ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Забайкальский институт железнодорожного транспорта –
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

115 ЛЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ЗАБАЙКАЛЬЕ: ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы Всероссийской научно-практической конференции

Том 1

Чита
2017

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Забайкальский институт железнодорожного транспорта –
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

115 ЛЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ЗАБАЙКАЛЬЕ: ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы Всероссийской
научно–практической конференции
(г. Чита, 7 декабря 2017 г.)

Том 1

Чита
2017

УДК 652.2
ББК О 2
Т 65
ISBN 978-5-9500770-6-7

Редакционная коллегия:

Е.В. Ярилов (главный редактор), Д.А. Яковлев (ответственный за выпуск), И.В. Благоразумов, Л.В. Виноградова, А.А. Ерёменко, М.И. Коновалова, Т.В. Иванова, А.В. Ларченко, В.Г. Литвинцев, Е.В. Серых, С.А. Филиппов.
Ответственные секретари:
В.Г. Русанова, Е.А. Ларченко

Т 65 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 7 декабря 2017 г. – Чита: ЗабИЖТ ИрГУПС, 2017. – 356с.

В сборнике представлены статьи Всероссийской научно-практической конференции «115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО».

УДК 652.2
ББК О 2

ISBN 978-5-9500770-6-7

© Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), 2017
© Забайкальский институт железнодорожного транспорта (ЗабИЖТ), 2017

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛЕКТРОВОЗЫ, ТЕПЛОВОЗЫ И ВАГОНЫ)……...……. 9
Андриевский А. Г.
Анализ отказов кожухов тяговой зубчатой передачи с учетом влияния сезонного фактора…….…… 9
Большаков Р. С., Мозалевская А. К., Ковригина И. В.
Применение структурных подходов в задачах определения реакций связей в системах вибрационной защиты ……..…….……... 13
Белов А. Ю., Налабордин Д. Г., Иванова Т. В.
Прогнозирование объемов выпуска грузовых вагонов из текущего ремонта на полигоне дороги……..…… 19
Волков В. М., Должиков С. Н., Лакеенко М. Н.
Определение точности монтажа деталей колесных пар локомотивов 26
Ермоленко И. Ю.
Влияние неровностей железнодорожного пути на динамику вагона при прохождении горного рельефа местности ВСЖД……. 30
Захарова Т. Д.
Анализ процента неисправных локомотивов 2ТЭ25 «Витязь» в депо Тында – Северная…….…… 35
Иванова Т. В., Налабордин Д. Г.
Сравнительная оценка интенсивностей износов гребней стандартных и инновационных колес грузовых вагонов…..……... 41
Иванова Т. В., Рудаков В. А., Налабордин Д. Г.
Оценка современных методов диагностики и параметров предотказных состояний буксового узла грузового вагона…....…..... 48
Истомин С. Г., Штраухман А. А.
Анализ эффективности эксплуатации электропоездов постоянного тока моторвагонного депо ТЧ – 31 Омск……..... 56
Клюка В. П., Лексутов И. С., Загваздина Ю. С., Булавина К. А., Зуева А. Ю.
Определение условий устойчивого получения результатов измерений размеров пружин скользуна вагона при помощи оптического датчика ..……..…….....…… 62
Ковригина И. В.
Разработка и обоснование технологии сервисного технического обслуживания грузовых вагонов…….…… 67
Лакин И. К., Пустовой И. В., Баранов А. И.
Инновационное развитие сервисных локомотивных депо группы компаний «ЛОКО ТЕХ»…….…… 77

Литвинов А. В., Попов Д. И., Шутов И. А., Кирильчатенко В. Н., Дульский Е. Ю.
Испытательные стенды взаимной нагрузки двигателей постоянного и переменного тока в учебных лабораторных условиях……..… 82
Молчанов В. В., Белоглазов А. К., Носков В. О., Соляник Н. С.
Прогрев тепловозного дизеля с помощью элементов Пельтье…… 87
Овсейчик С. З.
Моделирование устройства синхронизации блока входных сигналов МСУД электровозов 2ЭС5К……..…..… 93
Рожкова Е. А.
Информационные технологии и их роль в вагонном хозяйстве…… 95
Степанов В. В., Овсейчик С. З.
Организация входного контроля литых деталей с использованием метода анализа свободных затухающих колебаний…….…… 101
Четвериков С. В.
Теоретическое обоснование использования геоматериалов при ультразвуковой обработке заготовок……. 107
Шатохин А.П., Попов А.А.
Анализ обслуживания устройств безопасности движения в условиях производственного участка…… 114
РАЗДЕЛ 2.СТРОИТЕЛЬСТВО, РЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ..…… 118
Алтынников Д. С., Ковенькин Д. А.
Взаимодействие пути и подвижного состава……...…….…… 118
Афанасенко С. Н., Кривоносенко Ю. В., Лончаков А. В.
Усиление земляного полотна на слабом основании с использованием железобетонных конструкций в теле насыпи…… 124
Благоразумов И. В.
Обоснование рационального уровня провозной способности автомобильной дороги необщего пользования……... 128
Благоразумова О. В.
Подход к менеджменту качества в путевом хозяйстве……... 134
Ворончихин К. Ю., Лемехова В. А.
Влияние соотношения вагонов в составе на основное сопротивление движению поезда……..……..… 139
Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А.
Популярные железнодорожные маршруты мира…….…… 143
Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А.
Опыт эксплуатации туристических железных дорог в мире…… 149
Линейцев В. Ю., Каракальчева А. М.
Применение VBA при подготовке чертежей в AutoCAD…… 154

Линейцев В. Ю., Бисярина М. О., Скворцова Н. В.
Методика определения больных участков земляного полотна на ранних стадиях с применением комплекса диагностических средств…….…. 160
Линейцев В. Ю., Ильиных В. А., Осипова Т. К.
Влияние скорости сборки на динамику движения конуса в отверстии втулки…….. 164
Макаров А. В.
Нагрузочная диагностика в определении затяжки клемм скреплений…… 171
Шехтман Е. В., Дашинимаев З. Б., Сигачев Н. П., Клочков Я. М.
Опытно-экспериментальные работы по утепленному пропуску дренажных вод с применением ГТМ «ДиатомИК» на участке 7185км Забайкальской железной дороги…… 177
Шехтман Е. В., Дашинимаев З. Б., Сигачев Н. П., Клочков Я. М.
Технико-экономические показатели инновационных способов устройства водоотводных дренажей и лотков в условиях холодного климата Забайкальской железной дороги ……...…..… 183
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ……. 189
Бадмаев А. Б., Козиенко Л. В., Климов Н. Н.
Анализ вариаций координат одночастотных GPS/ГЛОНАСС приемников в статическом режиме за длительный период наблюдений……..… 189
Бушуев Е. М., Чечёткина К. А.
Возможность использования быстродействующих диодов в системах грозозащиты устройств железнодорожной автоматики и телемеханики…… 196
Бушуев Е. М., Чечёткина К. А.
Атмосферные воздействия и способы защиты систем от их влияний…….. 201
Гришечко С. В., Лунев С. А.
Организация передачи диагностической информации с временного блок-поста..…….……..…... 205
Демьянов В. В., Климов Н. Н., Козиенко Л. В., Бадмаев А. Б., Федоров М. Э.
О необходимости использования многочастотных приемников глобальных навигационных спутниковых систем для подвижных объектов железнодорожного транспорта……... 210
Епифанов Е. Л., Филиппов С. А., Востриков М. В.
Проблемы существующих устройств релейной защиты фидеров контактной сети и пути их решения…… 217

Маниковский А. С., Комогорцев М. Г., Служаев Н. О.
Система электропитания железнодорожного светофора с использованием солнечных панелей……. 223
Марюхненко В. С., Тувшинтур Золбоо.
Анализ влияния железнодорожных систем автоматики и телемеханики на безопасность и своевременность перевозок на Улан-Баторской железной дороге…….……. 227
Менакер К. В., Тихенко Н. В.
Исследование и создание схем сопряжения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики с релейными устройствами…….…….. ….. 235
Семерюк В. В., Рыжук Н. В.
Оптимизация задержек поездов…… 241
Сенотрусов А. Н., Менакер К. В.
Возможность организации резервирования устройств сигнальной точки числовой кодовой автоблокировки для повышения уровня надежности и бесперебойности функционирования системы интервального регулирования движения поездов……..……..…… 244
Тулемисов Т. Т., Кнышев И. П.
Интеллектуальные системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте……...……. 250
Филиппов С. А., Соловьева О. А., Волкова А. А., Тирских А. И.
Факторы, влияющие на селективность работы релейной защиты фидеров контактной сети и пути их снижения……...…..…… 255
Черемисин В. Т., Саркенов С. С.
Режимы работы накопителя электроэнергии в системе тягового электроснабжения по данным измерений на активных и пассивных постах секционирования…….. 260
Шатохин А. П., Доманов К. И.
Определения параметров накопителя электрической энергии для системы тягового электроснабжения в условиях тяжеловесного движения……... 267
РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА……..…….…….…. 272
Албитов С. М.
Совершенствование работы пограничного железнодорожного перехода Забайкальск – Маньчжурия в условиях роста объёма экспортно-импортных перевозок……..……..… 272
Банщикова А. А.
Интенсификация пропуска импортного контейнеропотока на

железнодорожном пункте пропуска Забайкальск-Маньчжурия…… 279
Быкова Н. В.
Возможность применения кросс-докинга в Забайкальском крае…... 286
Коновалова М. И., Кутузова О. В.
Анализ технологии работы сборных поездов на полигоне Петровский Завод – Карымская…….. 293
Коновалова М. И., Журавлева Г. А.
Совершенствование документооборота при передаче внешнеторговых грузов…….….. 298
Лежнев И. И., Поляков В. В.
Совершенствование систем обеспечения работы сортировочной горки……..…… 306
Мехедов М. И., Ромашкова Г. М., Коновалова М. И.
Процессный подход к функционированию полигонных технологий……. 311
Мехедов М. И.
Методические подходы к выявлению лимитирующих элементов железнодорожных направлений сети на основе оценки изменений участковых скоростей движения грузовых поездов…… 316
Оленцевич В. А., Оленцевич А. А.
Оценка качества организации производственных систем железнодорожного транспорта……..…. 329
Светлакова Е. Н., Коновалова М. И., Раевская П. Е., Верхотуров С. А.
Повышение перерабатывающей способности контейнерного терминала……..…….. 334
Светлакова Е. Н., Шестопалова А. В.
Анализ рынка сбыта продукции Быстринского горно-обогатительного комбината……... 342
Сивова К. С., Коновалова М. И.
Преимущества электронного сервиса комплексных транспортных услуг при взаимодействии с клиентам…….…… 348
Чубарова И. А.
Внедрение ресурсосберегающиих технологий на железнодорожном транспорте ……..…… 353

Уважаемые коллеги!

Забайкальский институт железнодорожного транспорта выражает слова благодарности руководству Забайкальской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», инженерному корпусу территориальных подразделений функциональных филиалов и иных структурных подразделений ОАО «РЖД», а также дочерних и зависимых обществ ОАО «РЖД», расположенных в границах Забайкальской железной дороги, которые многие годы поддерживают традиции практико-ориентированного образования и активно сотрудничают с нами и вносят свой вклад в будущее железнодорожного образования Забайкалья.

Диверсификация научно-технического сотрудничества становится важнейшим императивом дальнейшего устойчивого развития, как железной дороги, так и института как отраслевого регионального научного центра.

Всероссийская научно-практическая конференция «115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: ОБРАЗОВАНИЕ-НАУКА-ПРОИЗВОДСТВО» открывает новую страницу в научно-техническом сотрудничестве дороги и института, впервые проводя такую конференцию. Надеюсь, что первый опыт окажется плодотворным, и данное мероприятие войдёт в ежегодную традицию как важнейший элемент взаимодействия и сотрудничества.

Нам предстоит плодотворная секционная работа, в рамках которой у ученых и практиков будет возможность обсудить актуальные проблемы магистрали, дать оценку эффективности ведущихся учеными института инициативных разработок, приложить усилия по формированию эффективных и взаимовыгодных механизмов научно-технического сотрудничества железной дороги и института. Считаю, что одной из приоритетных задач конференции является выработка новых подходов к содержанию и уровню научно-технического сотрудничества, совершенствованию существующих и внедрению новых механизмов финансирования научно-технических разработок института.

Желаю всем участникам конференции плодотворной работы. Надеюсь, что по результатам работы конференции появятся новые творческие коллективы ученых и практиков, а результаты их работы станут весомым вкладом в развитие нашей родной Забайкальской магистрали.

Удачи всем и творческих успехов!

С уважением, Е.В. Ярилов

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

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

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ КОЖУХОВ ТЯГОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОГО ФАКТОРА

Статья посвящена проблеме надежности кожуха зубчатой передачи. Автором проведен анализ отказов кожухов зубчатой передачи электровозов ВЛ80. Обозначены возможные причины повреждений кожухов тяговой зубчатой передачи. Показана динамика отказов кожухов зубчатой передачи в течение года. Намечены пути снижения отказов кожухов зубчатой передачи.

Ключевые слова: *надежность, кожух зубчатой передачи, тяговый привод, колесно-моторный блок, вибронагрузки в тяговом приводе, пучение пути, взаимодействие пути и подвижного состава*

Для эксплуатации локомотивов характерно возникновение разного рода отказов, которые прямым образом влияют на ее безопасность. Характер и количество выявляемых отказов, как правило, зависит от интенсивности и условий эксплуатации локомотивов. Анализ полученных статистических данных для отказов колесно-моторных блоков (КМБ) электровозов серии ВЛ80 приписки эксплуатационного локомотивного депо Боготол-Сибирский (см. рис.1) показывает, что 68 % выявленных отказов КМБ приходится на кожух тяговой передачи. Поскольку основной функцией кожуха является защита зубьев зубчатой передачи от попадания пыли, грязи, снега и является картером для смазки зубьев, то возникновения отказа кожуха зубчатой передачи любого вида непосредственно влияет на безопасность движения поездов.

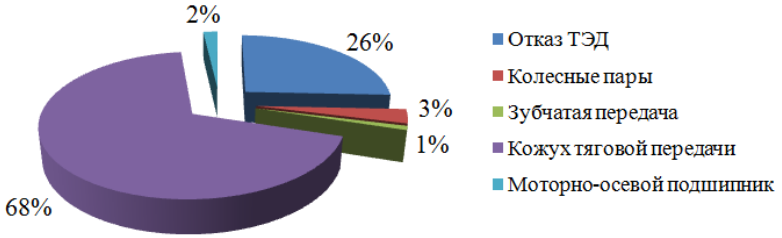


Рис. 1. Распределение отказов колесно-моторного блока электровозов ВЛ80 приписки эксплуатационного локомотивного депо Боготол-Сибирский в период с 2014 по 2016 гг

Возникновение значительного количества отказов кожухов связано с тем, что кожух в эксплуатации подвержен значительным вибрационным и ударным нагрузкам [1]. Кроме этого имеются конструктивные недостатки, заложенные еще на стадии проектирования крепления кожуха, так, например, не предусмотрено надежное стопорение болтов крепления кожухов к кронштейнам тягового двигателя при явном действии факторов способствующих к самоотвинчиванию этих болтов [3]. Также к недостаткам конструкции можно отнести консольное крепление кожуха к остову тягового двигателя через три болта, что приводит к повышенной концентрации нагрузки по корпусу кожуха со стороны точек крепления.

На электровозах серии ВЛ80 допускается применение двух типов кожухов: металлический и стеклопластиковый. При этом основная часть отказов приходится на металлические кожуха, которые изготавливаются сварными из стали толщиной 4^{+6} мм в виде коробки (рис. 2), состоящей из верхней и нижней половин.

Характерными повреждениями кожуха зубчатой передачи являются срыв резьбы М42×2 в бобышках 3, развитие трещин в нижней части корпуса по сварному шву *N2*, развитие трещин по сварным швам *N3*, *N4* (см. рис.2) между боковиной 1, подкладкой 2 и бобышкой 3, излом и трещины в кронштейне (проушине) 4, трещины в нижней боковине корпуса 1. Основная часть повреждений приходится на нижнюю половину кожуха.

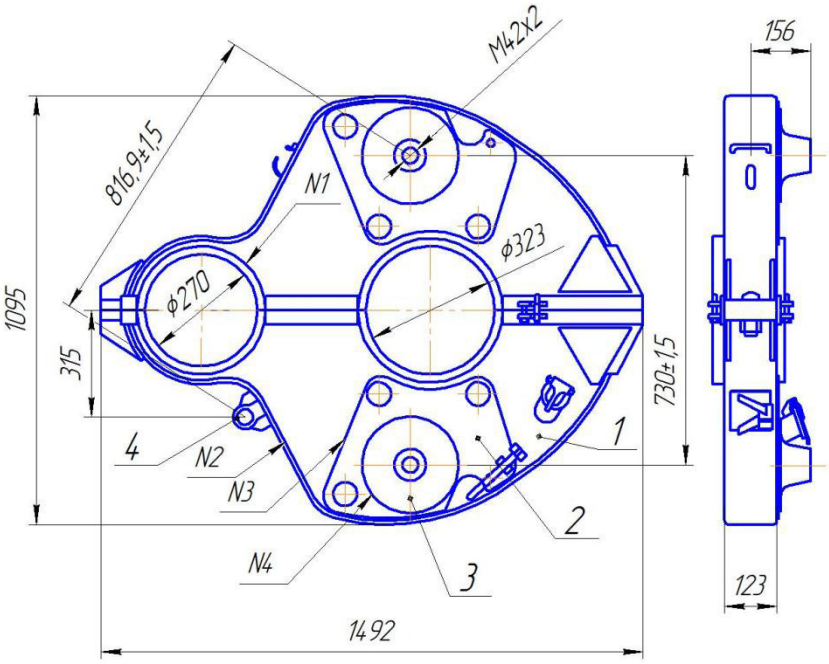


Рис. 2. Кожух тяговой зубчатой передачи электровоза ВЛ80

Распределение причин отказов кожуха зубчатой передачи приведено на рис. 3.

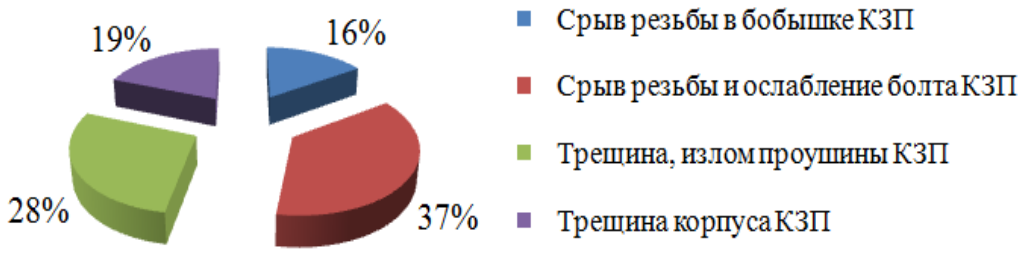


Рис. 3. Распределение причин отказов кожуха зубчатой передачи колесно-моторного блока электровозов ВЛ80 в период с 2014 по 2016 гг.

Из рис. 3 видно, что характер отказов кожухов зубчатой передачи (срыв резьбы, трещины, излом) обусловлен действием динамических и вибрационных нагрузок.

Основное количество возникающих при эксплуатации повреждений кожухов происходит в период с января по апрель (зимне-весенний период), что составляет порядка 80 % от общего количества отказов по итогам 12 мес. (см. рис.4).

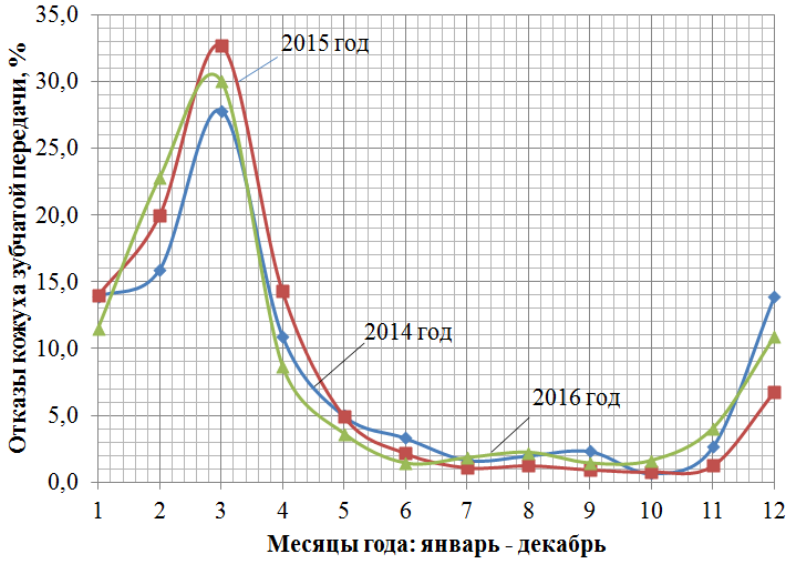


Рис. 4. Распределение возникновения отказов кожуха зубчатой передачи электровозов ВЛ80 в период с 2014 по 2016 гг. по месяцам

Из рис. 4 видно, что количество отказов кожухов зубчатой передачи значительно возрастает в период проявления сезонных деформаций пути – это зимне-весенний период. Так в [2] отмечено, что ежегодно из-за

морозного пучения даже 20-30 мм, которое считается безвредным при существующих скоростях движения поездов, неравномерность пути возрастает в 6-12 раз.

Характер неисправностей кожухов зубчатой передачи (см. рис.5) срыв резьбы и ослабление болтов крепления свидетельствует о наличие процесса самоотвинчивания болтов крепления кожуха под воздействием вибронагрузок, при этом возникает относительное перемещение соединяемых деталей (бобышки кожуха и кронштейнов тягового двигателя) и износ витков, а также уменьшается площадь их соприкосновения. В результате резьбовое соединение оказывается неспособным сопротивляться осевым нагрузкам и происходит срыв резьбы.

В штатной конструкции крепления кожуха зубчатой передачи предусмотрено применение граверной шайбы для предотвращения процесса самоотвинчивания болтов крепления, применение которой не обеспечивает надежность крепления. Кроме этого, в технологии сборки колесно-моторного блока электровозов ВЛ80 в условиях депо не предусмотрен контроль момента затяжки болтов крепления М42 кожуха зубчатой передачи к кронштейну тягового двигателя, а если предусмотрен, то выполняется фиктивно.

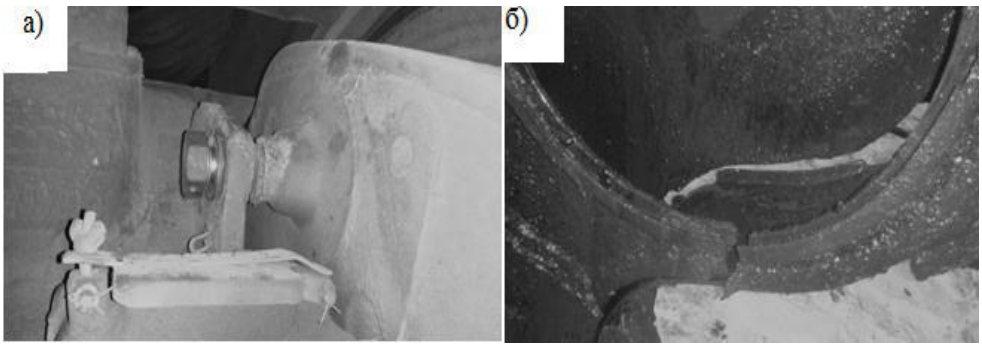


Рис. 5. Неисправности кожуха зубчатой передачи:
а) ослабление болта крепления; б) трещина в нижней части кожуха

Условия эксплуатации кожуха зубчатой передачи и характер возникновения выявленных повреждений, таких как трещины проушины и корпуса кожуха зубчатой передачи свидетельствуют об усталостной природе их происхождения.

Таким образом, причинами возникновения усталостных разрушений элементов кожуха зубчатой передачи являются: нарушение технологии изготовления, нарушение правил монтажа и эксплуатации, высокий уровень вибраций, возникающих при эксплуатации и

приводящий к ускоренному процессу возникновения трещин и их дальнейшему развитию. Также, значительный рост возникновения отказов, который отмечается в период сезонных деформаций пути свидетельствует о влиянии дополнительной повышенной вибронагрузки, вызванной техническим состоянием пути в зимне-весенний период.

Для снижения отказов кожухов зубчатой передачи необходимо:

- предъявлять повышенные требования к техническому состоянию пути, особенно в зимне-весенний период времени;
- использовать более надежные технические решения по стопорению болтов крепления кожуха;
- для снижения влияния вибронагрузок на усталостную долговечность кожухов следует воспользоваться демпфирующими опорами в местах крепления кожуха к остову тягового двигателя.

Список литературы

1. Бирюков И. В. Механическая часть тягового подвижного состава. Москва: Транспорт, 1992. 440 с.
2. Бредюк Г. П., Щепотин Г. К. Сезонные деформации железнодорожного пути и допустимая величина морозного пучения на грузонапряженных участках // Инженерно-геокриологические проблемы Забайкалья / Чита, 1987.
3. Бригер И. А., Иосилевич Г. Б. Резьбовые и фланцевые соединения. М.: Машиностроение, 1990. 368 с.

Р.С. Большаков, А.К. Мозалевская
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

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

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПОДХОДОВ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМАХ ВИБРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Рассматривается применение структурного математического моделирования в задачах определения динамических реакций в виброзащитных системах. Виброзащитные системы имеют в своем

составе объект защиты и виброзащитные устройства (ВЗУ). В простейшем виде ВЗУ могут быть представлены в виде упругих элементов, параллельно которым могут присоединяться диссипативные звенья, устройства для преобразования движения и рычажные механизмы. Предлагается метод, сущность которого заключается в том, что при использовании структурных математических моделей возможно выделение объекта защиты в виде интегрирующего звена второго порядка. В этом случае динамическая реакция связей представляет собой обратную отрицательную связь.

Ключевые слова: *виброзащитные устройства, динамические реакции, объект вибрационной защиты, структурное математическое моделирование*

Введение. Задачи динамики большинства технических объектов, работающих в условиях вибрационных нагрузок различной природы, решаются на основе использования расчетных схем в виде механических колебательных систем с одной или несколькими степенями свободы. Известен ряд работ, в которых развита методологическая основа динамического синтеза виброзащитных систем с пассивными и активными типовыми элементами в составе [1–3]. Вместе с тем, обеспечение задач повышения надежности машин и безопасности их эксплуатации требует дальнейшего развития теоретического базиса поисковых и предпроектных исследований в плане создания способов и средств оценки динамического состояния объектов вибрационной защиты.

В предлагаемом докладе обсуждаются возможности метода структурного математического моделирования. В рамках рассматриваемого подхода виброзащитной системе сопоставляется расчетная схема в виде соответствующей линейной механической колебательной системы, которая, в свою очередь, интерпретируется на основе метода динамических аналогий как структурная схема эквивалентной в динамическом отношении системы автоматического управления [4,5].

I. Общие положения. Постановка задачи исследования. Теоретическое обоснование подхода основано на общности математической модели динамического состояния задач вибрационной защиты и управления динамическим состоянием в рамках системных представлений о динамике систем автоматического управления [4,5]. На рис. 1а–в приведены принципиальные схемы, отражающие особенности построения виброзащитных систем, заключающиеся в необходимости

выделения в системе специального устройства, называемого виброизолятором (ВЗУ). Такое устройство формирует силовые взаимодействия между объектом защиты и элементами системы, форма которых зависит от конструктивно-технических особенностей объекта. При взаимодействии объекта с ВЗУ и опорными поверхностями, как это следует из рис. 1а–в, возникают динамические реакции связей. На рис. 2 (а,б) приведены расчетная схема виброзащитной системы (ВЗС) (см. рис.2а) и ее структурная математическая модель (см. рис.2б). Передаточная функция $W(p)$ (см. рис.2б) отражает динамические свойства системы при силовом $Q(t)$ и кинематическом возмущениях (выражения (1) и (2)).

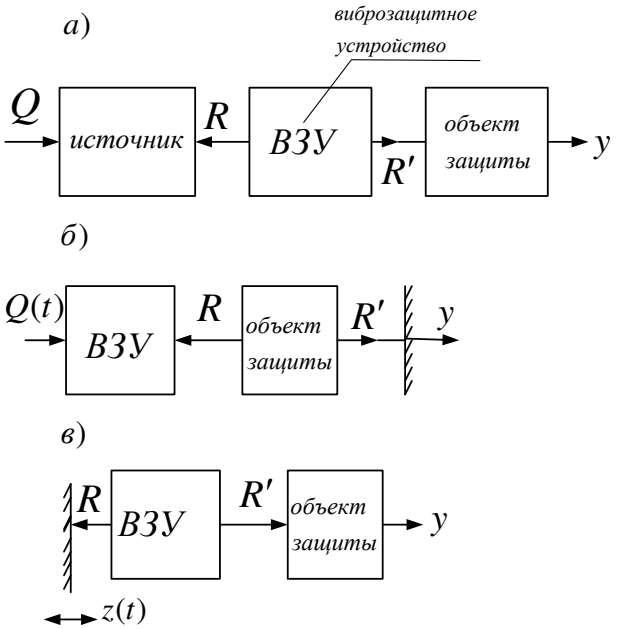
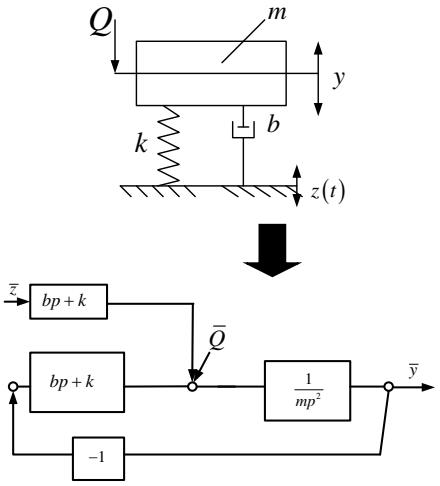


Рис. 1. Обобщенные представления о задачах вибрационной защиты



$$W_1(p) = \frac{\bar{y}}{\bar{z}} = \frac{bp + k}{mp^2 + bp + k}, \quad (1)$$

$$W_2(p) = \frac{\bar{y}}{\bar{Q}} = \frac{1}{mp^2 + bp + k}. \quad (2)$$

Рис. 2. Расчетная (а) и структурная (б) схема ВЗС

II. Структурное математическое моделирование. На рис. 3 представлена методика определения динамических реакций связей в механических колебателныч системах с одной степенью свободы.

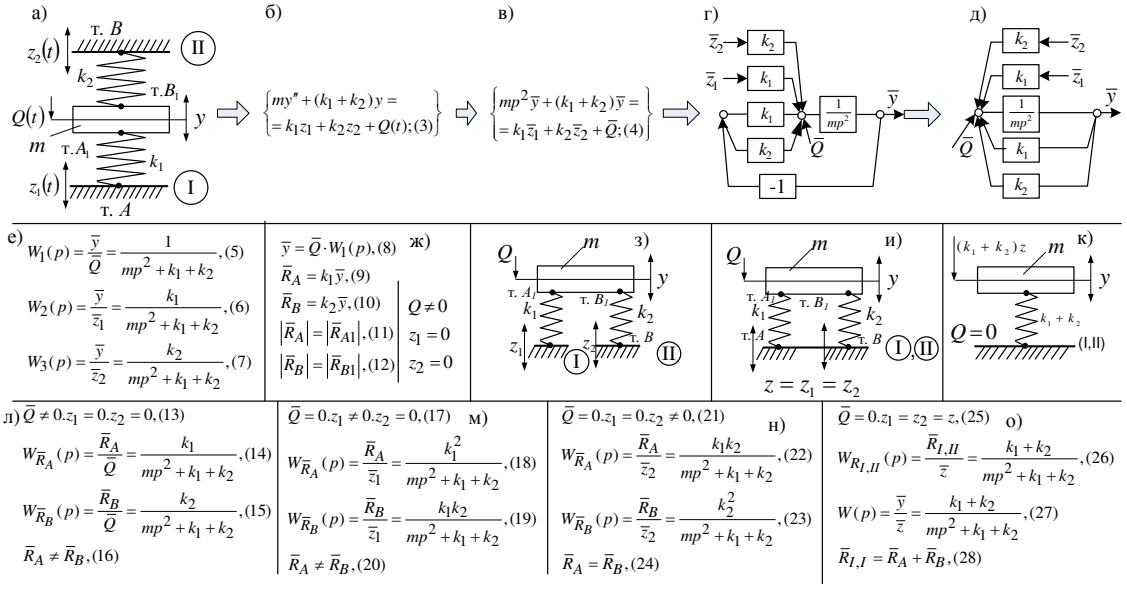


Рис. 3. Принципиальные позиции метода определения динамическиз реакций

Последовательный переход от позиции *а* до позиции *о* (см. рис.3). Стадии преобразований исходных математических моделей приведены также на позициях (3)–(25). Для реализации методики определения реакций в выбранных точках на основе расчетной схемы (см. рис.3а) составляется дифференциальное уравнение (3), которое трансформируется после преобразований Лапласа в уравнение (4), а затем – в структурные схемы (см. рис.3г,д). При этом $p = j\omega$ – комплексная переменная, а значок (–) над переменными означает изображение по Лапласу. Физическая сущность метода заключается в выделении объекта защиты на структурной схеме как звена с передаточной функцией типового интегрирующего звена второго порядка. В свою очередь типовые элементы виброзащитной системы представляют собой элементы структурной теории: пружина – звено с передаточной функцией усилительного звена; демпфер – звено с передаточной функцией дифференцирующего звена; промежуточный массоинерционный элемент – звено с передаточной функцией дифференцирующего звена второго порядка. Динамическая реакция представляет собой произведение приведенной динамической жесткости в заданной точке на ее координату смещения. Приведенная

динамическая жесткость фомируется цепью отрицательной обратной связи относительно объекта защиты, что достигается преобразованиями, правила которых характерны для аппарата теории автоматического управления.

III. Математическое моделирование и определение динамических реакций в механических колебательных системах с двумя степенями свободы. В данном докладе излагаются основные положения методики определения именно динамических реакций. В практических задачах вибрационной защиты движения объекта рассматриваются как малые колебания относительно положения статического равновесия. Вместе с тем, статическая нагрузка в ВЗС формирует соответствующие статические реакции. Полная реакция в характерных или выбираемых точках определяется суммой двух компонент. При равенстве нулю полной реакции в точках возможно возникновение зазоров при неудерживающих связях, что требует в случае необходимости соответствующего контроля за величинами реакции. В системах с двумя степенями свободы методика определения динамических реакций остается прежней, то есть выделяется объект защиты, внешние силы приводятся к объекту, производятся структурные преобразования, в рамках которых формируется цепь обратной отрицательной связи относительно объекта защиты, представленного интегрирующим звеном второго порядка. Коэффициент динамической жесткости обратной связи (или ее коэффициент усиления) при умножении на смещение (или координату) позволяет определить реакцию связи. Общее представление о последовательности действий при определении реакций дает рис. 4 и рис. 5. Более подробно детали определения динамических реакий в механических колебательных системах приведены в [4,5].

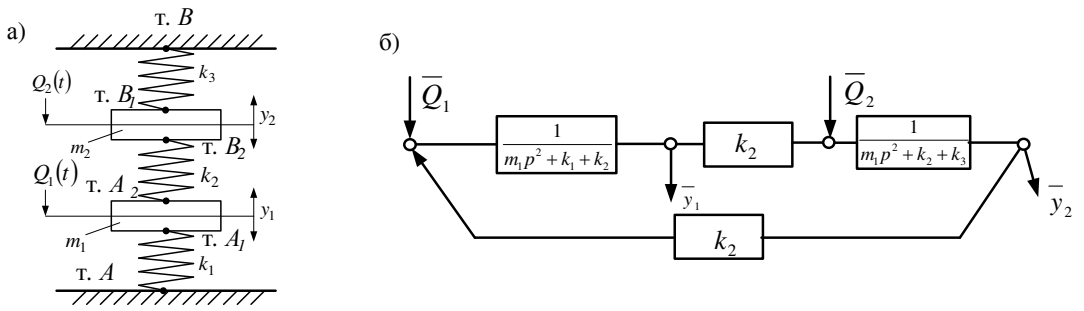


Рис. 4. Расчетная (а) и структурная (б) схемы виброзащитной системы

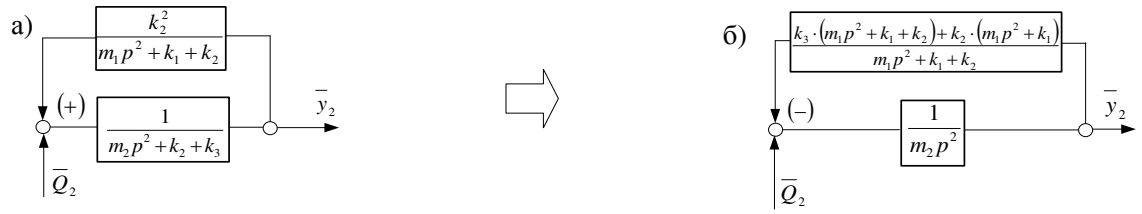


Рис. 5. Преобразования исходной структурной схемы, приведенной на рис. 4, б, относительно элемента m_1

Заключение. На основе исследований особенностей формирования статических и динамических реакций в механических колебательных системах предложен обобщенный метод определения реакций связей в механических колебательных системах при действии гармонических внешних сил. Предложенный подход базируется на использовании теории автоматического управления и применении структурных интерпретаций систем и их передаточных функций, а также использовании аналитического аппарата теории цепей.

Динамические реакции в виброзащитных системах могут быть включены в набор параметров, характеризующих динамическое состояние, наряду со смещением, скоростью и ускорением объекта защиты и элементов систем. Кроме того, динамические реакции могут рассматриваться в представлениях амплитудно-частотных характеристик, при этом часть динамических реакций изменяется по законам изменения координат систем, а часть имеет в ряд особенностей, проявляющихся при появлении динамических режимов, при которых приведенная жесткость определенной цепи системы стремится к бесконечности (при отсутствии сил трения). Для определения динамических реакций предложен метод, основанный на выделении объекта защиты (или любого инерционного элемента) в качестве отдельного элемента, относительно которого разрешается уравнение кинематики по выбранной координате. Структурная интерпретация метода основана на выделении объекта защиты (или другого инерционного звена) как звена с передаточной функцией интегрирующего звена второго порядка, относительно которого выделяется цепь обратной связи, представляющая собой динамическую реакцию.

Список литературы

1. Елисеев С. В., Резник Ю. И., Хоменко А. П. Мехатронные подходы в динамике механических колебательных систем. Новосибирск: Наука, 2011. 384 с.

2. Елисеев С. В., Хоменко А. П. Динамическое гашение колебаний: концепция обратной связи и структурные методы математического моделирования. Новосибирск: Наука, 2014. 357 с.

3. Елисеев С. В., Артюнин А. И. Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем. Новосибирск: Наука, 2016. 459 с.

4. Кашуба В. Б., Елисеев С. В., Большаков Р. С. Динамические реакции в соединениях элементов механических колебательных систем. Новосибирск: Наука, 2016. 331 с.

5. Хоменко А. П., Елисеев С. В., Большаков Р. С. Метод структурных преобразований и его приложения в задачах динамики виброзащитных систем. Определение реакций связей // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. / № 1(41). 2014. С. 8-23

А.Ю. Белов, Д.Г. Налабордин
Служба вагонного хозяйства Забайкальской железной дороги
г. Чита, Россия

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВЫПУСКА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ИЗ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА НА ПОЛИГОНЕ ДОРОГИ

В данной статье рассмотрены вопросы прогнозирования объемов выпуска вагонов из текущего отцепочного ремонта на полигоне Забайкальской железной дороги. Целью работы является нахождение уравнения, определяющего краткосрочный (на ближайший год) прогноз объемов текущего ремонта грузовых вагонов на полигоне дороги по видам ремонта.

