакова Е.Н. Повышение провозной способности – комплексный путь решения // ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО : материалы Всероссийской научно-практической конфкеренции, 7.12.2018 г. Чита : ЗабИЖТ ИрГУПС, 2018. С. 245–251

7. Светлакова Е.Н. Освоение растущих объемов перевозок с использованием новых средств связи при движении поездов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Девятой Международной научно-практической конференции 10–13 апреля 2018. Иркутск : ИрГУПС, 2018. С. 342–346

8. Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : материалы Всероссийской с международным участием практической конференции студентов (17–18 марта 2015 г.) / отв. ред.: У.М. Шереметьева. Новосибирск : Изд-во ГАОУ ДПО НСО НИПКи-ПРО, 2015. 198 с.

9. Технология. Невидимый контроллер. // РЖД ТВ. Режим доступа : URL: http://www.rzdtv.ru/2019/10/07/tehnologiya-nevidimyj-kontrolyor/ (дата обращения: 17.11.2019)

Е.Н. Светлакова, А.А. Степанова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

АНАЛИЗ НЕПАРНОСТИ ПОЕЗДОПОТОКА НА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

В статье представлены результаты анализа поездопотока, поступающего и сдаваемого по стыковому пункту Забайкальской железной дороги станции Архара за последние пять лет. Рассчитаны среднесуточные, среднемесячные, среднегодовые размеры поездопотока за указанный период, определена величина коэффициента непарности, так же выявлено соотношение коэффициента неравномерности к потребности в резервных локомотивах. Объектом исследования непарности поездопотока и его влияния на работу дороги, являлся территориальный филиал ОАО «РЖД» – Забайкальская железная дорога. Целью работы является: исследование непарности поездопотока на Забайкальской железной дороге, установление характера непарности и выявление факторов влияющих на величину непарности.

Ключевые слова: поездопотоки, непарность, парк локомотивов.

Несмотря на значительный объем исследований, выполненных в эксплуатационной науке в прошлые годы, проблема анализа влияния неравномерности и непарности на работу железных дорог и поиска путей их снижения является актуальной и в настоящее время.

Колебания величины объема перевозок, обуславливаемые сезонностью производства и потребления ряда видов продукции, неустойчивостью рынка, является специфической особенностью перевозочного процесса, которую необходимо учитывать при организации перевозок.

Сокращение неравномерной загрузки железнодорожного транспорта во времени в течение года, месяца, суток является большим его резервом.

Однако, в современных условиях неравномерность в погрузке и перевозках грузов все более увеличивается, вызывая существенные потери на железнодорожном транспорте.

На основании справок по обмену поездов между стыковыми пунктами дороги за период времени с 2014г по 2018 г был произведен анализ поездопотока, поступающего и сдаваемого по станции Архара.

Непарность – это явление разного количества поездов четного и нечетного направления на участке.

Коэффициент непарности определяется отношением четного числа грузовых поездов на направлении к числу поездов нечетного направления за сутки, рассчитывается по формуле 1:

$$\beta_н = \frac{N_{чет}}{N_{нечет}} \quad (1)$$

Среднемесячный коэффициент непарности рассчитывается на основе максимального и минимального значений в течение месяца по формуле 2:

$$\beta_н = \frac{\beta_{\min} + \beta_{\max}}{2} \quad (2)$$

В 2014 году наблюдалась видимая разница между числом составов разных направлений – это и есть непарность.

Она возникает в связи с различными нормами массы поездов и длиной составов в четном и нечетном направлениях. Различные нормы массы и длины поездов объясняются тем, что в нечетном направлении на Забайкальской железной дороге преобладают порожние поезда, а в четном – груженые (порожний состав включает в себя больше вагонов, чем гружёный) поезда.

Разница в четном и нечетном поездопотоке вызывает потребность в дополнительных локомотивах на станции Карымская, на которой производится смена локомотивов. За 2014 год разница в количестве поездов четного и нечетного направления изображена на рис. 1.

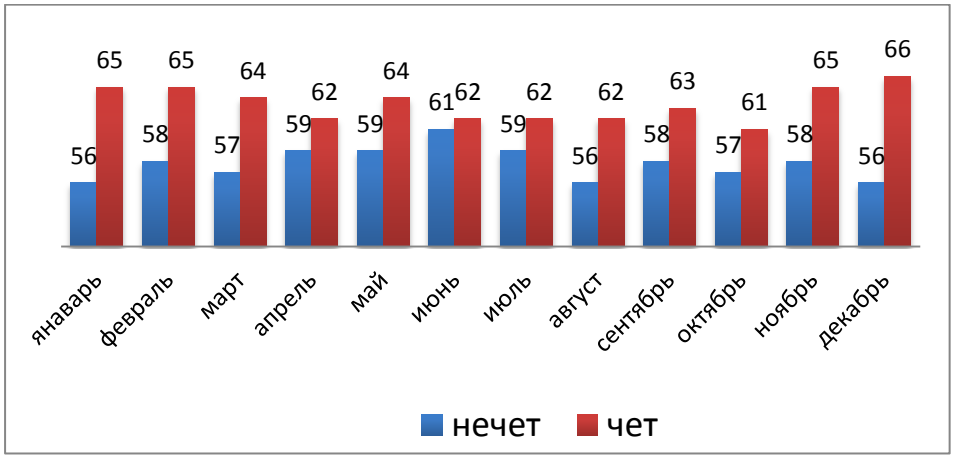


Рис. 1. Размеры движения в четном и нечетном направлениях по месяцам за 2014 год

Максимальная разница между количеством поездов четного и нечетного направления наблюдается в декабре. Нечетных поездов -56, четных поездов-66. Разница в 10 поездов. Минимальная разница – в июне, один поезд.

На рис. 2 изображён график изменения величин: коэффициента непарности по месяцам и потребности в дополнительных локомотивах.

В 2014 году кривая разницы вагонов лишь отдаленно напоминает силуэты кривых изменения коэффициента непарности и графика потребности в локомотивах.

В 2015 году максимальная разница (рис. 3) между количеством поездов четного и нечетного направления наблюдается в июле – пять поездов, а минимальная разница – в январе, где количество четных и нечетных поездов было одинаковым, т.е. разница была равна нулю.