Ключевые слова: *прогнозирование, отцепочный ремонт, вагон, текущий ремонт*

Текущий отцепочный ремонт вагонов является неотъемлемой частью эксплуатационной деятельности вагонных депо.

По состоянию грузового вагона, месту обнаружения его отказа и отцепки, текущий отцепочный ремонт подразделяется:

1) текущий ремонт вагона в объеме ТР-1 – ремонт порожнего вагона, выполняемый при его подготовке к перевозке с отцепкой от состава или группы вагонов, подачей на специализированные пути и переводом в нерабочий парк;

2) текущий ремонт вагона в объеме ТР-2 – ремонт груженого или порожнего грузового вагона с отцепкой от транзитных и прибывших в разборку поездов или от сформированных составов с переводом его в нерабочий парк и подачей на специализированные пути.

Необходимо отметить, что текущий отцепочный ремонт вагонов является основным бизнес-процессом в вагонном хозяйстве, от которого непосредственно зависят доходы отрасли. В данной связи прогнозирование объемов текущего ремонта вагонов является актуальной задачей.

Зная прогнозируемые объемы ремонта подвижного состава можно определить потребное количество запасных частей, рассчитать выручку и прибыль.

Прогнозирование – это оценка будущего на основе глубокого анализа тенденций развития явлений и их взаимосвязей. Процесс прогнозирования предполагает выявление возможных альтернатив развития в перспективе для обоснованного их выбора и принятия оптимального решения. Прогнозирование ведется на основе использования широкого спектра информации. Но первоначальный этап прогнозирования всегда связан с анализом временных рядов, который позволяет охарактеризовать закономерность изменения явления во времени.

Данная работа посвящена вопросам прогнозирования объемов выпуска вагонов из текущего отцепочного ремонта на полигоне Забайкальской ж.д.

Целью исследования является нахождение уравнения, определяющего краткосрочный (на ближайший год) прогноз объемов текущего ремонта грузовых вагонов на полигоне дороги по видам ремонта.

При анализе временных рядов использовалась следующая информация:

– база исходных данных определялась по программному комплексу анализ работы вагонного хозяйства (АРВХ), с глубиной архива 4 года;

– учет объемов выпуска вагонов из текущего ремонта выполнялся отдельно по видам ТР-1 и ТР-2;

– в расчет принимались только объемы по выпуску вагонов из ремонта;

– шаг динамического ряда был принят один квартал.

На первоначальном этапе был выполнен анализ временных рядов по выпуску грузовых вагонов из текущего ремонта в объеме ТР-1 на полигоне Забайкальской ж.д. (см. рис.1).

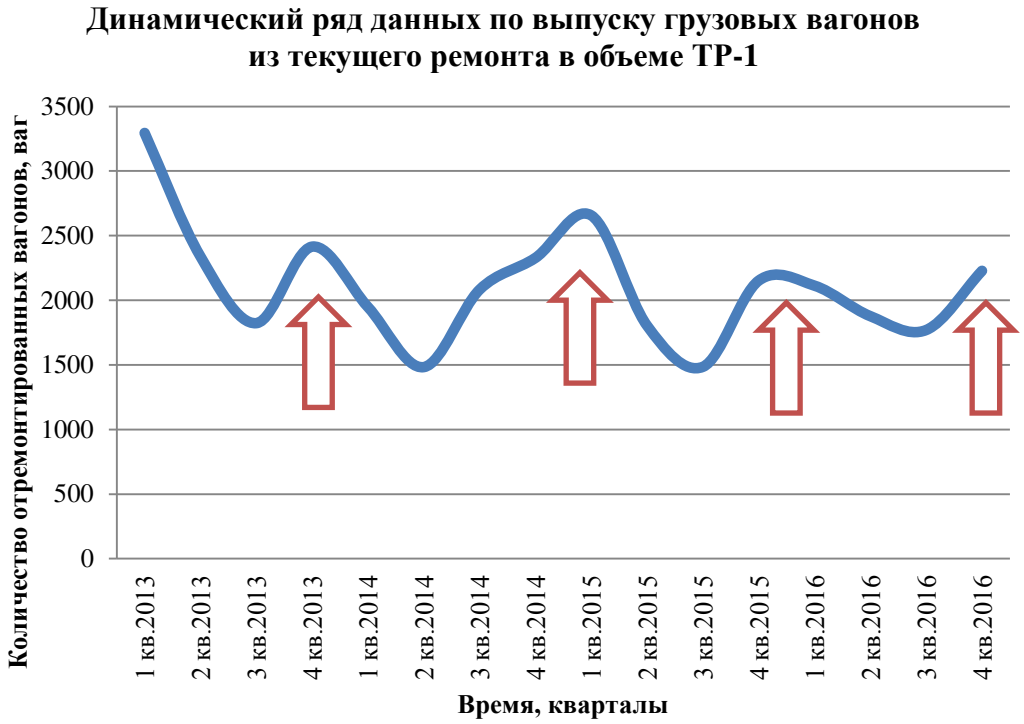


Рис. 1. Динамический ряд данных по выпуску вагонов из ТР-1 на полигоне Забайкальской ж.д. с 2013 – 2015 гг.

Из рис. 1 видно, что по временным рядам в поквартальном разрезе наблюдаются сезонные колебания – снижение объемов во 2-3 кварталах и увеличение – 1 и 4 кварталах.

Сезонные колебания – это разновидность периодических колебаний. Для них характерны внутригодичные, повторяющиеся устойчиво из месяца в месяц (из квартала в квартал) изменения в уровнях. Иными словами, сезонные колебания – регулярные повторяющиеся подъемы и снижение уровней динамического ряда внутри года на протяжении ряда лет.

Таким образом, в данном случае уровень временного ряда целесообразно рассматривать как функцию тенденции, сезонности и случайности. Соответственно при мультипликативной модели уровень динамического ряда можно представить в виде сомножителей:

$$y_i = \hat{y}_t \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \qquad (1)$$

где y_i – фактические уровни динамического ряда;

$\hat{y}_t$ – теоретические значения уровней динамического ряда;

K_1 – коэффициент сезонности;

K_2 – квартальный коэффициент случайности;

K_3 – годовой коэффициент случайности.

Немного поясним суть каждого коэффициента.

Во-первых, коэффициенты сезонности определяют уровень сезонных колебаний и рассчитывается как среднее частных уровней динамического ряда по тенденции и фактических исходных значений.

Во-вторых, квартальные коэффициенты случайности выполняют корректировку отклонений прогнозируемого динамического ряда по кварталам (определяемого с учетом тенденции и коэффициентов сезонности) от фактических исходных значений.

В-третьих, годовые коэффициенты случайности корректируют отклонения прогнозируемого динамического ряда по годам (определяемого с учетом тенденции, коэффициентов сезонности и квартальных коэффициентов случайности) от фактических исходных значений.

В процессе вычислений были определены следующие составляющие модели: уравнение тенденции, числовые значения коэффициентов сезонности (таблица 1) и случайности (таблица 2). Из таблицы 1 видно, что в 1 и 4 кварталах объемы текущего ремонта вагонов ТР-1 выше среднего уровня на 13 – 14% и, соответственно, во 2-м и 3-м кварталах ниже среднего уровня на 13 и 14%.

Уравнение тенденции имеет вид:

$$\hat{y}_t = 2284{,}7t^{-0{,}065}. \qquad (2)$$

Таблица 1

Коэффициенты сезонности

Месяц	Год				$K_1 = \frac{1}{n}\sum\frac{y_i}{\bar{y}}$
	2013	2014	2015	2016	
1 квартал	---	1.02	1.20	1.11	1.13
2 квартал	---	0.75	0.87	0.95	0.87
3 квартал	0.74	1.06	0.73	---	0.86
4 квартал	1.13	1.09	1.14	---	1.14
Σ	---	---	----	---	4,00

Таблица 2

Квартальные и годовые коэффициенты случайности

Месяц	Год				$K_2 = \frac{1}{n}\sum\frac{y_i}{y_S}$
	2013	2014	2015	2016	
1 квартал	1.29	0.84	1.18	0.96	1.03
2 квартал	1.23	0.83	1.04	1.10	1.01
3 квартал	0.99	1.19	0.87	1.05	0.99
4 квартал	1.01	1.01	0.96	1.01	0.97
$K_3 = \frac{1}{4}\sum\frac{y_n}{y_S}$	1.13	0.97	1.01	1.03	4.01

На рис. 2 представлен исходный динамический ряд по выпуску вагонов из ТР-1 в сравнении с прогнозируемой кривой. Визуально видно, что расчетная модель достаточно «близко» описывает исходную кривую.

Прогноз на 1 квартал 2017 г. по выпуску грузовых вагонов из ТР-1 на Забайкальской ж.д. составил 2312 вагонов, фактически выпуск вагонов за данный период был на уровне 2478 вагонов.

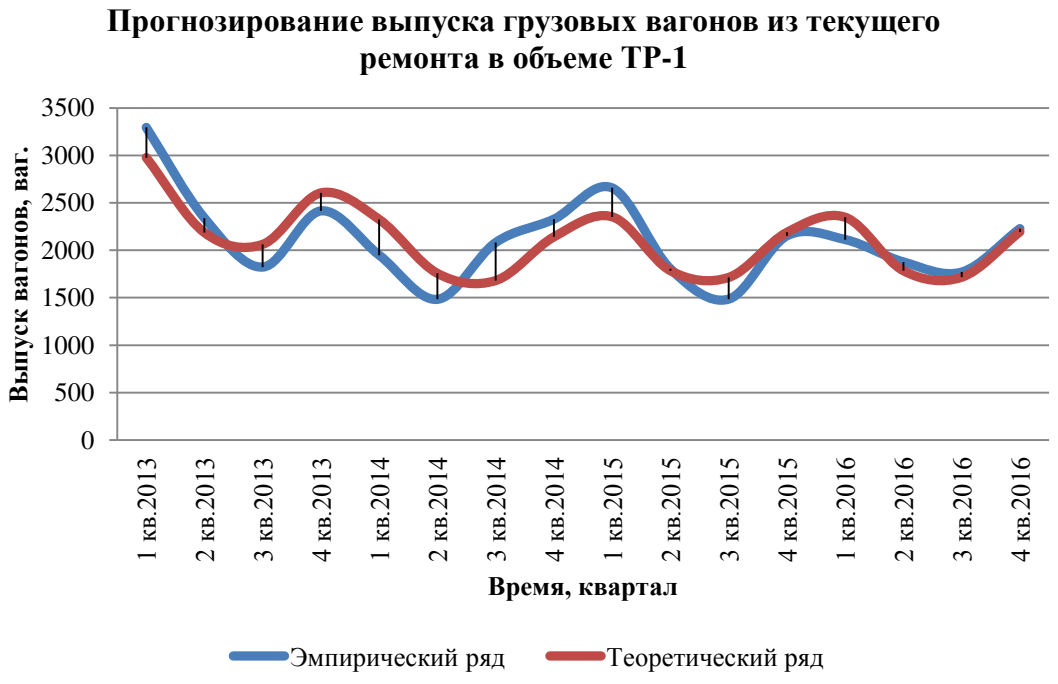


Рис. 2. Фактический динамический ряд по выпуску вагонов из текущего ремонта в объеме ТР-1 в сравнении с прогнозирующей кривой

Далее были рассмотрены объемные показатели, связанные с выпуском вагонов из ТР-2. Исходный динамический ряд представлен на рис. 3.

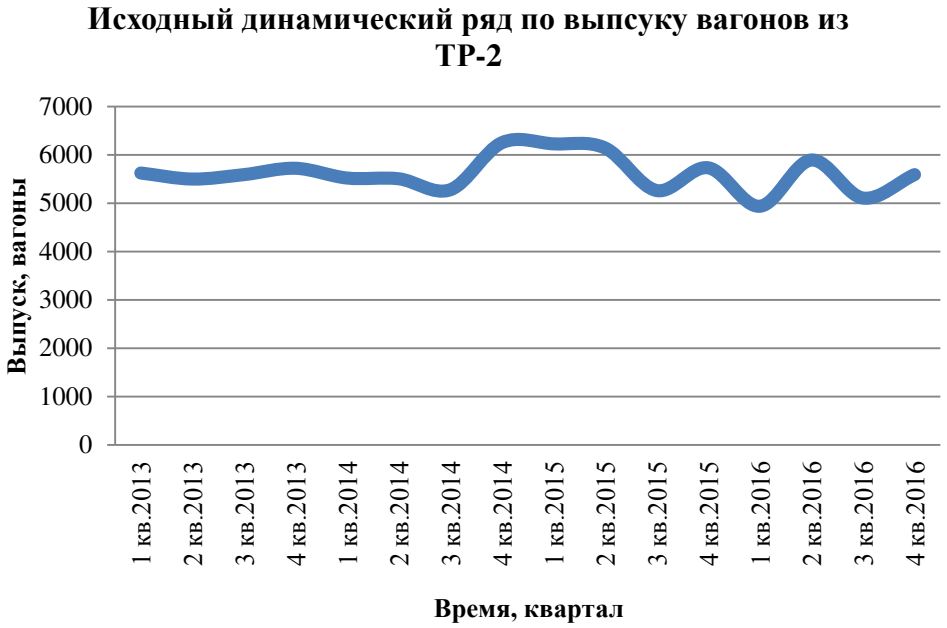


Рис. 3. Динамический ряд данных по выпуску вагонов из ТР-2 на полигоне Забайкальской ж.д. 2013-2016 гг.

Из рисунка видно, что динамический ряд не имеет ярко выраженной тенденции и сезонных колебаний, при этом в отдельные периоды наблюдаются либо увеличение, либо уменьшение объемов выпуска вагонов из ТР-2, периодичность которых не очевидна.

В данном случае, для прогнозирования объемов выпуска вагонов из ТР-2, целесообразно применять метод средних.

Остановимся на методике вычислений.

$$y = y + e, \tag{3}$$

где: y – средние значения динамического ряда;

e – функция остатков.

Для случая мультипликативной модели уравнение прогноза будет выглядеть следующим образом:

$$y_i = \bar{y}_t \cdot K_2 \cdot K_3$$

Другими словами модель прогноза аналогична модели с сезонной компонентой, с теми отличиями, что вместо уровней тенденции

используется средний уровень динамического ряда и отсутствуют коэффициенты сезонности.

Соответственно квартальные и годовые коэффициенты случайности можно вычислить с помощью одной таблицы (табл. 3)

Таблица 3

Квартальные и годовые коэффициенты случайности

Месяц	Год				$K_2 = \frac{1}{n}\sum\frac{y_i}{y_S}$
	2013	2014	2015	2016	
1 квартал	1.00	0.98	1.11	0.88	0.99
2 квартал	0.98	0.98	1.09	1.05	1.03
3 квартал	1.00	0.94	0.94	0.91	0.95
4 квартал	1.02	1.11	1.02	1.00	1.04
$K_3 = \frac{1}{4}\sum\frac{y_n}{y_S}$	1.00	1.00	1.04	0.96	1.00

На рис. 4 представлены графики исходного и прогнозируемого динамических рядов. Визуально видно, что расчетная модель достаточно «близко» описывает исходную кривую.

Прогноз на 1 квартал 2017 г. по выпуску грузовых вагонов из ТР-2 на Забайкальской ж.д. составил 5575 вагонов, фактически выпуск вагонов за данный период был на уровне 5563 вагона.

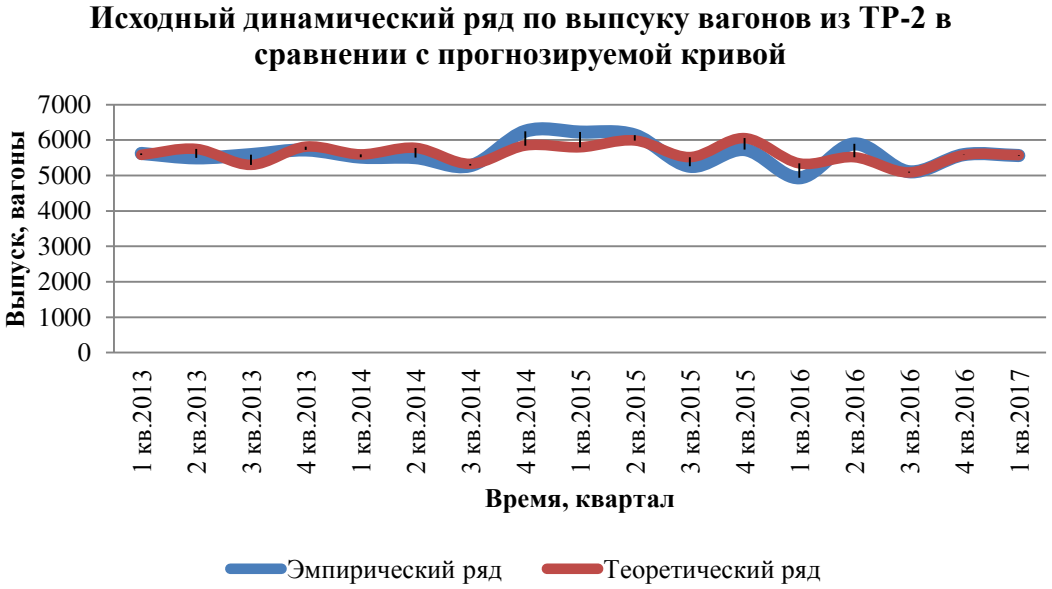


Рис. 4. Фактический динамический ряд по выпуску вагонов из текущего ремонта в объеме ТР-2 в сравнении с прогнозирующей кривой

На основании проведенных расчетов можно заметить, что:

– получены статистические модели для прогноза эксплуатационных показателей по вагонному хозяйству, связанных с выпуском грузовых вагонов из текущих ремонтов в объеме ТР-1 и ТР-2;

– рассмотренные методы прогнозирования являются саморегулируемыми, т. е. чем длиннее рассматривается динамический ряд, тем более точные получаются коэффициенты сезонности и случайности;

– методики более приемлемы для прогнозирования на краткосрочный период (год, квартал, полугодие).

Список литературы

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

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

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

В.М. Волков, С.Н. Должиков
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

М.Н. Лакеенко
Опытно – инструментальный завод «Транспорт»,
г. Омск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОНТАЖА ДЕТАЛЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

В статье приводятся способы измерения и контроля радиального и торцового биения венца зубчатого колеса тяговой передачи и колеса колесной пары локомотива, приведена схема их измерений для сформированной колесной пары, а также принцип работы разработанных контрольно-измерительных устройств.

***Ключевые слова**: локомотив, колесная пара, радиальное и торцовое биение, зубчатое колесо, стойка, калиброванный ролик, индикатор часового типа*

Колесные пары локомотивов являются устройствами, определяющими эффективность работы тягового подвижного состава. Зубчатые колеса, образующие тяговую передачу, подвергаются измерениям и контролю, по результатам которых оценивается их степень пригодности к работе. Колеса при изготовлении проверяются по нормам кинематической точности, плавности зацепления и контакту зубьев, причем радиальное биение является одним из основных показателей кинематической точности зубчатых колес.

У сформированной колесной пары вместе с зубчатым колесом тяговой передачи в соответствии с Правилами ремонта требуется контролировать радиальное и торцовое биение, величины которых должны соответствовать установленным нормам. Чрезмерное торцовое и радиальное биения вызывают перекос зубьев зацеплении и неравномерный их износ, что в конечном результате сокращает ресурс тяговой передачи.

В производственных условиях допускается осуществлять проверку радиального биения с помощью калиброванного ролика и индикатора часового типа [1]. Для этой цели колесо закрепляется в центрах, в одну из его впадин укладывается ролик и делается измерение. Затем колесо проворачивается на один зуб и процедура повторяется до тех пор, пока не будут проконтролированы все впадины. Наибольшая разность показаний индикатора дает значение радиального биения. Диаметр ролика при этом методе должен быть таким, что бы его образующая соприкасалась с боковыми поверхностями зубьев в точках, лежащих на постоянной хорде зуба. Опытным путем установлено, что диаметр ролика должен быть: D=1,68 m, т.е. при модуле m = 10 мм (что соответствует модулю тяговой передачи тепловоза) диаметр получается величиной 16,8 мм. Поскольку в производственных условиях изготовить калиброванный ролик проблематично, можно в соответствии с ГОСТ 2475-88 подобрать ближайший к этому размеру стандартный, например, 16,565 мм [2].

Но этот метод предполагает измерение радиального биения отдельно взятого колеса, т.е. не в сборе с колесной парой. При ремонте колесных пар радиальное и торцовое биения целесообразно измерять тогда, когда зубчатое колесо уже установлено на ось, т.е. процедура контроля по этой схеме уже невозможна.

Специалистами ОмГУПСа совместно с Опытным инструментальным заводом «Транспорт» разработано и изготовлено устройство для контроля радиального биения зубчатого колеса передачи, устанавливаемого на колесной паре тепловоза [3].

Однако это устройство предназначено только для измерения радиального биения зубчатого колеса тяговой передачи тепловоза, которое расположено несимметрично ни колесной паре. Тяговая передача электровоза состоит из двух кинематических цепей, у которых два зубчатых колеса расположены симметрично на оси колесной пары.

Для того, чтобы произвести измерения биения второго колеса, требуется стойку с индикатором переставить на вторую шейку оси, что практически изменяет положение измерительной базы. Кроме того, односторонняя установка стойки с индикатором на шейке оси допускает некоторый перекос измерительной системы, что вносит дополнительную погрешность измерения.

В ОмГУПСе и ОИЗе «Транспорт» разработано устройство, позволяющее повысить точность измерения радиального биения, а также измерить торцовое биение колес зубчатой передачи и колес колесной пары [4].

Разработанное устройство представляет собой две стойки 4 и 5 с призматическим основанием, горизонтальную штангу 6, поворотные консоли 7 и 8 с индикаторами 9 и 10 и калиброванные ролики 3 (см. рис. 1).

После обточки бандажей колесная пара 1 остается закрепленной на колесно-токарном станке, а на ободе зубчатого колеса 2 маркером помечаются несколько впадин, в которые будут укладываться ролики 3. На шейку оси колесной пары устанавливается левая 4 и правая 5 стойки. На эти стойки крепится горизонтальная штанга 6, на которой размещены консоли 7 и 8. Для предотвращения произвольного углового перемещения стоек 4 или 5 предусмотрены предохранительные рычаги, которые одним концом прикреплены к стойке, а другим – к станине станка (на рис. 1 они не показаны).

Для измерения торцового биения зубчатого венца или колеса колесной пары при такой же установке стоек и штанги, к торцам колес подводится консоль 7 или 8 с индикаторами 10 до тех пор, пока большая стрелка совершит несколько оборотов. Выставлять на ноль индикаторы не обязательно, для измерения достаточно провернуть колесную пару на один оборот, при этом отмечая максимальные и минимальные показания индикатора.

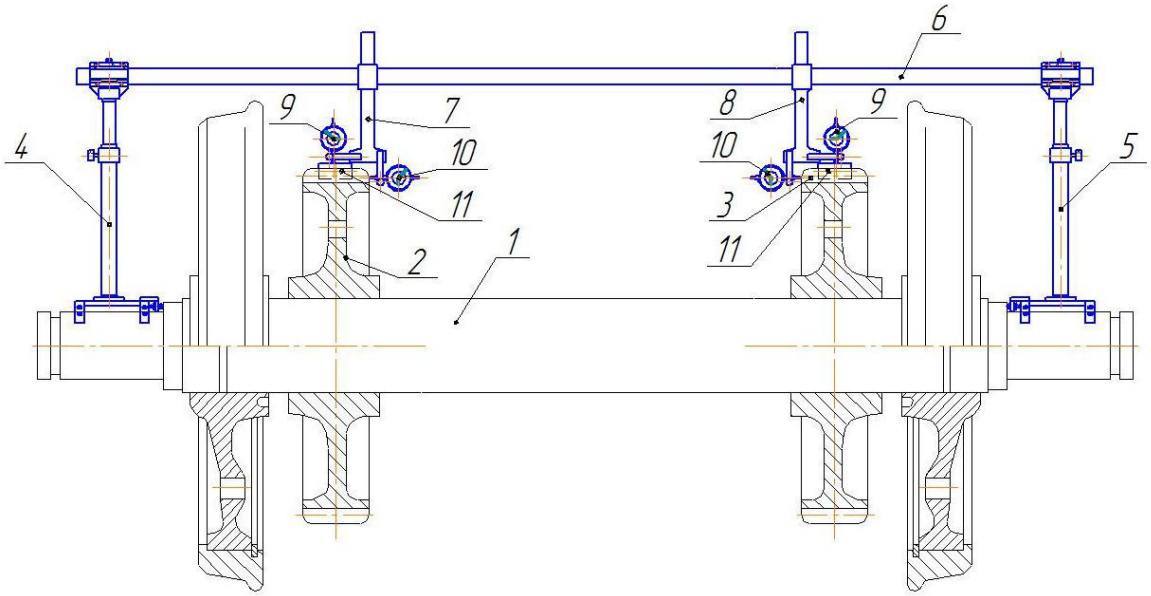


Рис. 1. Схема измерения радиального и торцового биения колесной пары

Использование разработанного устройства позволяет измерять как радиальное, так и торцовое биения, а также повысить точность измерения, поскольку измерительной базой будет являться сама ось колесной пары, а также устраняется возможность появления перекосов в измерительной системе.

Список литературы

1. Марков А. Л. Измерение зубчатых колес (допуски, методы и средства контроля). Л.: Машиностроение, 1977. 280 с.

2. ГОСТ 2475-88. Проволочки и ролики. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2003. 16 с.

3. Пат. на полезную модель 161342 RU, МПК G 01 B 3/22. Устройство для измерения радиального биения венца зубчатого колеса тяговой передачи тепловоза / В. М. Волков, С. Н. Должиков, М. Н. Лакеенко.

4. Пат. на полезную модель 174363 RU, МПК G 01 B 3/22. Устройство для измерения радиального и торцового биения зубчатого венца и колеса колесной пары локомотива / В. М. Волков, С. Н. Должиков, М. Н. Л

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

ВЛИЯНИЕ НЕРОВНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА ДИНАМИКУ ВАГОНА ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ВСЖД

В статье рассмотрены вопросы влияния неровностей пути на динамику подвижного состава при движении в условиях сложного рельефа местности. Проведен анализ динамических (поездных) испытаний проведенных на исследуемом участке. Учитывая геометрические параметры (возвышение наружного рельса, уширение колеи, уклон профиля пути), представлена математическая модель движения вагона, которая позволила получить расчетные коэффициенты вертикальной динамики при различной скорости и сравнить их с нормируемыми.

Ключевые слова: *неровности пути, вагон, динамические нагрузки, безопасность движения*

Восточно-Сибирская железная дорога (ВСЖД) расположена в сложных геоклиматических и геологических условиях. Развернутая длина главных путей дороги – 6188 км, в том числе федерального значения – 3848 км (см. рис.1). Протяженность кривых составляет 45,1 %, в том числе 25,4 % с радиусами 250–650 м [1].

Рис. 1. Участки и станции ВСЖД с ограниченной пропускной способностью

В данном случае рассматривается наиболее загруженный участок Большой Луг (5225 км) – Слюдянка (5310 км). Следует отметить, что на участке Большой Луг – Слюдянка 200 кривых радиусом 1200 м, из них 94 кривых по левому направлению и 106 кривых по правому направлению, 21 кривая, радиус которой менее 300 м. Наличие большого количества кривых малого радиуса негативно влияет на динамику подвижного состава и на работу буксовых узлов [2-3]. На протяжении последних лет происходит рост количества отказов буксовых узлов при прохождении данного участка.

При движении железнодорожного экипажа по кривой между колесами и рельсами развиваются значительные поперечные силы. Существуют два источника возникновения этих сил. К первому источнику относятся силы воздействия поезда, которые вызывают усилия в ударно-тяговых приборах. Вторым источником является динамическое взаимодействие экипажа и железнодорожного пути.

Для их изучения были проведены динамические (поездные испытания) [4]. При проведении эксперимента в качестве объекта исследования был выбран грузовой поезд весом 5504 тс, состоящий из 17-ти полувагонов, 4-х крытых вагона, 41-й платформы, 2-х специальных вагонов – всего осей 240, локомотив серии 3ЭС5К, в хвосте состава – локомотив серии 3ЭС5К. На рис. 2, 3 представлены фрагменты полученных данных, на которых видны сильные динамические удары, приходящиеся на узлы и детали вагона при прохождении кривых малого радиуса и стыков рельсового пути.

Рис. 2. Вертикальные нагрузки, возникающие в буксовом узле при движении

Рис. 3. Продольные нагрузки, возникающие в узлах автосцепного устройства

Вертикальные и горизонтальные неровности пути выступают основной причиной, вызывающей большие нагрузки при взаимодействии колес и рельсов. Таким образом, железнодорожный путь относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей представляет собой волнообразную линию с незакономерно (случайно) изменяющимися длинами и амплитудами волн.

Поперечные силы являются главными факторами, вызывающими износ колес и рельсов. Кроме того, большие продолжительные поперечные нагрузки в сочетании с небольшими вертикальными нагрузками могут вызвать накатывание гребня колеса на головку рельса или опрокидывание вагона при движении по кривой [5].

Даже при движении по прямому участку пути с малой скоростью, возникают проблемы, связанные с колебаниями виляния колесной пары (так как правое и левое колесо проходят разный путь по поверхности конуса).

Расчетная оценка динамических показателей вагонов в поезде проводилась путем решения нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих динамическую модель его колебаний.

На рис. 4 показана схема колебаний при подпрыгивании и галопировании.

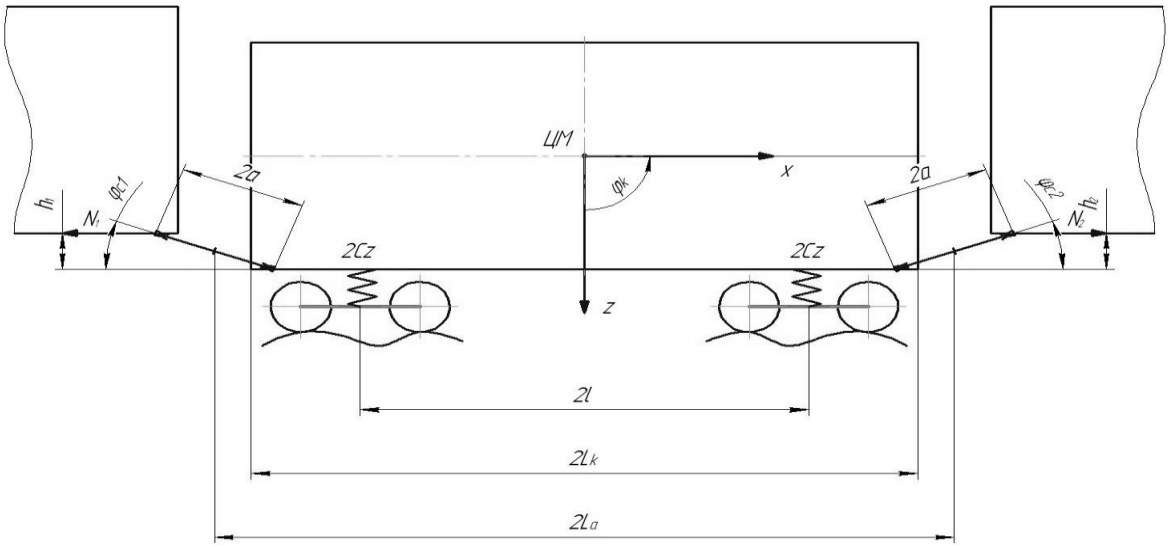


Рис. 4. Расчетная схема возбуждения параметрических колебаний подпрыгивания и галлопирования кузова вагона

Уравнение для параметрических колебаний подпрыгивания и галлопирования кузова отдельного вагона без учета диссипативных сил имеет вид [6]:

$$m_в \cdot \ddot{z} + z \cdot \left(4Cz + \frac{N(t)}{a} \right) = 0, \qquad (1)$$

$$J_{в.у} \cdot \ddot{\varphi} + \varphi \cdot \left(4Cz \cdot l^2 + \frac{N(t)}{a} \cdot l \cdot L_{ЗУ} \right) = 0, \qquad (2)$$

где $m_в$ – масса вагона;

$J_{в.у}$ – момент инерции кузова вагона относительно оси у;

Cz – жесткость рессорного подвешивания;

$N(t)$ – изменяющаяся во времени продольная сила;

l – база вагона;

$L_{ЗУ}$ – расстояние между задними или передними упорами хребтовой балки;

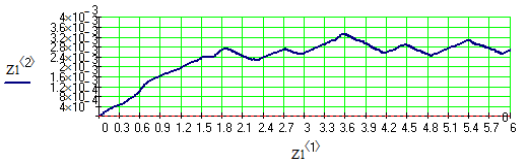
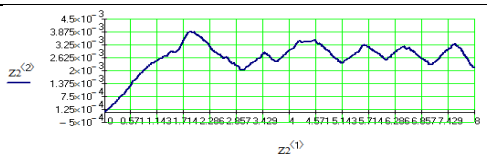
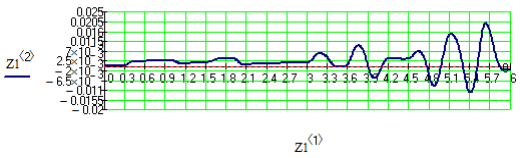
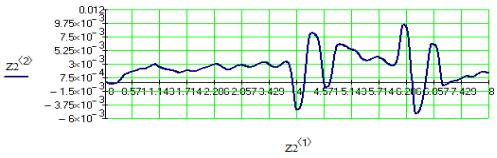
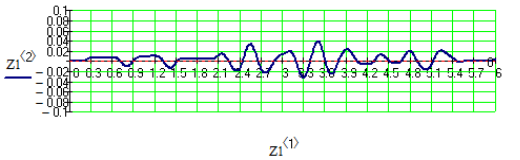
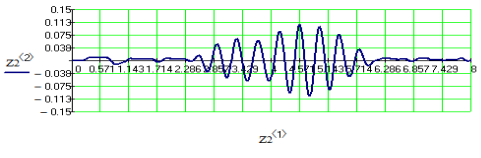
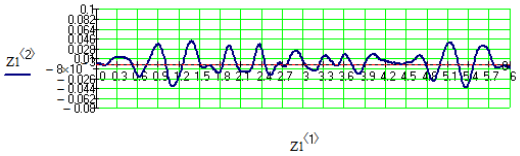
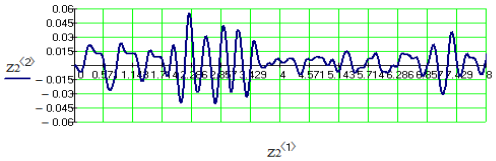
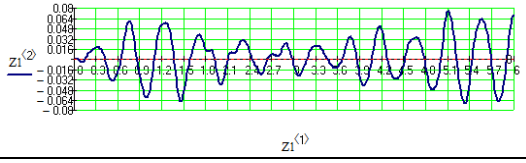
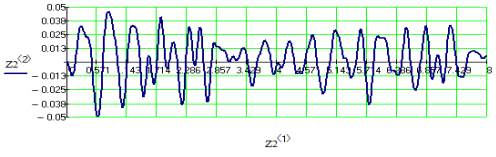
a – длина корпуса автосцепки.

Дифференциальные уравнения решались методом Рунге – Кутты четвертого порядка функцией rkfixed, входящей в пакет программного комплекса математических вычислений MathCad. Для расчетов приняты параметры универсального груженого полувагона с тележками модели 18–100 (ЦНИИ-Х3-О), двигающегося по пути в диапазоне скоростей 5-25 м/с.

Результаты численного интегрирования, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты моделирования

V, м/с	Подпрыгивание	Галопирование
5		
10		
15		
20		
25		

Практическая реализация полученных данных позволила:

– подтвердить экспериментальные данные реального объекта и сравнить их с теоретическими расчетами;

– выполнить комплексный анализ мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения вагонов на сложных участках пути ВСЖД.

Список литературы

1. Плешко А. Б., Перспективы развития железнодорожной инфраструктуры региона // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции (Иркутск, 29 марта 2016 г.). Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2016. Т.1. С. 7–14.

2. Железняк В. Н., Ермоленко И. Ю., Ковенькин Д. А. Анализ собственных колебаний боковых рам тележек модельного ряда 18-100 при силовом воздействии, обусловленных рельефом горного пути и

дефектами на поверхности катания колесо-рельс // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2015. №4(48). С. 20-24.

3. Ермоленко И. Ю., Железняк В. Н., Санникова Е. Г. Влияние силовых воздействий, обусловленных рельефом пути, на эксплуатационную надежность буксовых узлов тележки модели 18-100 на примере горно-перевального участка ВСЖД // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции (Иркутск, 30 сентября – 03 октября 2015 г.). Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2015. Т.2. С. 454–459.

4. Ермоленко И. Ю., Железняк В. Н. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2016. №4(52). С. 199-204.

5. Гарк В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава: пер. с англ. М.: Транспорт, 1988. 391 с.

6. Ермоленко И. Ю., Железняк В. Н., Мартыненко Л. В. Моделирование движения грузового вагона по сложным участкам пути // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Восьмой международной научно-практической конференции (Иркутск, 28 марта – 01 апреля 2017 г.). Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2016. Т.2. С. 488–492.

Т.Д.Захарова
Байкало-Амурский институт железнодорожного транспорта,
г. Тында, Россия

АНАЛИЗ ПРОЦЕНТА НЕИСПРАВНЫХ ЛОКОМОТИВОВ 2ТЭ25 «ВИТЯЗЬ» В ДЕПО ТЫНДА – СЕВЕРНАЯ

Качественное техническое обслуживание и ремонт, выполненные в срок, полное удовлетворение потребности в тяговом подвижном составе обеспечивает эффективную работу других структурных подразделений и перевозочного процесса в целом. Представлена динамика программы ремонта локомотивов серии 2ТЭ25А «Витязь», проанализированы качественные показатели.

Ключевые слова: *сервисное обслуживание; время простоя локомотива в ремонте; деповской процент неисправных локомотивов; коэффициент технической готовности; локомотивный пар,*

коэффициент внутренней готовности, отказы 2 и порядка, повторяющиеся дефекты

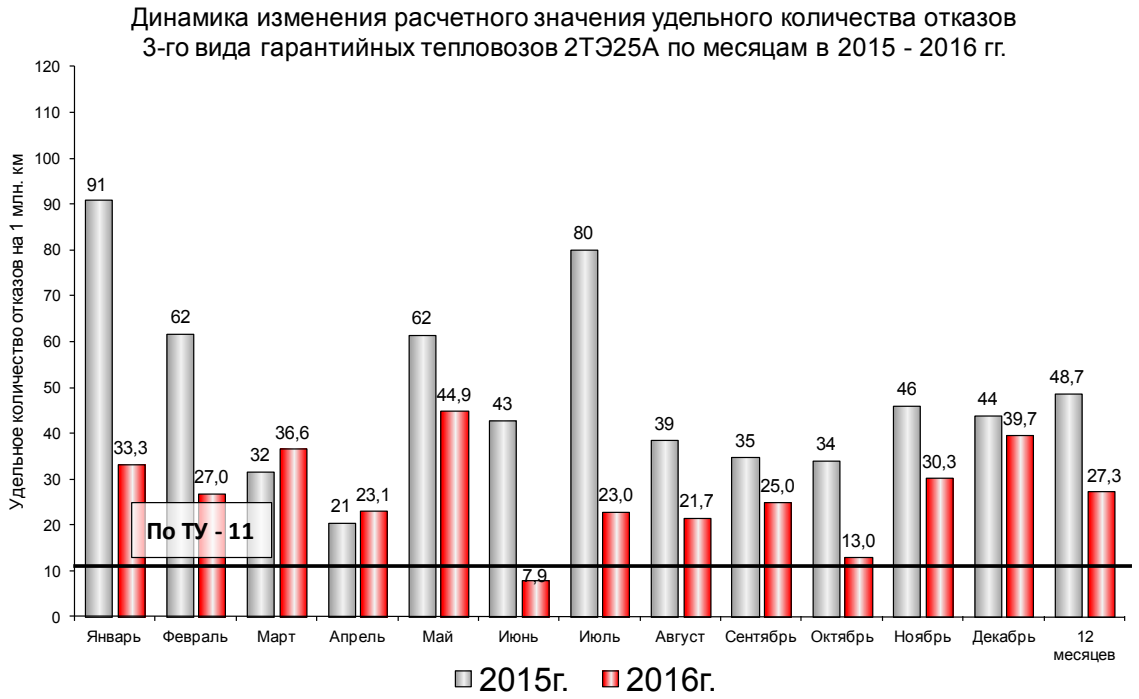
Надежность тепловозов серии 2ТЭ25А согласно техническим условиям должна характеризоваться следующими показателями:

- коэффициент внутренней готовности должен быть не менее 0,97;
- средняя наработка на отказ второго вида – не более 2,0 случаев на 1 млн. км пробега;
- средняя наработка на отказ третьего вида – не более 11,0 случаев на 1 млн. км пробега.