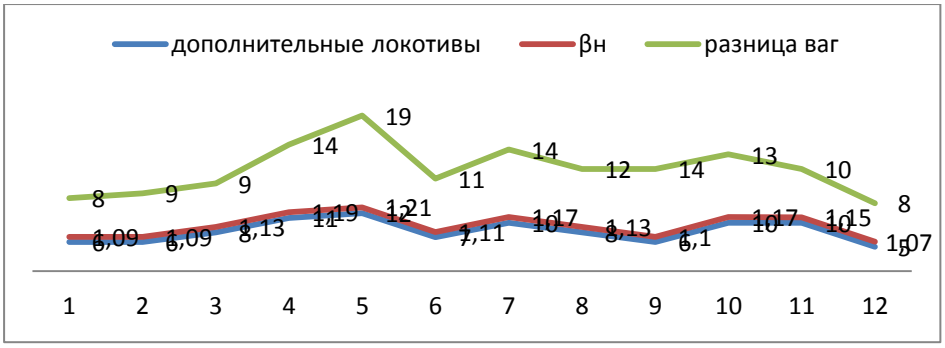


Рис. 2. График изменения величин коэффициента непарности и потребности в дополнительных локомотивах по месяцам за 2014 год

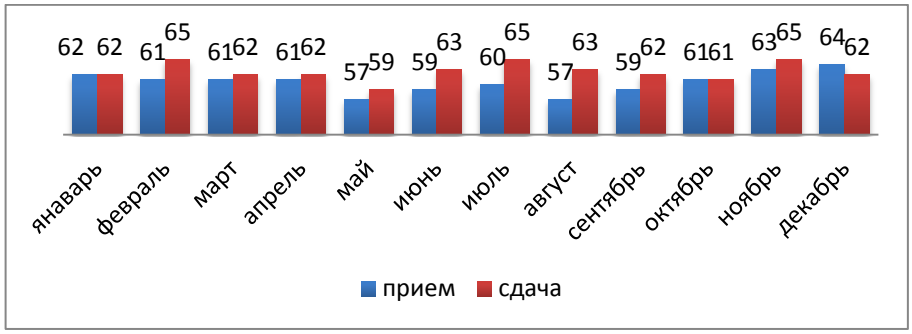


Рис. 3. Размеры движения в четном и нечетном направлениях по месяцам за 2015 год

В этом году кривая разности (рис. 4) вагонов в составе еще более отдаленно напоминает силуэты кривых изменения коэффициента непарности и графика потребности в локомотивах.

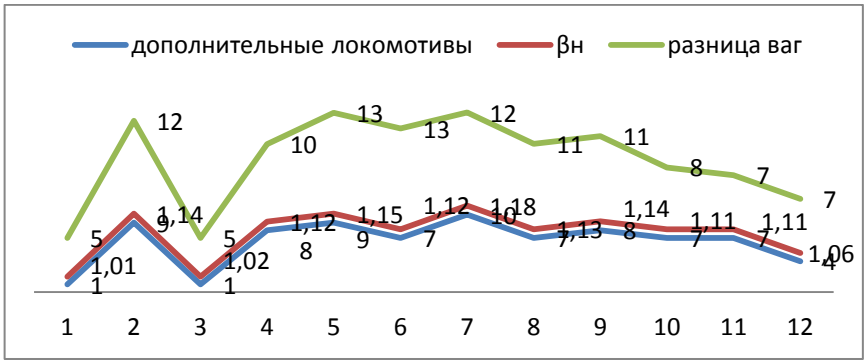


Рис. 4. График изменения величин коэффициента непарности и потребности в дополнительных локомотивах по месяцам за 2015 год

В 2016 году максимальная разница между количеством поездов четного и нечетного направления наблюдается в ноябре и равна семи поездам, минимальная разница в один поезд наблюдается в марте (рис. 5).

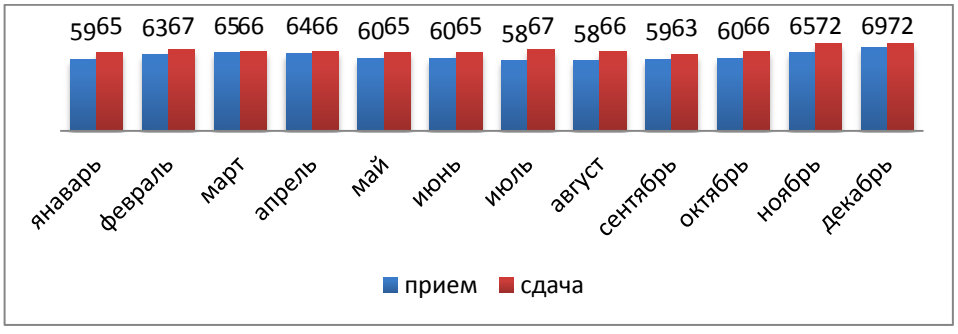


Рис. 5. Размеры движения в четном и нечетном направлениях по месяцам за 2016 год

В этом году кривая графика (рис. 6) изменения разности количества вагонов в составе между поездами нечетного и четного направлений, вновь напоминает силуэты кривых изменения коэффициента непарности и графика потребности в локомотивах.

Рис. 6. График изменения величин коэффициента непарности и потребности в дополнительных локомотивах по месяцам за 2016 год

В 2017 году максимальная разница между количеством поездов четного и нечетного направления наблюдается в июле и равна 10, минимальная разница – в январе в размере одного поезда (рис. 7).

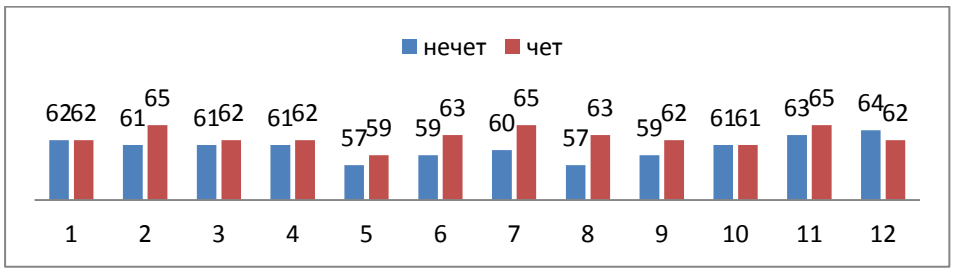


Рис. 7. Размеры движения в четном и нечетном направлениях по месяцам за 2017 год

Наблюдается идентичность всех трех исследуемых графиков (рис. 8). Уже можно говорить о зависимости трех величин друг от друга.

В 2018 году максимальная разница между количеством поездов четного и нечетного направления наблюдается в мае и равна 12, минимальная разница – в декабре, где была равна пяти поездам. Рекордные значения за изучаемый период (рис. 9).

Рис. 8. График изменения величин коэффициента непарности и потребности в дополнительных локомотивах по месяцам за 2017 год

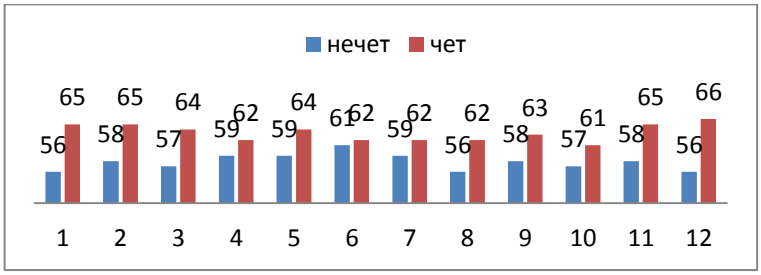


Рис. 9. Размеры движения в четном и нечетном направлениях по месяцам за 2018 год

Та же идентичность всех трех исследуемых графиков (рис. 10).