Коэффициент внутренней готовности – вероятность того, что локомотив окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых его использование по назначению не предусматривается (плановые технические обслуживания и ремонты, запас, резерв, ожидание работы или ремонта, пересылка и т.п.). Отказ 2-го вида – отказ единицы тягового подвижного состава (далее ЕТПС), последствием которого является неисправность. Неисправность отказ ЕТПС, в результате которого допущена задержка поезда на перегоне хотя бы по одному из путей или на станции сверх времени, установленного графиком движения, на один час и более.

Отказ 3-го вида – отказ ЕТПС, требующий выполнения ей непланового ремонта. Удельное количество отказов 2-го вида, вызвавших задержку поезда на перегоне или на станции на 1 час и более, за 12 мес. 2016 г. составило 12,4 случая на 1 млн. км пробега, что выше нормативного значения по ТУ (2 случая) и выше показателя за аналогичный период 2015 г. – 11,3 случая на 1 млн. км пробега. Значение удельного количества отказов 2-го вида тепловозов 2ТЭ25А, вышедших за пределы гарантии, на 1 млн. км пробега за 12 мес. 2016 г. составило 57,0 случаев на 1 млн. км пробега, а на весь приписной парк – 44,3 случая на 1 млн. км пробега.

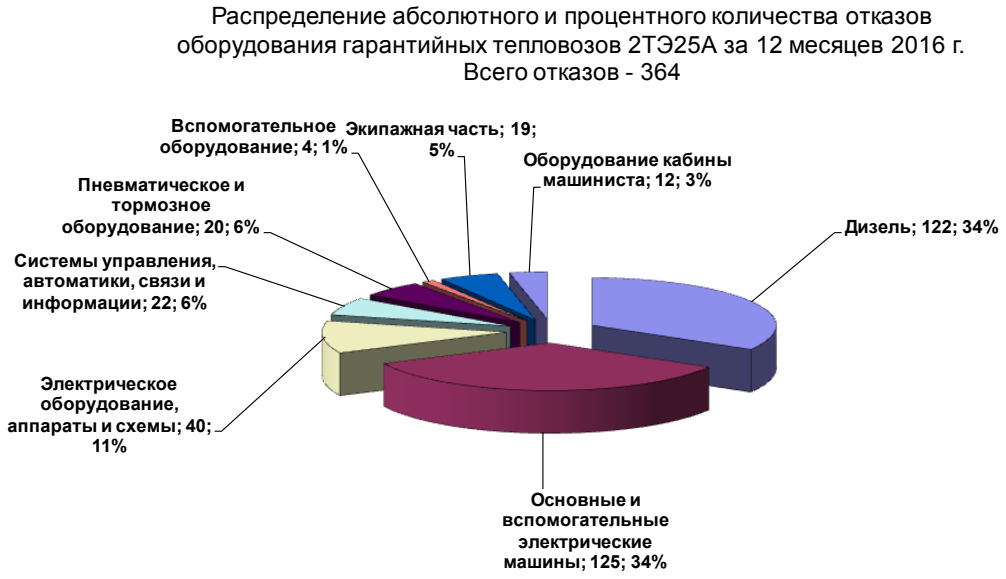
Удельное количество отказов 3-го вида за 12 мес. 2016 г. составило 27,3 случая на 1 млн. км пробега (см. рис.3-слайд 3), что в 2,5 раза выше значения, заданного в ТУ (11 случаев), но в 1,8 раза ниже, чем за аналогичный период 2015 г. (48,7 случая на 1 млн. км пробега).



Показатели ремонтопригодности

Суммарный простой на ГЗР тепловозов 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016 г. составил 3329 часов, что эквивалентно изъятию из эксплуатации за данный период 0,42 тепловоза или 2,0% парка.

Среднее значение времени простоя на гарантийных неплановых ремонтах, приходящегося на один тепловоз 2ТЭ25А гарантийного парка за 12 мес. 2016 г., составляет 12 часов, что в 1,4 раза меньше, чем за аналогичный период 2015 г. – 17 часов.



На негарантийных тепловозах 2ТЭ25А за 12 мес. 2016 г. зафиксировано 791 отказ оборудования , что составило 228 случаев на 1 млн. км пробега. Наибольшее количество отказов оборудования приходится на дизель – 41 % (320 отказов); основные и вспомогательные электрические машины – 19 % (148 отказов).

Среди основных отказов узлов и сборочных единиц дизеля

21-26ДГ-01 (ОАО «Коломенский завод») гарантийных тепловозов 2ТЭ25А за 12 мес. 2016 г., следует выделить:

– 53 случая неисправностей цилиндровых комплектов, на негарантийных тепловозах – 91 случай;

– 22 неисправности турбокомпрессора 6ТК12, в большинстве случаев выраженные изломом лопаток турбинного колеса; на негарантийных тепловозах – 55 случаев.

К отказам электрического оборудования, аппаратов и схем гарантийных тепловозов 2ТЭ25А за 12 мес. 2016 г. относятся:

– 16 случаев выхода из строя элементов тягового преобразователя М-Т3ТП-Т-1-У2 (АО «ВНИКТИ»).

К отказам систем управления, автоматики, связи и информации относятся:

– 8 случаев неисправностей МПСУ (АО «ВНИКТИ»);

– неисправности температурных измерителей ИТ (7 случаев)

(ООО «Ратеп-инновация»).

Выделяются 62 случая отказа датчика импульсов GEL247X1FM1500БИЛТ.411142.003 тягового электродвигателя АД917 (ГП «Завод «Электротяжмаш») на негарантийном парке тепловозов (загрязнение датчика и монтажного отверстия, разрегулировка зазора датчика, ослабление контакта в штепсельном разъеме датчика, некачественный электромонтаж). Фиксирование данных случаев с июня по октябрь 2016 года снизилось до минимума, но с ноября количество случаев снова резко возросло. К основным отказам пневматического и тормозного оборудования относятся:

– неисправность компрессорного агрегата АКВ-4,5 (13 случаев) (ОАО «Транспневматика»).

Из отказов экипажной части гарантийных тепловозов 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016 г. выделяются:

– 14 случаев трещин элементов крепления кожуха тяговой зубчатой передачи, на негарантийных машинах – 13 случаев;

– 2 случая выявления трещин по краям корпуса моторно-осевых подшипников качения.

– 1 случай выдавливания резины нижнего шарнира подвески ТЭД.

К отказам основных и вспомогательных электрических машин 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016 г. относятся:

– 108 выходов из строя ТЭД АД917 производства

ГП «Завод «Электротяжмаш» на тепловозах по причине:

- обрыва фаз (85 случаев);
- оплавления покрывной изоляции обмотки статора с подтеками изоляции (3 случая);
- межвиткового замыкания в обмотке статора (8 случаев);
- пониженного сопротивления изоляции (4 случая);
- срабатывания защиты по превышению допустимых токов фаз ТЭД (3 случая);
- излома кронштейна крепления кожуха на остове ТЭД (1 случай);
- среза болтов крепления шестерни ДЧВ (1 случай);
- повышенной вибрации ТЭД (1 случай);
- перекоса фаз (1 случай);
- заклинивания моторно-якорного подшипника (1 случай).

На негарантийных тепловозах 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016 г. зафиксировано 132 отказа ТЭД. По результатам анализа 7 типов неисправностей тепловозов 2ТЭ25А были признаны «повторяющимися дефектами»:

- обрывы фаз тягового электродвигателя АД917;
- задиры цилиндровых комплектов;
- изломы лопаток колеса турбокомпрессора 6ТК12;
- отказы датчиков-реле температуры ДРТ-1-20+110;
- выходы из строя охладителей надувочного воздуха;
- неисправности транзисторов, плат тягового преобразователя М-Т3ТП-Т-1-У2;
- трещины элементов крепления кожуха тяговой зубчатой передачи.

Таблица 1

Показатели надежности 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016 г.

	Квг	Количество отказов 2-го вида на 1 млн. км	Количество отказов 3-го вида на 1 млн. км
Значения по ТУ	0,970	2,0	11,0
Гарантийный парк с учетом гарантийных отказов	0,981	12,4	27,3
Гарантийный парк с учетом всех отказов	0,974	29,0	46,3
Негарантийный парк	0,917	57,0	114,9
Весь парк	0,942	44,3	83,7
Модернизированный парк	0,960	64,3	101,0

2) Главными лимитирующими надежность узлами являются тяговые электродвигатели АД917, цилиндровые комплекты и турбокомпрессоры дизель-генератора 21-26ДГ-01.

3) Качество сервисного обслуживания остается на низком уровне. В течение текущего года допускались случаи «донорства» оборудования постгарантийных тепловозов. При проведении модернизации тепловозов нарушается технология сборки узлов после ревизии.

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

Д.Г. Налабордин
Отдел по безопасности движения поездов и сохранности вагонного парка Службы вагонного хозяйства Забайкальской железной дороги
г. Чита, Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ИЗНОСОВ ГРЕБНЕЙ СТАНДАРТНЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ КОЛЕС ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

В статье рассмотрены результаты дорожного эксперимента по определению износа гребней колес, изготовленных из стали 2 в

конструктивном исполнении по ГОСТ 10791-2004 и изготовленных из стали повышенного качества и твердости в конструктивном исполнении по ТУ 0943-170-01124323-2004.

Ключевые слова: *износ гребня, полувагон, стандартные и инновационные колеса*

Фундаментальными исследованиями доказано, что интенсивность износа в зоне контакта гребней колес подвижного состава и боковой грани головки рельса в кривых участках пути обусловлена схватыванием металла и приводит к тяжелейшему виду изнашивания с микрорезанием контактирующих поверхностей и, соответственно, к катастрофической интенсивности износа. Такой вид износа гребней колес и рельсов особенно ярко проявляется на Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах.

Сложившиеся условия эксплуатации железнодорожного транспорта требуют повышения надежности и увеличения срока службы колес. Одним из направлений повышения качества колес, включенных в стратегическую программу обеспечения устойчивого взаимодействия в системе колесо – рельс, является повышение твердости материала ободьев колес до 3200–3600 МПа (320 – 360 НВ).

В настоящее время в согласно ГОСТ 10791-2011 колеса для грузовых вагонов изготавливаются из двух марок сталей: 2 – стандартный тип колес, Т – с твердостью 320…360 НВ. При этом конструкция и размеры колес определяются ГОСТ 9036-88 (стандартные колеса) и ТУ 0943-170-01124323-2004 (инновационные колеса с S-образным диском). Сравнительная характеристика механических свойств сталей вагонных колес приведена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика механических свойств сталей вагонных колес

Марка стали	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Твердость на глубине 30 мм, НВ
		не менее		
2	911…1107	8	14	255
Т	1020	9	16	320

Начиная с 2004 года для нужд эксплуатируемого парка вагонов, поставлено более 3 млн. колес повышенного качества и твердости [1].

Динамика роста колес повышенного качества и твердости в рабочем парке грузовых вагонов РФ представлена на рис. 2.

Рис. 1. Статистика изменения соотношения колес повышенной твердости в общем парке колес грузовых вагонов РФ

В данной связи становится актуальной задача определения эксплуатационной надежности инновационных элементов вагонов, эффективности их использования по сравнению со стандартными узлами и деталями. С этой целью на полигоне Забайкальской ж.д. проведен эксперимент по определению интенсивностей износа гребней колес стандартных и инновационных полувагонов.

Задачи, которые необходимо было решить в ходе исследования:

– выполнить экспериментальную поездку в составе грузового груженого поезда на участке Карымская – Белогорск Забайкальской ж.д.;

– получить массивы экспериментальных данных по замерам толщин гребней стандартных и инновационных колес;

– определить интенсивность износа гребня в условиях эксплуатации грузового вагона на полигоне Забайкальской ж.д.

Порядок проведения эксперимента:

– для организации эксперимента в хвост грузового поезда №2752 был прицеплен тормозоиспытательный вагон службы вагонного хозяйства Забайкальской дирекции инфраструктуры (см. рис.2);

– полигон проведения эксперимента – участок Забайкальской ж.д. от станции Карымская до станции Белогорск. Расстояние между станциями составляет 1574 км.

– измерения толщин гребней грузовых вагонов производились у двух групп вагонов: стандартные полувагоны (порядковые номера в поезде 20, 21, 22, 23, 24, 38, 39, 40, 41, 45, 75, 76, 77, 78, 79), инновационные полувагоны (порядковые номера в поезде: 35, 36, 37, 42, 43, 44, 60, 61, 62, 63).

Рис. 2. Общий вид поезда №2752 с тормозоиспытательным вагоном

– измерения проводились электронным прибором «МАИК».

Характеристика поезда и подвижного состава:

– поезд состоял из 79 груженых полувагонов, груз – уголь, вес поезда 7452 т., условная длина – 86 вагонов, станция погрузки – Ерунаково Западно-Сибирская ж.д., станция назначения – Находка-Восточный порт Дальневосточная ж.д.

– в подконтрольную группу вагонов входили полувагоны стандартных моделей: 12-132, 12-119, 12-132-03, 12-1704-04, 12-757, 12-296-01, 12-1303-01, 12-532 и инновационной модели 12-9853.

Особенности плана пути на полигоне испытаний является наличие большого количества кривых малого и среднего радиуса. Статистика по

кривым показывает, что на участке расположено 1315 кривых радиусом до 600 м, общей протяженностью 341 км (см. рис.3).

Соотношение кривых по направлению (правых и левых) на участке эксперимента составило 654/661 шт., по протяженности, соответственно, – 169/172 км, что говорит о равнозначном влиянии плана пути на износ гребней правых и левых (по ходу движения) колес вагона.

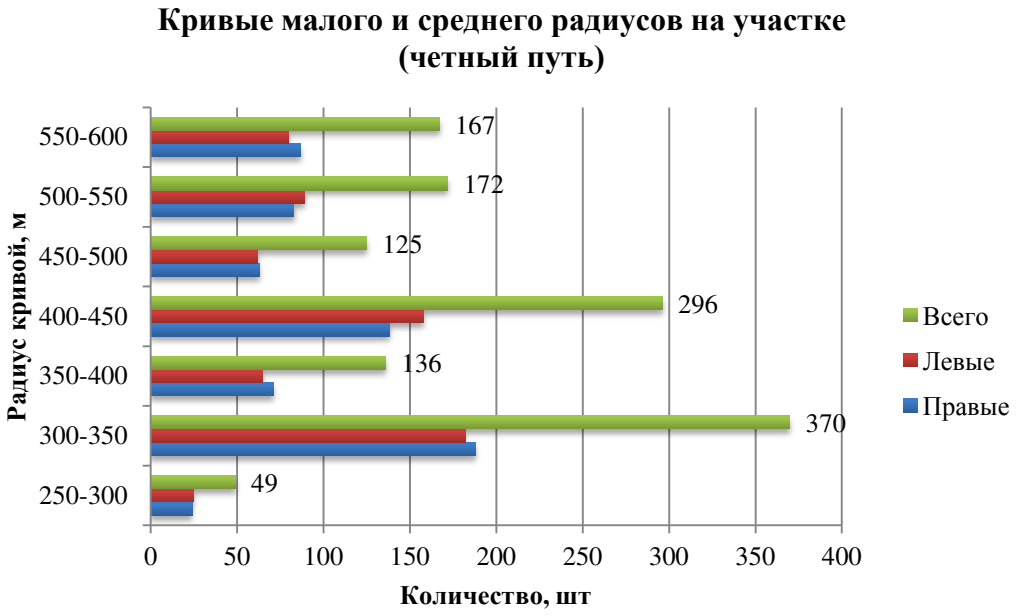


Рис. 3. Кривые малого и среднего радиусов на полигоне испытаний

В ходе эксперимента были получены следующие выборки (по каждой станции):

– для стандартных полувагонов – 106 значений;

– для стандартных полувагонов по стороне – 53 значения;

– для инновационных полувагонов – 80 значений.

Данные выборки являются представительными, математическая обработка которых позволила оценить величину износа стандартных и инновационных колес.

Методика обработки экспериментальных данных основывалась на гипотезе, что выборка (толщины гребней, измеренные у подконтрольной группы вагонов) распределена по нормальному закону [2]. Соответственно, величина износа определялась как разность выборочных средних.

$$X = X_{Карымская} - X_{Белогорск}. \quad (1)$$

Графические результаты статистического моделирования представлены на рис. 4 и 5, числовые результаты приведены в табл. 2.

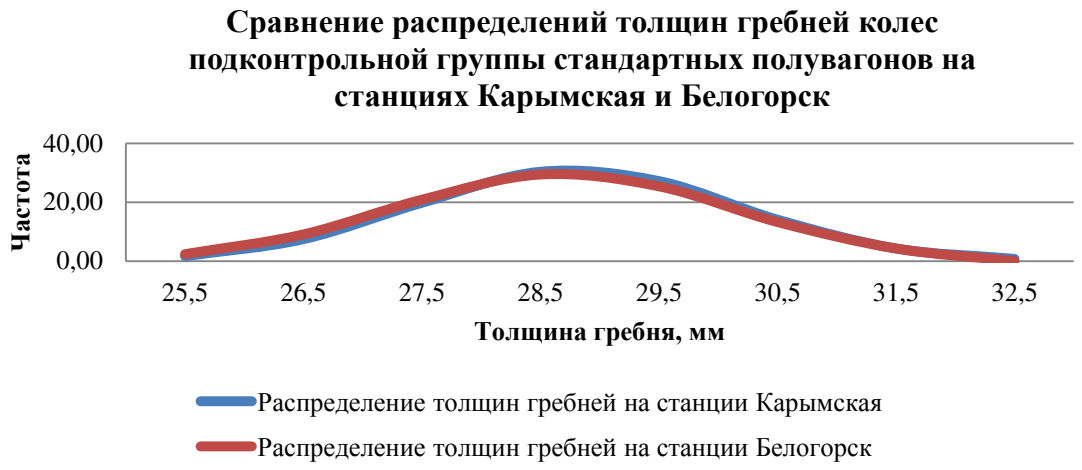


Рис. 4. Распределения толщин гребней колес стандартных полувагонов на коечных станциях эксперимента

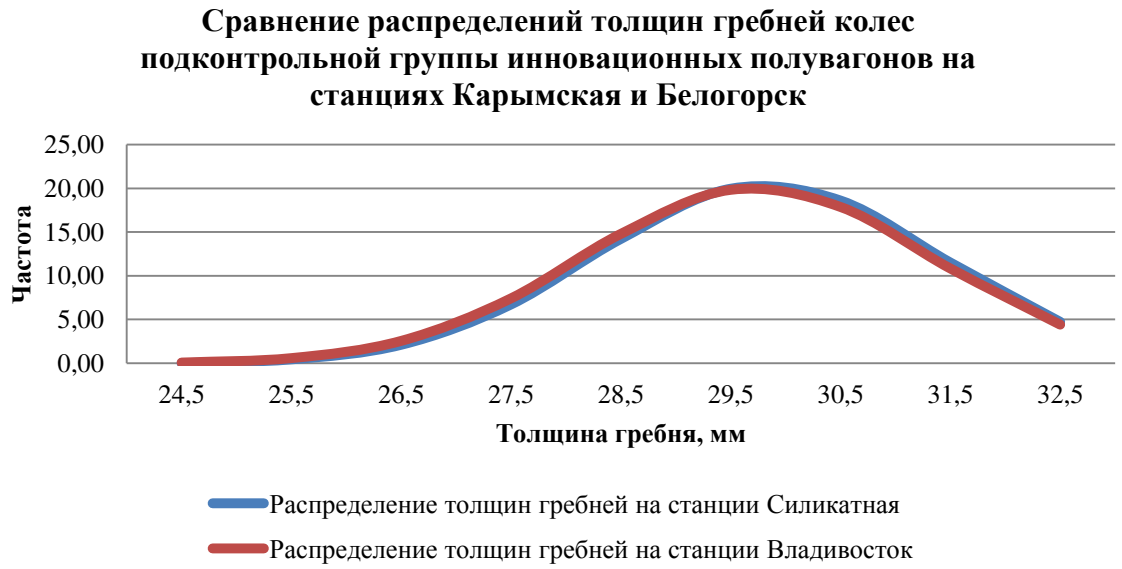


Рис. 5. Распределения толщин гребней колес инновационных полувагонов на коечных станциях эксперимента

Таблица 2

Сводные результаты расчетов по износам гребней грузовых вагонов

Станция	Параметры распределения	
	Выборочное среднее	Среднее квадратичное отклонение
Средний износ (стандартные вагоны)		
Карымская	28,47	1,36
Белогорск	28,33	1,42
Износ	0,14	---
Инновационные вагоны		
Карымская	29,83	1,56
Белогорск	29,74	1,59
Износ	0,09	---

Из полученных результатов исследования видно, что средняя величина износа гребня колеса полувагона (в груженом состоянии) при следовании в составе поезда от станции Карымская до станции Белогорск составила:

– для стандартных полувагонов – 0,14 мм;

– для инновационных полувагонов – 0,09 мм.

Таким образом, можно утверждать, что интенсивность износа гребней инновационных колес, изготовленных из стали повышенного качества и твердости по ТУ 0943-170-01124323-2004 в 1,5 раза ниже, чем у стандартных колес, изготовленных из стали 2 по ГОСТ 9036-88.

Список литературы

1. Потахов Д. А. Использование на подвижном составе колесных пар повышенной твердости // Известия ПГУПС, 2013. №1. С. 139-147.

2. Иванова Т. В. Определение износа гребня колеса грузового вагона / Т. В Иванова, В. А. Петровых, Д. Г. Налабордин // Сборка в машиностроении и приборостроении, 2017. №1. С. 27-29.

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

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

5. Ларченко Е. А. Налабордин Д. Г. Расчетное экономическое обоснование корректировки оптимального срока службы подвижного

состава с учетом морального старения. Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. Чита: ЗабИЖТ, 2017. С. 169-176.

Д.Г. Налабордин
Отдел по безопасности движения поездов и сохранности вагонного парка Службы вагонного хозяйства Забайкальской железной дороги
г. Чита, Россия

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

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ПАРАМЕТРОВ ПРЕДОТКАЗНЫХ СОСТОЯНИЙ БУКСОВОГО УЗЛА ГРУЗОВОГО ВАГОНА

В статье предложена методика определения параметров предотказных состояний буксового узла грузового вагона, выбран и обоснован теоретический закон распределения отказов буксовых узлов грузовых вагонов на Забайкальской железной дороге.

Ключевые слова: *грузовой вагон, буксовый узел, отказ, закон распределения*

Напряженность работы инфраструктуры железнодорожного транспорта увеличивается по мере роста нагрузок на ось и скоростей движения. При этом затраты на техническое обслуживание вступают в конфликт с ограничениями, накладываемыми временем и экономическими условиями.

Отцепка вагона от состава поезда в пути следования всегда связана с нарушением графика движения поездов. В свою очередь если отцепка грузового вагона происходит на основном ПТО, то она наносит гораздо меньший ущерб графику движения поездов, нежели если бы она произошла на промежуточной станции. Для создания условий работы инфраструктурного комплекса на предотказное состояние, направленных на своевременное выявление «аварийных» буксовых узлов в эксплуатации на ранних стадиях развития дефектов, необходимо располагать «набором» критериев, значения которых могли бы указывать на наличие неисправности буксового узла.

В частности для буксы таковыми должны являться: количество скрытых показаний КТСМ (в режиме слежения) и предотказный уровень нагрева. Другими словами если в эксплуатации у вагона зафиксированы номинальные (или повышенные) значения критериев, то можно утверждать, что событие, связанное с отцепкой вагона от состава поезда станет неизбежным.

Целью настоящей работы, является определение предотказного состояния буксового узла грузового вагона на основе оценки скрытых показаний приборов КТСМ.

Необходимо заметить, что ситуации, когда уровень нагрева буксового узла возрастает «стихийно» достаточно редки. Подобная ситуация характерна для «аварийного» случая, когда происходит возгорание и разрушение буксового узла (см. рис.1).

Зачастую развитие дефекта в буксовом узле происходит постепенно. При этом о наличии неисправности в буксовом узле могут свидетельствовать скрытые показания приборов КТСМ-02. Здесь и возникает задача, выявления предотказного состояния буксы вагона на основном ПТО.

В качестве примера можно привести случай разрушения буксового узла вагона №61460218 произошедший в сутках 11.09.2016 г. на станции Ксеньевская в организованном поезде №9214 (см. рис.2).

Рис. 1. Случай разрушения буксового узла у вагона №53140208

Особенностью инцидента является то, что «аварийный» вагон в составе поезда проследовал более 1000 км по полигону Забайкальской ж.д. (в том числе 3 пункта технического обслуживания вагонов) в режиме скрытых показаний приборов КТСМ-02. Однако, отцеплен был на промежуточной станции Ксеньевская, когда перешел из скрытого аварийного состояния в очевидное, то есть по срабатыванию КТСМ «Тревога-2».

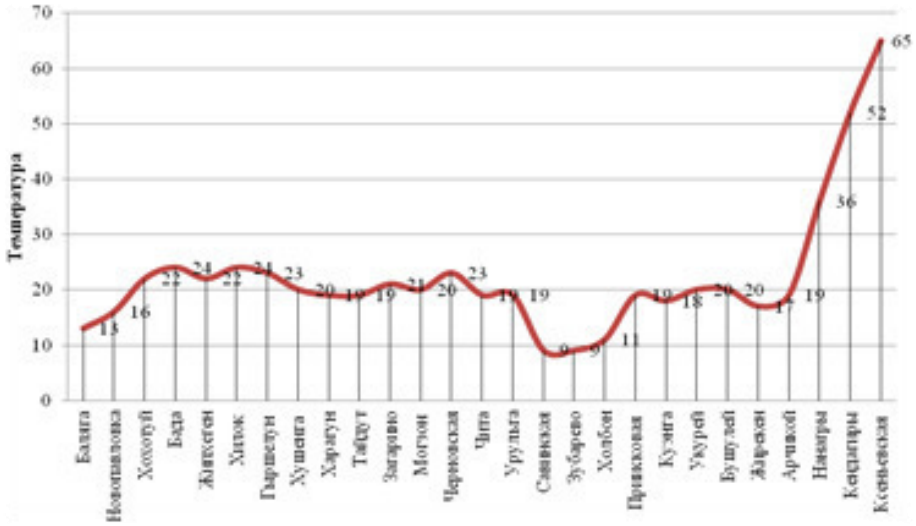
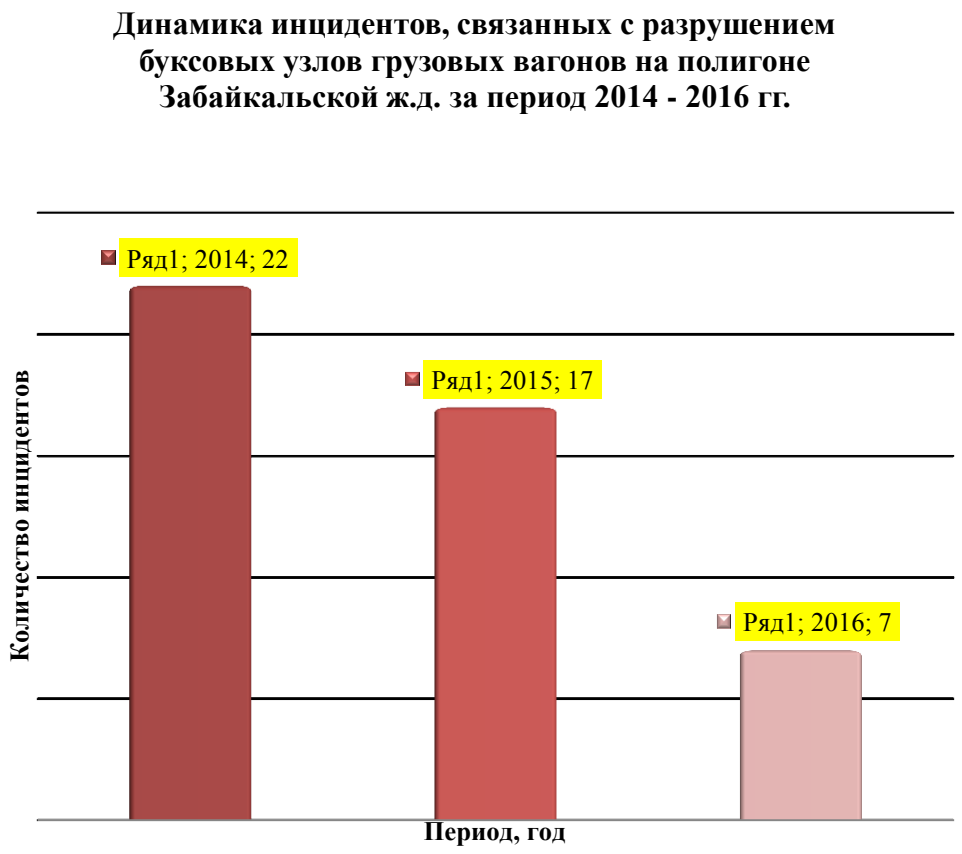


Рис. 2. Разрушение буксового узла у вагона №61460218

Статистика показывает, что количество серьезных инцидентов, связанных с разрушением буксовых узлов грузовых вагонов на полигоне Забайкальской ж.д. имеет тенденцию на снижение. За 10 мес. 2016 г. произошло 7 подобных случаев (см. рис.3), показатель к уровню 2014 г. снижен в 3 раза.

При этом, ежемесячно происходит порядка 20 отцепок вагонов на промежуточных станциях дороги из-за нагрева буксового узла по показаниям приборов КТСМ-02 «Тревога-2». Естественно, что данное обстоятельство негативно влияет на график движения поездов и сроки доставки грузов.



Динамика инцидентов, связанных с разрушением буксовых узлов грузовых вагонов на полигоне Забайкальской ж.д. за период 2014-2016 гг.

В ходе изучения проблемы, на первоначальном этапе была решена задача по определению уровня нагрева буксового узла (в числе скрытых показаний КТСМ), указывающего на наличие и развитие дефекта.

Формирование базы исходных (статистических) данных проводилось на основе:

– случаев отцепок грузовых вагонов в пути следования за 2016 г. на полигоне Забайкальской ж.д.

– выборки значений уровней показаний КТСМ-02 по «аварийным» буксовым узлам. Для исключения искажения информации об уровне скрытых показаний в выборку не включались значения показаний КТСМ «Тревога-2».

Методика обработки результатов эксперимента строилась на гипотезе о том, что уровни показаний приборов КТСМ по аварийным буксовым узлам распределены по логарифмически-нормальному закону.

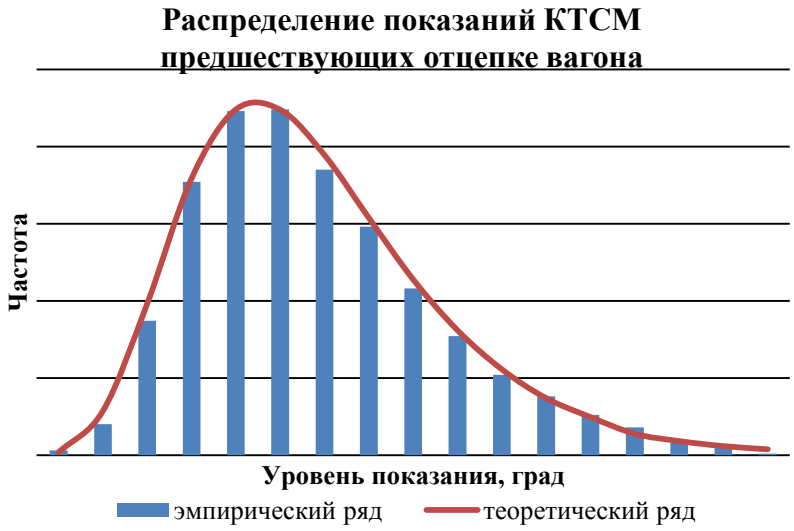


Рис. 4. Гистограмма распределения температур в аварийном буксовом узле

Объем выборки составил 1400 показаний приборов КТСМ. В результате статистического моделирования установлено, что вышеуказанная гипотеза о распределении показаний полностью подтвердилась. Гистограмма эмпирических значений в сравнении с теоретической кривой распределения представлены на рис. 4, из которой видно, что теоретические и эмпирические частоты достаточно близко расположены друг к другу.

Основные характеристики логарифмически-нормального распределения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики логарифмически-нормального распределения показаний КТСМ по аварийному буксовому узлу

Основные параметры распределения	**Расчетная формула, обозначение параметра**	**Значение параметра**
Плотность вероятности	$f(x)=\frac{0{,}4343}{x\sigma_{\lg x}}\cdot\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{\left[-\frac{(\lg x-\overline{\lg x})^2}{2\sigma^2_{\lg x}}\right]}$	----
Математическое ожидание случайной величины «X»	$\bar{x}=\sum x_i w_i$	24°C
Объем выборки	$\mathrm{N}=\sum \mathrm{n_i}$	1400
Значение χ^2	$\chi^2=n\sum_{i=1}^{l}\frac{(w_i-p_i)^2}{p_i}$	9,72
Критическая точка	$\chi^2_{\text{кр}}(\alpha;\text{к})=(0{,}50;\quad 14)$	23,7
Согласованность по критерию Пирсона		
$\chi^2_{\text{набл}}<\chi^2_{\text{кр}}(\alpha;\text{к})=9{,}72<23{,}7$ – условие выполняется		

Таким образом, расчеты показывают, что наличие уровня показания 24 °С аппаратуры КТСМ-02 в режиме слежения свидетельствует о наличии дефекта в роликовой буксе.

Следующий вопрос, который необходимо было раскрыть – это количество показаний КТСМ-02, предшествующих отцепке вагона.

Формирование базы исходных (статистических) данных производилось по вышеуказанной выборке. Только в данном случае рассматривалось (и выступало в качестве случайной величины) количество показаний приборов КТСМ предшествующих «аварийному» показанию.

Так как количество показаний приборов КТСМ является дискретной случайной величиной, то в данном случае выравнивание эмпирических данных проводилось закону распределения Пуассона.

Гистограмма значений эмпирических частот в сравнении с теоретической кривой представлена на рисунке 5. В таблице 2 представлены числовые значения параметров распределения.

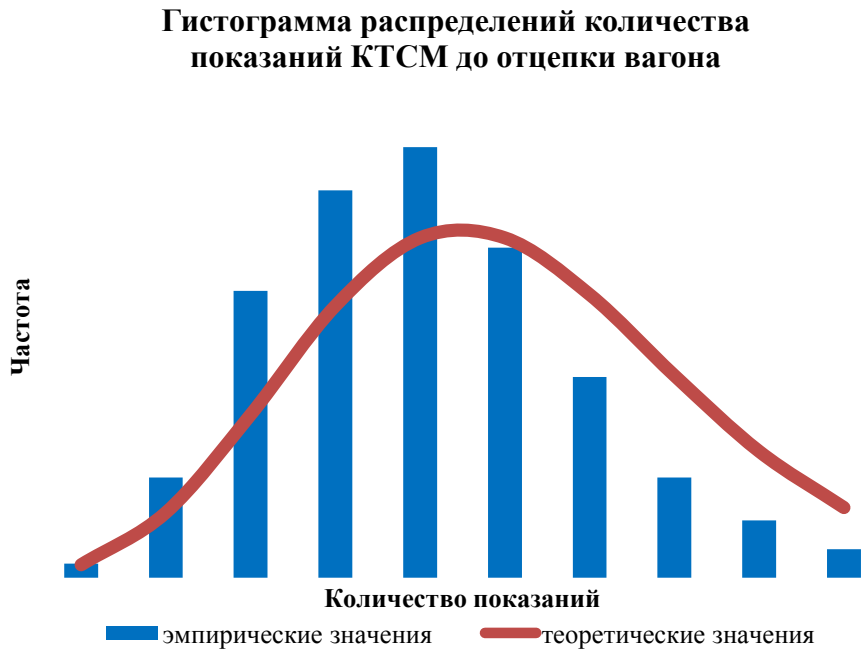


Рис. 5. Гистограмма значений эмпирических частот в сравнении с теоретической кривой

Таблица 2

Основные характеристики распределения Пуассона

Основные параметры распределения	Расчетная формула, обозначение параметра	Значение параметра
Плотность вероятности	$f(x) = \frac{a^m}{m!}e^{-a}$	----
Математическое ожидание случайной величины «X»	$x = \frac{\sum x_i m_i}{N}$	12
Параметр распределения	$a = x = \frac{\sum x_i' m_i}{N}$	5,04
Объем выборки	$N = \sum n_i$	135

Из соотношения эмпирических и теоретических частот видно, что гипотеза о распределении числа показаний КТСМ закону распределения Пуассона подтверждается.

Таким образом, поставленные цели и задачи в ходе выполнения исследования были достигнуты. Полученные результаты дают возможность оценки предотказного состояния буксового узла, т.е. при наличии вагонов в составе поезда с уровнем показаний приборов КТСМ-02 24 °С и выше, а также если по участку движения по данному вагону было зафиксировано 12 и более скрытых показаний КТСМ, то на основном ПТО можно принимать решения об отцепке данного вагона.

Решение этих задач позволит повысить эффективность контроля нагрева букс подвижного состава в пути следования, что является важнейшим условием повышения безопасности движения поездов на Забайкальской железной дороге и сети дорог в целом.

Список литературы

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

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

3. Ларченко Е. А. Налабордин Д. Г. Расчетное экономическое обоснование корректировки оптимального срока службы подвижного состава с учетом морального старения. Материалы Всероссийской

заочной научно-практической конференции. Чита: ЗабИЖТ, 2017, С. 169-176.

С. Г. Истомин, А. А. Штраухман
Омский Государственный университет Путей сообщения,
г. Омск, Россия

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА МОТОРВАГОННОГО ДЕПО ТЧ–31 ОМСК

Увеличение энергоэффективности является одним из актуальных направлений в развитии Российских науки и технологий, данная проблематика так же поднимается на Российских железных дорогах. Так как в настоящее время увеличиваются скорости движения подвижного состава, а следствием этого является увеличение энергетических затрат. В статье рассмотрены показатели эксплуатации электропоездов на плечах обслуживания моторвагонного депо в пригородном пассажирском движении. Сформулированы предложения по дальнейшему исследованию энергопотребления электропоездов при их эксплуатации на плечах обслуживания депо ТЧ – 31 Омск.