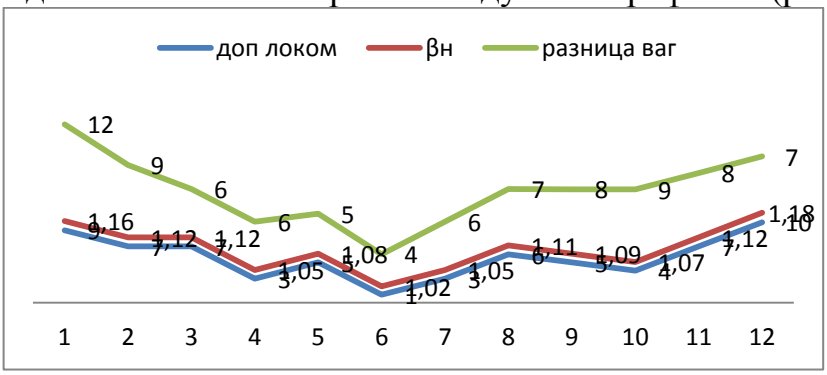


Рис. 10. График изменения величин коэффициента непарности и потребности в дополнительных локомотивах по месяцам за 2018 год

Начиная с 2016 года, график изменения разности количества вагонов в составе между поездами нечетного и четного направлении все больше и больше соответствовал графикам изменения коэффициента непарности и графика потребности в локомотивах. Следовательно, мы можем говорить о следующей зависимости: чем больше разница в длине состава, тем больше разница в четном и нечетном поездопотоках, и тем

больше коэффициент непарности, следовательно, большая потребность в дополнительных локомотивах.

Рассчитанные коэффициенты непарности позволят более точно определить потребную величину резерва локомотивов в пунктах смены, что позволит планировать парк локомотивов и повысит эффективность использования локомотивного парка (табл. 1).

Таблица 1

Соотношения коэффициента непарности и количества дополнительных локомотивов

Количество локомотивов	Коэффициент непарности βн
1	1,02
2	1,03
3	1,05
4	1,07
5	1,09
6	1,11
7	1,12
8	1,13
9	1,15
10	1,18

Проанализировав все данные по годам за каждый месяц, было найдено среднее значение разницы между количеством поездов четного и нечетного направления за каждый год (рис. 11).

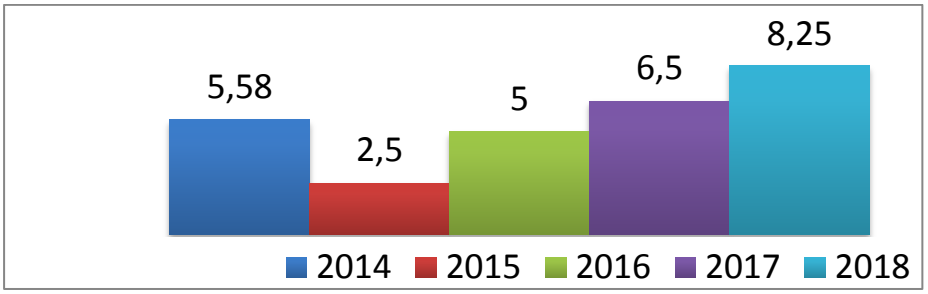


Рис. 11. Среднее значение разницы между количеством поездов четного и нечетного направлений по годам

Отчетливо видно тенденцию роста разности количества четных и нечетных поездов.

В 2018 году наблюдались самые значительные размеры несоответствия между приемом и сдачей. Первые два месяца требовалось 6 до-

полнительных локомотивов, через два месяца требовалось уже восемь и одиннадцать дополнительных локомотивов, в следующие два месяца – двенадцать и семь локомотивов, соответственно.

Потребность в дополнительных локомотивах – дополнительные расходы, так как эта потребность не является стабильной, а варьируется от одного до двенадцати, что затрудняет планирование необходимого резерва, как следствие недостаток локомотивов вызывает задержки поездов по станции Карымская, а так же снижение участковой скорости, так как загрузка путей на станции Карымская вызывает дополнительные задержки поездов на промежуточных станциях дороги.

Таким образом, можно сделать вывод, что непарность отрицательно влияет на работу дороги в плане экономических и технико-эксплуатационных показателей. Непарность и неравномерность вызывают значительное ухудшение показателей. [1]

При увеличении коэффициентов неравномерности и непарности поездопотока снижается участковая скорость, увеличивается оборот вагона, увеличивается потребность в локомотивном парке и локомотивных бригадах, снижается наличная пропускная способность полигона. Особенно, негативное влияние неравномерность и непарность оказывает на технические станции, на которых производится смена локомотивов и локомотивных бригад, на данном полигоне это станция Карымская. [2]

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 : научно-технический журнал. № 1 (57). Ростов-на-Дону, 2015. С. 92–98

2. Светлакова Е.Н. Исследование причин задержек поездов на станции Карымская Забайкальской железной дороги // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы Шестой международной научно-практической конференции 30 сентября – 3 октября 2015 г. Т. 1. Иркутск : ИрГУПС, 2015. С. 91–95

Е.А. Федорова
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

АНАЛИЗ СТАНЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

В статье рассматриваются виды, назначение и содержание анализов, задачи выполнения показателей работы станций. Представлен анализ эксплуатационной работы станций, в частности подробно рассмотрены причины, влияющие на невыполнение графика по прибытию и отправлению, завышение рабочего парка станции, а также разобраны по элементам причины завышения простоя вагонов. Приведены регулировочные мероприятия, проводимые на станциях при существенном несоответствии нормативных и фактических значений норм простоев грузовых вагонов.

Ключевые слова: анализ, показатели, график движения, рабочий парк, простой вагонов, регулировочные мероприятия.

С целью предупреждения затруднений в работе станции, выявления «узких мест» в технологии, вскрытия резервов, которые могут быть направлены на совершенствование производственной деятельности станции, производятся оперативный (сменный и суточный), периодический (декада, месяц, квартал, год) и целевой анализы.

Анализ работы станции содержит данные о фактически выполненных количественных и качественных показателях, оценку выполнения плановых норм, сопоставление значений выполненных показателей с их значениями за прошедший период; причины отклонения выполненных показателей от заданных, выявление имеющихся резервов и потерь (экономии) вагоно-часов по элементам технологии, затруднениям оперативного и технического характера, в том числе по причинам, зависящим от служб перевозок, локомотивного хозяйства, СЦБ и связи, вагонного хозяйства; мероприятия по устранению недостатков в работе по улучшению технологии.

Перед станцией стоит задача отправления поездов своего формирования в полном соответствии нормативному графику. Рабочие места причастных работников станции, эксплуатационных локомотивного и вагонного депо, обеспечены выписками из нормативного графика движения поездов, в которых указано время отправления поезда как непосредственно с пути парка, так и проследования.

Диспетчерским аппаратом станции производится заказ локомотивов и локомотивных бригад на нитку нормативного графика. Но в свете возникающих затруднений в отправлении поезда, таких, как пропуск преимущественных поездов, непредвиденные запреты, передаваемые поездными диспетчерами по причинам возникновения нарушений пропуска поездов по диспетчерским участкам из-за отказов технических средств, неисправностей подвижного состава, неисправностей локомотивов после выдачи из депо, отправления соединенных поездов имеют место случаи срыва ниток нормативного графика.

Основные причины, влияющие на невыполнение графика по отправлению:

– техническое состояние локомотивов (ремонт локомотивов в парках станции и после проведения ТО–2);

– несвоевременная явка локомотивной бригады на время отправления поезда (ПРМО, отсутствие кассет КПД, отсутствие заключений на серию локомотива);

– состояние инфраструктуры станции (закрытие путей и стрелочных переводов по параметрам, наличие снега понижение температур в январе месяце до -52С);

– отсутствие достаточного количества ниток нормативного графика;

– отказы технических средств на участках;

– отцепка технических неисправных вагонов, КТИ.

Графиковая дисциплина по подводу поездов к станции практически не выполняется, исходя из чего, общий процент отправления поездов со станции по графику поднять возможным не представляется, пока в этом отношении не будет определена ответственность диспетчерского центра. Подвод поездов в расформирование на станцию производится не по расписанию, а по факту, в результате сгущенного подвода разборочных поездов и невыполнения необходимых интервалов нарушается динамика работы сортировочных систем.

Основные причины, влияющие на невыполнение графика движения по прибытию:

– отказы технических средств на участках;

– сверхнормативное наличие поездов на поездоучастках, в том числе, прибывающих на станцию в расформирование;

– наличие брошенных поездов на участках;

– ограничение скорости на участках;

– завышение рабочего парка вагонов на станции, что приводит к отсутствию динамики в продвижении поездов и, как следствие, к отсутствию путей приема для принятия поездов;

– «сходы с кольца» по техническому состоянию локомотивов.

Основными причинами завышения рабочего парка являются:

– несвоевременное отправление поездов со станции ввиду невыдачи локомотивов на график;

– дополнительный ремонт после проведения ТО–2;

– прохождение локомотивами ТО–2;

– отставление локомотивов на неплановый вид ремонта;

– прибытие на станцию локомотивов с различными видами неисправностей;

– регулировка движения ДНЦ, пропуск преимущественных поездов;

– предоставление «технологических окон» по ремонту инфраструктуры на прилегающих участках;

– маневровая работа по отцепке вагонов от транзитных поездов: технически неисправных, прибытие длинносоставных поездов и поездов, с нарушением плана формирования, а также уменьшение веса из–за неисправностей локомотивов.

Завышение рабочего парка вагонов влияет на выполнение качественных показателей работы станции, простои транзитного без переработки, транзитного с переработкой и местного вагона.

Завышение простоя транзитного с переработкой происходит по следующим элементам:

– «ожидание обработки», причиной которого, в первую очередь, неравномерность подвода поездов, в результате чего возникает очередность обработки;

– «ожидание расформирования» завышение допускается по причине опять же ожидания обработки и отсутствия путей для роспуска вагонов из–за не организации своевременного выставления по причине наличия в парках отправления поездов, своевременно не обеспеченных тягой.

По этой же причине завышены и другие элементы («формирование и перестановка», «закрепление и ограждение состава»).

При существенном несоответствии нормативных и фактических значений норм простоев грузовых вагонов на станциях выполняются следующие регулировочные мероприятия:

– обеспечение соответствия исходных данных для нормирования простоев грузовых вагонов фактическим объемам и условиям работы;

– принятие мер по устранению соответствующих «узких» мест в изменении технологии работы, формировании предложений по изменению путевого развития, увеличению маневровых средств, бригад работников, наличной перерабатывающей способности грузовых фронтов;

– оценка и стимулирование работы персонала связанного с нормированием простоев грузовых вагонов, оперативного персонала станции, персонала других причастных структурных подразделений ОАО «РЖД».

План формирования поездов, как бы он хорошо ни был составлен, не достигнет цели, если не будет установлен тщательный и повседневный контроль за его выполнением.

Причинами нарушения плана формирования поездов являются:

– прибытие в разборочных поездах вагонов (груз уголь) с назначением не включенных в маршрутизацию;

– прибытие разборочных поездов пропущенных станциями без переработки в которых прибыли вагоны обратного назначения;

– в транзитных поездах вагоны не по назначению.

Проводя анализ эксплуатационной работы станции, можно сделать вывод, что нужно принимать мероприятия для улучшения показателей работы станции, одним из видов мероприятий является внедрение новых современных систем управления перевозочным процессом.

Управление технологическим процессом железнодорожной станции в настоящее время характеризуется значительным разнообразием автономно функционирующих систем, ориентированных преимущественно на информационное обеспечение оперативных работников, связанных между собой проводными или беспроводными каналами технологической связи для передачи речевых сообщений.

Библиографический список

1. Бабаев С.М. О результатах работы холдинга «РЖД» в сфере грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт : ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал. М. : ОАО «Российские железные дороги», 2017. № 2. С. 20–23

2. Иванов П.А. Организация перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт : ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал. М. : ОАО «Российские железные дороги», 2017. № 2. С. 37–40

3. Кудрявцев В.А., Ковалев В.И. Основы эксплуатационной работы железных дорог. М., 2015. 256 с.

4. Типовой технологический процесс работы участковой станции ОАО «РЖД». 2015. 158 с.

И.А. Чубарова
Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ВОКЗАЛАХ ВСЖД

Для улучшения качества обслуживания пассажиров на вокзальном комплексе Иркутск-Пассажирский в рамках программы капитальной реконструкции вокзалов ОАО «РЖД» рассматривается возможность применения технологий зеленого строительства, отвечающих европейским стандартам зеленых зданий. Предложены мероприятия по замене существующей системы освещения здания вокзала Иркутск-Пассажирский на более эффективные источники света в местах продолжительного горения и применение гибридного осветительного комплекса SolarWay компании «Солар» с автоматической настройкой и регулировкой светового потока в отдельных помещениях. В соответствии с анализом эффективности работы новой системы делается вывод о целесообразности данного предложения и рассчитывается экономическая выгода для вокзального комплекса.

Ключевые слова: качество обслуживания пассажиров, железнодорожный вокзал, вокзальный комплекс.

В настоящее время уделяется большое внимание развитию вокзальных комплексов. На первое место выходят комфорт, удобство и безопасность пассажиров. Для достижения поставленных целей необходимо грамотно организовать взаимодействие всех подразделений вокзала.

В работе железнодорожных вокзалов наблюдаются значительные перемены: проводятся работы по реконструкции пассажирских устройств, модернизации оборудования вокзалов, внедрению прогрессивных технологий, механизации и автоматизации производственных процессов, расширению перечня услуг, оказываемых пассажирам на вокзале. В последнее время, в качестве основной задачи становится не только изменение концепции эксплуатации зданий вокзалов, но и апробация решений, направленных на максимальное использование зеленых технологий. В ходе реконструкции производится автоматизация процессов жизнеобеспечения вокзалов с интеллектуальным управлением функционирования инфраструктуры. Применяются инновационные технологии и методы оптимизации инженерных и информационных систем для достижения максимального ресурсосберегающего эффекта, повышения

комфорта пассажиров и работников вокзала, обеспечения требуемого уровня санитарно-гигиенических условий.

Железнодорожный вокзал Иркутск-Пассажирский представляет собой совокупность помещений, сооружений и обустройств, необходимых для обслуживания пассажиров и предоставления им платных услуг, имеет специальный штат сотрудников и единый экономико-хозяйственный механизм организации производственной деятельности.

К основным направлениям развития вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский относятся: совершенствование планировки вокзала; перераспределение площадей в зависимости от их функционального назначения для повышения эффективности их работы; повышение перечня и качества предоставляемых услуг; обустройство вокзала для пожилых людей и лиц с ограниченными физическими возможностями; внедрение современных программ жизнеобеспечения и безопасности; внедрение программы информационного обеспечения с применением высоких информационных технологий.