Ключевые слова: *электроподвижной состав, энергетическая эффективность, ЭД4М, моторвагонное депо, расход электроэнергии, энергия рекуперации*

Российская Федерация является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов на Земном шаре (5 место в мире) на долю, которой по итогам 2016 года приходится около 887 Тераватт-часов или 4,2 % от всей потребляемой электроэнергии в мире [1]. В связи с этим одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации (Указ президента Российской Федерации от 07.07.2011 №899) на ближайшие 10-15 лет является энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

Железнодорожный транспорт является ключевой отраслью Российской Федерации, на долю которой приходится около 4,4 % от всей вырабатываемой в России электроэнергии, 85 % которой расходуется на тягу поездов, поэтому приоритетной задачей энергетической стратегии холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 г. и на перспективу до 2030 г. является значительное повышение показателей энергетической эффективности тяги поездов.

Необходимо отметить, что основной объем перевозок в электротяге на железных дорогах России приходится на грузовое движение и достигает 95% от общей работы. При этом расход электроэнергии на выполнение такого объема работы составляет 89 % от общего уровня энергозатрат. Однако, данный факт отнюдь не означает, что вопрос энергосбережения в пригородном движении неактуален. Если учитывать тот факт, что деятельность дочерних компаний ОАО «РЖД», занимающихся перевозкой пассажиров в пригородном движении, либо убыточна или находится на грани безубыточности, а оплата энергетических ресурсов является первостепенной статьей расходов пригородных компаний, то вопрос рационального использования энергетических ресурсов является в пригородном движении весьма актуальным.

В данной статье выполнен анализ эффективности использования энергетических ресурсов на примере электропоездов постоянного тока моторвагонного депо ТЧ-31 Омск.

Моторвагонное депо ТЧ-31 Омск осуществляет перевозки пассажиров по четырем направлениям, на которых сформировано 10 плеч обслуживания локомотивных бригад. Протяженность и структура плеч обслуживания локомотивных бригад моторвагонного депо ТЧ-31 Омск представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Протяженность плеч обслуживания локомотивных бригад

№	Наименование плеча обслуживания локомотивных бригад	Длина, км
1	Омск-Пассажирский - Татарская	169
2	Омск-Пассажирский - Калачинская	79
3	Омск-Пассажирский - Иртышское	170
4	Омск-Пассажирский - Исилькуль	138
5	Омск-Пассажирский - Называевская	149
6	Омск-Пассажирский - Московка	8
7	Московка - Любинская	65
8	Московка – Лузино	32
9	Татарская - Барабинск	156
10	Омск-Пассажирский - Петропавловск	273

Рис. 1. Структура плеч обслуживания локомотивных бригад моторвагонного депо ТЧ-31 Омск

В данном депо эксплуатируются четыре серии электропоездов постоянного тока: ЭД4М, ЭД4МК, ЭР2К и ЭД2Т (рис. 2). Наибольшее количество электропоездов серии ЭД4М (9 единиц или 40,9 % от общего приписного парка).

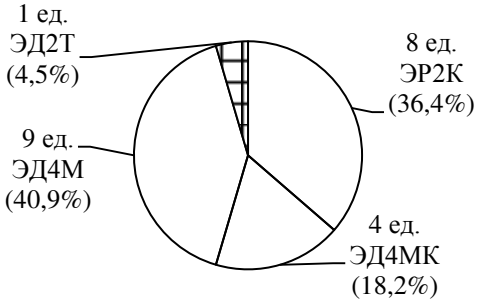


Рис. 2. Структура приписного парка моторвагонного депо ТЧ – 31 Омск

Анализ структуры приписного парка по годам постройки электропоездов (см. рис.3) показал, что в моторвагонном депо ТЧ-31 Омск преимущественно эксплуатируются электропоезда, произведенные в 2000-е годы (45,5 %), а именно серии ЭД4М и ЭД4МК, которые эксплуатируются на плечах обслуживания с большим пассажиропотоком. Электропоезда старых серий ЭР2К и ЭД2Т эксплуатируются в основном на малодеятельных участках, таких как Омск-Пассажирский – Московка и Московка – Лузино.

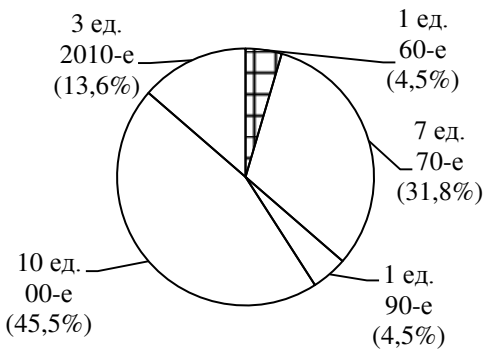


Рис. 3. Структура приписного парка по годам постройки электропоездов

Средняя составность электропоездов в зависимости от участка эксплуатации изменяется не значительно от 2 до 3 секций. Столь низкая составность электропоездов связана в первую очередь с низким пассажиропотоком. Увеличение количества секций электропоездов (до 4-5 секций) наблюдается в выходные и праздничные дни.

Анализ объема выполненной работы за 2015 г. (см. рис.4) показал, что основной объем работы выполняется на следующих плечах обслуживания локомотивных бригад в четном и нечетном направлениях: Омск – Иртышское, Омск – Исилькуль, Омск – Калачинская, Омск-Называевская, Омск – Татарская и Омск-Петропавловск.

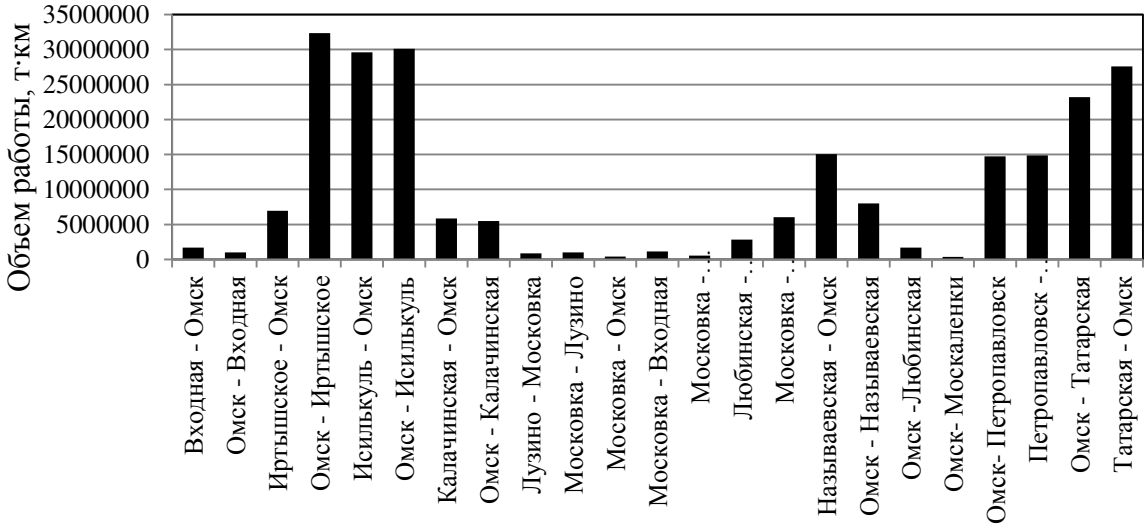


Рис. 4. Объем работы по плечам обслуживания локомотивных бригад моторвагонного депо ТЧ – 31 Омск за 2015 год

На этих же участках отмечается и наибольший расход электрической энергии (см. рис. 6).

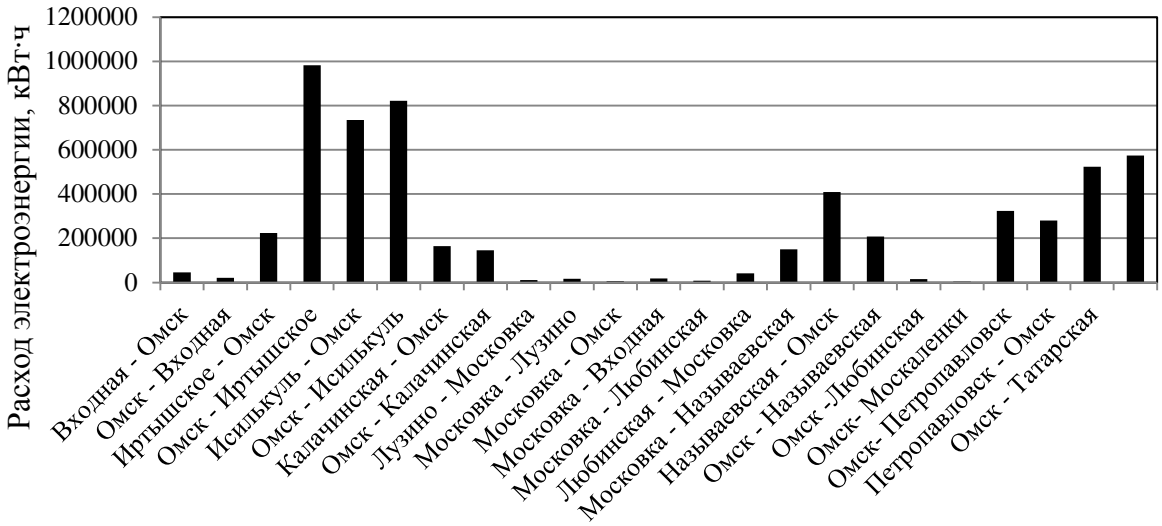


Рис. 5. Диаграмма расхода электроэнергии по плечам обслуживания локомотивных бригад моторвагонного депо ТЧ–31 Омск за 2015 г.

Анализ использования энергии рекуперации по плечам обслуживания локомотивных бригад (рис. 7) показал, что наибольший объем энергии рекуперации наблюдается на тех же участках за исключением участка Омск – Петропавловск, по которому следуют электропоезда серии ЭД4МК с минимальным количеством остановок на промежуточных станциях.

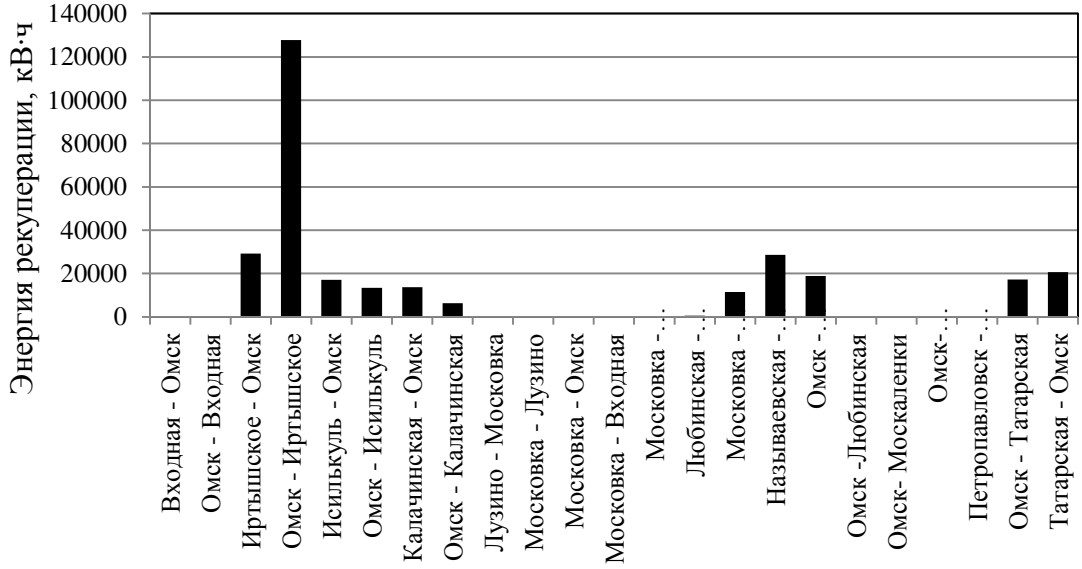


Рис. 6. Диаграмма энергии рекуперации по плечам обслуживания локомотивных бригад моторвагонного депо ТЧ – 31 Омск за 2015 г.

С целью проведения анализа эффективности использования электроэнергии электропоездами серии ЭД4М были выбраны поездки

локомотивных бригад исполненных в сравнительно одинаковых условиях (3 секции, температура окружающего воздуха 20° С, идентичное расписание движения) на участке Омск–Иртышское (нечетное направление), характеризующимся наибольшей выполненной работой и, как следствие этого, наибольшим значением расхода электроэнергии и энергии рекуперации.

Анализ данных исполненных поездок по расходу электроэнергии и энергии рекуперации показал, что при сравнительно одинаковых условиях эксплуатации электропоездов серии ЭД4М имеются значительные расхождения от поездки к поездке, как по расходу электроэнергии, так и по значению энергии рекуперации (см. рис. 10 и 11). Данный факт свидетельствует о том, что имеется значительный потенциал снижения расхода электроэнергии и увеличения объемов энергии рекуперации в моторвагонном депо ТЧ-31 Омск.

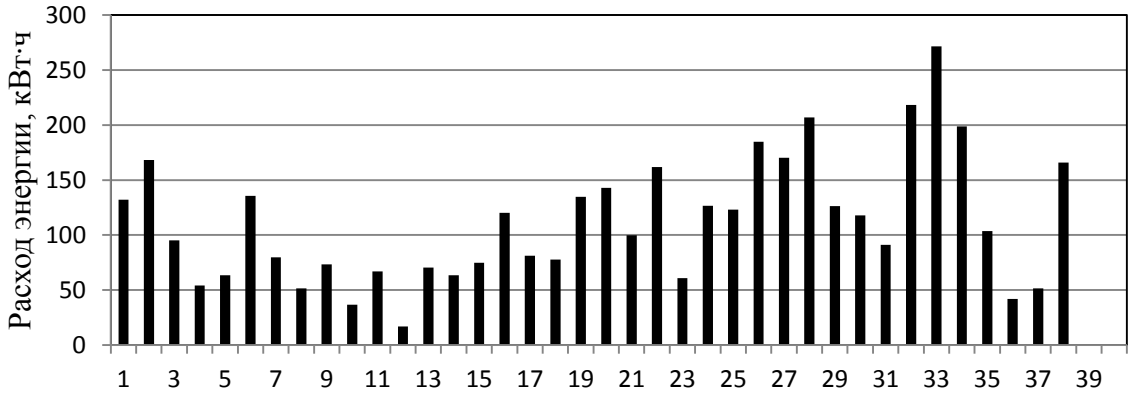


Рис. 7. Диаграмма расхода электроэнергии по поездкам с электропоездами ЭД4М на участке Омск – Иртышское (нечетное направление)

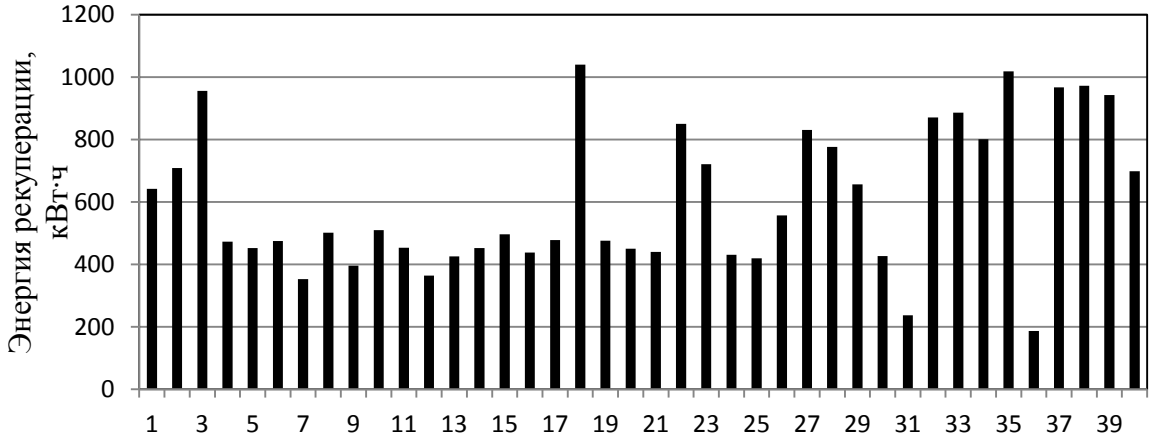


Рис. 8. Диаграмма энергии рекуперации по поездкам с электропоездами ЭД4М на участке Омск – Иртышское (нечетное направление)

Для реализации данного потенциала необходимо провести углубленные исследования потребления электроэнергии электропоездами в эксплуатации, как описано в [2], с целью выявления составляющих потерь электроэнергии, наиболее значимых факторов, влияющих на характер энергопотребления электропоездов, и выработки организационно-технических мероприятий, направленных на сбережение энергетических ресурсов.

Список литературы

1. Статистический Ежегодник мировой энергетики 2017 Enerdata. [Электронный ресурс]. URL: https://yearbook.enerdata.ru/ (дата обращения: 17.10.2017 г.).

2. Истомин, С. Г. Апробация метода снижения удельного расхода и непроизводительных потерь электроэнергии в границах зон учета железной дороги [Текст] / С. Г. Истомин // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск. 2017. №1 (29). С. 64–74.

В.П. Клюка, И.С. Лексутов, Ю.С. Загваздина,
К.А. Булавина, А.Ю. Зуева
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОГО ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ ПРУЖИН СКОЛЬЗУНА ВАГОНА ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

В статье показаны и анализируются результаты экспериментального исследования характеристик чувствительности триангуляционного оптического датчика для целей определения потенциальных границ применимости такого датчика при входном контроле запасных частей грузового вагона инновационной конструкции в ходе его ремонта.

Ключевые слова: *оптический датчик, грузовой вагон, измерение размеров*

В настоящий момент на инфраструктуру железной дороги поступают и активно эксплуатируются вагоны новых, инновационных

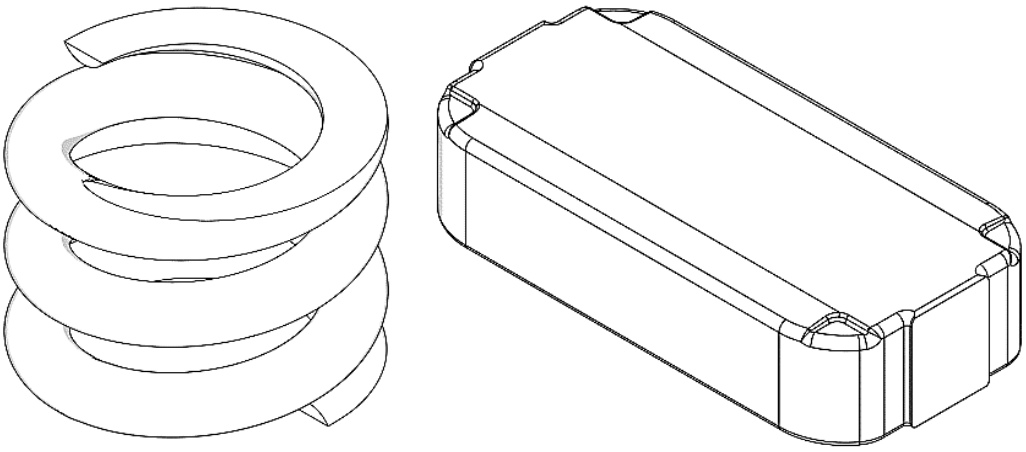
конструкций, в основе которых лежат конструктивные решения зарубежного происхождения. Многие ответственные узлы и детали таких вагонов для своего надежного и безаварийного использования требуют малых допусков на размеры для обеспечения требуемых зазоров в подвижных сопряжениях. От чего во многом зависят положительные улучшения по динамическим и эксплуатационным характеристикам ходовой части вагона. В условиях реализации мероприятий по повышению веса и длинны грузовых поездов, увеличения скоростей движения, реализуемых для увеличения пропускной способности дороги, обеспечение надежной эксплуатации инновационных вагонов является актуальной задачей. Перспективным способом обеспечения производства ремонта таких вагонов качественными комплектующими является повышение эффективности входного контроля.

Одним из основных показателей качества запасных частей вагона можно считать соответствие размеров детали регламентирующим документам. Но важно заметить, что тщательный контроль деталей на производстве затруднен. Особенностью работы механизированных пунктов подготовки вагонов к перевозкам, пунктов текущего ремонта вагонов и пунктов технического обслуживания является, как правило, тяжёлый и утомительный круглосуточный режим работы в условиях недостаточной освещенности в темное время суток и под воздействием неблагоприятных погодных условий и атмосферных осадков. Детали и запасные части при этом обладают большим весом, габаритами и часто имеют загрязнения поверхности. Все это затрудняет использование методов контактного контроля размеров мерительным инструментом и увеличивает влияние «человеческого фактора» на качество ремонта.

Снизить уровень воздействия неблагоприятных условий осуществления ремонта и технического обслуживания вагона на контроль качества деталей предлагается путем использования бесконтактных методов технического контроля и измерений. Использование автоматизированных средств записи и передачи информации с результатами контроля также обеспечит справедливое распределение ответственности при возникновении аварии. Оптимальным способом реализации описанного подхода представляется использование оптических методов автоматизированного входного контроля размеров деталей с записью результатов контроля в компьютерную базу данных. Однако использование оптических датчиков связано с известными трудностями, проявляющимися в зависимости получаемых результатов от характеристик поверхности

объекта измерения. Поэтому важно установить пределы применения определенного типа датчика для реализации контроля деталей с конкретными оптическими характеристиками. Задачей проводимого исследования, таким образом, является экспериментальное установление характеристик лазерного триангуляционного датчика для размерного контроля основного перечная деталей, используемых при текущем ремонте грузовых вагонов актуальной конструкции.

Рассмотрим конкретный образец детали, применяемой при ремонте вагона. Все большее распространение на сети дорог получают вагоны инновационной конструкции на тележках модели 18-9855. Детали этой тележки имеют достаточно небольшие допуски по размерам и зазоры между движущимися деталями. Так как предлагаемый к использованию метод автоматизированного измерения основан на отражении луча от поверхности детали, важно подобрать в первую очередь наиболее трудные для оптического датчика поверхности и вместе с тем наиболее типичные по своим характеристикам для этих деталей. Рассмотрим достаточно важную деталь тележки – а пружина скользуна постоянного контакта. При установке на вагон данной детали, важно убедиться в ее исправности, так как ее непосредственный контроль при техническом осмотре затруднен. Колпак скользуна закрывает эту деталь, а при эксплуатации с неисправными пружинами сам колпак приходит в негодность (см. рис.1).



а б

Рис. 1. Детали тележки для исследования (без соблюдения масштаба):
а – внешняя пружина скользуна; б – колпак скользуна

Цилиндрическая пружина изготавливается из стали марки 60С2ХФА и имеет гладкую поверхность. После окраски черной краской

фактура детали – глянцевая с волнами шагрени. Такую поверхность считается трудной для работы с оптическими датчиками, так как темные шероховатые поверхности слабо отражают падающий свет.

Методика проведения измерений при помощи оптического датчика была рассмотрены в работе [2], где было показано, что выходные характеристики исследуемого датчика позволяют получать результаты измерения пружины, которые аналогичны проводимым измерениям по регламентированным методикам при использовании ручного мерительного инструмента. Однако этих сведений недостаточно для начала проектирования стенда, реализующего бесконтактный метод измерений, поэтому исследования датчика были продолжены. На рис. 2 показаны экспериментальные данные и аппроксимирующая кривая, являющаяся полиномом шестой степени, показывающие зависимость пороговой чувствительности датчика от угла падения лазерного луча на горизонтальную поверхность пружины. В ходе эксперимента при фиксированном расстоянии от датчика до объекта варьировался угол взаимного расположения вертикальной поверхности пружины и продольной оси датчика. При варьировании угла фиксировался момент устойчивого приема отраженного сигнала, при котором в потоке данных нет пропусков.

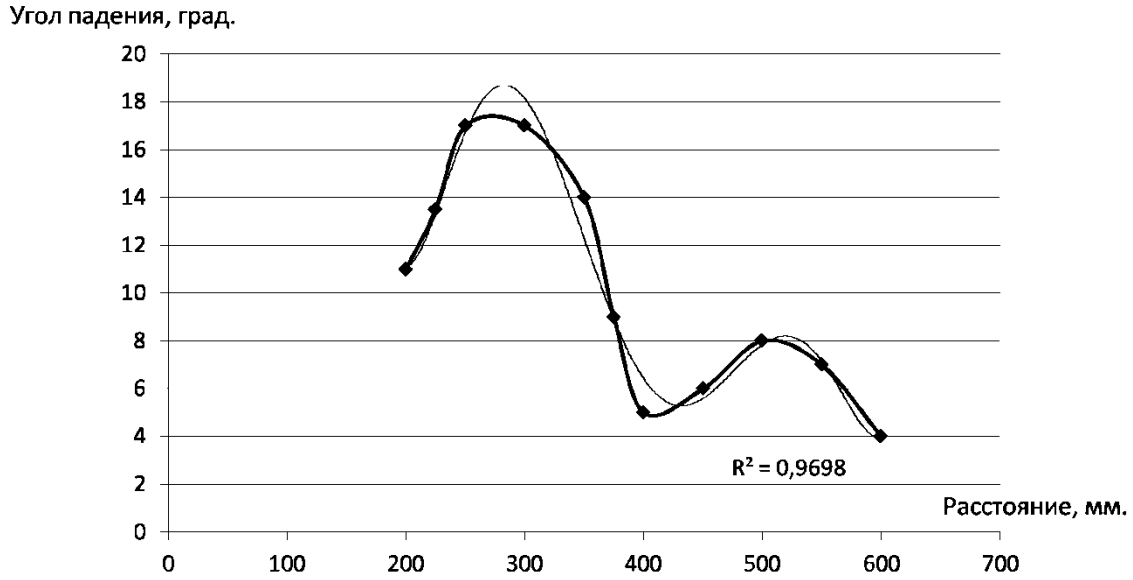


Рис. 2. Зависимость порога чувствительности датчика от угла наклона поверхности

Вид кривой, на которой видны два максимума, говорит о достаточно сложном процессе взаимодействия луча и поверхности детали. Как уже было сказано, горизонтальная поверхность пружины

окрашена и имеет волны. Луч оптического датчика при этом сфокусирован в срединной области диапазона измерения (400 мм от датчика). Минимум зарегистрированной чувствительности выпадает именно на область, совпадающую с минимальным поперечным размером пучка света. Когда луч падает на волнистую поверхность с малым коэффициентом отражения и диффузией, становится определяющим условие – на какую из двух: восходящую или ниспадающую сторону выпуклости упал луч либо на горизонтальный участок поверхности между выпуклостями. Так как при одном и том же угле падения на деталь одна часть поверхности отражает больше света, а другая наоборот меньше, сигнал становится неустойчив. Если же луч имеет больший продольный размер – то в его поле попадает несколько впадин/выпуклостей поверхности, и сигнал становится более устойчивым (см. рис. 3).

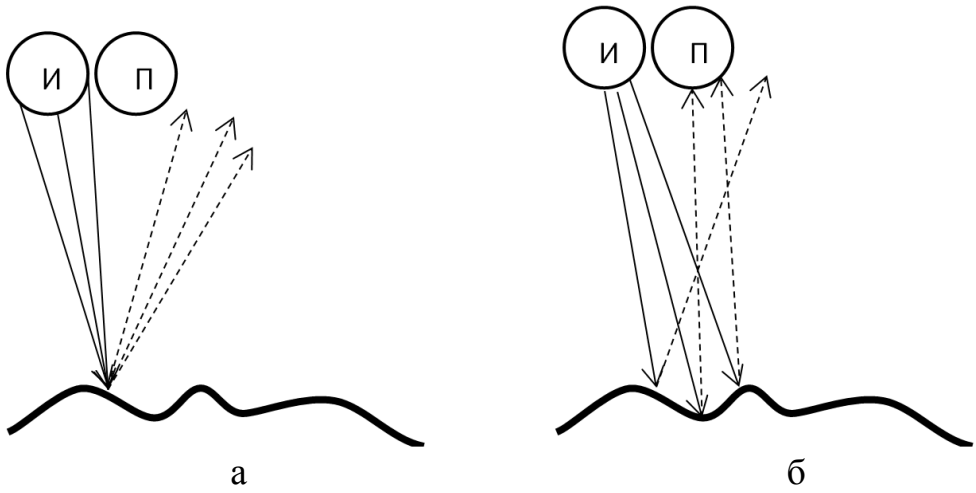


Рис. 3. Варианты условий падения лазерного луча оптического датчика на шероховатую поверхность детали (И – источник, П – приемник излучения): а – луч сфокусирован в точке падения; б – луч расфокусирован

Таким образом, в ходе исследования было обнаружено, что в области наибольшей точности измерений датчика (центральная часть его диапазона) в большой мере сказывается снижение интенсивности отраженного излучения, регистрируемого в точке расположения приемника, что обусловлено природой поверхности объекта измерения. Так как считывание сигнала делается неустойчивым, снижается скорость и точность измерений, достоверность результата вычислений размеров детали. Хотя и очевидно, что бесконтактный способ измерения обладает рядом преимуществ, следует учитывать выявленные особенности датчиков при проектировании специализированных измерительных

машин. Применение таких машин в вагоноремонтном производстве актуально, так как благодаря объективному автоматизированному измерению размеров повысится эффективность входного контроля качеств запасных частей, используемых при ремонте вагонов. Также увеличится вероятность выявления контрафактных деталей, несоответствующих установленным требованиям. Это особенно актуально, так как многие детали для ремонта получаются от собственников вагонов. Снижение трудовой нагрузки за счет автоматизации процесса уменьшит влияние «человеческого фактора» на результат ремонта и технического обслуживания. Все это приведет в итоге к повышению показателей надежности и безопасности грузоперевозок.

Список литературы

1. Руководящий документ РД 32 ЦВ 117-2011 «Тележка для грузовых вагонов колеи 1520 мм с осевой нагрузкой 245 КН (25 ТС) модели 18-9855. Руководство по плановым видам ремонта».
2. Лексутов И. С. Изучение возможности использования триангуляционных оптических датчиков для входного контроля размеров запасных частей при текущем ремонте вагонов / Лексутов И. С., Гольнева Ю. А., Евдокимова О. А. // Материалы III Международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты комплексного развития железнодорожного транспорта» 25 мая 2017 г. Донецк. 2017. С.43-47.

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

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕРВИСНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

В работе рассмотрена методика оптимизации межремонтного пробега полувагона и обоснования необходимости проведения сервисного технического обслуживания грузовых вагонов. Предлагается ввести по всей сети дорог такой вид ремонта, как сервисное техническое обслуживание (далее СТО), включающее в себя

перечень работ по ремонту узлов вагонов, наиболее часто выходящих из строя.

Ключевые слова: *отказы, текущий отцепочный ремонт, полувагон*

На сегодняшний день особая доля внимания уделена оптимизации межремонтных циклов и сроков службы грузовых вагонов, повышению качества ремонтных работ, внедрению новых и совершенствованию существующих форм организации производства. Ежегодный прирост грузооборота транспортной системы определяет необходимость поддержания высокого уровня безопасности движения.

По данным ИПЕМ, в 2015 г. структура текущих ремонтов представляла собой совокупность трех основных неисправностей: 33 % – кузова, 33 % – колесной пары, 21 % – тележек, остальные 7 % пришлись на буксовый узел, раму, автотормоз, автосцепку и пр.

Для понимания и чёткого представления объёма работ, выполнение которых необходимо при проведении сервисного технического обслуживания, был проведён анализ данных с помощью программы «Анализ Работы Вагонного Хозяйства» (АРВХ) на Забайкальской железной дороге в 2016 г.**,** который показал следующие: из 30 647 вагонов отцепленных 21 021 – полувагоны, наибольшее количество которых было отцеплено по неисправностям узлов:

Таблица 1

Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-1 и ТР-2 за 2016 г.

Отказавший узел	Число отказов	Доля в выборке
Колёсные пары	9393	45%
Кузов	4373	21%
Тележки	4323	20%
Тормоза	279	1%
Рама	416	2%
Автосцепное оборудование	176	1%
Прочие неисправности	2062	10%

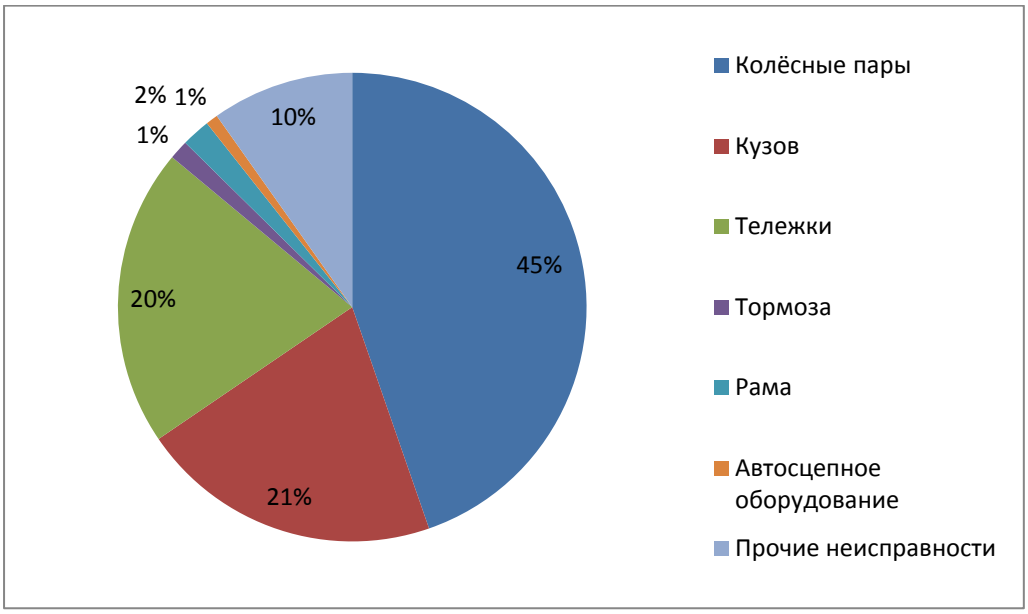


Рис. 1. Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-1 и ТР-2 за 2016 г.

Таблица 2

Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-1 за 2016 г.

Отказавший узел	Число отказов	Доля в выборке
Кузов	3899	65%
Тележки	1446	24%
Тормоза	93	1%
Рама	168	3%
Автосцепное оборудование	6	0,2%
Прочие неисправности	402	7%

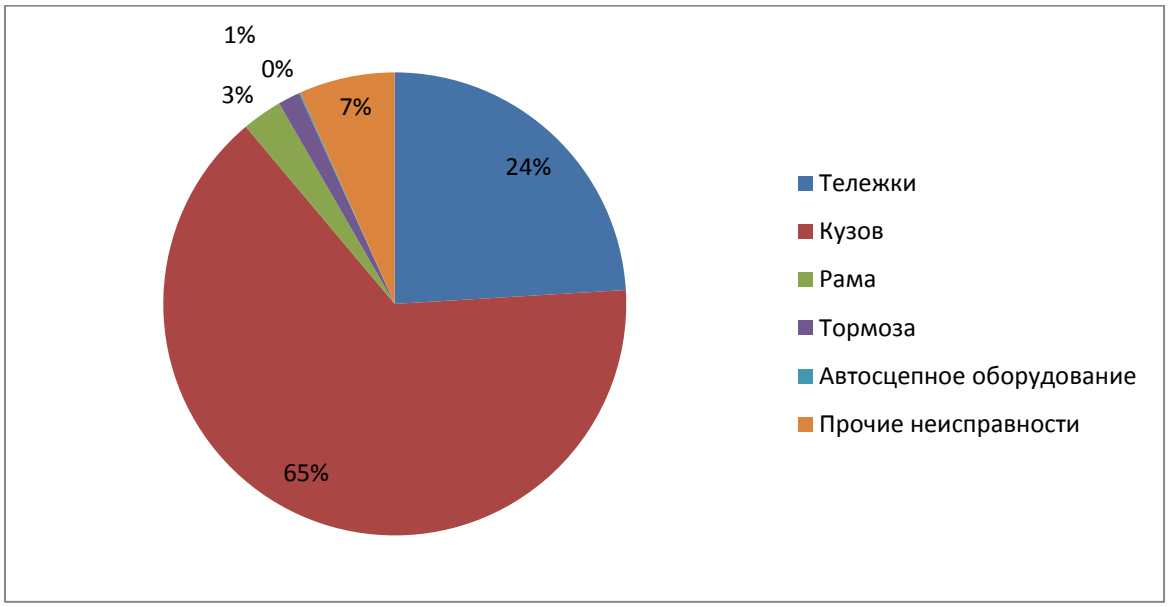


Рис. 2. Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-1 за 2016 г.

Таблица 3

Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-2 за 2016 г.

Отказавший узел	Число отказов	Доля в выборке
Колёсные пары	9393	63%
Кузов	474	3%
Тележки	2877	19%
Тормоза	186	1%
Рама	248	2%
Автосцепное оборудование	169	1%
Прочие неисправности	1660	11%

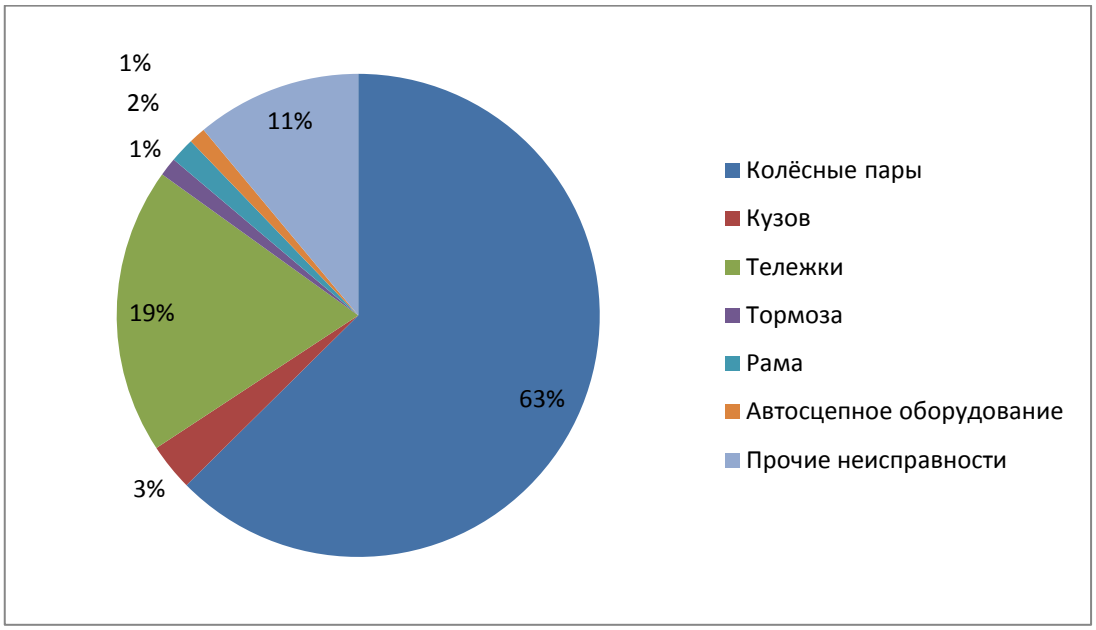


Рис. 3. Процентное соотношение отказов основных узлов грузовых вагонов при отцепках в ТР-2 за 2016 г.

Исходя из анализа данных диаграмм, можно сделать вывод, что наиболее часто отцепка вагонов в ТОР происходит из-за отказов следующих узлов: колёсных пар, тележки и кузова.

Для определения основных причин отказов разделим неисправности на эксплуатационные и технологические:

- технологические - неисправности связанные с качеством изготовления и выполнения плановых и неплановых ремонтов грузовым вагонам в депо, на ВРЗ и ВСЗ, а так же качеством подготовки вагона к перевозкам на ПТО;

- эксплуатационные – неисправности, вызванные естественным износом деталей и узлов вагона в процессе его эксплуатации или произошедшие по причинам, не связанным с низким качеством изготовления или планового ремонта вагона;

Составим диаграмму с выделением наиболее частых причин отцепки по каждому из основных узлов.

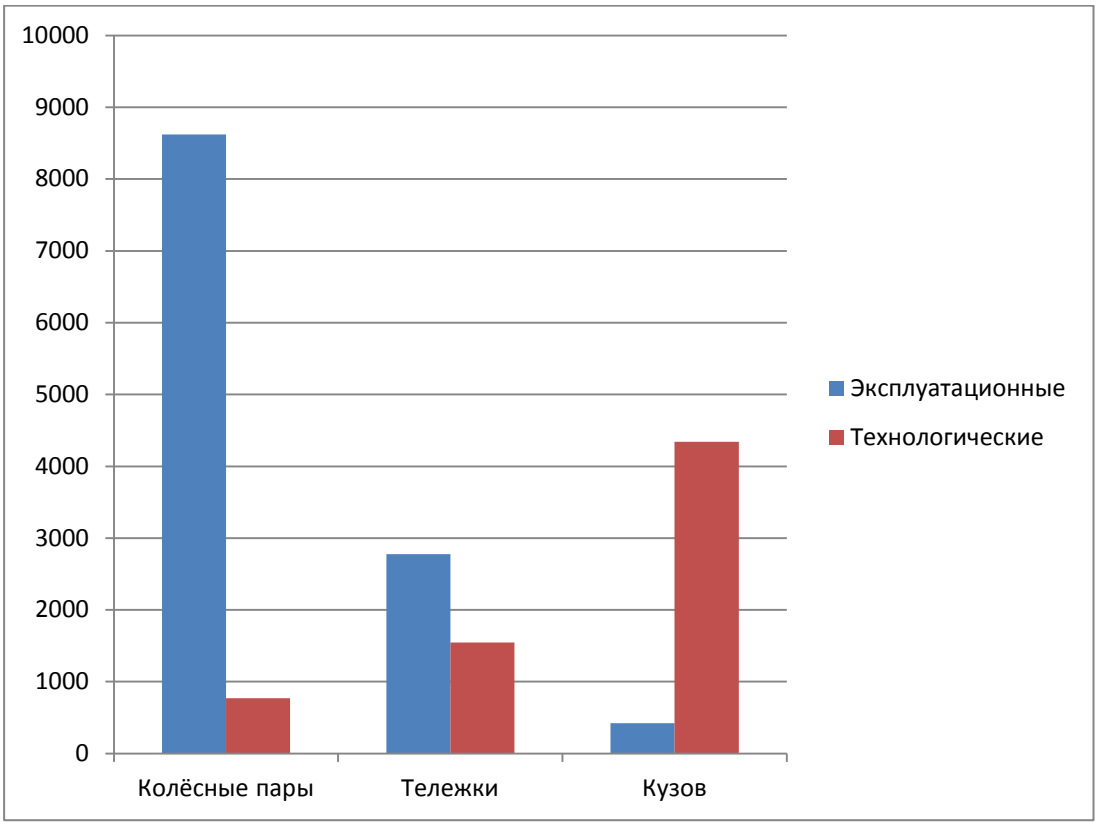


Рис. 4. Причины поступления вагонов в ТОР по узлам

Отсюда можно сказать, что тележки и колёсные пары в большей степени переходили в состояние отказа по причине неисправностей, вызванных естественным износом деталей и узлов вагона в процессе его эксплуатации или произошедшие по причинам, не связанным с низким качеством изготовления или планового ремонта вагона. А кузов поступал в ремонт по причине неисправностей связанных с качеством изготовления и выполнения плановых и неплановых ремонтов грузовым вагонам в депо, на ВРЗ и ВСЗ, а так же качеством подготовки вагона к перевозкам на ПТО.

Перечень основных неисправностей, по которым зарегистрировано наибольшее число отцепок в текущий ремонт грузовых вагонов в 2016 г. приведён в табл. 4.

Таблица 4

Основные неисправности, по которым зарегистрировано наибольшее число отцепок

№	Узел	Неисправность	Код неисправн.	Число отцепок	% от общего числа отцепок
1	Колёсные пары и буксовые узлы	Тонкий гребень	102	5368	57 %
		Выщербина обода колеса	107	2302	25%
		Неравномерный прокат по кругу катания выше нормы	103	607	6%
		Грение буксы по показаниям средств автоматизированного контроля	150	482	5%
		Неисправность буксового узла		291	3%
		ИТОГО		9050	96%
2	Тележка	Завыш./заниж. фрикционного клина относительно опорной поверхн. надрессорной балки более нормы	219	1310	30%
1	2	3	4	5	6
2	Тележка	Несоответствие зазоров скользуна	220	895	21%
		Излом опорной прокладки в буксовом проеме	225	751	17%
		Излом пружин	214	458	11%
		ИТОГО		3414	79%
3	Кузов	Неисправность запора люка	540	2412	55%
		Обрыв сварного шва стойки	503	1383	32%
		Неисправность запора дверей		272	6%
		ИТОГО		4067	93%
4	Автосцепное устройство	Трещина ударной розетки	346	64	35,9%
		Неисправность поглощающего аппарата	348	37	20,7%
		Провисание автосцепки	302	36	20,2%
		Суммарный зазор эластомерного поглощающего аппарата более 5 мм	352	14	7,8%
		ИТОГО		151	84,8%
5	Тормозн. оборудование	Излом рычагов и тяг тормозной рычажной передачи	443	146	52,1%
		Обрыв / излом воздухопровода и подводящих труб тормозной магистрали	441	34	12,1%
		Неисправность регулятора тормозной рычажной передачи	402	31	11%
		Неисправность тормозного цилиндра	404	19	6,8%
		Трещина запасного резервуара	407	20	7,1%
		ИТОГО		250	89,3%
6	Рама	Обрыв по сварке, разрыв накладок	601	173	79,7%
		Ослабление крепления пятника	607	27	12,4%
		ИТОГО		200	92,1%

Таким образом, в ходе предварительного анализа можно выделить перечень основных работ, которые необходимо проводить на вагоне при производстве сервисного технического обслуживания. Перечень работ представлен в таблице 5.

Таблица 5

Перечень обязательных работ при проведения укрупненного текущего отцепочного ремонта

Наименование работ	**Количество**
Осмотр, обстукивание буксовых узлов	8
Замена фрикционного клина	8
Обточка колесной пары (замена)	4
Осмотр пружин (комплекты)	28
Осмотр боковых рам (с выкаткой и подъемкой тележек)	4
Осмотр надрессорной балки	2
Наименование работ	Количество
Контроль суммарного зазора скользунов	2
Контроль завышения фрикционного клина гасителей колебаний	8
Смазывание поверхности трения скользуна	4
Смазывание поверхности трения пятника	2
Замена тормозных колодок	8
Регулировка тормозной рычажной передачи	1
Замена резиновых втулок валика подвески башмака	8
Ремонт запорных устройств люков	28
Ремонт запорных устройств дверей	2
Ревизия тормозного цилиндра	1
Замена опорных прокладок буксового проема	8

Определим стоимость проведения сервисного технического обслуживания на основе действующих тарифов и централизованных договоров. Проект расчетной дефектной ведомости на сервисное техническое обслуживание вагона представлен в табл. 6.

В связи с тем, что полувагоны имеют наибольший коэффициент интенсивности использования, проведение СТО целесообразно будет ввести только для них. Проведение данного вида ремонта может обеспечить безотказность в работе в межремонтном периоде.

Таблица 6

Определение стоимости сервисного технического обслуживания

Вид работы	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Контрольные и регламентные операции	1	2956	2956
Замена фрикционного клина новым	8	666,27	5330,16
Замена колесной пары	4	11808	47232
Регулировка зазоров скользунов	2	277	554
Сборка – разборка ТРП	1	10,50	10,50
Регулировка ТРП	1	55,6	55,6
Проверка и регулировка стояночного тормоза	1	108,72	108,72
Замена тормозных колодок	8	292,43	2339,44
Замена опорной прокладки буксового проема	8	365,08	2920,64
Ремонт механизмов запирания крышек люков	14	353,24	9890
Ремонт запорных устройств дверей	1	605,53	605,53
ИТОГО			66557,6

Количество отцепок в ТОР в последнее время стабильно удерживается на уровне выше миллиона отцепок за год. Причём даже новый полувагон во время межремонтного пробега в 150 тыс. км в среднем два раза попадает в отцепочный ремонт. В 80 % случаев это связано с неисправностью колёсных пар, в частности буксовых узлов. Анализ, который был сделан в ОАО «РЖД», показывает, что лишь пятая часть от общего числа отцепок происходит по вине перевозчика и ОАО «РЖД» из-за отцепок вагонов в текущий отцепочный ремонт (ТОР) несёт расходы около 30 млрд руб. в год. Ежесуточно не менее 30 км приёмо-отправочных путей на сортировочных станциях заняты вагонами, которые ждут своей очереди в ТОР. Их простои связаны с двумя основными факторами: отсутствием необходимых для проведения ремонта запчастей и ожиданием перечисленных на ремонт денежных средств (до 22 дней и больше). Большим недостатком является и то, что информация о неисправностях вагонов поступает владельцам подвижного состава, как правило, уже на стадии отказа, тогда как дефекты в большинстве случаев можно обнаружить на ранних этапах с помощью современных средств диагностики.

И при своевременном вмешательстве ремонтников можно предотвратить вероятные отказы. Неудивительно, что число отцепок в текущий ремонт продолжает расти даже при сокращении и обновлении парка грузовых вагонов на сети дорог. Для радикального изменения ситуации целесообразно ввести в обиход новое понятие: «отправка вагона под погрузку через текущий ремонт». Это необходимо в том случае, когда средства диагностирования перед отправкой вагона под погрузку обнаружат в нём какие-либо дефекты или неисправности.

Также предлагается ввести по всей сети дорог такой вид ремонта, как сервисное техническое обслуживание (далее СТО), включающее в себя перечень работ по ремонту узлов вагонов, наиболее часто выходящих из строя. СТО будет производиться в профилактической форме. С помощью анализа отцепок за определённый период, определим узлы наиболее часто подверженные отказам. Затем выявим средний пробег, который проходит вагон до отцепки его в ТОР, и к этому пробегу привяжем необходимость введения СТО с целью проведения профилактических ремонтных работ и предотвращения большого числа отказов.

Должна быть начата плановая работа по определению предотказного состояния вагона с последующим принятием необходимых мер, но для этого нужно располагать необходимыми данными о техническом состоянии вагонов, для начала хотя бы по колёсам. Соответственно, должна быть создана электронная база данных по подвижному составу, находящемуся в эксплуатации.

Вопрос упирается в создание информационного сервис-центра, в котором будет вестись учёт не только деталей вагонов, запасных частей к ним, но и данные о пробеге каждого вагона и о том, где у этого вагона подойдёт пробег, требующий СТО. Кроме того, необходима поддержка на уровне нормативно-законодательных актов.

При всех этих проблемах понятно, что качественный ТОР – это одно из важнейших условий безопасности движения поездов на сети.

И.К.Лакин, И.В.Пустовой, А.И.Баранов
ООО «ЛокоТех»,
г. Москва, Россия

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ЛОКО ТЕХ»

В статье рассмотрены инновационные направления развития сервисных локомотивных депо, связанные с повышением эффективности их работы, повышением надёжности локомотивов. Основное внимание уделено популярной в последние годы технологии «Индустрия 4.0», где показана применимость этой технологии в условиях сервисных локомотивных депо. Описан порядок реализации технологии «Индустрия 4.0» через внедрение информационно-управляющей системы АСУ ТОиР в сервисных локомотивных депо группы компаний «ЛокоТех», производящей техническое обслуживание и ремонт локомотивов более чем в 90 сервисных локомотивных депо и на 9 локомотиворемонтных заводах.

***Ключевые слова**: сервисные локомотивные депо, ремонт локомотивов, технология*

С июля 2014 г. техническое обслуживание и ремонт локомотивов (ТОиР) в ОАО «РЖД» передано на аутсорсинг в сервисные компании ТМХ-Сервис (входит в группу компаний ЛокоТех) и СТМ-Сервис. При этом принципиально поменялась мотивация компаний: оплата производится не за количество и объём выполненных ремонтов, а за полезный пробег локомотивов (часы работы для маневровых локомотивов). Такой подход стимулировал сервисные компании активно заниматься инновационным развитием сервисных локомотивных депо (СЛД).

В качестве развития систем управления предприятиями и экономикой в целом в качестве перспективных называют такие технологии как «Цифровое производство и экономика», «Цифровизация», «Диджитализация», «Индустрия 4.0», «Смарт-предприятие», «Кибер-физические системы» и др. Все эти направления работ являются развитием технологий автоматизированных систем управления (АСУ) и отражают современный этап развития науки об автоматизированном управлении (Кибернетики). Это в полной мере относится и к таким направлениям развития локомотивного комплекса как «Умный локомотив», «Депо Индустрия 4.0» и др.

Термин «Индустрия 4.0» появился в 2011 г.: утверждалось, что сейчас происходит четвёртая промышленная революция (по мнению авторов статьи это как минимум восьмая революция после внедрения мануфактур, изобретения станков, применения пара, электричества и поточного производства, создания АСУ и программируемых станков). Поэтому более правильным представляется термин, предложенный промышленниками Германии: «Кибер-физические системы» (Cyber-Physical Systems - CPS). Выполненный авторами анализ показал, что применительно к локомотиворемонтному комплексу наиболее перспективными являются следующие направления CPS:

Большие данные и аналитика. Современные информационные технологии (IT) позволяют обрабатывать огромный объём данных, которые ещё 20 лет назад были не мыслимы. Причём в большинстве случаев — в режиме online. Применительно к задачам локомотивного комплекса — это, прежде всего, обработка диагностических данных бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) локомотивов, данных видеонаблюдения, деповских систем диагностирования. Появилась возможность хранить большой объём данных всего жизненного цикла локомотива, в т.ч. данные всех диагностических систем депо. Технология Big Data позволяет переходить от планово-предупредительной системы ремонта к ремонту по фактическому техническому состоянию при обработке большого объёма данных бортовых диагностических систем локомотивов. Кроме того, становится реальным управление надёжностью локомотивов на протяжении всего его жизненного цикла и даже жизненным циклом каждого вида его оборудования.

Моделирование и симуляторы. Эти технологии широко вошли в работу проектно-конструкторских организаций: 3D-моделирование с модели-рованием нагрузок и аварийных ситуаций - это уже каждодневная работа конструкторов. 3D-моделирование в депо, в первую очередь, полезно для обучения, формирования электронных 3D-руководств пользователей и др.

Облачные технологии. Эта технология связана с организацией программного обеспечения. Для локомотивного комплекса это особенно актуально: большое число депо по всей территории страны, часовые пояса, различные направления работ (эксплуатация, ремонт, планирование, бюджетирование) — всё это делает актуальными для транспорта применение облачных технологий. Но это направление развития больше относится к развитию средств автоматизации и не имеет железнодорожной специфики.

Интернет вещей. Возможности АСУ всегда были ограничены наличием датчиков и их надёжностью. На современном этапе развития промышленных систем выпускаются самые разнообразные датчики, позволяющие контролировать процессы и управлять ими. Прежде всего — это бортовые датчики технического состояния локомотива: измерение токов, напряжений, температуры и давления, скорости и сил — всё это крайне необходимо как для управления тягой локомотивов со встроенными алгоритмическими защитами, так и для диагностирования его технического состояния с планированием объёма ремонта по фактическому состоянию. Не менее важно иметь комплекс датчиков и в локомотивном депо, для контроля температурного режима, работоспособности станков, перемещения линейного оборудования по цехам и многого другого. Такой курс очень актуален: сбор данных с датчиков локомотива и депо в единой информационной системе позволяет перевести управление на качественно новый уровень. Это направление CPS иногда обозначают термином Smart («Умный»). В результате появляются термины «Умный локомотив», «Умное депо» («Цифровое депо») и др.

Информационная безопасность. Это главная проблема CPS: создавая распределённые ИТ-технологии в Интернете, резко возрастает риск как умышленного разрушения системы, так и из-за ошибок в программе или некорректных действий операторов. Целостность данных, их доступность и защищённость от доступа посторонних — отдельное направление работ при внедрение информационных технологий. В ОАО «РЖД» даже пошли на создание отдельной системы передачи данных (СПД), но само по себе это не даёт эффекта: все мировые вирусные атаки не миновали и ее. Как и облачные технологии, информационная безопасность не имеет железнодорожной специфики.

Дополненная реальность. Это, казалось, самое фантастическое направление, которое уже стало реальностью. В ремонтных локомотивных депо очки дополненной реальности очень полезны при приёмке локомотива: квалификации приёмщика локомотивов не хватает, чтобы квалифицировано определить техническое состояние подвижного состава. Частично проблема решается благодаря использованию данных бортовых микропроцессорных систем. Но для визуального контроля очки дополненной реальности (или просто планшет) были бы очень полезны.

Встроенное качество. Это направление развития в CPS не выделяется в отдельное, но для локомотивного и локомотиворемонтного комплексов является очень важным следствием внедрения CPS-

технологий. Наличие на борту локомотива микропроцессорных систем управления, а в депо – автоматизированных информационно-управляющих систем позволяет реализовать контроль правильности функционирования систем по принципу «Встроенное качество» - «правильно или никак». На локомотиве – это, прежде всего реализация алгоритмических защит от нарушений режимов эксплуатации локомотивов. В депо – контроль соблюдения технологии ремонта, обучение и интерактивная помощь.

В сервисных локомотивных депо ООО «ЛокоТех-Сервис» (ТМХ-Сервис) группы компаний «ЛокоТех» внедряется информационно-управляющая система АСУ ТОиР, которая комплексно реализует управление жизненным циклом локомотива на этапе его эксплуатации: мониторинг технического состояния локомотивов и режимов их эксплуатации, прогнозное и оперативное планирование постановки локомотивов на ремонт, приёмка и выдача локомотив с технического обслуживания и ремонта (ТОиР), внутрипроизводственное планирование ресурсов депо, собственно управление ТОиР с функциями встроенного качества (Рис.1). Внедрение АСУ «Сетевой график» должно существенно повысить надёжность локомотивов, находящихся на сервисном обслуживании с одновременным снижением издержек на их техническое обслуживание и ремонт. АСУ ТОиР полностью относится к технологии Цифровизации (Диджитализации). На базе АСУ ТОиР как раз и реализуются технологии CPS: это переход на безбумажную технологию управления, автоматизация технического диагностирования и приёмки локомотива с применением промышленного зрения. Киберфизические системы позволяют не только устранить ручной ввод, но и существенно повысить его объём и достоверность. Приведём несколько примеров.

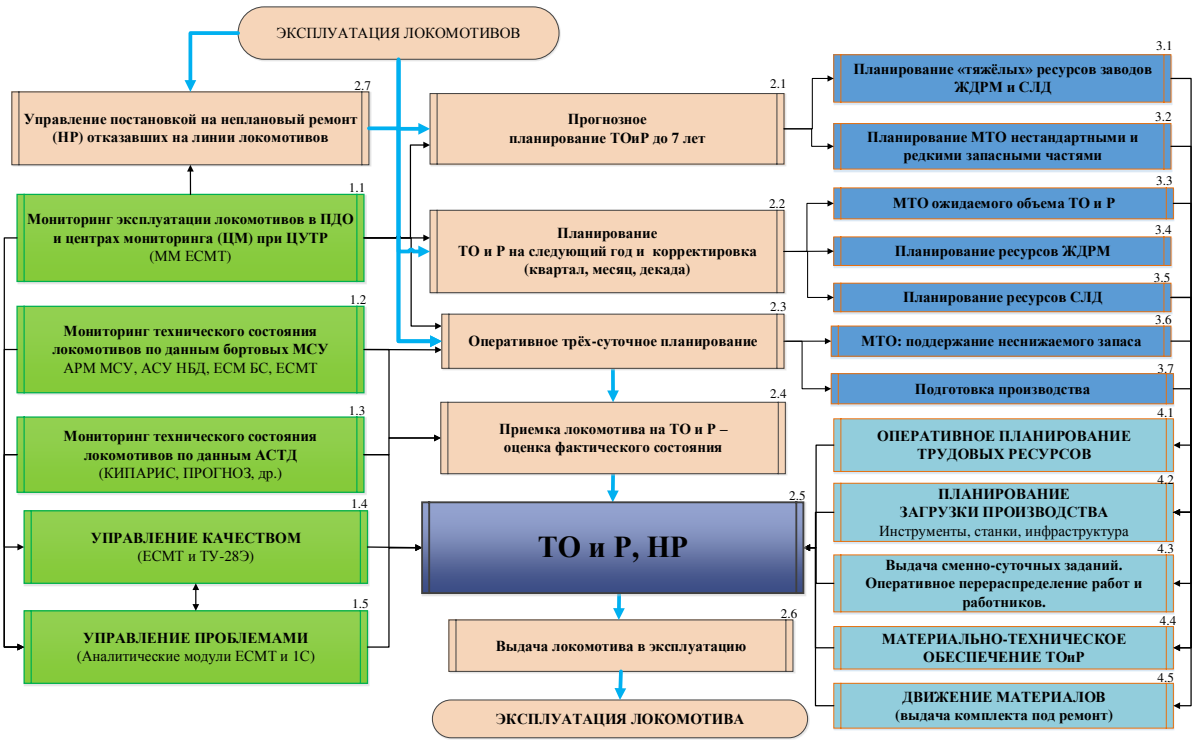


Рис. 1. Структура функциональности АСУ ТОиР ЛокоТех

Замеры колёсных пар осуществляются вручную с дальнейшим занесением данных в АСУ. Применение лазерных измерителей профиля бандажа позволят исключить ручной труд, производить многократные замеры.

Приёмка локомотива связана с большим объёмом ручного ввода информации в АСУ, в том числе акты формы ТУ-162 и ТУ-31. Использование диагностических данных бортовых микропроцессорных систем, электронного бортового журнала формы ТУ-152, очков дополненной реальности позволит полностью автоматизировать приемку локомотива на ремонт, повысить объём диагностических данных. Становится возможным переход на ремонт по фактическому техническому состоянию.

Установка RFID-меток на оборудование локомотива позволит автоматизировать учёт линейного оборудования подвижного состава и его дислокацию, расширить номенклатуру учитываемых материалов повторного использования (МПИ), наладить учёт затрат жизненного цикла не только локомотива в целом, но и каждого его узла.

Таким образом, современные технологии «Индустрия 4.0» (Кибер-физические системы), СМАРТ-предприятие, СМАРТ-транспорт, цифровизация (Диджитализация) и др. не только в полной мере относятся к локомотивному комплексу, но и активно внедряются.

Список литературы

1. Лакин И. К. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством. АСУТ. Москва: ОЦВ, 2002. 515 с.
2. Встроенное качество. Опыт Toyota Motor [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.orgprom.ru/uslugi/corporate_programs/jidoka.html.
3. Лакин И. К., Пустовой И. В. Эффективность сервисного обслуживания локомотивов. Техника железных дорог. 2017. № 2 (38). С. 34–44.

А. В. Литвинов, Д. И. Попов, И. А. Шутов, В. Н. Кирильчатенко
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

Е. Ю. Дульский
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТЕНДЫ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрена модернизация лаборатории по изучению нагрузочных режимов двигателей постоянного и переменного тока путем объединения указанных в статье стендов в один, получив при этом универсальный стенд для проведения испытаний двигателей постоянного и переменного тока. В качестве основных источников для регулирования режимов нагрузки при этом планируется использовать частотные преобразователи.

Ключевые слова: *лабораторные исследования, стенд для испытаний асинхронных двигателей*

Изучение процесса испытаний, принципов, заложенных при работе схемы испытаний, сопоставление различных схем испытаний, методов проведения измерений во время испытаний электрических машин – все это формирование необходимые знания, умения и навыки у будущего бакалавра, инженера или магистра. Однако изучение упомянутых положений лишь с теоретической стороны, никак не подкрепляя при этом полученных знания с помощью практики, не позволяет в должной степени изучить всю сторону вопроса. Практическая сторона вопроса,

как раз реализуется с помощью учебных стендов, где обучающийся сможет сам управлять процессом испытаний, фиксируя при этом показания приборов, анализируя их и делая соответствующие выводы.

Двигатели переменного тока должны быть испытаны по итогам их производства, либо по окончании ремонта. Методов и схем испытаний существует достаточно много. В рамках лабораторных исследований реализован стенд для испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки с применением частотных преобразователей в качестве источников питания, управления и регулирования процессом испытаний.

Все измерения промышленными приборами выполнены со стороны питания частотных преобразователей, другими словами, измерений со стороны питания двигателя и нагрузочной машины (генератора) не выполняется из-за особенностей работы частотных преобразователей: регулирование частоты питания выше и ниже 50 Гц, а также широтно-импульсной модуляции, заложенной в работу преобразователей. Проблему измерения токов, напряжений на выходе частотных преобразователей удалось решить способом, изложенным в источнике [1]. Стенд по своей концепции изготовления схож со стендом для испытаний двигателей постоянного тока, общий вид стенда показан на рис. 1. Подробнее о стенде для испытаний асинхронных двигателей в следующих источниках [1–3].

Рис. 1. Общий вид стенда для испытаний асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки

В настоящее время на реальных испытательных станциях локомотивных тяговых двигателей постоянного тока используется так называемая «классическая» схема взаимной нагрузки, при которой испытуемые однотипные электрические машины соединены между собой механически и электрически. В качестве устройств для регулирования напряжения и нагрузки используются: линейный и

вольтодобавочный преобразователи. При этом одна из механически сопряженных машин работает в режиме двигателя, вторая – в режиме генератора [4].

В рамках лабораторных работ по изучению метода взаимной нагрузки при испытании двигателей постоянного тока предлагается отказаться от щитовых измерительных приборов, т.к. обеспечение класса точности измерительными приборами класса точности не ниже 0,5 возможно лишь с помощью заводских приборов, суммарная стоимость которых для проведения измерений трех значений токов, четырех значений напряжений значительно превышает стоимости одних токовых клещей и, к примеру, одного-двух мультиметров для проведения измерения напряжений. Так в основе лабораторного стенда для проведения испытаний двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки лежит схема, представленная на рис. 2.

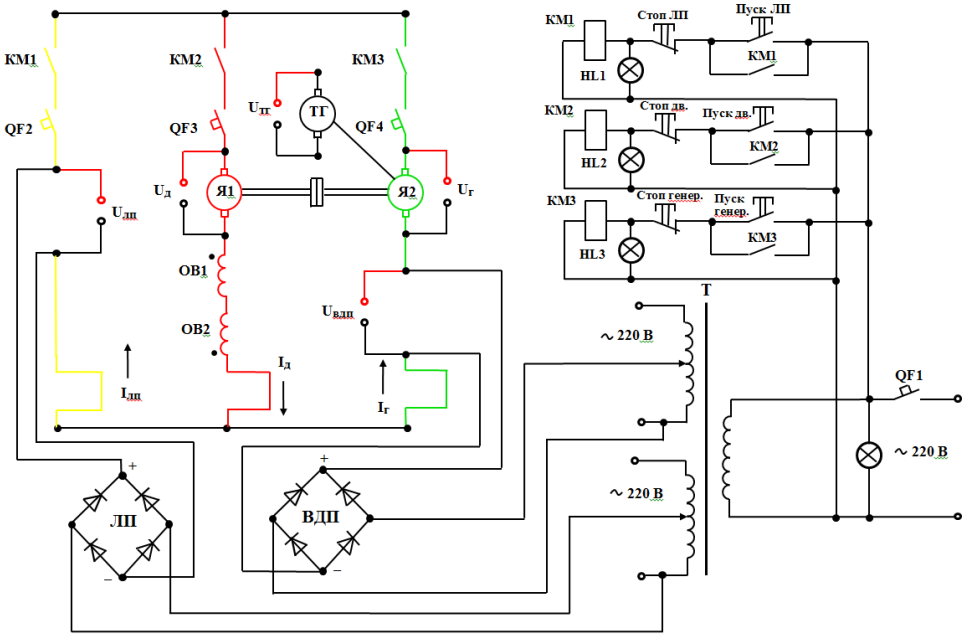


Рис. 2. Схема стенда для испытаний двигателей постоянного тока методам взаимной нагрузки

Общий вид стенда приведен на рис. 3. Коммутационная и защитная аппаратура приведена на рис. 4,а, управление работой линейного и вольтодобавочного преобразователей осуществляется с помощью рукояток вращения, приведенных на рис. 4,б.

Рис. 3. Общий вид стенда для испытаний двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки

а)

б)

Рис. 4. Коммутационная и защитная аппаратура стенда (а), элементы управления работой линейного и вольтодобавочного преобразователей (б)

Процесс измерения токов и напряжений, реализованных на учебном лабораторном стенде для проведения испытаний двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки, демонстрируется на

рис. 5. Так на стенде выведены клеммы для измерения напряжений на следующих элементах: линейный преобразователь, вольтодобавочный преобразователь, якорная обмотка двигателя, якорная обмотка генератора, тахогенератор. Измерение токов осуществляется токовыми клещами с функцией измерения постоянного тока посредством вывода изолированных кабелей, которые являются элементами цепей: линейного преобразователя, двигателя и генератора на лицевую панель стенда.

Рис. 5. Процесс измерений на стенде для испытаний двигателей постоянного тока

Стоит отметить, что реализация процесса испытаний двигателей постоянного и переменного тока возможна путем реализации различных схемных решений, главное – это реализация адекватных условий для проверки соответствия характеристик двигателя паспортным. В то же время при проведении нагрузочных испытаний следует делать выбор в пользу тех методов и средств, которые позволят создать условия наиболее близкие к эксплуатационным, а также реализовать высокую энергетическую эффективность с применением ресурсосберегающих технологий.

Модернизация лаборатории по изучению нагрузочных режимов двигателей постоянного и переменного тока планируется выполнить путем объединения указанных стендов в один, получив при этом универсальный стенд для проведения испытаний двигателей постоянного и переменного тока. В качестве основных источников для регулирования режимов нагрузки при этом планируется использовать частотные преобразователи [5].

Список литературы

1. Литвинов А. В. Совершенствование технологии испытаний асинхронных тяговых двигателей локомотивов: дис. канд. технических наук. Омский гос. университет путей сообщения. Омск, 2014.

2. Методика определения потребляемой мощности во время испытаний асинхронных тяговых двигателей методом взаимной нагрузки с учетом особенностей их питания / В. В. Харламов, Д. И. Попов, А. В. Литвинов. «Известия Транссиба». Научно-технический журнал. ОмГУПС. № 3. 2015. С. 53–62.

3. Методика определения мощности и математическое моделирование физических процессов при испытании асинхронных тяговых двигателей методом взаимной нагрузки / В. В. Харламов, Д. И. Попов, А. В. Литвинов. Вестник СибАДИ, 2016. № 5 (51). С. 42-49.

4. Опыт проектирования испытательных станций на статических преобразователях для различных типов тяговых двигателей / В. О. Мельк, С. А. Пимшин, И. Г. Шахов // Повышение тягово-энергетической эффективности и надежности электроподвижного состава: Межвуз. темат. сб. науч. тр. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск. 1999. 90 с.

5. Универсальный энергоэффективный стенд для нагрузочных испытаний асинхронных тяговых двигателей и двигателей постоянного тока / В. В. Харламов, Д. И. Попов, А. В. Литвинов. «Известия Транссиба». Научно-технический журнал. ОмГУПС. № 3 (27). 2016. С. 58–66.

В. В. Молчанов, А. К. Белоглазов, В.О. Носков, Н.С. Соляник
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

ПРОГРЕВ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ

На сегодняшний день отсутствуют методы нормирования расхода топлива на поддержание систем тепловоза в прогретом состоянии с использованием разработанных бортовых устройств в зависимости от температуры окружающего воздуха. В большинстве случаев в депо, эксплуатирующих маневровые тепловозы на сети железных дорог ОАО «РЖД», используется «самопрогрев», что, в свою очередь, сказывается на неэффективном расходе моторесурса дизеля. В статье представлен

один из способов прогрева теплоносителей (воды, масла, топлива) дизельного двигателя с помощью бортовой установки.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, самопрогрев, холостой ход, расход дизельного топлива, двигатель Стирлинга, горячий простой*

Железнодорожный транспорт является крупнейшим потребителем энергоресурсов. Затраты на топливно-энергетические ресурсы составляют, в целом, по сети железных дорог России примерно 11, 2 % от общеотраслевых эксплуатационных расходов, из них на тягу поездов расходуется 72,2 %. Результаты исследования показали, что время работы дизель-генераторной установки (ДГУ) тепловозов на холостом ходу с учетом стоянок в пути следования колеблется в пределах по Западно-Сибирской железной дороги от 40 до 60 %. В режиме номинальной мощности тепловозы работают до 15 % суммарного времени. При этом полезная работа из всего времени составляет иногда менее 30 %.

Все остальное время локомотивы работают на холостом ходу, большую часть времени приходиться на зимний период, так как запустить двигатель в холодное время весьма проблематично. Работа дизельного двигателя на холостом ходу это не только большое потребление топлива, масла, загрязнение окружающей среды, это еще крайне негативно сказывается на самом двигателе. В этом случае моторесурс дизельного двигателя существенно снижается.

К непроизводительному расходу дизельного топлива в горячем простое можно отнести простой локомотива у запрещающих сигналов, простой возле депо в ожидании работы и ожидание локомотивной бригады на станции.

Для снижения непроизводительного расхода дизельного топлива применяют следующие мероприятия:

- периодический запуск и остановка дизельного двигателя;
- применение электроэнергии от стационарного источника;
- применение котлов-подогревателей;
- использование энергии от котельных установок депо.

Понятие о прогреве дизелей транспортных установок и, в частности, тепловозов на сегодняшний день не только не стандартизовано с точки зрения топливной экономичности процесса прогрева – оно отсутствует даже в заводской технической документации.

Рост цен на дизельное топливо подвигает конструкторов и инженеров к разработке способов и созданию современных систем

прогрева тепловозов для поддержания необходимой температуры теплоносителей (воды, масла, топлива) дизельного двигателя в условиях низкой температуры окружающей среды.

На разных этапах развития тепловозной тяги в Советском Союзе и России значительный вклад в решение проблемы прогрева силовых установок внесли ряд ученных: Е. Е. Коссов, Г. А. Фафанов, П. М. Егунов, Е. Я. Рогачев, В. Д. Кузьмич, Н. И. Панов, С. Г. Грищенко, А. П. Третьяков, В. И. Киселев, В. М. Овчинников, А. И. Володин, В. Т. Данковцев, Э. Д. Тартаковский, А. З. Хомич, А. Э. Симсон, С. Г. Жалкин, Ю. А. Куликов, О. В. Смышляев, Е. Б. Черток, А. С. Нестрахов, И. К. Андрончев, Д. Я. Носырев, М. А. Саламатин, и др.[1].

В соответствии с современными требованиями система прогрева должна обеспечивать в зимних условиях эксплуатации тепловозов длительное поддержание с минимальными энергетическими затратами, оптимальной температуры теплоносителей в системах силовой установки при неработающем дизеле при простое. Требуемая температура теплоносителей в системах обеспечивает надежную и экономичную работу дизеля в пределах:

- температура воды на выходе из дизеля должна быть в пределах 70-80 °С;
- температура масла на выходе из дизеля должна быть в пределах 65-70 °С.

Исходя из выше сказанного проблема горячего простоя тепловоза очень актуальна на сегодняшний день.

Учитывая опыт внедрения разработанных установок, их преимущества и недостатки, в настоящее время разрабатывается бортовая установка, включающая в себя: двигатель Стирлинга с котлом-подогревателем, совмещенного с элементами Пельтье.

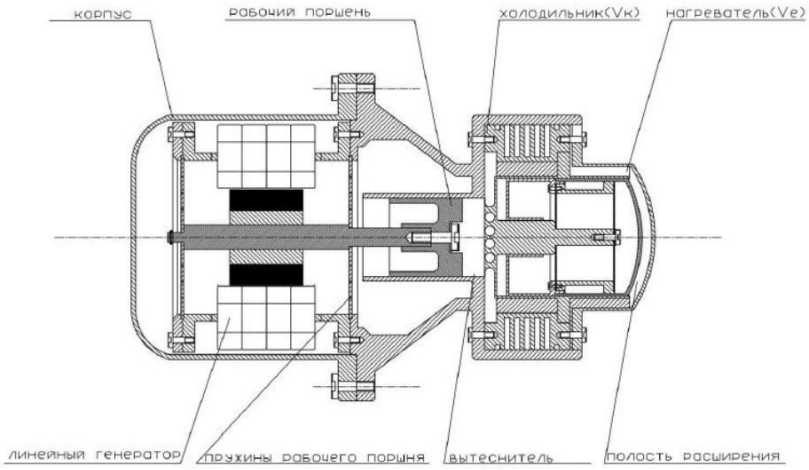


Рис. 1. Двигатель Стирлинга

Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело в виде газа или жидкости движется в замкнутом объеме, разновидность двигателя внешнего сгорания. Основан на периодическом нагреве и охлаждении рабочего тела с извлечением энергии из возникающего при этом изменения объема рабочего тела. Может работать не только от сжигания топлива, но и от любого источника тепла.

Двигатель Стирлинга, представленный на рис. 1, включает в себя три основных элемента: корпус, рабочий поршень, вытеснительный поршень [2].

Рабочий процесс в двигателе протекает следующим образом. При запуске двигателя давление газа в рабочих полостях равно между собой. При включении нагревателя происходит повышение температуры и давление газа в полости расширения. Вследствие этого начинается движение вытеснителя, а затем перетекание рабочего тела из холодной полости в горячую. При этом давление газа повышается. Под действием разницы давлений газа в рабочих полостях вытеснитель продолжает движение, переталкивая рабочее тело в горячую полость. Вследствие возрастания давления начинает движение рабочий поршень. При достижении минимального значения объема полости сжатия, давление газа в рабочих полостях начинает уменьшаться. Перемещение поршней происходит до момента уравновешивания сил инерции и действия газовых сил.

Итальянская фирма «ICI Caldanaie» производит паровые и водогрейные котлы, а также вспомогательное котельное оборудование. Водогрейные котлы ICI Caldanaie серии КЕХ имеют широкую линейку мощностей, от 70 до 6000 кВт (ИЕХ 7 - КЕХ 600). Котлы КЕХ представляют собой водогрейные генераторы с высоким КПД (более 90 %), работающие как на жидком, так и на газообразном топливе [3].

ICI Caldanaie КЕХ, представленный на рис. 2, – это стальные напольные жаротрубные котлы с реверсивным развитием факела в топке. Пламя развивается вдоль продольной оси топки от фронта к тылу котла, разворачивается у выпуклого днища и возвращается вдоль стенок топки к фронту. Далее, развернувшись у передней дверцы, уходящие газы направляются в дымогарные трубы, снабженные турбулизаторами из нержавеющей стали для улучшения теплообмена. За счет такого движения раскаленных газов достигается высокий КПД и полнота сгорания топлива. Котлы серии КЕХ имеют рабочую температуру 95 °С.

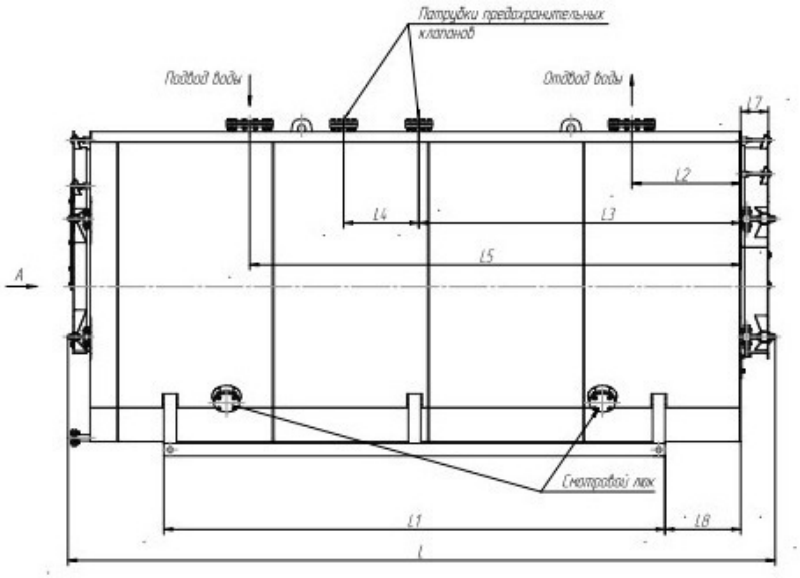


Рис. 2. Водогрейный котел фирмы «ICI Caldanaie»

Исходя из необходимой мощности, которую нужно поднести к теплоносителю для обогрева тепловоза, подбирается водогрейный котел определенной мощности, который будет иметь компактный размер и высокий КПД.

Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье.

Эффект Пельтье – термоэлектрическое явление, при котором происходит выделение или поглощение тепла при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников.

Величина выделяемого тепла и его знак зависят от вида контактирующих веществ, направления и силы протекающего электрического тока.

Причина возникновения явления Пельтье заключается в следующем: на контакте двух веществ имеется контактная разность потенциалов, которая создаёт внутреннее контактное поле. Если через контакт протекает электрический ток, то это поле будет либо способствовать прохождению тока, либо препятствовать. Если ток идёт против контактного поля, то внешний источник должен затратить дополнительную энергию, которая выделяется в контакте, что приведёт к его нагреву. Если же ток идёт по направлению контактного поля, то он может поддерживаться этим полем, которое и совершает работу по перемещению зарядов. Необходимая для этого энергия отбирается у вещества, что приводит к охлаждению его в месте контакта.

Эффект Пельтье лежит в основе работы термоэлектрического модуля (ТЭМ), показанного на рис. 3.

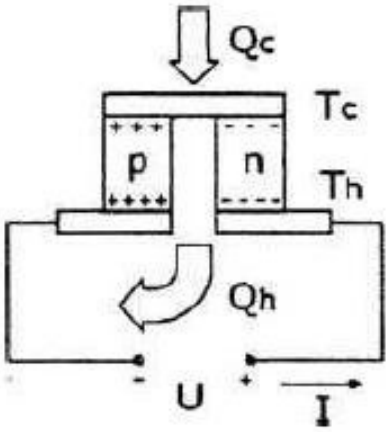


Рис. 3. Эффект Пельтье

Термоэлектрический модуль представляет собой совокупность термопар обычно соединенных между собой последовательно по току и параллельно по потоку тепла.

Достоинством элемента Пельтье являются небольшие размеры, отсутствие каких-либо движущихся частей, газов и жидкостей. При обращении направления тока возможно, как охлаждение, так и нагревание – это даёт возможность термостатирования при температуре окружающей среды, как выше, так и ниже температуры термостатирования. Также достоинством является отсутствие механических частей и отсутствие шума.

Недостатком элемента Пельтье является более низкий коэффициент полезного действия, чем у компрессорных холодильных установок на фреоне, что ведёт к большой потребляемой мощности для достижения заметной разности температур. Несмотря на это, ведутся разработки по повышению тестового КПД, а элементы Пельтье нашли широкое применение в технике, так как без каких-либо дополнительных устройств можно реализовать температуры ниже 0 °С.

Разрабатываемая бортовая установка прогрева дизелей, позволит снизить время работы ДГУ тепловозов на холостом ходу, когда тепловоз находится не только в горячем простое, но и в ожидании работы с локомотивной бригадой.

Изложенное позволяет говорить о перспективном направлении в разработке альтернативных систем прогрева тепловозных дизелей с учетом опыта эксплуатации ранее разработанных устройств.

Список литературы

1. Повышение эффективности прогрева силовых установок тепловозов при отстое в холодное время года: дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / Р. Ю. Якушин; Омский государственный университет путей сообщения. Омск: ОмГУПС, 2002. 189 л.
2. Круглов М. Г. Двигатели Стирлинга. Под редакцией М. Г. Круглова. Д 22 «Машиностроение», 1977.
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов (ПБ 10-574-03). М., 2003. 229 с.

С.З. Овсейчик
Забайкальский институт железнодорожного транспорта
г. Чита, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА СИНХРОНИЗАЦИИ БЛОКА ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ МСУД ЭЛЕКТРОВОЗОВ 2ЭС5К

Обозначается проблема неустойчивой работы МСУД современных электровозов переменного тока. Рассматривается математическая модель устройства синхронизации МСУД и возможные причины возникновения такой проблемы.

Ключевые слова: *МСУД, сброс импульсов управления тиристорами ВИП, устройство синхронизации МСУД*

Важнейшим элементом микропроцессорной системы управления и диагностики современных электровозов переменного тока является блок входных сигналов и, в частности, одна из его составляющих – устройство синхронизации, которая, по сути, задает ритм работы всей системы.

В последнее время, на Забайкальской железной дороге участились случаи возникновения отказов электровозов серии ЕП1 и Ермак, вызванные появлением резких бросков тока тяговых электродвигателей и, как следствие, снятия управляющих импульсов с ВИП, с зажиганием сигнального сигнала «СИ».

Данная проблема может быть связана с нечеткой работой системы синхронизации МСУД, которая приводит к резкому изменению угла отпирания тиристоров ВИП и, как следствие, броскам тока тяговых двигателей, на что программное обеспечение МСУД, распознавая

аварийную ситуацию, реагирует снятием импульсов управления с тиристоров.

Для анализа возможных причин подобной ситуации, в Забайкальском институте железнодорожного транспорта ведутся работы по моделированию работы устройства синхронизации блока входных сигналов МСУД в программной среде MATLAB.

В настоящее время, используя реальные параметры электрической схемы БВС-991 построена виртуальная модель устройства синхронизации, представленная на рисунке.

Предварительное моделирование схемы показало ее высокую эффективность в качестве фильтра, настроенного на частоту 50 Гц. Попытки исказить форму входного напряжения от синусоидальной формы с помощью внесения искажений с разными частотами гармоник, разными их фазами и уровнями показали устойчивою стабильность фильтра к определению первой гармоники и ее фазы.

В тоже время, имеется большая вероятность того, что данное устройство может оказаться неустойчивым к существенным искажениям формы напряжения в контактной сети, вызванные либо недостаточной ее мощностью, либо совместной работой нескольких электровозов на тяговом участке.

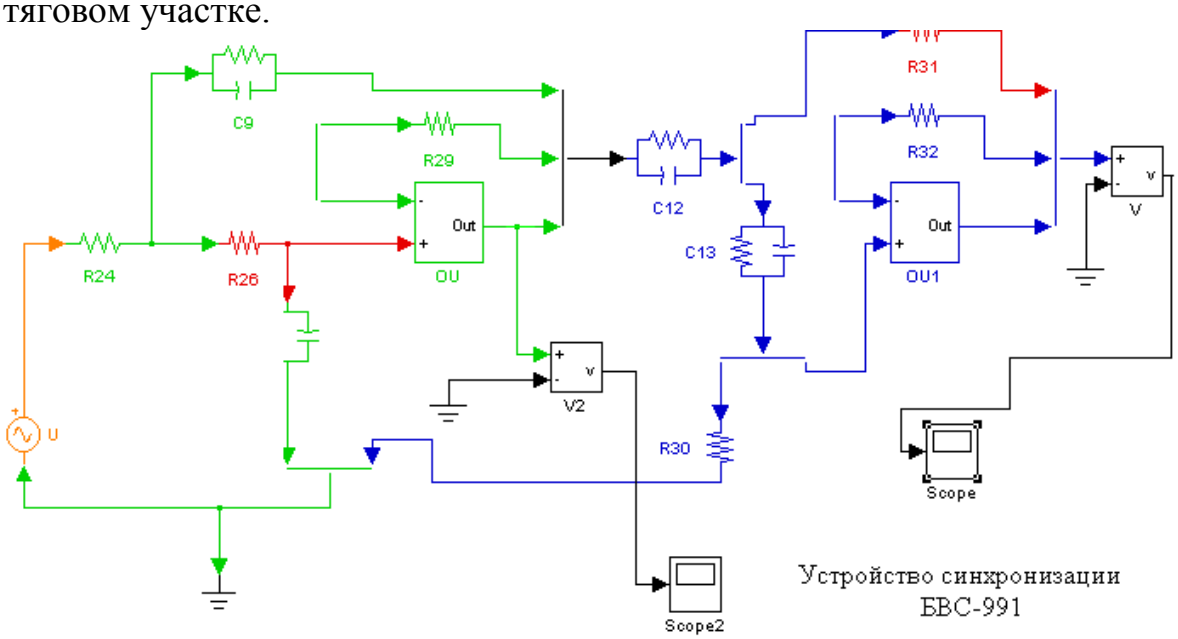


Рис. 1. Устройство синхронизации МСУД

В связи с этим, на кафедре «Подвижной состав железнодорожного транспорта» Забайкальского института железнодорожного транспорта ведутся инициативные работы по исследованию причин неустойчивой

работой МСУД в рамках обозначенной выше проблемы и поиском вариантов ее решения.

Список литературы

1. Электрические пневматические схемы электровоза переменного тока 2ЭС5К описание и его обслуживание. ОАО-РЖД ДВЖД Владивостокское отделение, 2007 г.
2. Оценка работы современных информационных систем управления с разработкой и внедрением обучающих средств в учебный процесс. Ларченко А.В., Кондратенко И.А. В сборнике: Транссиб: на острие реформ материалы международной научно-практической конференции. Иркутский государственный университет путей сообщений; Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2016. С. 244-254.
3. Руководство по эксплуатации электровоза 2ЭС5К книга №1-4, 6-8. Техническое описание, Электрические схемы.

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ВАГОННОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Основное назначение информатизации вагонного хозяйства – создание условий для повышения качества принимаемых управленческих решений по обеспечению перевозок исправным парком вагонов. При этом особое место уделяется безопасности движения поездов и оптимизации эксплуатационных расходов. Эффективность внедрения автоматизированной системы управления в вагонном хозяйстве определяет улучшение использования парка грузовых вагонов не только за счет его дислокации и сокращения порожнего пробега, но и увеличения межремонтных пробегов, затрат на ремонт вагонов, повышения скорости движения поездов, других показателей. Все они определяют как уровень текущих расходов на содержание парка вагонов, так и затрат на его обновление и пополнение для освоения возрастающего грузооборота.

Ключевые слова: *информационная база, информационная система, информационные технологии, вагонное хозяйство*

Информационная система железнодорожного транспорта (ИСЖТ) относится к классу больших корпоративных задач, так и задач управления отраслью. Главная цель информационной системе железнодорожного транспорта состоит в повсеместном обеспечении информацией технологических процессов и сфер деятельности железнодорожного транспорта, в создании информационной основы для достижения максимальной эффективности его работы в условиях рыночной экономики.

Информационная система железнодорожного транспорта представлена на рис. 1 в виде укрупненной двухуровневой структуры.

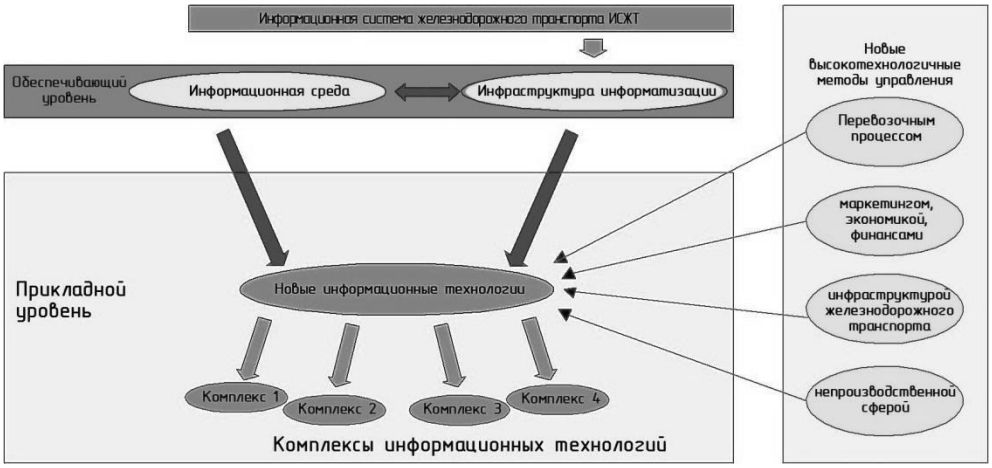


Рис. 1. Информационная система железнодорожного транспорта

Отражение проблем в вагонном хозяйстве можно увидеть в анализе отцепок по неисправностям узлов. Для проведения анализа берутся данные по эксплуатации вагонов за период 2016 г. Данный анализ в виде круговой диаграммы приведен на рис. 2.

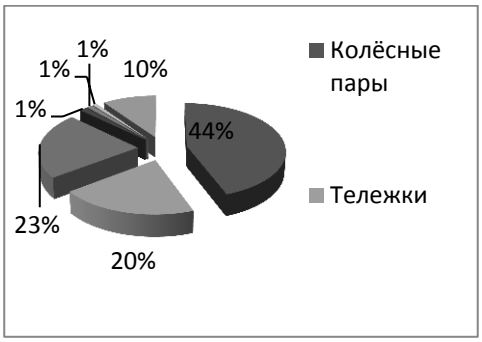


Рис. 2. Количество отцепок по неисправностям узлов

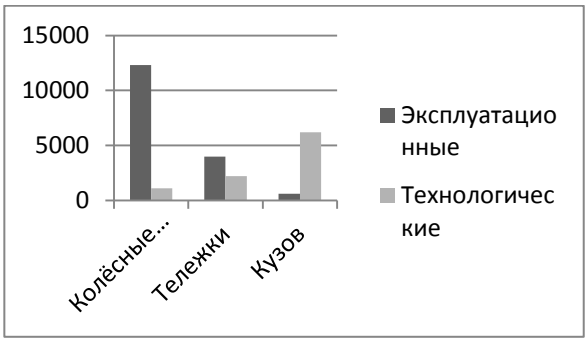


Рис. 3. Диаграмма причин поступления вагонов в ТОР по узлам

Из рис. 2 следует, что по количеству отцепок по неисправностям узлов преобладают колесные пары.

Причины отцепок и поступления вагонов в текущий отцепочный ремонт (ТОР) бывают двух видов:

- эксплуатационные;
- технологические.

Для того чтобы решить проблемы вагонного хозяйства нужно определить причину этих проблем. Так как основной проблемой являются, отцепки вагонов и поступления их в текущий отцепочный ремонт. Для того чтобы решить проблему, нужно понять на каком этапе проходит отцепка вагона. Для этого проводят анализ причин поступления вагонов в ТОР по узлам, приведенный анализ указан на рис. 3.

Из данной диаграммы видно, что причиной поступления вагонов из-за неисправности колесных пар и тележки, преобладает эксплуатация. А технологической причиной охватывается кузов.

Постоянное совершенствование единого перевозочного процесса определяет основные направления развития структуры вагонного хозяйства:

- переход на преимущественное выявление дефектов вагонов при помощи автоматических устройств;
- устранение повторных контрольно-технических осмотров;
- выбор стратегии в строительстве вагонов и их показателей надежности;
- перспективные диагностические системы для определения неисправностей вагонов;
- развитие и внедрение ресурсосберегающих технологий.

Оснащение эксплуатационных предприятий вагонного хозяйства специализированным оборудованием и средствами механизации позволяет снизить трудоемкость ремонта вагонов. Сокращается поступление вагонов в отцепочный ремонт, повышается эффективность и качество технического обслуживания вагонов.

Один из реальных инструментов в решении этих вопросов - внедрение новых информационных технологий. Данные технологии способны не только облегчить труд линейных предприятий, сократить объем ручного ввода информации, но в некоторых случаях исключить его полностью. Они также позволяют создать эффективную систему для принятия управленческих решений на всех уровнях.

Надежная и бесперебойная работа средств диагностики технического состояния подвижного состава является основным

условием организации движения для эффективной деятельности железнодорожного транспорта.

Проблема выяснения причин внезапного отказа любого технического средства негативно сказывается на качестве эксплуатационной работы в виде затруднений в пропуске поездов, снижении основных качественных показателей, несоблюдении сроков доставки грузов и пассажиров на момент расследования и выявления причин отказа. Внезапные отказы, ежегодно происходящие на дорогах, нарушают график работы железных дорог, угрожают безопасности движения и требуют значительных ресурсов и времени на их восстановление. Учитывая финансовые расходы на ремонты устройств диагностики технического состояния подвижного состава, проблема обеспечения необходимой надежности их работы может быть решена только организацией системы мониторинга на всей сети дорог.

Так как, надежность работы технических средств зависит от большого количества факторов и переменна во времени, создание системы диагностики без организации режимных наблюдений за наиболее неустойчивыми устройствами и прогноза развития нестандартных ситуаций не позволят организовать полноценный мониторинг предупреждения внезапных отказов.

Под мониторингом безотказной работы технических средств диагностики подвижного состава понимают определенную процедуру управления состоянием система – технические средства, осуществляемую по целевой программе и состоящую из следующих блоков:

– диагностика объектов с определением основных параметров;

– отбор объектов, имеющих недостаточную надежность;

– интервальные отслеживания и измерения параметров объектов, имеющих недостаточную надежность;

– оценка результатов мониторинга параметров состояния объектов, имеющих недостаточную надежность;

– прогноз развития предотказных состояний объектов;

– разработка регламентов управления техническим состоянием объектов, а при необходимости изменения их конструктивных параметров и технологических режимов работы. [1]

В данную систему необходимо включить технологические регламенты диагностики параметров работы технических средств и периодические наблюдения за их изменением, которые позволяют выявлять возможность появления предотказного состояния, на основании этого снижаются эксплуатационные потери ОАО «РЖД», а

также значительно возрастают показатели безопасности движения поездов.

На основе данных графиков исполненного движения осуществляется сбор информации о неисправностях технических средств, которые используются в автоматизированной системе контроля подвижного состава АСК ПС. Преимущество системы заключается в способах контроля и идентификации, позволяющих обеспечить необходимую достоверность и полноту исходной информации о подвижном составе. Такой подход качественно повышает эффективность информационно-управляющих систем за счет уменьшения негативного влияния «человеческого фактора» и позволяет перейти к прогнозным методам.

В системе предусмотрен специализированный механизм проверки поступающих данных, который реализует факт проверки на дублирование с возможностью последующего объединения данных пользователями.

В автоматизированном комплексе АСКПС предусмотрен поэтапный переход на единую систему сбора сведений и проведения анализа об неисправностях в работе технических средств. Появилась возможность внедрить комплексные методы оценки эффективности эксплуатационной деятельности с использованием единой общесетевой базы данных учёта отказов и неисправностей технических средств. Была выполнена интеграция КАСАНТ с автоматизированными системами: ГИД «Урал-ВНИИЖТ», АС КМО, АСК ПС, АСУВОП-2, АСУ-П, АСУ-Ш-2, АСУ-Э.

Но эта система выполняет только информативно-учётные функции, с помощью которых происходит оперативное получение и обмен сведениями об неисправностях вагона между причастными службами и дирекциями компании. Необходимо создание централизованной системы контроля и учёта состояния инфраструктуры компании ОАО «РЖД». [2]

Основными задачами такой системы являются: глубокий анализ работы всех составляющих перевозочного процесса; организация разработки системы предупреждений и предотвращений отказов технических средств, выработка рекомендаций для своевременного принятия превентивных управляющих решений по снижению рисков и нарушений безопасности движения; прогнозирование рисков и определение мест наиболее вероятного их проявления; минимизация влияния отказов технических средств на эксплуатационные показатели дороги путем сокращение времени на их устранение (рисунок 4).

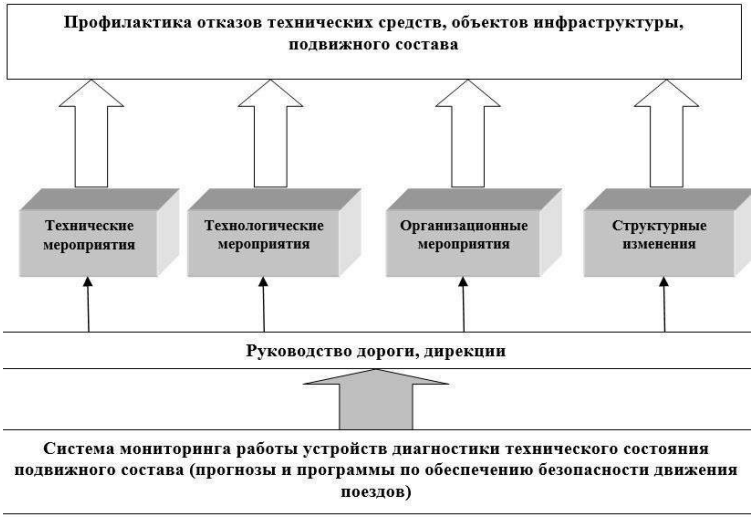


Рис. 4. Цели системы мониторинга

Таким образом, система мониторинга должна осуществлять следующие основные функции: проведение анализа состояния и надежности технических средств и объектов инфраструктуры для снижения возможных рисков возникновения аварийных ситуаций; формирование системы измеряемых показателей для оценки уровня обеспечения безопасности движения поездов; постоянное участие в организации работы ДЦУП, организация работы диспетчерского аппарата отраслевых служб как единой смены по вопросам технического обеспечения перевозочного процесса; организация устранения отказов технических средств в кратчайшие сроки; выработка и выдача службам органа управления железной дороги, отделениям и другим структурным подразделениям железной дороги заданий повышающих уровень безопасности движения поездов на стадии проектирования, приемки в эксплуатацию и эксплуатации железнодорожных технических средств.

Совершенствование алгоритмов оценки надежности технических средств и интеграцией с автоматизированными системами управления перевозочным процессом актуально для любой компании, осуществляющей производственную деятельность. Автоматическая фиксация факта неисправности непосредственно на основе информации, вносимой поездным диспетчером в автоматизированный график исполненного движения поездов станет спецификой, отличающей систему мониторинга работы устройств диагностики технического состояния подвижного состава от локальных информационных разработок, действовавших ранее на ряде железных дорог. Для этого в систему изначально должна быть заложена возможность формирования информации о неисправностях технических средств из нескольких

источников, а также реализован специализированный механизм проверки поступающих данных на предмет дублирования с возможностью последующего объединения данных пользователями.

Хорошо отлаженная работа системы мониторинга позволит реализовать полноценное функционирование дорожных ситуационных центров и решить проблему расследования причин отказов путём их выявления на начальной стадии развития.

Простыми словами, это позволит наблюдать за подвижным составом не только внутри одной дороги, а по всей сети. Что позволит при допущенных неисправностях ранее, отцеплять вагон заранее, быть готовыми к этому, не допуская отказа. От этого пойдет сокращение как самих отказов, так и сокращение затрат, связанных с ними. Это система касается нагрева буксового узла.

Список литературы

1. Скиба И. Ф. Организация, планирование и управление на вагоноремонтных предприятиях. М.: Транспорт, 1978. 343 с.

2. Тишкин Е. М. Автоматизация управления вагонным парком М.: Интекс, 2000. 224 с.

В.В.Степанов, С.З.Овсейчик

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ОРГАНИЗАЦИЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА СВОБОДНЫХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

В рассматриваемой статье приведено обоснование применения метода анализа свободных затухающих колебаний для организации входного контроля литых деталей по подозрению на наличие скрытых литейных дефектов и усталостных трещин. Дано описание разработанного контрольно-измерительного комплекса для обнаружения скрытых дефектов; приведены результаты испытаний на физических образцах.

Ключевые слова: *осциллограммы свободных затухающих колебаний, скрытые дефекты, коэффициент затухания*

Современные технологии изготовления изделий из заготовок, полученных методом литья, предполагают большой объем механической обработки. Учитывая то, что литые заготовки зачастую представляют сложные пространственные монолитные изделия, имеющие низкое качество поверхности, произвести 100 % входной контроль на наличие скрытых литейных дефектов не представляется возможным в связи со сложностью и трудоемкостью процессов дефектоскопии. В подобных условиях поступление в механическую обработку заготовок со скрытыми дефектами ведет к увеличению непроизводственных затрат и удорожанию стоимости продукции.

В целях обеспечения гарантированного обнаружения скрытых дефектов существует необходимость разработки методов, позволяющих дать гарантированную оценку в количественных показателях наличия или отсутствия скрытых литейных дефектов, представляющих разрыв сплошности металла. При этом предлагаемые методы исследования должны обеспечить разработку контрольно-измерительных комплексов, обладающих свойствами мобильности и автономности. В качестве основных критериев выбора метода обнаружения скрытых литейных дефектов были выбраны следующие:

- 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.

Приведенным выше требованиям в наибольшей степени отвечают акустические методы, в частности, метод анализа свободных затухающих колебаний.

При наличии сил сопротивления энергия колеблющейся системы будет постепенно убывать, колебания будут затухать. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний находится по формуле (1)

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0, \qquad (1)$$

где: ω - частота затухающих колебаний;

β- коэффициент затухания.

Затухающие колебания при строгом рассмотрении не являются периодическим. Поэтому о периоде колебаний можно говорить, когда β мало.

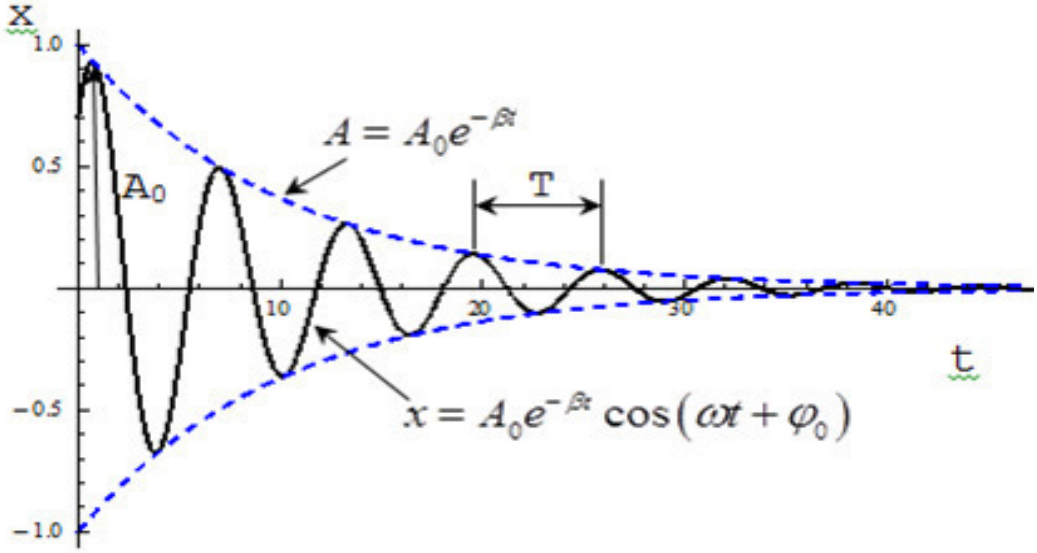


Рис. 1. Осциллограмма затухающих колебаний

Если затухания выражены слабо ($\beta \to 0$), то затухающие колебания можно рассматривать как гармонические колебания, амплитуда которых меняется по экспоненциальному закону.

Коэффициент затухания β обратно пропорционален времени, в течении которого амплитуда уменьшается в **e** раз. Однако коэффициента затухания недостаточно для характеристики затухания колебаний. Поэтому необходимо ввести такую характеристику для затухания колебаний, в которую входит время одного колебания. Такой характеристикой является декремент (уменьшение) затухания D, который равен отношению амплитуд, отстоящих по времени на период T :

$$D = \frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = e^{\beta T}. \qquad (2)$$

Логарифмический декремент затухания равен натуральному логарифму D и находится по формуле:

$$\lambda = \ln D = \beta T = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}, \tag{3}$$

$$\lambda = \beta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N_в}. \tag{4}$$

Логарифмический декремент затухания обратно пропорционален числу колебаний, в результате которых амплитуда колебаний уменьшилась в **е** раз. Логарифмический декремент затухания – постоянная для данной системы величина, зависящая от жесткости. При изменении жесткости (наличие нарушений сплошности металла, изменяющих площадь поперечного сечения изделия) логарифмический декремент будет меняться.

Таким образом, задача определения наличия нарушений сплошности вызывающих значимое изменение жесткости сводится к сравнению коэффициентов затухания свободных колебаний детали со срытыми дефектами с эталонной деталью. Технически задача определения декремента затухания сводится к получению осциллограммы свободных колебаний, вызванных единичным импульсным воздействием. При этом теоретически сила удара не должна влиять на достоверность определения декремента ввиду его относительного значения.

Для выполнения предварительного исследования применимости акустических методов контроля для обнаружения скрытых дефектов литых деталей на кафедре «Подвижной состав железных дорог» Забайкальского института железнодорожного транспорта был разработан и изготовлен вариант контрольно-измерительного комплекса, представляющий собой устройство для получения и обработки осциллограмм свободных затухающих колебаний, вызванных единичным импульсным воздействием. Устройство состоит из пьезоэлектрического преобразователя механических колебаний, усилителя сигнала, АЦП, персонального компьютера. В составе комплекса отсутствует фильтр. Его функции реализуются программным способом при обработке исходного сигнала.

Однократный процесс измерения запускается автоматически в момент начала регистрации акустического сигнала датчиком. Длительность записи и время дискретизации сигнала задаются программным способом в программе виртуального осциллографа.

Обработка исходной диагностической информации выполняется в программном пакете MatLab, который обладает практически всеми известными методами обработки данных. Для переноса полученных данных от объекта контроля в среду MatLab, программа виртуального осциллографа была доработана с целью возможности сохранения результатов измерения в формате Excell, из которого они легко экспортируются в MatLab.

Апробирование контрольно-измерительного комплекса производилось в лабораторных условия методом имитационного моделирования на образцах, изготовленных из стали 20Л размерами 400×40×20 мм. Формирование трещин в образцах производилось на прессе методом многократного деформирования. После каждого цикла деформирования измерялась глубина развития трещины и регистрировались осциллограммы свободных колебаний, возбужденные единичным импульсным воздействием. Процесс развития трещины был прекращен по достижении её размеров 30% толщины образцов.

Осциллограммы свободных затухающих колебаний снимались на исходных образцах подвергнутых процессу формирования трещин. При этом производилось определение коэффициентов затухания. Типичные осциллограммы затухающих колебаний после математической обработки приведены на Рис.2 (исходный образец) и Рис.3 (образец с трещиной 30%).

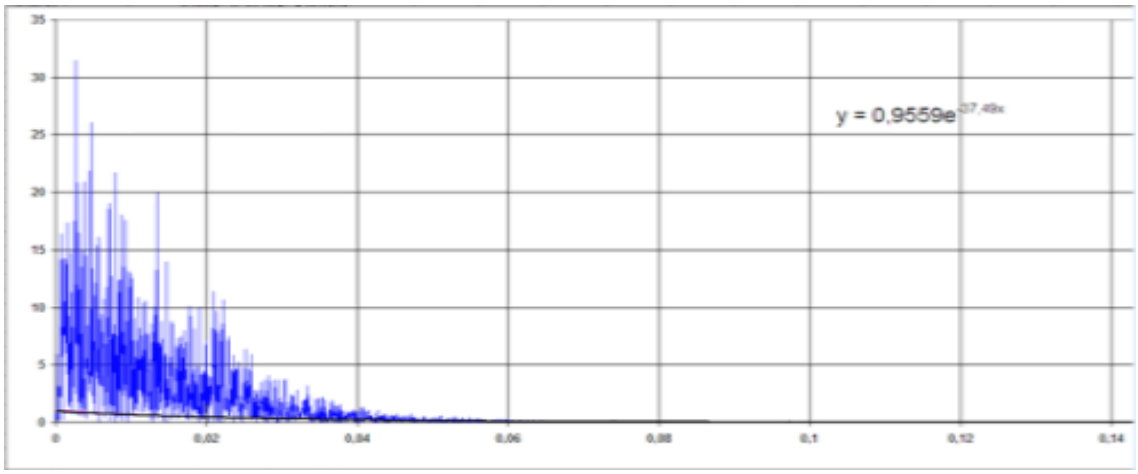


Рис. 2. Осциллограмма затухающих колебаний исходного образца. Коэффициент затухания β= -37,49

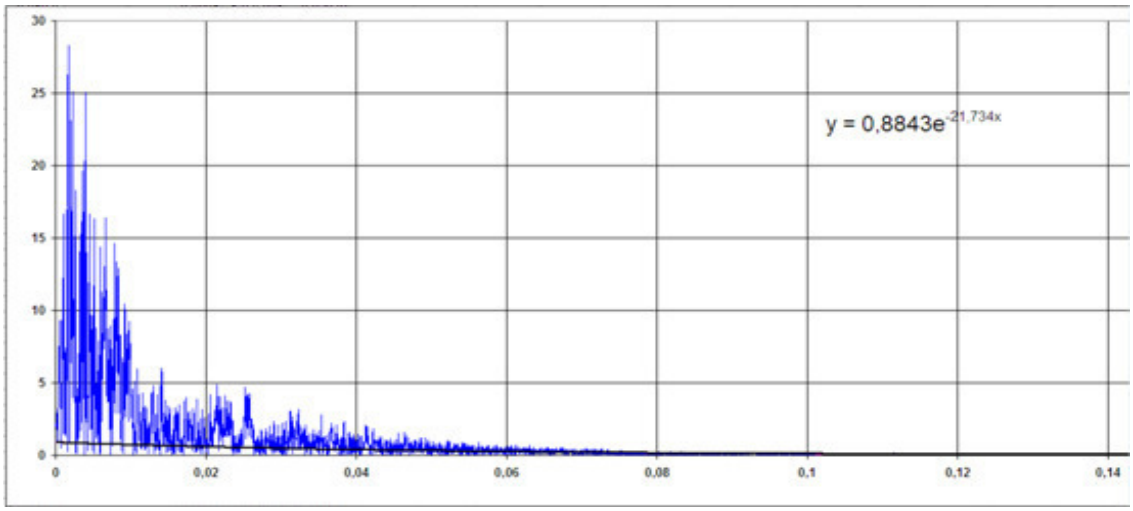


Рис. 3. Осциллограмма затухающих колебаний образца с трещиной 30%. Коэффициент затухания β= -21,734

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Развитие трещин в образцах существенно влияет на процесс затухания свободных колебаний. Рост трещины ускоряет процесс затухания, причем была отмечена линейная зависимость коэффициента затухания колебаний β от размера трещины.
2. Усилие и место приложения импульсного воздействия практически не влияет на вид осциллограмм свободных затухающих колебаний.
3. Отклонения величины импульсного воздействия от номинала в пределах ±25 % вызывает изменение коэффициента затухания в пределах ±10 % от среднего значения.

Достоинства предлагаемого метода.

1. Простота способа получения сигнала: импульсное воздействие возможно осуществлять молотком, место приложения удара произвольное.
2. Оперативность получения результатов измерения – не более 10 секунд (установка и снятие датчика на магнитной подошве, осуществление удара), обработка осциллограмм производится программно.
3. Относительная дешевизна комплектующих для изготовления контрольно-измерительного комплекса.

К недостаткам предлагаемого метода можно отнести невозможность точной локализации расположения дефекта и приблизительность оценки его размеров.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что используя метод анализа свободных затухающих колебаний появляется возможность организовать 100% входной контроль литых деталей по подозрению на наличие скрытых дефектов, что позволит существенно сократить непроизводственные затраты и удорожание стоимости продукции.

Список литературы

1. Зеленченко А. П. Диагностические комплексы подвижного состава. Москва. 2015. 138 с.
2. Степанов В. В., Овсейчик С. З., Куркин К. О. Обнаружение скрытых дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов. Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2015».
3. Ларченко А. В., Совершенствование методов диагностирования цепей управления электровозов. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т. 2. С. 415-418.

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОМАТЕРИАЛОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

Воздействие ультразвука на процессы пластического деформирования обусловлено его влиянием на свойства и структуру деформируемого металла, контактные условия, изменение схемы напряженного состояния и в некоторых случаях дискретным и динамическим характером приложения нагрузки. В последнее десятилетие в УЗО процессах активно используются элементоорганические (металлоорганические) соединения, применение которых для нанесения покрытий предопределяет повышенный уровень безопасности, с учетом их нетоксичности, а также отсутствие взрывоопасности, при их использовании в жидком состоянии. Элементоорганические соединения могут содержать все необходимые элементы для получения покрытий в единой субстанции, что повышает

эффективность контроля за технологическим процессом и воспроизводимость свойств наносимых покрытий.

Ключевые слова: *ультразвуковая обработка, заготовка, серпентиниты, степень упрочнения, износостойкость*

Ультразвуковая обработка (УЗО) представляет собой прогрессивную технологию финишной упрочняюще-чистовой обработки материалов давлением, позволяя заменить классические статические методы поверхностно-пластического деформирования (ППД) по схемам качения и скольжения - накатывание и выглаживание. УЗО производится за счёт динамического импульсного внедрения индентора в поверхностный слой обрабатываемой заготовки, благодаря чему происходит смятие микронеровностей и образование наклёпа. Вследствие этого снижается шероховатость и волнистость, увеличивается микротвёрдость, образуются остаточные сжимающие напряжения, уплотняется микроструктура, внутри зёрен повышается плотность дислокаций, при внедрении минеральных покрытий под воздействием УЗО улучшается коррозионная стойкость, а в поверхностном слое формируется наноструктура. [1]

Кроме того, отпечатки от действия индентора оставляют на обработанной поверхности регулярный маслоёмкий рельеф, служащий для сохранения наносимых смазок и собирающий появляющиеся в процессе эксплуатации продукты износа. При этом отсутствует необходимость в использовании специализированных доводочных станков как в случае применения абразивных методов отделочной обработки. Завершающая стадия техпроцесса представляет собой единственную операцию на том же станке (токарном), где ранее проводилась механическая лезвийная обработка заготовки. Благодаря этому УЗО позволяет получать изделия с высоким качеством поверхностного слоя и связанными с ним эксплуатационными свойствами деталей машин при сокращении временных и материальных затрат. Таким образом, ультразвуковая обработка представляет собой технологически простую, быструю, недорогую и крайне эффективную финишную операцию для улучшения качества поверхностного слоя деталей и является перспективным методом ППД, имеющим большой потенциал.

Факторы, влияющие на образование микрорельефа, обуславливают незначительные возможности регулирования формы микронеровностей, и возникает задача в усложнении кинематики формообразования с увеличением числа регулируемых параметров режима с использованием

«упорядоченной» [2,3] пластической деформации, обеспечивающей образование относительно однородных по форме и размерам регулярно расположенных микронеровностей. В списке способов решения такой проблемы ультразвуковое выглаживание поверхности стоит на первом месте.

Основными показателями поверхностного слоя, полученного в результате ультразвуковой финишной обработки, являются шероховатость поверхности, толщина и степень наклепа, величина остаточных макронапряжений сжатия [4,5]. Ультразвуковой инструмент под воздействием статической и динамической силы, создаваемой колебательной системой посредством индентора, пластически деформирует на ультразвуковой частоте поверхностный слой детали, предварительно обработанной резанием. Это приводит к упрочнению поверхностного слоя и одновременному сглаживанию неровности поверхности (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные показатели шероховатости при обкатывании шаром и ультразвуковой финишной обработке для стали 45

Показатели	**Способ упрочнения**	
	Обкатывание шаром	**Ультразвуковая финишная обработка**
Шероховатость Ra мкм	0,32-0,63	0,16-0,32
Степень упрочнения, %	20-50	120
Величина сжимающих остаточных напряжений, мПа	35	100
Относительная износостойкость при трении скольжения, %	100	200

Результаты экспериментов по ультразвуковой финишной обработке указывают на значительное изменение исследуемых характеристик поверхностного слоя изделий [2,4]. При незначительном изменении диаметра обрабатываемой поверхности происходит уменьшение шероховатости и повышение твердости поверхностного слоя изделий.