Вокзал станции Иркутск-Пассажирский является внеклассным вокзалом ВСЖД. Район тяготения 750373 человек по данным службы статистики на 1 января 2019 года. Из них население Иркутска – 623869 чел., Иркутского района – 126504 чел. Расчетная вместимость вокзала Иркутск-Пассажирский составляет более 3000 пассажиров. Общая площадь здания вокзала равна 5532,7 кв. м. Площадь первого этажа – 1621,6 кв. м. Площадь второго этажа – 2048,8 кв. м.

Для обслуживания пассажиров на вокзале Иркутск-Пассажирский имеются следующие помещения: операционный зал, который объединяет кассовый зал суточной продажи билетов и справочно-информационный зал; зал ожидания; зал повышенного комфорта; комнаты длительного отдыха; стационарная камера хранения; распределительный вестибюль (зал пригородного сообщения).

Обеспечение комфортной световой среды в помещениях сегодня является важной составной частью всех систем экологической сертификации зданий. С другой стороны, на цели внутреннего освещения расходуется от 9% до 18% электрической энергии, потребляемой зданием. Это значит, что источники света должны одновременно быть и энергоэффективными, и не опасными для зрения и здоровья человека. Выход в принципе известен: там, где естественного солнечного освещения недостаточно, необходимо использовать технологию передачи солнечного света по световодам. Эта технология имеет многолетнюю практику применения на объектах различного назначения и доказала свою высокую энергетическую и светотехническую эффективность.

Однако эффективность естественного света зависит от периода года, времени суток и погодных условий. Необходимо применить источник света, обладающий свойствами солнечного света, но лишённый указанных базовых ограничений.

Такой источник света был создан российской научно-практической группой под руководством компании «СОЛАР» – официального дистрибьютора технологии Solatube на территории ЕврАзЭС. Эта разработка получила название гибридная система совмещенного освещения (далее ГССО). Основу предлагаемого комплексного решения составляют системы солнечного освещения Solatube Daylighting System, интегрированные с гибридным светильником (далее ГС).

Первый опыт применения таких систем компанией «СОЛАР» был получен на вокзальном комплексе Анапа в 2014 году. Проект был реализован в рамках инвестиционного проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте». Эти системы показали свою высокую эффективность и были одобрены руководством ОАО «РЖД».

Среди главных задач проекта стало использование его в качестве типового при реконструкции других вокзалов России. Данные системы являются едиными источниками полного света – естественного, смешанного и искусственного, в которых автоматически настраиваются и регулируются световые потоки в зависимости от факторов внешней среды, времени суток и установленных значений требуемой освещенности в помещениях. Применение ГССО в местах размещения пассажиров создавало у людей ощущение комфорта и отдыха, одновременно снизив потребление электрической энергии на 92%.

ГССО интегрирует в себе солнечный и искусственный свет от светодиодов, заполняет помещения комфортным, неслепящим, чистым освещением, потребляя при этом возможный минимум энергии. В будущем именно такой осветительный прибор станет наиболее предпочтительным для организации освещения в сооружениях различного назначения.

Система освещения оборудована автоматическим управлением. Режимы работы запрограммированы с учетом графика работы вокзального комплекса, графиком прибывания поездов и временем суток. В кабинете дежурного по вокзалу установлена панель управления, запрограммированная для управления всеми основными участками общественных зон: зал ожидания, расчетный кассовый зал, уличное освещение, а также пульт управления системой освещения для внесения оперативных изменений в режимы работы и пульт оперативного снятия показаний прибо-

ров для учета электрической энергии. Светильники оснащены электронной аппаратурой, управляемой по протоколу Digital Addressable Lighting Interface (далее DALI).

Рис. 1. Схема подключения устройств DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface – цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации) – стандартный цифровой протокол управления освещением. Сценарии работы в зависимости от типов светильников могут быть программируемые, задаваемые оператором и не программируемые. Все датчики и настенные кнопочные панели управления работают по протоколу DALI. Поскольку одна шина DALI имеет ограничение по потреблению приборов (250 мА) и по количеству приборов (максимум 64 устройства: светильник, датчик, настенная панель, канал релейного модуля), система поделена на сегменты. Сегменты объединены с помощью DALI-Роутеров. К каждому DALI-Роутеру можно подключить две шины DALI. Друг с другом DALI-Роутеры соединены шиной, от каждого DALI-Роутера необходимо проложить свой кабель для организации сети общения DALI-Роутеров друг с другом.

Освещение помещений, предназначенных для пассажиров – централизованное. Управление освещением элементов вокзала осуществляется от дежурного электромонтера вокзала. Естественное освещение наземных помещений вокзала обеспечивается равномерным по помещению размещением окон с соотношением к площади пола не менее 1:5.

На вокзале имеются витражи, охватывающие 1 и 2 этаж вокзала – пригородный зал. Освещенность помещений люминесцентными лампами составляет 75–200 лк и 75–150 лк лампами накаливания в зависимости от назначения помещения. Для внешних помещений, привокзальной площади и платформ – от 10 до 100 лк. Для наружного освещения пассажирского здания, платформ, перрона применяются светильники с лампами ДРЛ (ртутные лампы высокого давления) 125Вт и ДРЛ 250 Вт.

В освещении здания вокзала Иркутск-Пассажирский предлагается использовать уже существующие установки, радикальной реконструкции коснутся только помещения зала ожидания площадью 295,1 кв. м. (1 этаж, 3 подъезд) и зала ожидания повышенного комфорта площадью 153,4 кв. м. (2 этаж, 3 подъезд), где будут применены гибридные осветительные комплексы SolarWay компании «Солар». Неэффективные источники света в местах продолжительного горения будут заменены на светодиодные. Внутренние помещения вокзала будут освещены более ярко и равномерно, с учетом контроля нахождения пассажиров в зонах ожидания.

Компания «Солар» представляет пять модификаций гибридного осветительного комплекса (далее ГОК) SolarWay. В соответствии с назначением и размерами реконструируемых помещений наиболее подходящей является модификация V ГОК SolarWay на базе полого трубчатого световода (далее ПТС) Solatube M74.

Конструкция системы Solatube включает запатентованные крепления и телескопические трубы-световоды, благодаря которым практически нет необходимости входить в чердачные помещения. Кроме того, многие компоненты предварительно собираются на заводе с целью сокращения продолжительности монтажа. Таким образом, сам процесс установки займет сравнительно недолгое время при отсутствии необходимости специальных кровельных работ.

Для применения данной системы на вокзальном комплексе Иркутск-Пассажирский был проведен анализ продолжительности светового дня в течение года и сделан вывод о целесообразности использования новой технологии освещения, ее экономической выгоды и энергосберегающем потенциале. Исследования показали, что 4480,2 часов помещения будут освещены естественным светом без использования энергетических ресурсов. В темное время суток, а именно 4279,8 часов, а также когда естественного освещения будет недостаточно из-за погодных условий, будет использоваться искусственное светодиодное освещение с системой автоматического управления световым потоком. Использование данной системы позволит снизить затраты на электроэнергию в ра-

зы, а также исключит затраты на обслуживание прежней системы освещения, такие как замена ламп накаливания, люминесцентных ламп и сократит штат обслуживающего персонала.