Отличительной особенностью ультразвуковой финишной обработки по сравнению с известными статическими методами поверхностного пластического деформирования является значительная скорость деформации. Известно, что не вся работа, затраченная на пластическую деформацию, переходит в теплоту, часть ее превращается в потенциальную энергию кристаллической решетки. Эта часть энергии

расходуется на изменения в материале, которые приводят к его упрочнению. Причем, доля энергии на искажении кристаллической решетки возрастает при переходе от статического деформирования к динамическому.

Воздействие ультразвука на процессы пластического деформирования обусловлено его влиянием на свойства и структуру деформируемого металла, контактные условия, изменение схемы напряженного состояния и в некоторых случаях дискретным и динамическим характером приложения нагрузки.

Некоторые сравнительные данные для обработки различных марок сталей и чугуна приведены ниже в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики качества поверхности материалов до и после ультразвуковой финишной обработки

Материал	Шероховатость, мкм		Диаметр образца		Твердость, HRC	
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
Сталь 45	1,85-2,95	0,09-0,16	28,400	28,3 82	15	24
Сталь40Х	1,65-1,70	0,10-0,13	27,223	27,038	18	28
Сталь АК-5	1,65-2,20	0,10-0,14	46,435	46,428	20	32
Чугун СЧ	4,8-5,3	0,78-0,90	33,93	38,91	-	-

Как известно, для осуществления пластической деформации необходимо движение дислокаций (если в кристалле имеются подвижные дислокации) или зарождение новых (если на кристалле их нет или они малоподвижны). В большинстве пластичных кристаллов и поликристаллов имеется достаточное для протекания пластической деформации количество дислокаций в относительно легкие механизмы их размножения.

Наблюдаемое в процессе пластического деформирования уменьшение напряжений при воздействии ультразвука наряду с действием акустических напряжений можно объяснить активацией задержанных дислокаций, вследствие чего процесс их движения облегчается.

Активация дислокаций происходит в основном за счет поглощения акустической энергии в местах дефектов кристаллической решетки и других структурах несовершенств. Вследствие этого, за время,

исчисляемое миллисекундами, происходит локальный нагрев вокруг источников поглощения, снятие напряжений, разблокировка дислокаций, увеличение их подвижности, что обеспечивает более интенсивный ход пластической деформации. Поэтому дислокации в местах поглощения акустической энергии могут двигаться при более низких напряжениях, чем те, которые требуются, исходя из измеренной средней температуры образца.

Известным фактом является значительное повышение износостойкости изделий при малых статических усилиях ультразвуковой финишной обработкой. По сравнению с механическим полированием износостойкость деталей, подвергнутых ультразвуковой финишной обработке, увеличивается примерно в 1,5 раза, данные приведены в табл. 3.

Анализ экспериментальных исследований по определению влияния ультразвуковой финишной обработки на показатели качества поверхностного слоя [5] позволяет сделать следующие выводы:

- происходит снижение шероховатости поверхности для всех исследуемых марок материала примерно в 4-8 раз;
- происходит повышение микротвердости;
- значительное влияние на показатели качества поверхности, полученной ультразвуковой финишной обработкой, оказывают: статическая сила прижима; подача инструмента, окружная скорость, амплитуда ультразвуковых колебаний, геометрия индентора, исходная шероховатость детали.

Таблица 3

Сравнительные показатели износостойкости поверхности при полировании и алмазном выглаживании сталей

Материал	**Режим выглаживания**		**Относительная износостойкость**
	Рго, кГс	А, мкм	
Полирование	-	-	1,00
Алмазное выглаживание	5	5	1,22
	10	5	1,45
	20	5	1,49

Очевидно, что по сравнению с абразивными методами финишной обработки увеличивается износостойкость обработанных поверхностей, а в сравнении с методами пластического деформирования, например, обкаткой шаром, возрастает степень упрочнения, величина сжимающих

остаточных напряжений, относительная износостойкость при трении скольжении [25].

Выбор материала покрытия наносимого методом с помощью УЗО определялся на основе знаний механизмов износа различных изделий, а также анализа имеющегося опыта применения различных соединений в качестве покрытий.

Для уменьшения износа, устранения фретинг-коррозии, предупреждения задиров поверхностей трения при эксплуатации машин и механизмов применяются твердосмазочные антифрикционные покрытия в виде тонкой пленки (до 10 мкм) из графита, дисульфида молибдена, нитрида бора, оксида и карбида кремния, оксида циркония и др. [5]. Данные покрытия используются в тех случаях, когда невозможно применение жидких и пластичных смазочных материалов.

В последнее десятилетие в УЗО процессах активно используются элементоорганические (металлоорганические) соединения, применение которых для нанесения покрытий предопределяет повышенный уровень безопасности, с учетом их нетоксичности, а также отсутствие взрывоопасности, при их использовании в жидком состоянии. Важно отметить, что элементоорганические соединения могут содержать все необходимые элементы для получения покрытий в единой субстанции, что повышает эффективность контроля за технологическим процессом и воспроизводимость свойств наносимых покрытий.

Основные применяемые минеральные материалы

Таблица 4

Наименование веществ	**Количество разновидностей**
Серпентиниты осн. Mg6[Si4O10] (OH)8	28
Ряд SiO2	18
Ряд Al2O3 (с полудрагоценными камнями)	10
Жадеит NaAlSi2O6	4
Графит	2
Алмазы	3
Слюды, напр. KMg3Al Si3O10(OH)2	4
Циркон Zr[SiO4]	2
Бадделеит ZrO2	1
Эвдиалит Na12Ca6Fe3Zr3[Si3O9][Si9O24(OH)3]2	1
Оливин Mg1,8 Fe0,2 [SiO4]	3
Ряд форстерита Mg2SiO4	4
Комбинированные вещества	10

Известны процессы с использованием кремнийорганических соединений, которые обеспечивают формирование абсолютно новых покрытий, принадлежащих к тройным и четверным системам Si-O-C, Si-C-N, Si-C-N-0 [1]. Большой интерес к кремнийсодержащим покрытиям связан, в первую очередь, с тем, что они обладают высокими значениями твердости, термической стабильностью, химической инертностью и стойкостью к окислению при высоких температурах.

Предполагается, что физико-химические свойства таких соединений (механическая прочность, химическая стойкость, твердость, теплопроводность, коэффициент термического расширения, электрическое сопротивление, коэффициент трения), обусловленные наличием химических связей между всеми атомами, могут иметь уникальные характеристики. Варьируя их фазовый и химический состав, можно в широком диапазоне изменять их физико-механические и химические свойства, что открывает широкие возможности для создания материалов с заданными характеристиками.

Список литературы

1. Грушев В. В. Промышленное применение минеральных покрытий и ультразвуковой обработки / В. В. Грушев, С. Ю. Лазарев. Чита: ЗабГУ, 2012. 144 с.

2. Повышение эффективности статико-импульсной обработки управлением технологическими режимами и параметрами генератора импульсов: дис. на соиск. уч. степ. канд. технич. наук С. А. Силантьев. Орел: 2003. 186 с.

3. Ординарцев И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]; под ред. И. А. Ординарцева. Л.: Машиностроение, 1987. 846 с., ил.

4. Технологические и структурные закономерности ультразвуковой финишной обработки конструкционных и инструментальных металлов: дис. на соиск. уч. степ. канд. технич наук Ч. С. Ким. М.: 2005. 173 с.

5. Таратынов О. В., Харченко В. В., Корнеев Д. В. Улучшение физико-механических характеристик поверхностного слоя изделий из титанового сплава методом ультразвуковой обработки / Технологии упрочнения нанесение покрытий и ремонта: теория и практика. 2012. №2 . С. 386 – 392.

А.П. Шатохин, А.А. Попов
Омский государственный университет путей сообщения»,
г. Омск, Россия

АНАЛИЗ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с организацией технического обслуживания и ремонта приборов безопасности в рамках производственного участка. Проведен анализ отказов различных приборов безопасности на конкретном производственном участке для различных серий подвижного состава. Выявлены основные проблемы в существующих системах обслуживания приборов безопасности и намечены пути улучшения.

Ключевые слова: *подвижной состав железных дорог, приборы безопасности движения, техническое обслуживание, ремонт*

От обеспечения безопасности движения поездов и своевременного технического обслуживания устройств безопасности напрямую зависит эффективность и бесперебойность перевозочного процесса. На сегодняшний день ремонт локомотивов, за исключением обслуживания приборов безопасности полностью передан сервисным компаниям, что говорит о высокой заинтересованности компании ОАО «РЖД» в безопасности своих пассажиров и доставляемых грузов.

Главная задача технического обслуживания приборов безопасности, установленных на железнодорожном транспорте – это гарантированное качество функционирования устройств, при минимальных затратах.

На сегодняшний день действует инструкция по техническому обслуживанию автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) и устройств контроля бдительности машиниста ЦТ-ЦШ-857, которая определяет основные требования, предъявляемые к техническому обслуживанию указанных устройств, организацию их технического обслуживания и ремонта. Так же содержание в исправном состоянии и обеспечение бесперебойного действия устройств АЛСН и контроля бдительности машиниста осуществляется работниками цехов автостопов и электроники локомотивных депо, контрольно-ремонтых и контрольных пунктов АЛСН дистанций сигнализации и связи или локомотивных депо [1].

Для проведения анализа эффективности технологии обслуживания устройств безопасности движения был выбран один из производственных участков Западно-Сибирской железной дороги, выполняющий техническое обслуживание в объёме ТО-2, ТО-3, текущий ремонт в объёмах ТР-1, ТР-2 и ТР-3 маневровых тепловозов серии ТЭМ2, ТЭМ7, ТЭМ18дм, пассажирских тепловозов серии ТЭП70бс, пассажирских электровозов ЭП1. Также производится техническое обслуживание и ремонт грузовых тепловозов 2ТЭ10, 2ТЭ116, электровозов ВЛ80с и специального самоходного подвижного состава. Производственный участок осуществляет также оборудование маневровых тепловозов для управления в одно лицо.

В состав участка входят пять пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), два контрольно-ремонтных пунктов (КРП АЛСН и КРП КЛУБ-У), цех АЛСН, цех по ремонту скоростемеров (КИП), цех по ремонту приборов безопасности (ПБ). На рис. 1 представлена схема производственного участка с удаленностью отделений между собой.

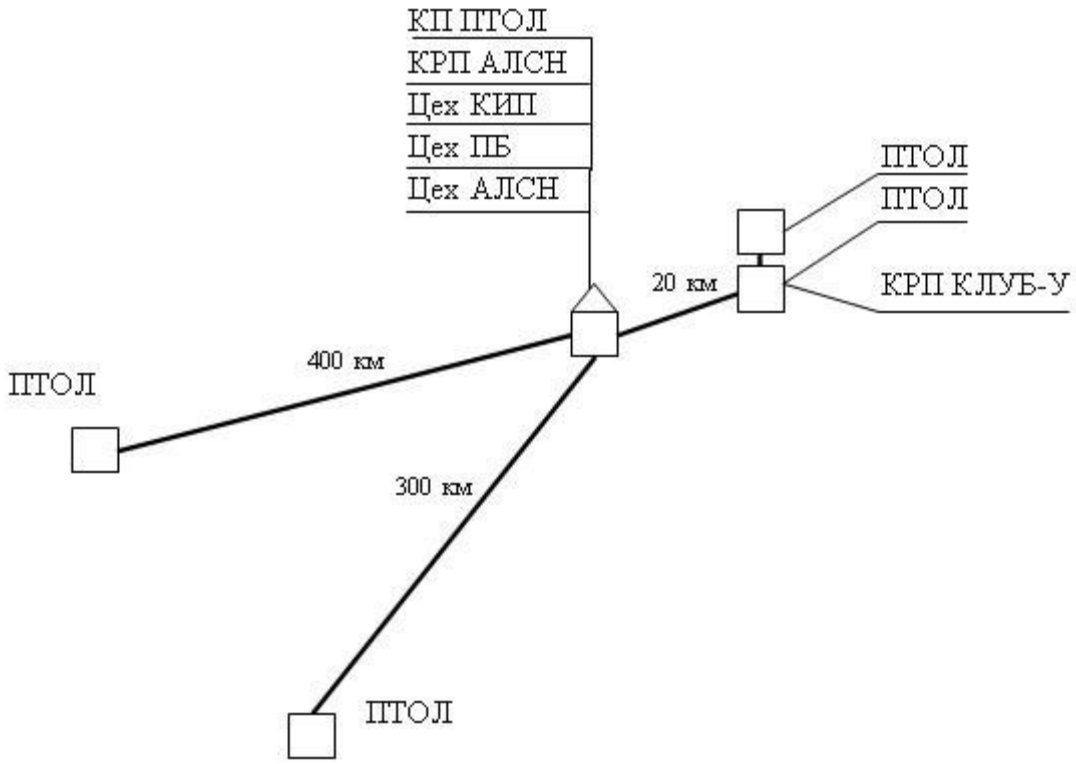
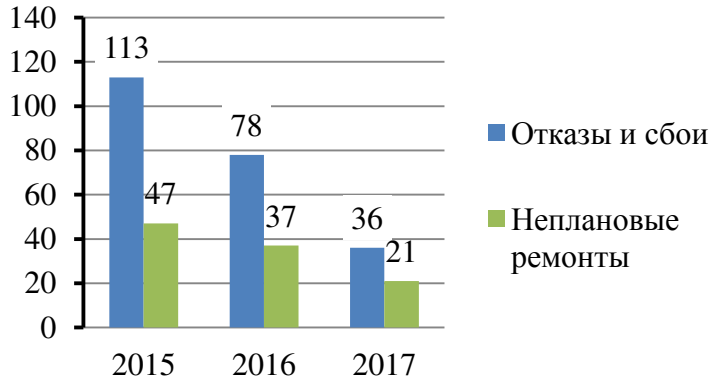


Рис. 1. Схема производственного участка

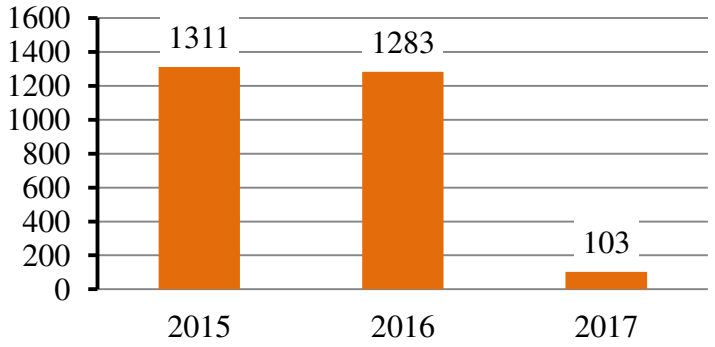
На сегодняшний день на локомотивах эксплуатируются следующие приборы безопасности [2]: усилитель УК25/50, дешифратор ДКСВ-1, фильтр ФЛ25/75, приемные катушки ПЭ, ПТ, КПУ-1 и КПУ-2,

локомотивный светофор входящие в состав АЛСН. АЛСН дополняется устройствами, обеспечивающими контроль установленных скоростей движения, самопроизвольного ухода; периодическую проверку бдительности машиниста и управление электро-пневматическим клапаном (ЭПК) для включения экстренного торможения поезда. Обслуживается и ремонтируется механический скоростемер 3СЛ-2М, комплекс средства сбора и регистрации данных – КПД, комплекс локомотивных устройств безопасности КЛУБ-У, телемеханическая система контроля бодрствования машиниста ТСКБМ и радиостанции различных типов.

Анализируя данные автоматизированной системы КАСАНТ для рассматриваемого производственного участка, выявлен значительный объем отказов технических средств различной степени. На рисунке 2 представлены гистограммы отказов, сбоев, неплановых ремонтов и нарушений в работе скоростемера 3СЛ-2М с 2015 г. по сентябрь 2017 г.



а)



б)

Рис. 2. Гистограммы: а) неплановые ремонты, отказов и сбоев; б) нарушение в работе 3СЛ-2М

Основными причинами данных отказов являются:

– наличие влаги в клеммных коробках приёмных катушек;

– нарушение контакта ламелей общего ящика АЛСН;

– не выполнение ремонтным персоналом, как производственного участка, так и сервисного локомотивного депо нормативно-технической документации по ремонту и обслуживанию устройств безопасности;

– неисправность электрического монтажа блоков;

– нарушение параметров приёмных катушек;

– излом контакта в изоляции наконечника первого канала датчика угла поворота Л-178;

– наличие наледи вокруг вала привода механического скоростемера 3СЛ-2М;

– нарушение изоляции проводов;

– неисправность гибкого вала привода скоростемера 3СЛ-2М.

Таким образом, из проведенного анализа систем обслуживания приборов безопасности и причин их отказов можно сделать вывод о необходимости совершенствования рассматриваемых систем в части технологического процесса обслуживания приборов безопасности для различных типов локомотивов, дооснащения технологическим оборудованием, запасными частями и квалифицированными кадрами.

Список литературы

1. Инструкция по техническому обслуживанию автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) и устройств контроля бдительности машиниста ЦТ-ЦШ-857 от 24.09.2001. М. 37 с.

2. Кузнецов К. В. Локомотивные приборы безопасности / К. В. Кузнецов, А. А. Дайлидко, Т. В. Плюгина // М.: УМЦ ЖДТ, 2011. 107 с.

РАЗДЕЛ 2.СТРОИТЕЛЬСТВО, РЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Д.С. Алтынников, Д.А. Ковенькин
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПУТИ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье рассматривается взаимодействие подвижного состава и пути в процессе движения. Описаны основные и дополнительные постоянные и временны нагрузки, действующие на железнодорожный путь и элементы подвижного состава. Детально рассмотрены, что такое жесткость пути и модуль упругости подрельсового основания. Подробно дана оценка одной из главнейших расчетных характеристик пути, какой является модуль упругости. Факторы и характеристики, влияющие на его изменение. Наглядно представлено формирование жесткости и процентное соотношение слоев подрельсового основания.

Ключевые слова: *Модуль упругости, подрельсовое основание, жёсткость пути, взаимодействие пути и подвижного состава, железнодорожный путь, подвижной состав*

Железнодорожный транспорт является ведущим среди всех видов пассажирских и грузоперевозок во многих крупных странах мира, в том числе, и в России. Для правильной деятельности железнодорожного транспорта необходимо соответствующее развитие и взаимная слаженность всех его звеньев.

Освоение стремительно увеличивающегося грузооборота осуществляется на основе технической реконструкции эксплуатируемых железных дорог – внедрение новых более мощных локомотивов и вагонов, значительного повышения веса и скорости движения поездов, усиление мощности пути.

Путь и подвижной состав представляют собой единую механическую систему, составные части которой работают, взаимозависимо и взаимосвязано. Силы, которые передаются от колеса на рельс, в такой же мере действуют на колесо, а через него и на другие элементы подвижного состава.

Изучение вопросов взаимодействия пути и подвижного состава позволит сформулировать методы и способы предотвращения возникновения риска остаточных деформаций, которые оказывают большое влияние на безопасность движения, и даст возможность

сократить расходы на текущее содержание железнодорожного пути, а также подвижного состава [1].

Нагрузки, возникающие при проходе подвижного состава и их влияние на железнодорожный путь

Воздействие подвижного состава на путь может достигнуть такой величины, что возникнет вероятность разрушения верхнего строения пути.

Нагрузки на путь слагаются из вертикальных усилий и усилий, действующих в горизонтальной плоскости, появляющихся вследствие давления гребней колесных пар на головки рельсов на прямых и, особенно, на кривых участках пути.

Составляющая вертикальных сил давления колес на рельсы складывается из собственного веса экипажа, приходящегося на данное колесо – статическая нагрузка, а так же из целой серии дополнительных сил. Дополнительные силы возникают от колебаний надрессорного строения и неподрессоренных масс, от дополнительного давления, возникающего при перекатывании колеса по неровности пути, и дополнительного давления, появляющегося при движении колеса, имеющего неровности. В кривых участках пути действуют вертикальные силы, связанные с возвышением наружного рельса и поперечным давлением рамы экипажа на колесную пару. На рисунке 1 представлено распределение вертикальных нагрузок на все элементы земляного полотна.

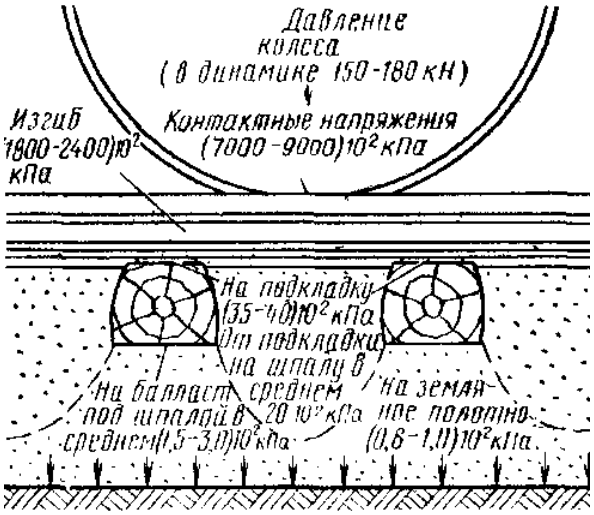


Рис. 1. Распределение вертикальных нагрузок

Горизонтальные силы возникают в продольном и поперечном направлениях. В прямых участках пути поперечные силы в основном

связаны с виляниием подвижного состава. Силы, действующие на кузов, передаются на колесные пары через раму экипажа. Эти силы называют рамным давлением. Боковое давление колеса на рельс состоит из силы нажатия гребня на головку рельса и сил трения, возникающих при поперечном скольжении колёс по рельсам.

Продольные силы возникают вследствие двух основных причин: угона пути и действия температуры. В кривых участках пути вдоль рельсов действуют силы трения скольжения колес по рельсам. Угон пути возникает при проходе колёс по рельсу, который прогибается под весом вагона, что приводит к увеличению сопротивления движению.

Под действием температурных изменений возможен угон рельсов или рельсовых плетей. Если рельс зажат и нет возможности изменять свою длину, то при изменении температуры в нем будут возникать температурные силы, а, следовательно, и напряжения. Повышение температуры зажатого рельса на 1 °С вызывает приблизительно напряжения 25 кгс/см^2.

Под влиянием всех сил, вертикальных и горизонтальных, рельсовый путь испытывает напряжения и сложные пространственные деформации. Действующие на рельсы силы стремятся изогнуть его в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Часть деформаций – это упругие, т. е. после снятия нагрузки они исчезают. Другая часть относится к остаточным, при снятии которых они полностью не исчезают, и происходит прогрессирующее накопление деформаций. Вместе с рельсами напряжённо работают скрепления, шпалы, балластный слой и земляное полотно. Для того что бы понять как же поведёт себя тот или иной элемент пути требуются сложные расчеты в которых устанавливают расчётные характеристики пути [2].

Чаще всего рельсы рассчитывают как балки, лежащие на сплошном упругом основании. В этом случае пользуются характеристикой, которая называется модулем упругости подрельсового основания, который характеризует его упругие свойства. Физически – эта величина, равная распределённой нагрузке, которая приходится на 1 пог. см. рельса и взывает его просадку на 1 см. в расчетах пользуются также коэффициентом относительной жёсткости подрельсового основания и жесткости самого рельса.

Остановимся более подробно на оценке одной из главнейших расчетных характеристик пути, какой является модуль упругости подрельсового основания.

Модуль упругости меняется по длине пути в широких пределах. Особенно при проходе ИССО. На рис. 2 показано как изменится модуль упругости на подходах к мосту [3].

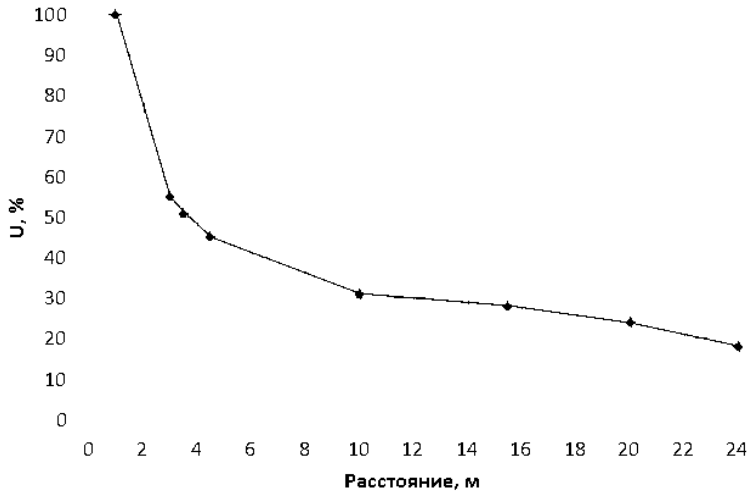


Рис. 2. Изменение модуля упругости вдоль пути на подходах к ИССО

Его изменение вызывают ряд осложнений во взаимодействии пути и подвижного состава. Они становятся источником дополнительных колебаний подвижного состава, что ведет к преждевременному расстройству пути, а, следовательно, и дополнительным расходам на его текущее содержание.

Величина модуля зависит от множества факторов и характеристик. Основные факторы, влияющие на модуль упругости, представлены на рис. 3.

Рис. 3. Основные факторы, влияющие на изменение модуля упругости

Изменения жесткости подрельсового основания в зимнее время. Опытами установлено, что зимой модуль упругости может возрастать в 3-4 раза в сравнении с ее величиной летом.

Измерение модуля упругости после окончания работ по капитальному ремонту пути показали, что в начале модуль упругости составляет всего 40-50 кгс/см^2, затем по мере прохода поездов значительно возрастает.

Жесткость пути зависит от материалов подрельсового основания таких как: род балласта и степень его уплотнения, тип и количество шпал, состояние земляного полотна и др. Каждая составная часть подрельсового основания имеет собственную жесткость, сумма которых называется общей жесткостью пути [2].

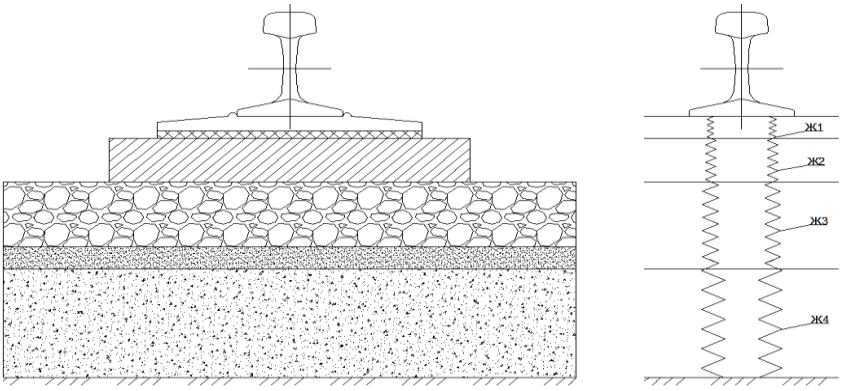


Рис. 4. Схема формирования жесткости подрельсового основания

На рис. 4 условная схема упругих элементов пути показана в виде набора пружин различной жесткости. Если обозначить общую жёсткость всего подрельсового основания $ж_{об}$. а жесткость прокладок, шпал, балласта и земляного полотна. Соответственно $ж_1$, $ж_2$, $ж_3$, $ж_4$,то можно записать уравнение:

$$\frac{1}{ж_{об}} = \frac{1}{ж_1} + \frac{1}{ж_2} + \frac{1}{ж_3} + \frac{1}{ж_4} \qquad (1)$$

Связь между общей жесткостью и модулем упругости подрельсового основания определяется выражением (2).

$$u = \frac{ж_{об}}{l}, \qquad (2)$$

где l – расстояние между осями шпал.

Исходя из формул (1) и (2) можно вычислить долю влияния каждого элемента пути в формирование модуля упругости. Чем меньшую жесткость имеет слой, тем большая часть прогиба будет реализовываться именно за счет его деформации. Например, в [4] приводится следующее соотношение деформаций слоев подрельсового основания (см. рис.5).

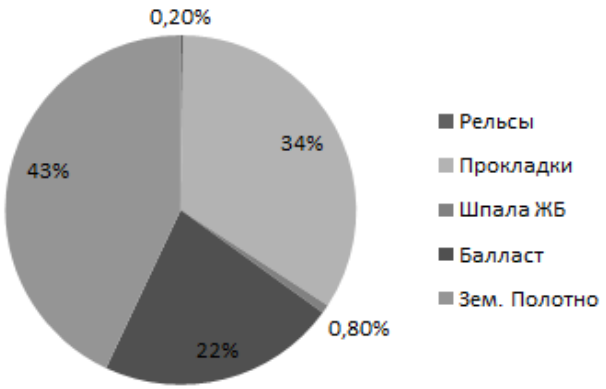


Рис. 5. Процентное соотношение деформаций слоев подрельсового основания

Таким образом, мы видим, что земляное полотно больше всего подвержено деформациям, поэтому изучение нагрузок и их поведение с течением времени необходимо для того чтобы минимизировать расходы на текущее содержание пути.

Список литературы

1. Вершинский С. В. Динамика вагона: учебник для вузов / С.В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов. М.: Транспорт, 1991. 360 с.
2. Фришман М. А. Как работает путь под поездами: учебник для вузов / М.А. Фришман. М.: Транспорт, 1975. 176 с.
3. Кондрашов Е. В. Технико-экономическая эффективность конструкции пути переменной жесткости / Е. В. Кондрашов, М. А. Бугаев, Г. М. Стоянович // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2016. № 1. С. 404−408.
4. Лихтбергер Б. Справочник «Железнодорожный путь» / Б. Лихтбергер. Гамбург: DVV Media Group GmbH, 2010. 434 с.

С.Н. Афанасенко, Ю.В. Кривоносенко, А.В. Лончаков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

УСИЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СЛАБОМ ОСНОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТЕЛЕ НАСЫПИ

Научно-технический прогресс на железнодорожном транспорте непосредственно связан с повышением скоростей движения подвижного состава, с увеличением веса и длины поездов, что приводит к увеличению нагрузок на земляное полотно и основание. Общая протяженность участков земляного полотна с деформациями различных видов составляет 12,8 % эксплуатационной длины сети, более 3600 мостов и путепроводов требуют ремонта. Для выполнения ремонтных работ и компенсаций осадок земляного полотна и верхнего строения пути с применением традиционных технологий ежегодно требуется более 300 млн. м^3 балласта и около 500 млн.м^3 иных материалов. Поэтому требуется разработка новых прогрессивных технологий ремонта и усиления земляного полотна и основания.

Ключевые слова: *земляное полотно, новые прогрессивные технологии, усиление существующих железнодорожных путей*

Земляное полотно железной дороги – комплекс инженерных грунтовых сооружений, служащих основанием для верхнего строения пути. Земляное полотно воспринимает нагрузку от рельсо-шпальной решётки, балласта и подвижного состава, равномерно распределяя её на ниже лежащий естественный грунт.

Изменения внутреннего строения, формы и размеров земляного полотна, состояния и свойства грунтов, снижающие эксплуатационные качества железнодорожного пути являются следствием воздействия внешних нагрузок, термодинамических условий, деградация мерзлоты, влажности и других факторов. Дефекты и деформации возникают также из-за: несоответствия конструкций земляного полотна современным нормам; несовершенства технологий и ошибок, допущенных при строительстве дороги; неудовлетворительного состояния верхнего строения пути, недостаточной прочности грунтов, отсутствия или малой работоспособности защитных и укрепительных сооружений и т. п. Наличие дефектов и деформаций земляного полотна часто приводит к ограничению скоростей движения поездов или, в более редких случаях, к его полному прекращению до окончания восстановительных работ.

Все это оказывает существенное влияние на перевозочный процесс и безопасность движения поездов.

Участок расположен на перегоне Раздольное-Могоча, обслуживается Могочинской дистанцией пути (ПЧ-9) 6898км. Административно объект находится в Забайкальском крае, Могочинском районе, в 8-ми километрах к западу от ст.Могоча.

Просадки земляного полотна фиксируются дистанцией пути с 2003 года. Отмечаются просадки рельсовой колеи круглогодично в среднем 20-25 мм в месяц.

В 2008 г. деформации земляного полотна активизировались, величина просадки летом составила 60-100 мм, зимой 20-40 мм, путь I деформировался сильнее пути II, отмечено большое количество скопления воды с обеих сторон земляного полотна во время затяжных дождей, временные ограничения скорости в 2008 г. выдавались в июле, сентябре и ноябре.

В 2009 г. выполнены частичный ремонт канавы и досыпка откосов.

В 2010 г. деформации пути усилились, по I пути выдавалось временное ограничение скорости по причине ДЗП в ноябре.

В 2011 г. по данным ПДЗП с января по апрель произошли просадки пути до 100 мм, глубина застоев воды в период выпадения дождей и снеготаяния до 50 см. Осенью 2011 г. отрыта канава с четной (нагорной) стороны.

На изучаемом объекте земляного полотна происходят пластические деформации из-за пучения основания земляного полотна, попадающего в зону сезонного промерзания, деформации сопровождаются расползанием насыпи. Происходит круглогодичная просадка земляного полотна;

Согласно классификации земляного полотна по степени деформативности [2] земляное полотно на участке 6897 пк 7+64 - 6898 пк +50 относится к неустойчивому, что требует держать постоянно-действующего ограничения скорости движения поездов и ведет к значительным материальным затратам.

Основная часть основания земляного полотна сложена дресвяно-щебенистыми грунтами с супесчаным и суглинистым заполнителем делювиального происхождения общей мощностью до 5 м; подстилают эти толщи прочные скальные грунты (граниты). Грунты верхней части основания – средне пучинистые.

По проведенным инженерно-геологическим обследованием земляного полотна на участке 6897 пк 7+64-км 6898 пк 1+25 Мерзлотной станцией г.Тында выявлено:

– понижение обочин земляного полотна до двух и более метров, завышенная толщина балласта, фактическая крутизна откосов 1:1,8-1:3,8 вместо нормативной крутизны 1:1,5;

– не спланирована обочина земляного полотна;

– расползание насыпи, крены опор контактной сети;

– пучение заподного устоя до 50 мм по II пути ЖБМ на км 6897 пк 7+64;

– пучение земляного полотна до 40 мм;

– круглогодичная просадка земляного полотна до 85 мм за год;

– застои воды у подошвы земляного полотна с четной и нечетной сторон, фильтрация воды через тело и основание насыпи;

На объекте земляного полотна происходят пластические деформации из-за пучения переувлажненного основания земляного полотна, попадающего в зону сезонного промерзания, деформации сопровождаются расползанием насыпи. На участке км 6898 пк 0+40-0+70 происходит круглогодичная просадка земляного полотна из-за круглогодичного разжижения и выпора суглинистых грунтов основания насыпи под воздействием фильтрации поверхностной и грунтовой воды.

Тепловые деформации не выявлены, так как многолетнемерзлые породы в значительной степени деградировали из-за отепляющего воздействия застоев воды у подошвы насыпи, так в пазухе между автодорогой и полотном мерзлота сохранилась в виде двух «островов», на пк 1 км 6898 путь пересекает линейная полоса талых пород.

Главными причинами деформаций земляного полотна являются:

– практически нулевые продольные уклоны местности к мосту, что затрудняет выпуск воды из канавы. Во время выпадения атмосферных осадков происходит перелив воды через автодорогу, что приводит к подтоплению земляного полотна железнодорожного пути.

– на км 6897 пк 9+75-км 6898 пк 0+70 земляное полотно пересекает тектонический разлом, который является водопроводящим каналом грунтовых вод из р. Раздольное. Круглогодичный транзит воды в разломе определил образование линейно вытянутого гидрогенного талика в основании земляного полотна на пк 1 км 6898 и в конечном итоге круглогодичные деформации насыпи.

Согласно классификации земляного полотна по степени деформативности [2] земляное полотно на участке 6897 пк 7+64 - 6898 пк 1+50 относится к неустойчивому, что требует держать постоянно-действующего ограничения скорости движения поездов и ведет к значительным материальным затратам.

Все существующие мероприятия по обеспечению устойчивости основания земляного полотна направлены на обеспечение устойчивости слабых грунтов основания. Наиболее распространенные мероприятия:

- применение различных видов геосинтетиков - геотекстиль, георешетка, пенополистерол, служащие для исключения пучения, расползания насыпи и выпора грунтов

- солнце-осадкозащитный навес. Служащий для предотвращения отепляющего влияния прямой солнечной радиации и летних осадков, а также резкого снижения теплоизолирующего влияния снежного покрова и соответствующего увеличения расхода тепла тела земляного полотна в зимний период (увеличение глубины промерзания и поднятия уровня многолетнемерзлых грунтов).

- поперечные охлаждающие трубы. Укрепление основания земляного полотна достигается посредствам размещения системы охлаждающих труб в нижней части насыпи так, что позволяет сохранить грунты основания в многолетнемерзлом состоянии.

- инъектирование вяжущих материалов (метод напорной инъекции). Отличие этого способа усиления грунтов от других инъекционных методов заключается в том, что нагнетание твердеющего раствора осуществляется с разрывом структуры грунта, при этом его распространение происходит по образовавшимся трещинам и слабым прослоям в массиве. В результате происходит образование жесткого каркаса из затвердевшего раствора и уплотнение грунта в местах его обжатия.

- разрядноимпульсной технологии (РИТ) укрепления земляного полотна железных дорог

Все эти мероприятия обеспечивают перенос нагрузки от подвижного состава через тело земляного полотна на слабые но подвергшиеся усилению верхние слои основания и далее на прочные слои основания с минимальными нарушениями геометрии рельсовой колеи. Иногда эти мероприятия работаю по принципу «поможет или не поможет».

Предлагается поменять концепцию к борьбе с деформациями аналогичным тем что на км 6897 пк 9+75-км 6898 пк 0+70 Забайкальской железной дороги. Убрать деформации не за счет усиления слабых слоев через которые происходит перенос и распределение нагрузки от подвижного состава, а за счет передачи нагрузки на прочные слои основания через железобетонные конструкции в теле насыпи. На основании этого разработано техническое решение по предотвращению просадки и деградации пути,

что позволит стабилизировать и усилить земляное полотно на слабом основании данного участка также повысит уровень безопасности движении поездов и скорости движения.

К этому решению относится:

- сооружение свайной эстакады в теле насыпи, не разрушая полностью существующее земляное полотно
- нагрузка передаваемая на основную площадку З.П. будет передаваться через эстакаду на более сильное основание
- сама эстакада будет находиться в теле насыпи что позволит ей находиться в одинаковой влажности и температурном режиме

Список литературы

1. Кондратьев В. Г. Активные способы укрепления основания земляного полотна на вечномерзлых грунтах: Монография. Чита: Забтранс, 2001.100 с.
2. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь: Учебник для ВУЗов ж.-д. транспорта. 3-е изд. перераб. и дополн. М.: Транспорт, 1987. 479 с.

И.В. Благоразумов
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье рассматривается провозная способность автомобильной дороги необщего пользования. Установлены основные факторы, определяющие эксплуатационные расходы автодороги. Дана оценка основным составляющим расходов по эксплуатации автодороги в зависимости объема перевозки.

Ключевые слова: *автомобильная дорога необщего пользования, провозная способность, пропускная способность, объем перевозки*

Достаточно распространение в настоящее время получили инфраструктурные объекты добывающего комплекса, предусматривающие использование на различных этапах автомобильного и железнодорожного транспорта в зависимости от экономической модели и объемов добычи [1]. Примером такого объекта

в Забайкальском крае служит Зашуланское месторождение каменного угля, расположенное в Красночикойском районе. Логистическая схема доставки угля к месту погрузки на станции Забайкальской железной дороги при объеме перевозки угля до 1 млн.т. в год принята с использованием автомобильного транспорта, при дальнейшем увеличении объемов до 3-х и 5-ти млн. т. планируется постройка железной дороги [2]. Тем не менее, вопрос о рациональном и максимальном уровне провозной способности автомобильной дороги остается актуальным и даже острым, учитывая значительный объем инвестиций, который потребует строительство новой железнодорожной линии.