Системы Solatube с полным правом относятся к разряду «зеленых», то есть экологически чистых технологий и соответствуют действующим нормативным документам: СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»; СП 23-102-2003. «Естественное освещение жилых и общественных зданий»; СанПиН 2.2.1-2.1.1.1076-01. «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите жилых и общественных зданий и территорий»; МГСН 2.06-99. «Искусственное и совмещенное освещение»; МДС 31-8.2002. «Рекомендации по проектированию и устройству фонарей для естественного освещения помещений».

Проведенные за рубежом оценки эффективности применения ГССО Solatube показали увеличение производительности труда персонала на 16%. У работников, которые находятся в условиях естественной освещенности, на 20% меньше проявляются симптомы различных заболеваний и улучшается самочувствие. То есть, помимо энергосбережения, применение данной технологии освещения позволяет обеспечить такие характеристики «зеленого» строительства, как комфорт и экологичность – загрязнение, парниковый эффект.

При отключении электроэнергии помещения остаются полностью освещенным. Таким образом, условия для эффективной трудовой деятельности сохранятся, а также обеспечивается безопасность людей при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Экономия после внедрения новой системы составит боле пятисот тысяч рублей в год, то есть выгоднее традиционной в семь раз. Экономия энергоресурсов составит 122992,1 кВт. Энергосберегающий эффект позволит экономить 98% энергии.

Применение современных высоких технологий при производстве данной системы позволяют обеспечить срок гарантии 10 лет и неограниченный срок эксплуатации. При установке в любое сооружение система становится элементом капитального строительства и не подлежит замене в течение всего срока эксплуатации здания. Гибридная система освещения с интеллектуальной системой управления позволяет экономить на замене вышедших из строя традиционных источников света, сократить затраты на электроэнергию, оплату труда и социальные отчисления за услуги обслуживающего персонала. Система Solatube имеет значительное преимущество над мансардными окнами и зенитными фонарями, а замена ламп накаливания и люминесцентных ламп на светодиодные позволяет добиться значительного экономического эффекта, улучшения качества освещенности помещений и увеличить срок службы

ламп до 25000 часов. Оснащение всего осветительного комплекса системой контроля и регулирования световым потоком − диммерами позволит регулировать освещенность помещений автономно.

Библиографический список

1. Сайт «Зеленый каталог». Режим доступа : http://green-city.su/katalog-kompanij/ (дата обращения 13.06.2019 г.)
2. Сайт компании «Солар». Режим доступа : https://solatube.su/ (дата обращения 13.06.2019 г.)
3. Технологический процесс железнодорожного вокзального комплекса Иркутск-Пассажирский: ТП. ДЖВ, 2018. 558 с.

С.С. Юшкова
Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия

УПРАВЛЕНИЕ ВАГОНОПОТОКАМИ ПРИ РЕМОНТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПОЛИГОНЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ТОКА

В условиях существенных затрат на обслуживание и содержание локомотивного парка перспективным направлением в организации движения вагонопотоков является внедрение интеллектуальных энергосберегающих систем, связанных с эксплуатацией подвижного состава и реконструкцией инфраструктуры полигона железнодорожных дорог. Невысокая эффективность существующего порядка выделения локомотивов для хозяйственных нужд вызвана сложностью согласования хозяйствующими предприятиями ОАО «РЖД». В работе предложена модель эффективного использования тяговых ресурсов полигона железных дорог в ремонтной кампании ОАО «РЖД» за счет оптимизации технологических процессов энергоэффективности.

Ключевые слова: инфраструктура, полигон железных дорог, энергетическая эффективность, тяговые ресурсы, перевозочный процесс.

Современный железнодорожный транспорт является энергоемкой отраслью экономики страны и обладает значительным потенциалом энергосбережения. Для этого ОАО «РЖД» реализует внедрение полигонной технологии управления вагонопотоками, позволяющей организовать в необходимых объемах стабильное движение поездов, регла-

ментное обслуживание подвижного состава и предоставление в едином створе «окон» для ремонта инфраструктуры двух полигонов: Восточного и ключевых направлений на Западном: Северо-Западное и Юго-Западное (рис. 1).

Рис. 1. Схема полигонов железных дорог

Общая координация поездопотоками на полигоне осуществляется единым диспетчерским центром управления перевозками (далее – ЕДЦУП), регулирование тяговыми ресурсами – центрами управления тяговыми ресурсами (далее – ЦУТР). Так на Восточном полигоне, объединившем перевозочные процессы электрифицированных переменным током (25кВ) Дальневосточной, Забайкальской, Восточно-Сибирской и Красноярской железных (главный магистральный ход) дорог, достигнуто удлинение участков обслуживания локомотивами и локомотивными бригадами, а также тяговых плеч до 3353 км (рис. 2).

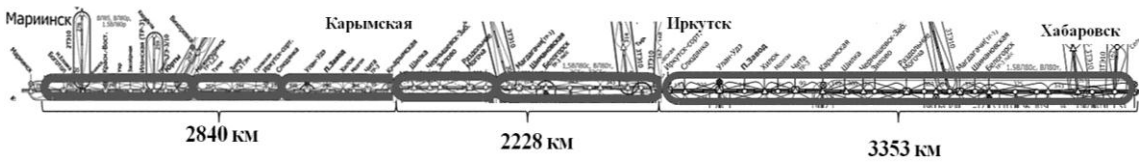


Рис. 2. Тяговые плечи на Восточном полигоне

В состав ЦУТР Северо-Западного направления Западного полигона вошли шесть железных дорог, электрифицированных разными типами тока: Западно-Сибирская (рис. 3), переменным током (25 кВ): Горьков-

ская, Северная и постоянным (3 кВ): Свердловская, части Октябрьской и Южно-Уральской.

Значительное количество участков со стыковыми станциями, обслуживаемыми различными видами электрической тяги на переменном или постоянном токах, и наличие функциональных границ управления движением поездов в западной части железных дорог определили создание Западного полигона, который увяжет использование различных серий локомотивов и снизит непроизводительные потери локомотивного хозяйства, в т.ч. за счет эксплуатации инновационных магистральных грузовых электровозов двойного напряжения 2ЭВ120 «Князь Владимир».

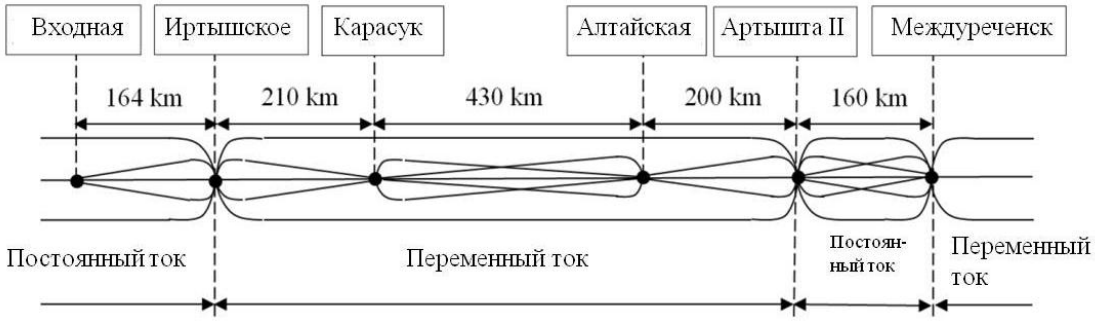


Рис. 3. Участки эксплуатации электровозов на линиях с различными видами тока Западно-Сибирской железной дороги

В 2018 году в грузовом движении увеличены: участковая скорость до 40,9 км/ч (+ 0,5 % к 2017 г.) и средний вес поезда до 4076 т (+ 0,9 %); эксплуатируемый парк локомотивов составил 14275 единиц (в грузовом движении – 7703 ед., в пассажирском – 1567 ед., в хозяйственном – 1724 ед., в маневровой работе – 3281 ед.), оздоровлено 6 680,1 км пути (+ 16,5 %. к 2017 г.), в том числе: реконструкция – 3424,9 км, капитальный ремонт на старогодных материалах – 1284,9 км, сплошная замена рельсов – 1939 км и средний ремонт – 31,1 км [1].

На фоне существенного роста грузооборота (+ 2,5 % к 2017 г. [1]) для повышения надежности технических средств инфраструктуры ОАО «РЖД» необходимо ежегодно проводить масштабные ремонтно-путевые работы. Для этого используется парк высокопроизводительных железнодорожно-строительных машин, который насчитывает более ста вариантов комплексов с различными условиями транспортировки и работы в «окна», что является сложной задачей перед оперативным диспетчерским персоналом и требует четкой координации всех участников технологического процесса.

Для устранения возможной несогласованности в полигонной технологии необходимо увязать ремонты инфраструктуры с рациональным использованием тяговых ресурсов и направлениями вагонопотоков. Действенным средством в сложившейся ситуации является консолидация управленческих решений Единым центром управления инфраструктурой полигона (далее – ЕЦУИ), который способен организовать эксплуатацию и ремонт инфраструктуры структурными подразделениями ОАО «РЖД» (ПЧ, ШЧ, ТЧЭ, АФТО, ДС и др.) в установленных финансовых лимитах (рис.4).

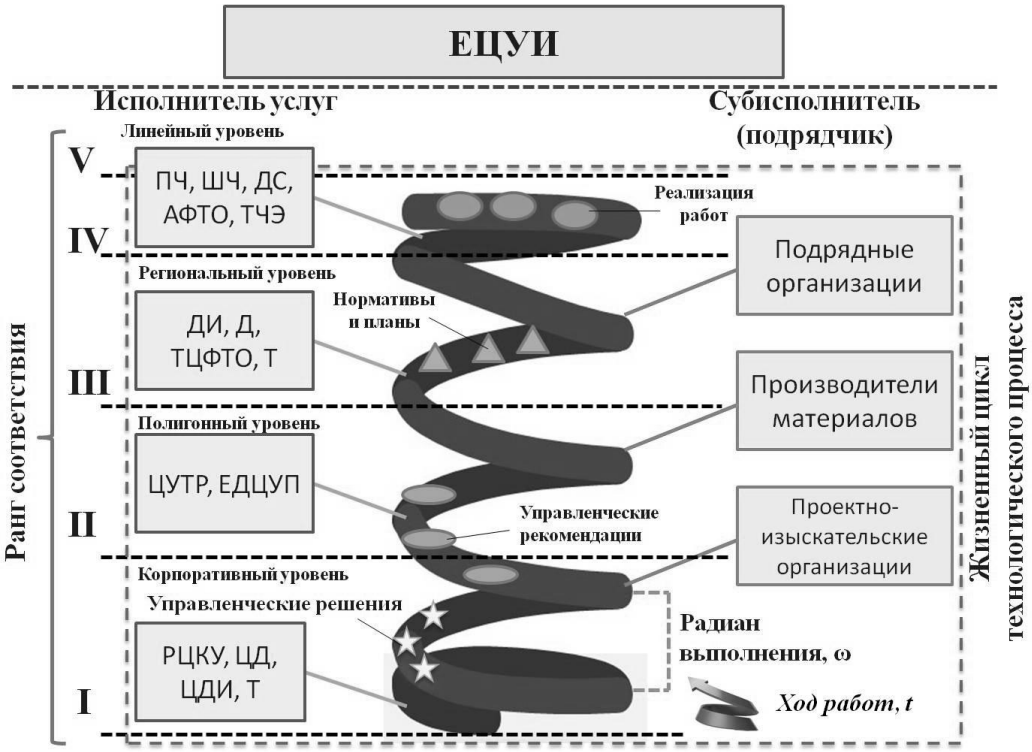


Рис. 4. Модель использования тяговых ресурсов полигона железных дорог в ремонтной кампании ОАО «РЖД»

В эксплуатационной работе полигона ЕЦУИ взаимодействует с региональными центрами корпоративного управления (РЦКУ), ЦУТР, ЕДЦУП, дирекциями: управления движением (Д), тяги (Т), энергообеспечения (НТЭ), территориальными центрами фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО), их структурными подразделениями (ТЧЭ, ДС, ИЧ, ВЧДЭ и др.) и на основе теории активных систем с помощью интегральной оценки анализирует эффективность ремонта, эксплуатации инфраструктуры и локомотивов [2].

Интегральная оценка содержания и ремонта инфраструктуры (ИОР) состоит из блоков оценки и ранжирования (далее – БОР), в которых че-

рез матрицы свертки (далее – МС) объединяются результаты оценок разнородных производственно-экономических показателей – на пересечении строки и столбца формируется ранг деятельности [3, 4] (рис. 5). Ранг показателя (от I до V) отражает качество ремонта инфраструктуры и использования тяги: первому – соответствует невыполнение установленного плана и низкий уровень взаимодействия на полигоне, а пятому – реализация плановых заданий на линейном уровне управления. ИОР основывается на фундаментальных подходах [5] по решению проблем синтеза правильных адаптивных механизмов с идентификацией, позволяющих осуществлять контроль отклонений выполнения ремонтно-путевых работ в перевозочном процессе.

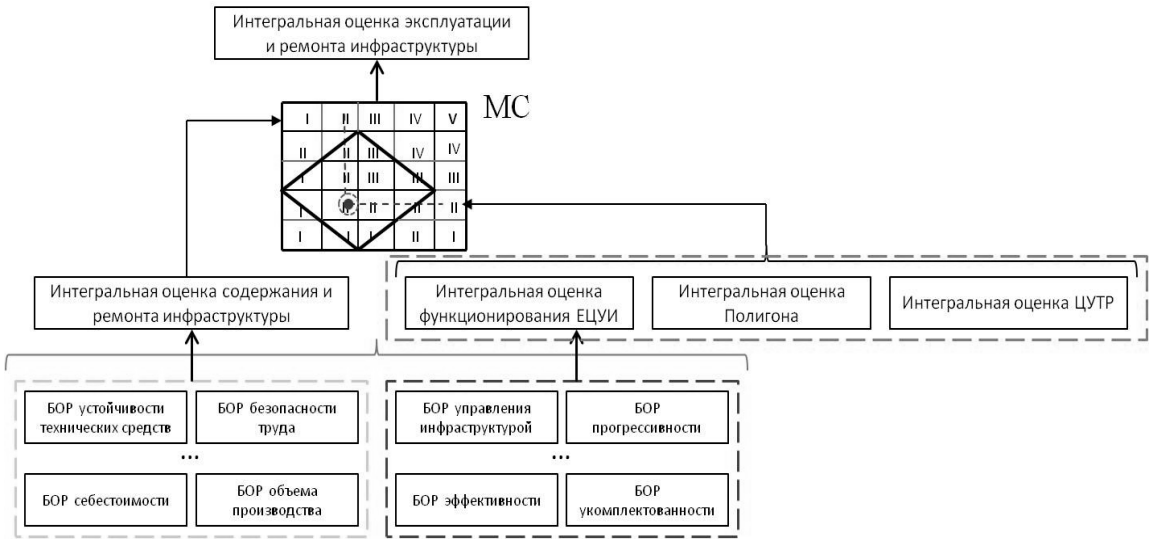


Рис. 5. Интегральная оценка содержания и ремонта инфраструктуры полигона

ИОР учитывает распределение локомотивов по заявкам, которое возложено на оперативных работников дирекции тяги – дежурных по локомотивному депо. Однако, в большинстве случаев, для хозяйственных нужд распределение парка перекладывается на диспетчерский аппарат ЦУТР и ЕДЦУП, который совместно принимает решение и затрачивает около 2 ч (16% рабочего времени).

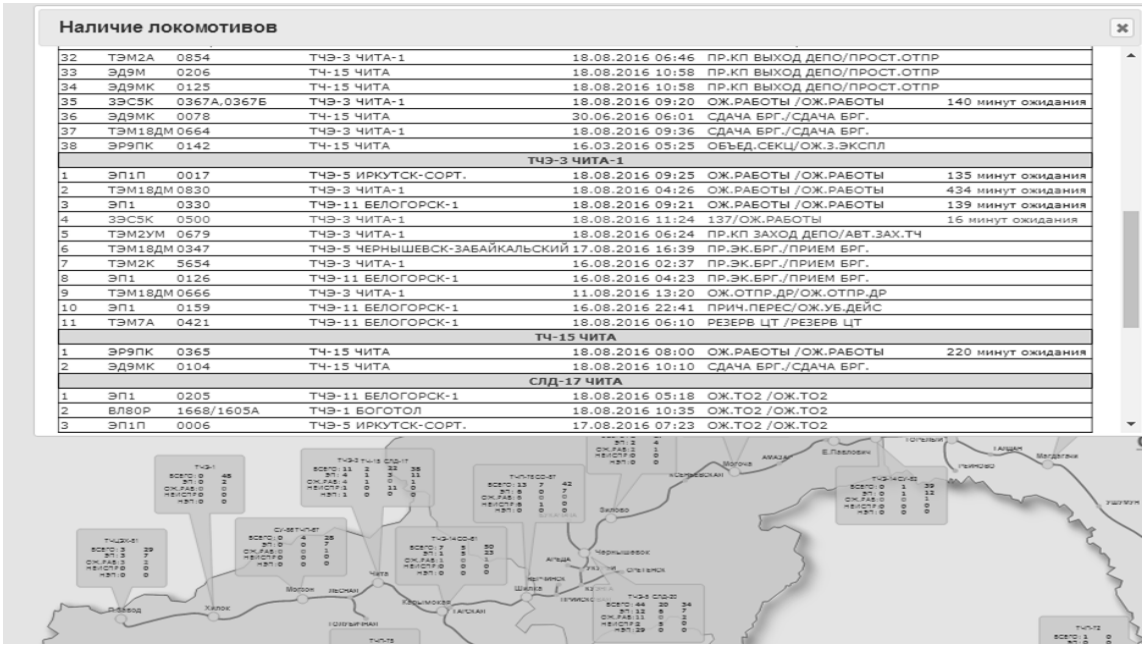


Рис. 6. Функциональный «слой» ИСУ ДЛП по подвязке локомотивов в «окно»

В настоящее время продолжается стремительное развитие сферы информационных технологий по облегчению труда оперативного персонала, поэтому внедрены автоматизированные системы, не учитывающие особенностей транспортировки, работы, потребного количества путевых машин, а также типа используемых локомотивов. Для решения сложившихся проблем разработана Интеллектуальная система управления и диспетчеризации локомотивным парком на полигоне производственной инфраструктуры железных дорог (ИСУ ДЛП), способная с учётом специфики работы автоматически распределять имеющийся парк локомотивов по техническим и технологическим критериям путевых машин и комплексов. ИСУ ДЛП рассчитывает потребность по типам и количеству локомотивов, которое целесообразно отправлять на «окно» со станций назначения для выполнения технологических операций. Она осуществляет подвязку локомотивов и локомотивных бригад с учетом поездных локомотивов для хозяйственных нужд в период производства работ в «окна» на инфраструктуре полигона железных дорог (рис. 6). Это позволяет продолжит применение технологии производства работ на закрытом перегоне и организации реверсивного движения поездов по свободному пути перегона, которая значительно сокращает время производства ремонта за счет сосредоточения фронте работ оптимального объема рабочей силы и технических средств. В этом случае, безопасность движения поездов обеспечивается «Автоматизированной системой ограждения места производства работ на полигоне производственной инфраструктуры железных дорог» (АСОМ) [7], предназначенной для ав-

томатизированной детализации схем ограждения мест производства работ и препятствий движения поездов с учетом местных условий и форм предупреждений.

Основным критерием построения полигонных технологий является своевременное обеспечение вагонопотока тяговыми ресурсами с соблюдением технологии производства работ в «окно» и безопасности движения поездов. Двухсистемные локомотивы обеспечат вождение поездов одиночной, распределенной тягой и по системе многих единиц. Однако их количество сегодня не позволяет решить вопросы на участках инфраструктуры с различными видами тока в полном объеме. Использование ИСУ ДЛП предоставляет возможность без перелома веса поезда и смены вида тяги перевозочного процесса выполнить объемы работ на закрытых перегонах в установленные для «окон» сроки.

Библиографический список

1. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2018 год (распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2019 г. №1393-р)

2. Сирина Н.Ф., Юшкова С.С. Интегративное управление инфраструктурой в перевозочной деятельности железных дорог // Транспорт Урала. Екатеринбург, 2019, № 1 (60). С. 7–17. doi: 10.20291/1815-9400-2019-1-7-17

3. Сирина Н.Ф., Юшкова С.С. Совершенствование системы управления транспортной инфраструктурой полигона железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск, 2019. Т. 62. С. 98–108

4. Юшкова С.С. Автоматизированная система контроля производственного подразделения // Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств : материалы третьей всероссийской науч.-практ. конф. Омск : ОмГУПС, 2019. С. 85–94

5. Цыганов В.В. Правильные адаптивные механизмы с идентификацией // Проблемы управления. 2018, № 2. С. 47–57

6. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019617988 от 25.06.2019 г.

7. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019612339 от 18.02.2019 г.

Научное издание

ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы III Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Чита, 20 декабря 2019 г.)

Том 1

Статьи печатаются в авторской редакции

Компьютерная верстка
И.А. Нерадовская

Подписано в печать 30.12.2019 г. Печать офсетная. Бумага тип. № 2.
Формат 60х84/16. Печ.л. 15.65. Тираж 100 экз.

***

672040, г. Чита, ул. Магистральная, 11, ЗабИЖТ