Автомобильная схема транспортировки угля основана на использовании существующей сети автомобильных дорог Красночикойского и Хилокского районов, состояние которой не обеспечивает возможности движения грузовых автосамосвалов и требует серьезной модернизации. Принято решение постройки автодороги необщего пользования категории IV-к, которая является основной межплощадочной. Согласно СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт [3] к межплощадочным автомобильным дорогам относятся дороги, соединяющие отдельные обособленные производства промышленных предприятий или промышленных районов, обеспечивающие наряду с технологическими перевозками, транспортирование хозяйственных грузов и пассажиров.

Максимальная провозная способность автодороги Гмах (млн.т./год) обеспечивается пропускной способностью при данном уровне ее технического оснащения – ширине проезжей части, количестве полос движения, типе дорожной одежды, габаритах и нагрузках искусственных сооружений и т.д.

В соответствии с "Методическими рекомендациями по оценке пропускной способности автомобильных дорог" (ОДМ 218.2.020-2012) /4/ практическая пропускная способность автодороги в реальных дорожных условиях для целей организации движения определяется по формуле:

$$P = wv_0q_{max}\ , \text{(авт/час)}$$

где w – коэффициент, зависящий от загрузки встречной полосы движения. w=1 при равном распределении интенсивности по встречным полосам;

v_0 – скорость движения потока автомобилей в свободных условиях на рассматриваемом участке, 30 км/ч;

$q_{max} = L/i$ – максимальная плотность движения на рассматриваемом участке, авт/км;

L – длина участка, 156 км;

i – интервал между автомобилями. Рекомендуемые интервалы между грузовыми автомобилями 17,3 м.

$$q_{max} = L/i = 156/17{,}3 = 9 \text{ авт/км.}$$

$$P = wv_0q_{max} = 1 * 30 * 9 = 270 \text{ авт/час}$$

Такой уровень пропускной способности (270 авт/час) обеспечивает более, чем достаточный объем перевозки и не является ограничивающим фактором. Автосамосвалы грузоподъемностью 40т при интенсивности движения 23 авт/час обеспечивают объемы перевозки 7 млн.т./год.

В данном случае, следует определить экономически целесообразный уровень провозной способности автодороги, определяющий рациональную величину эксплуатационных расходов по ее эксплуатации.

Для оценки масштабов эксплуатационных затрат и их зависимости от объемов перевозок определим следующие показатели:

1. Потребное количество рейсов для перевозки заданного объема груза $N_{сут}$(авт/сут):

2.

$$N_{сут} = Г*\gamma/365*г_{авт}, \text{ (авт/сут),}$$

где Г – объем перевозки угля (млн.т./год);

γ – коэффициент, учитывающий внутригодочную неравномерность перевозок, связанную с сезонными особенностями эксплуатации автодороги, (примем γ = 1,1);

$г_{авт}$ – средний вес угля, перевозимого одним автомобилем, в зависимости от грузоподъемности (т), (примем $г_{авт}$=0,95*$P_{авт}$).

3. Среднее количество рейсов за один час $N_{час}$(авт/час):

$$N_{час} = N_{сут}/24, \text{ (авт/час)}$$

4. Средний интервал времени между двумя рейсами $T_{авт}$(мин):

$$T_{авт} = 60/N_{час}, \text{(мин)}$$

5. Потребный парк автомобилей (рабочий $М^{р}_{авт}$ и инвентарный $М^{инв}_{авт}$), (шт):

Рабочий парк ($М^{р}_{авт}$) – автомобили, находящиеся в процессе транспортировки, в процессе погрузки и выгрузки, в процессе ожидания погрузки и выгрузки, в процессе выполнения регламентных работ в рамках транспортировки (заправка, экипировка, медосмотр водителя, оформление документов, технологические перерывы и т.д.)

Инвентарный парк ($М^{инв}_{авт}$) – общее количество автомобилей с учетом резерва, машин, находящихся в ремонте и в ожидании ремонта, задействованных на хозяйственных и прочих работах.

$$M^{р}_{авт} = T^{об}_{авт} * N_{сут}/24, \text{ (шт);}$$

где $Т^{об}_{авт}$ – время полного оборота автомобиля, от загрузки до загрузки, (час);

$N_{сут}$ – количество рейсов за сутки, (авт/сут);

Полный оборот автомобиля равен:

$$T^{об}_{авт} = 2*L/v_{уч} + \Sigma t^{пр}_{авт} \text{ ,(час)}$$

где L – длина автодороги, (L = 160 км);

$v_{уч}$ - участковая скорость автомобиля, средняя скорость с учетом всех возможных остановок, простоев, ускорений и замедлений, (примем два значения $v_{уч}$ =25 км/ч, и $v_{уч}$ =30 км/ч);

$\Sigma t^{пр}_{авт}$ – суммарное время простоя автомобиля за полный оборот, (примем $\Sigma t^{пр}_{авт}$ = 1 час);

$$М^{инв}_{авт} = М^{р}_{авт}*(1 + \alpha)*(1+\beta) \text{ ,(шт);}$$

где α – коэффициент, учитывающий количество неисправных машин, находящихся в ремонте и в ожидании ремонта , (примем α = 0,03);

β – коэффициент, учитывающий количество исправных машин, находящихся в резерве, на хозяйственной и прочей работе , (примем α = 0,02).

Расчеты приведенных показателей выполнены в зависимости от величины объемов перевозки в диапазоне от 0,1 до 7 млн.т./год., (от 0,1 до 1,5 млн.т./год с шагом 0,1 млн).

Для наглядного представления зависимости рассматриваемых показателей от величины объемов перевозки построены графики (см. рис.1,2 и 3).

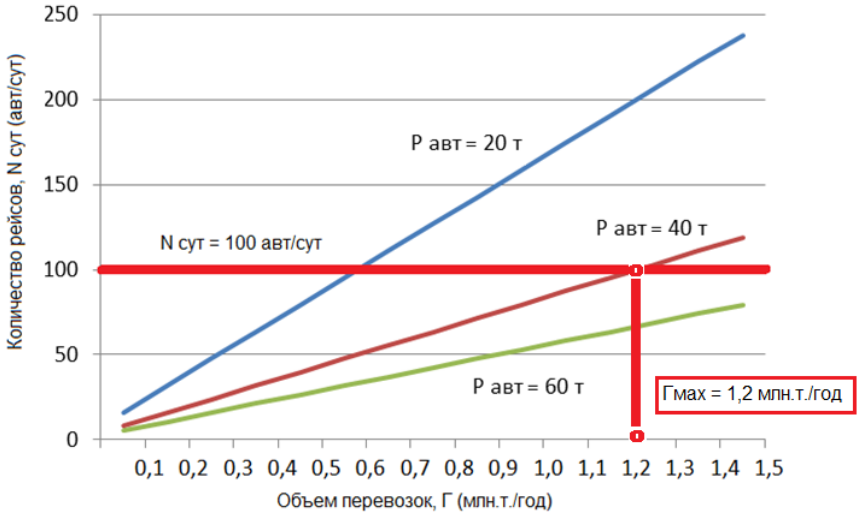


Рис. 1. Потребное количество рейсов для перевозки заданного объема

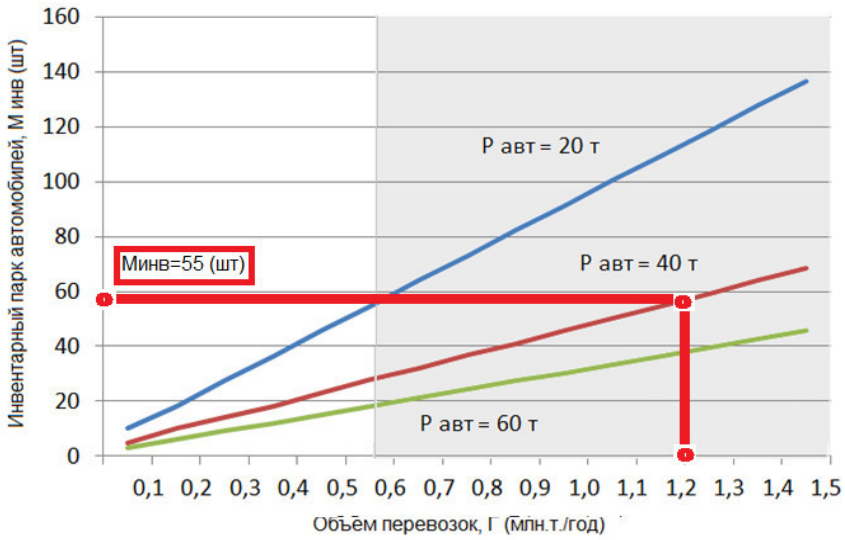


Рис. 2. Парк автомобилей

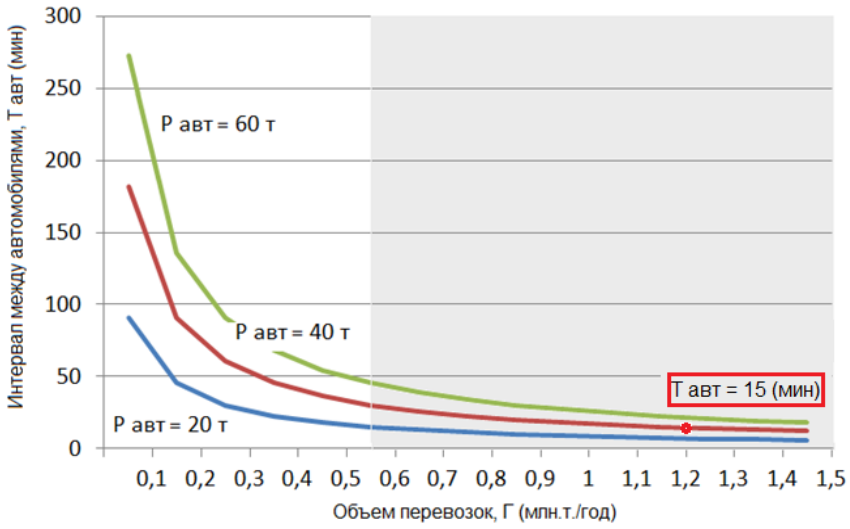


Рис. 3. Интервал между двумя попутными автомобилями

Таким образом целесообразным будет принять экономически рациональное значение провозной способности величину, соответствующую значению количества рейсов Nсут = 100 авт/сут. Как видно рис.1, при этом значение объемов перевозки равно Г = 0,6 млн.т./год для автомобилей грузоподъемностью 20 т.; Г = 1,2 млн.т./год – для 40-тонных автомобилей и Г = 2 млн.т./год – для 60-тонных. При этом потребный парк автомобилей составит порядка 60шт., интенсивность движения $N_{час}$ = 4÷5 (авт/час), соответственно интервал времени между двумя автомобилями $T_{авт}$ = 15(мин).

Реализация данного объема предусматривает круглосуточный режим работы и требует создания необходимых для этого условий /5/– число рабочих для работы в две смены, помещения для отдыха работников, освещение площадок, отдельных участков автодороги и т.д.

Организация работ по погрузке и разгрузке автомобилей должна обеспечивать время обработки одного автомобиля не более 12-13 мин, соответственно мощность погрузо-разгрузочных устройств должна обеспечивать такую производительность.

Кроме этого следует предусмотреть постоянную беспрерывную работу по текущему содержанию автодороги и искусственных сооружений, в соответствии с сезоном и особенностями участка.

Список литературы

1. Благоразумов И. В., Кирпичников К. А., Непомнящих Е. В., Клочков Я. В., Подвербный В. А., Подвербная О. В. Предроектные

соображения по строительству железнодорожного пути по направлению «Окино-Ключевское месторождение угля – Гусиноозерская ГРЭС» // Проектирование развития региональной сети железных дорог. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. № 1. С. 39-42.

2. Благоразумов И. В., Кирпичников К. А., Линейцев В. Ю., Непомнящих Е. В.Создание транспортной инфраструктуры для освоения Зашуланского угольного месторождения в Забайкальском крае // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИРГУПС, 2017. Т. 1. С. 509-514.

3. СП 37.13330.2012. Свод правил Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91. М: Минрегионразвития, 2013. С. 98.

4. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. М: Росавтодор, 2012. С. 56.

5. Благоразумов И. В., Инфраструктурные проекты Забайкальского края. Освоение Зашуланского угольного месторождения// Современные тенденции развития железных дорог. Санкт-Петербург: Изд-во ПГУПС, 2017. С.246-253.

О.В. Благоразумова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПОДХОД К МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Менеджмент качества на корпоративном уровне зависит не только от технического оснащения производства, но и от качества использования трудовых ресурсов. Современные концепции управления предлагают широкий спектр принципов, соблюдение которых позволит достичь поставленных целей.

Ключевые слова: *система менеджмента качества (СМК), путевое хозяйство, мотивация, вовлеченность персонала*

Система менеджмента качества – это совокупность организационной структуры ответственности, процедур, процессов и ресурсов, обеспечивающая общее руководство качеством. Целью СМК должно быть постоянное улучшение деятельности с учетом нужд всех

заинтересованных сторон: производителей, потребителей, поставщиков, инвесторов, партнеров, общества в целом.

Основная задача путевого хозяйства является содержание в постоянно исправном состоянии всех элементов железнодорожного пути (земляного полотна, верхнего строения пути, искусственных и других сооружений) в состоянии по прочности и стойкости, которые обеспечивают безопасное, плавное и бесперебойное движение поездов с установленными скоростями.

Выполнение этой задачи реализуется на основе систематического контроля состояния объектов путевого хозяйства, с выявлением и предупреждением причин, вызывающих их неисправности и расстройства, а также за счет выполнения в необходимых объемах и в установленной технологической последовательности работ по ремонту и текущему содержанию [1].

Продукцией путевого хозяйства является техническое состояние пути, под которым подразумевается 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. Повышение эффективности и качества перевозок грузов и пассажиров в большей степени зависят от дальнейшего усиления мощности верхнего строения пути и его технического состояния.

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

Путевое хозяйство в своей деятельности руководствуется «Положением о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах Российской Федерации» от 27.04.2001 г., где определены принципы, технические параметры и нормативы по ремонту и эксплуатации.

По классическому подходу задачей текущего содержания являлось предупреждение появления расстройств пути [2]. В последнее время задача стала трактоваться как своевременное устранение возникших неисправностей, угрожающих безопасности движения поездов [3].

Трудовые ресурсы предприятий путевого комплекса являются главным фактором производства.

В ОАО «РЖД» человеческие ресурсы – персонал рассматривается как непосредственный участник производственного процесса, осознанно влияющего на экономическую эффективность работы Компании.

Системы менеджмента качества предназначены для повышения удовлетворенности потребителей продукции (работ, услуг). Требования к системам менеджмента качества установлены в ГОСТ Р ИСО 9001.

Практика внедрения системы менеджмента качества по международным стандартам серии ИСО показала, что внедрение не может произойти одновременно по всем принципам, заложенных в данных стандартах: ориентация на потребителя, лидерство руководителя, вовлеченность персонала, системный подход, процессный подход, постоянное улучшение и взаимоотношение с поставщиками.

Для того чтобы СМК заработало в путевом комплексе, необходимо изменить виденье и отношение руководителей к СМК. Компания ОАО «РЖД» основным направлением в области развития и вовлечения персонала в процессы КИ СМК использует подход, базирующийся на лидерстве и открытости информации. Такая система управления предполагает установление открытых и доверительных взаимодействий между руководителями и подчиненными, поддержку командной работы и уважение к индивидуальности, разрушение организационных и персональных барьеров.

В рамках внедрения КИ СМК следует уделять особое внимание работе с персоналом. Это обуславливается тем, что без участия каждого сотрудника предприятия в программе управления качеством не будут достигнуты положительные результаты. Управление персоналом в рамках внедрения КИ СМК должно осуществляться в следующих направлениях:

- обучение персонала в области качества;
- пересмотр системы мотивации персонала;
- вовлечение персонала в процесс управления организацией;
- подготовка специальных сотрудников, занимающихся управление качеством организации и осуществляющих контроль над качеством.

Человеческие ресурсы и активы – решающий фактор, влияющий на качество. Все сотрудники, вовлеченные в процессы должны обладать навыками и способностями, соответствующими улучшениям качества.

Необходимость вовлечения персонала в процессы улучшения качества обуславливает значительную роль мотивации для менеджмента качества. Факторы мотивации, необходимые для вовлечения персонала в основные процессы КИ СМК, кроме материального поощрения за улучшение качества возможны следующие:

1. Обучение

- мотивация повышается, если работник получает надлежащую поддержку и соответствующий инструмент для выполнения работы;
- чувство высокой мотивации постоянно поддерживается, если работники являются участниками постоянного учебного процесса, который помогает им повышать квалификацию;
- способствует повышению мотивации соответствующие методики рассказа и показа приемов работы и контроль за обучаемым;
- личная инициатива и творческое отношение работников к выполняемой работе повышает мотивацию в процессе обучения.

2. Планирование и организация

- отделение основной (производственной) деятельности от вспомогательной и обслуживающей, что ведет к оптимальному использованию рабочего времени;
- мотивация повышается, если работник имеет четкие представления о своей работе;
- своевременное и качественное планирование работы с выдачей задания на предстоящий рабочий день позволяет лучше подготовится к работе и выполнить ее более качественно;
- рациональное чередование работ и поддержание равномерного ритма труда влияет на качество конечного продукта, работы;
- обеспечение нормального режима отдыха и питания работников, поддержание их хорошего физического состояния, а также комфортного психологического климата в коллективе.

3. Оценка работы

- мотивация повышается, если работники понимают, как достичь поставленной цели и что их действия на рабочем месте являются правильными;
- руководители могут способствовать повышению мотивации работников благодаря детальной и своевременной обратной связи, четкому информированию о выполнении ими своих обязанностей.

3. Поощрение

- мотивация повышается, когда хорошо выполненная работа получает должное признание;
- мотивация повышается, когда поощряются эффективные действия работников;
- формальная и неформальная оценка заслуг способствует позитивному поведению в коллективе.

4. Помощь при выполнении работы

- мотивация повышается, если неправильные действия работников при возникновении затруднений корректируются таким образом, что в

результате повышается уровень и качество выполняемой работы – доброжелательно и никак не связана с наказанием;

- руководители могут способствовать повышению мотивации, выражая искренний интерес, и уважение к работнику при корректировке работы, не пытаясь его унизить как личность, а предлагать конкретные шаги помощи в разрешении возникшей проблемы.

5. Стиль руководства

- у работников повышается мотивация, если они чувствуют, что их руководитель демонстрирует нужный стиль руководства, является честным, компетентным и доброжелательным;

- руководители могут способствовать повышению мотивации, если делегируют часть обязанностей и ответственности какому либо работнику. Это способствует уверенности работника в себе и росту его производительности.

6. Коммуникация

- повышению мотивации работников способствует четкое понимание ими ежедневных обязанностей и поступление постоянной информации от руководства;

- руководители могут способствовать повышению мотивации, если работникам легко с ними разговаривать и если они умеют слушать;

- умение вести за собой команду помогает избежать многих случаев недопонимания.

Система мотивации должна быть понятной, гибкой и открытой для внесения корректировок.

Стандарт ИСО 9001 требует, чтобы персонал, выполняющий работу, влияющую на качество продукции, был компетентным исходя из наличия образования, подготовки навыков и опыта.

Каждый сотрудник организации вправе принимать участие в управлении. Реализация желаний и идей персонала не только повышает лояльность к компании, влияет на улучшение работы, но также приводит к формированию новых продуктивных идей.

Список литературы

1. Лемехова В. А., Маслова В. А. Оценка воздействия локомотива «Ермак» на путь по условию обеспечения его устойчивости. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 1. С. 520-521.

2. Лемехова В. А., Благоразумова О. В. Комплексное дипломное проектирование в ЗАБИЖТе – ИРГУПС // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2013. Т. 1. С. 533-535.

3. Благоразумов И. В., Благоразумова О. В., Лемехова В. А. Практическая подготовка студентов. Строительные отряды и получение рабочих специальностей по целевой составляющей. В сборнике: Организация безопасности на транспорте // Межвузовский сборник научно-методических трудов. Забайкальский институт железнодорожного транспорта. Чита, 2015. С. 235-238.

К.Ю. Ворончихин, В.А. Лемехова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ВАГОНОВ В СОСТАВЕ НА ОСНОВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ ПОЕЗДА

В статье рассматривается влияние доли вагонов различных категорий на величину основного удельного средневзвешенного сопротивления движению поезда. Приведены основные факторы, влияющие на величину сопротивления. Кроме того, отражены конкретные результаты расчетов при различном соотношении вагонов в составе поезда.

Ключевые слова: *сопротивление движению, скорость движения*

В тяговых расчетах изучаются условия поступательного движения поезда по рельсовой колее под действием приложенных к нему сил и методы решения ряда практических задач, связанных с этим движением, в том числе:

- определение веса и длины грузовых поездов;
- определение скорости движения и времени хода поезда для размещения осей раздельных пунктов;
- определение энергетических показателей движения поезда – расхода дизельного топлива, электроэнергии, механической работы силы тяги и сил сопротивления движению;
- определение максимальной скорости движения поездов на спуск по условиям торможения на нормативном тормозном пути и др.

Основное сопротивление действует на поезд при движении по прямому, горизонтальному участку пути, его появление обуславливается:

- трением в буксовых узлах колесных пар;
- трением качения колеса по рельсу;

- трением скольжения между колесом и рельсом;
- потерями кинетической энергии из-за неровностей пути и ударах в стыках;
- сопротивлением воздушной среды.

Основное сопротивление действует на поезд постоянно и всегда направлено в сторону противоположную движению. Сопротивление от кривых, возникающее вследствие увеличения сил трения колес подвижного состава и пути при движении экипажа в кривых так же всегда отрицательно. Сопротивление от уклона в зависимости от знака уклона может быть как отрицательным – при движении на подъем, так и положительным – движение на спуск.

Поезд в тяговых расчетах рассматривается как система «состав + локомотив», при этом состав включает в себя группы вагонов различной категории. Поскольку технические и динамические характеристики различных единиц подвижного состава имеют различия, (число осей, вес тары вагона, осевые нагрузки, грузоподъемность и т.д.) расчет основного сопротивления движению поезда в целом происходит по следующей схеме:

- определяется сопротивление движению разных вагонов - $W''_{o(i)}$;
- определяется сопротивление движению состава в целом W''_o;
- определяется сопротивление движению локомотива W'_o;
- определяется сопротивление движению поезда W_o.

Расчетные формулы для определения вышеперечисленных величин приведены в Правилах тяговых расчетов для поездной работы.

Так согласно ПТР основное удельное сопротивление движению груженых грузовых вагонов, определяется по формуле:

$$w''_0 = a + \frac{b + cv + dv^2}{q_0}, \qquad (1)$$

где v – скорость движения, км/ч;

q_o – средняя осевая нагрузка т/ось;

a, b, c, d – коэффициенты, зависящие от типа подвижного состава и типа железнодорожного пути.

В данной работе проведен анализ влияния основного средневзвешенного сопротивления движению поезда для следующих исходных данных:

- тип локомотива 2ТЭ10м;
- полезная длина приемоотправочных путей – 1050м;
- путь звеньевой

- в состав входят вагоны двух категорий, четырехосные и восьмиосные

Для получения расчетных данных были произведены вычисления величины сопротивления движению при различных скоростях. Процентное соотношение вагонов одной из категорий при этом постепенно изменялось, т. е. на первом этапе количество четырехосных вагонов в составе принималось минимальное (0 %), а в дальнейшем увеличивалось до максимального (100 %). Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление движению поезда

скорость	**процент восьмиосных вагонов**										
	100	**90**	**80**	**70**	**60**	**50**	**40**	**30**	**20**	**10**	**0**
0	10,415	10,304	10,174	10,017	9,85	9,655	9,433	9,164	8,839	8,449	7,957
10	10,779	10,677	10,556	10,417	10,268	10,092	9,897	9,656	9,368	9,025	8,589
20	11,36	11,277	11,184	11,062	10,932	10,793	10,626	10,422	10,19	9,893	9,531
30	12,179	12,114	12,049	11,953	11,86	11,749	11,619	11,47	11,285	11,062	10,793
40	13,234	13,197	13,151	13,081	13,025	12,96	12,877	12,784	12,673	12,533	12,366
50	14,518	14,509	14,499	14,464	14,445	14,427	14,399	14,38	14,343	14,306	14,26
60	16,038	16,057	16,085	16,084	16,121	16,158	16,195	16,242	16,306	16,371	16,464
70	17,787	17,842	17,916	17,959	18,052	18,144	18,246	18,386	18,543	18,738	18,979
80	19,772	19,865	19,985	20,071	20,219	20,386	20,572	20,804	21,073	21,407	21,824
90	21,985	22,124	22,291	22,438	22,651	22,883	23,161	23,495	23,885	24,368	24,971
100	24,426	24,621	24,843	25,041	25,329	25,644	26,006	26,461	26,99	27,63	28,437

На основании вычислений были построены графические зависимости изменения основного удельного средневзвешенного сопротивления движению поезда от скорости. Данные графики приведены на рис. 1.

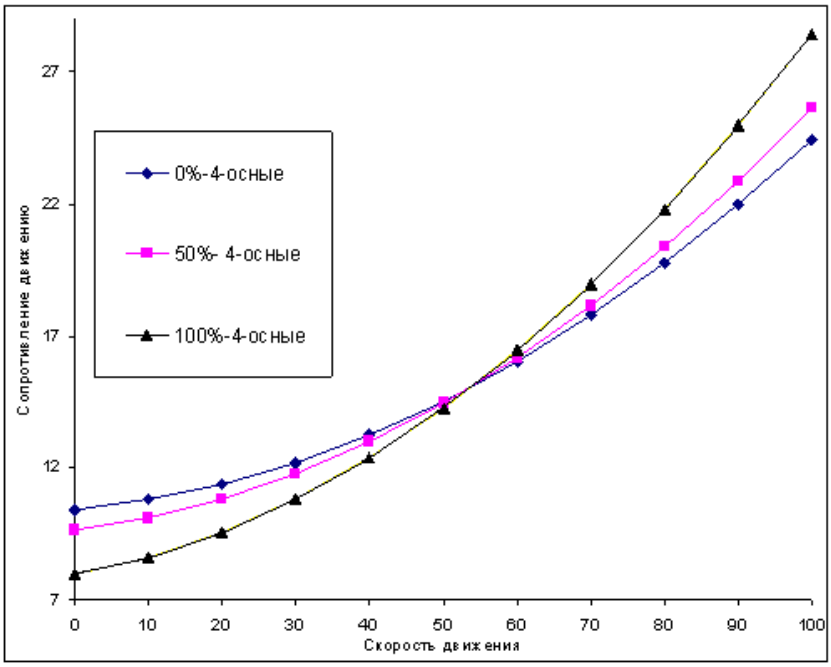


Рис. 1. Зависимость сопротивления движению от скорости

Проведя анализ графиков, было выявлено, что на интервале скоростей от 50 до 60 км/ч имеем пересечение зависимостей изменения сопротивления движению поезда. Для определения точки пересечения и выявления граничной скорости, при которой величина сопротивления будет минимальной, принимаем, что на данном участке графики линейны.

Определяем вид функции для двух пересекающихся прямых. Для варианта, при котором содержание четырехосных вагонов равно 100% вид уравнения имеет следующий вид: $y=0{,}2204x+3{,}24$. Для варианта с полностью восьмиосными вагонами в составе вид уравнения $y=0{,}152x+6{,}918$.

Решая совместно эти уравнения, получаем точку пересечения отрезков при $x=53{,}7$. Таким образом, можно говорить о том, что при скоростях движения поезда менее 53,7 км/ч наиболее рационально, с точки зрения величины силы сопротивления движению, включение в состав поезда только четырехосных вагонов. Если же скорость движения больше, то оптимальным становится вариант с восьмиосными вагонами.

В результате исследования было выявлено, что на величину сопротивления движения поезда влияют не только характеристики вагонов и железнодорожного пути, но доля вагонов различных категорий в составе поезда.

Список литературы

1. Выбор технических параметров проектируемой железной дороги с учетом неопределенности исходной информации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн. наук. Москва, 2004.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Москва. 2014 г.

Ю.В. Евсеева, К.А. Кирпичников
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПОПУЛЯРНЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ МАРШРУТЫ МИРА

В статье выполнен анализ наиболее популярных железнодорожных маршрутов в мире, приведены характеристики маршрутов и особенности. Сделан вывод о предпосылках развития железнодорожного туризма в России, в том числе по территории Забайкальского края.

Ключевые слова: *туризм, железная дорога*

Железная дорога является удобным средством сообщения для транспортировки любых категорий туристов. Железные дороги исторически активно участвовали в развитии туристского движения.

Существует устоявшееся мнение, что любая железнодорожная поездка (тем более продолжительная) утомительна, поэтому трудно представить, что она может быть приятным, увлекательнейшим путешествием. Зарубежные турфирмы и операторы уже давно предлагают туры на специализированных туристско-экскурсионных поездах.

Рассмотрим наиболее популярные.

Синкансэн (Shinkansen) Маршрут: Токио — Осака (Япония)

Shinkansen — высокоскоростная сеть железных дорог в Японии, предназначенная для перевозки пассажиров. Принадлежит компании Japan Railways.

Япония всегда были на высоте железнодорожных технологий. Первая высокоскоростная линия, Токайдо-Синкансэн, была открыта между Осакой и Токио в 1964 г. Линия сразу же стала популярной среди пассажиров. Сегодня этот пассажирский экспресс совершает поездку от Токио до Осаки за 2,5 часа со скоростью почти в 300 км/ч. Кроме

Токайдо-Синкансэн сегодня также существует множество других направлений (см. рис.1). На каждом используются различные модификации поездов.

Рис. 1. Железнодорожные маршруты Японии

Чива Экспресс (Chiva Express) Маршрут: Кито–Гуаякиль (Галапагосские острова, Эквадор)

Chiva — это местный латиноамериканский автобус старой модификации с багажным отделением на крыше. Туристические компании Эквадора, заметив интерес туристов к этому виду транспорта, быстро усмотрели здесь коммерческий интерес и приспособили этот автобус для поездок по живописным холмам. Местные дороги не славятся безопасностью, поэтому автобус переделали под поезд и пустили по рельсам (рис.2).

Рис. 2. Железнодорожный маршрут в Эквадоре на основе автобуса Chiva

Поезд движется по маршруту Кито – Гуаякиль. Пассажиры могут сидеть как внутри автобуса, так и на его крыше. В процессе всего путешествия играет музыка местного оркестра. Основная точка маршрута – Devil's Nose (Нос Дьявола) – гора высотой почти 3 000 метров. Рекомендуется пристегнуть ремни безопасности.

Очень часто Chiva Express арендуют целиком для проведения различных мероприятий и праздников, например, свадеб. И, конечно же, Чива Экспресс очень популярен среди туристов. Поездка на нем является чуть ли не обязательством при посещении этих мест.

Евростар (Eurostar) Маршрут: Париж – Лондон, Брюссель – Лондон.

Евростар – железнодорожная сеть, соединяющая Лондон и графство Кент в Великобритании с городами Париж и Лилль во Франции, и Брюсселем в Бельгии. Кроме этого, существуют дополнительные ветки, соединяющие Лондон и Диснейленд. Поезда Eurostar пересекают Ла-Манш через Евротоннель.

С момента своего создания Евростар стал сразу же очень популярным. Сегодня многие поездку на нем предпочитают авиаперелету. По сравнению с самолетом здесь сплошные плюсы: быстрое оформление документов, низкая стоимость билетов, вокзалы расположены в центре городов, возможность выбрать уровень комфорта.

Также этот поезд очень популярен среди молодежи. Считается очень значимым событием совершить поездку на Eurostar в канун какого-нибудь праздника.

Восточный экспресс (Orient Express) Маршрут: Париж – Стамбул (Европа)

Восточный экспресс – пассажирский поезд класса «люкс» компании Venice Simplon-Orient-Express, курсирующий между Парижем и Стамбулом с октября 1883 года. В то давнее время, при своей скорости всего в 50 км/ч «Восточный экспресс» за 67 часов преодолевал расстояние более чем в 3 000 км.

Интерьеры поезда шикарны: отделаны ценными сортами дерева стены купе, картины известных художников, хрустальные люстры, бархатные занавески, кожаные кресла, восточные ковры (см. рис.3).

Рис. 3. Купе вагона «Восточного экспресса»

К услугам пассажиров были: обширная библиотека и ресторан в стиле времен Людовика XV, в каждом купе — раковина с горячей и холодной водой, а также специально обученный обслуживающий персонал, готовый удовлетворить любые требования пассажиров.

Сегодня «Восточный экспресс» — это туристический маршрут, чем способ передвижения. В программу поездки входит несколько экскурсий и посещение основных достопримечательностей на остановках. Можно выбрать один из предлагаемых маршрутов или составить собственную программу путешествия с остановкой в одном из городов по пути следования поезда.

Транссибирская магистраль Маршрут: Москва – Владивосток (Россия)

Транссибирская магистраль считается самой длинной железной дорогой в мире. Ее длина – 9 288 км. Дорога проходит через 10 часовых поясов, и занимает как минимум 6 дней пути.

Путешествие по магистрали очень популярно среди любителей экзотики и интересующихся культурой России и Азии. Это уникальная возможность увидеть всю Россию за одну неделю, ее основные достопримечательности, как она меняется в зависимости от региона.

Путешествие обычно начинается в Москве, и заканчивается во Владивостоке (иногда продолжается и дальше, в Китай). Но сам маршрут и список посещаемых городов может быть разным.

Большую часть времени пассажиры проводят в поезде. Во время остановок в различных городах может быть выделено время для экскурсий и осмотра основных достопримечательностей (Ярославль,

Нижний Новгород, Екатеринбург, Красноярск, озеро Байкал, Алтай и другие).

Амтрак (Amtrak) Маршрут: путешествия по территории США

Amtrak – это американская железнодорожная сеть, опутывающая всю страну. Сеть настолько обширна (более 500 станций в 46 штатах, более 25 000 км), что по ней можно попасть практически во все крупные города США.

Большинство линий железнодорожной сети Амтрак проложены в самых живописных местах США (каньон Колорадо, Ниагарский водопад, Great Lakes, Майами, Юта, Оклахома, Техас). Для туристов предлагаются специальные экскурсионные туры.

Можно путешествовать от станции до станции, приобретая билеты непосредственно перед отправлением поезда. Для большей же свободы можно приобрести так называемый Rail Pass – проездной билет, позволяющий на определенное время (1, 3, 5, 10, 15, 30 дней и др.) путешествовать на поезде по всей стране или определенному региону без ограничений. Вы можете выйти на любой станции, осмотреть достопримечательности, и потом сесть на следующий поезд и ехать дальше.

Многие туристические компании предлагают туры на основе этой железной дороги (сама компания Amtrak туры не предоставляет). Путешествующим предлагаются экскурсионные программы по наиболее интересным и популярным местам США.

Блю Трэйн (Blue Train) Маршрут: Претория – Кейптаун (Южная Африка)

Blue Train – это поезд, позволяющий вам совершить необыкновенное путешествие по Южной Африке между городами Претория и Кейптаун. Путешествие занимает по времени 27 часов, и за это время поезд проезжает более 1600 км.

Железнодорожное направление, названное Union Express (северное), и Union Limited (южное), было создано в 1923 г. с целью обеспечить способ транспортировки золота с приисков городов Кейптаун и Претория. Позже оно стало использоваться и для перевозки пассажиров, а сегодня это еще и популярный туристический маршрут.

Рассмотренные примеры демонстрируют высокую конкурентоспособность железнодорожного транспорта в сфере туризма. При правильном подходе к формированию перечня услуг, грамотной организации маршрутов и выборе подвижного состава – «железнодорожный» туризм одно из самых выгодных предложений среди транспортных систем мира.

В настоящее время на кафедре СЖД ЗабИЖТ сформированы основные требования к облику новой железнодорожной магистрали туристического направления в нашей стране, которая по задумке авторов должна проходить и по территории Забайкалья.

Список литературы

1. Кирпичников К. А., Аршинский В. В. Перспективы высокоскоростного движения в Забайкальском крае // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Материалы седьмой международной научно практической конференции 29 марта-01 апреля 2016. г. Иркутск: ИрГУПС, 2016 Т. 1. С. 231-237.

2. Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А. Высокоскоростные магистрали по территории Забайкальского края в системе устойчивого обеспечения туристопотока между Россией и КНР // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей: Сборник научных трудов. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения. 2017. С. 103-106.

3. Кирпичников К. А., Аршинский В. В. Rheda – 2000. Перспективный безбалластный путь будущих высокоскоростных магистралей в России // Организация безопасности на транспорте: Межвузовский сборник научно-методических трудов. Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта, 2015. С. 212-214.

4. Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А Высокоскоростные магистрали по территории Забайкальского края – основа соразвития торгово-экономических отношений РФ и КНР// В сборнике: Актуальные проблемы развития КНР в процессе ее регионализации и глобализации Материалы IX Международной научно-практической конференции. Чита: Забайкальский государственный университет. Ответственный редактор А. Ю. Лавров. 2017. С. 57-63.

Ю.В. Евсеева, К.А. Кирпичников
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В МИРЕ

В статье рассмотрен мировой опыт эксплуатации туристических железных дорог и организации экскурсионных железнодорожных туров, их особенности и отличия.

Ключевые слова: *туристические маршруты, туризм, железная дорога, подвижной состав*

Путешествие на поезде — это возможность увидеть большее за короткое время. По своей популярности такой способ осмотра достопримечательностей стоит на втором месте, уступая разве что автомобилю и автобусу. Железная дорога является удобным средством для транспортировки любых категорий туристов, начиная от туристо - индивидуалов, больших и малых туристских групп на рейсовых регулярных линиях и чартерных поездах и заканчивая организацией специальных поездов местного и дальнего сообщения.

В настоящее время многие иностранные компании, владеющие железнодорожными линиями, прикладывают большие усилия для сохранения и увеличения туристского пассажиропотока. Основными направлениями в этом плане можно назвать:

- прокладку высокоскоростных магистралей;
- обслуживание в вагонах по формуле «Евро-Найт» (улучшение комфортабельности до гостиничного уровня);
- организацию специальных туристических поездов, в том числе и «ретро-паровозы» (специальные тематические поездки на железнодорожном транспорте, в т. ч. и паровозном).

В развитии техники оказалось, что рельсовый транспорт стал развиваться существенно раньше безрельсового и железные дороги были созданы и построены почти на пятьдесят лет раньше автомобиля.

Спустя более века эксплуатации железных дорог, бытует устоявшееся мнение, что любая железнодорожная поездка (тем более продолжительная) утомительна, поэтому трудно представить, что она может быть приятным, увлекательнейшим путешествием. Зарубежные турфирмы и операторы уже давно предлагают туры на специализированных туристско-экскурсионных поездах.

Стандартные железнодорожные туры можно условно разделить на 3 категории:

- однодневные;
- непродолжительные (2-3 суток);
- многодневные (от 5 дней и более).

Однодневные туры начинаются утром и заканчиваются вечером того же дня. В дороге туристы располагаются за столиками вагонов-ресторанов. По пути они могут не только перекусить, но и посмотреть выступления эстрадных и цирковых артистов. Туристов довозят до определенной станции, где для них подготовлена специальная программа (это может быть экскурсионная поездка или пикник на природе. Пассажирам предоставляется возможность совместить полезное с приятным. Например, поезд «Star Clipper», функционирующий на Восточном побережье США (см. рис.1).

Рис. 1. Вагон-ресторан поезда «Star Clipper»

Во время непродолжительных туров пассажиры проживают в отдельных купе. Поездки традиционно составлены с таким расчетом, чтобы ночью, когда все туристы спят поезд находился в пути. Днем туристы обычно заняты на экскурсиях.

Такие туры организуются в различных странах. Например, путешествие по Африке на поездах «Классик» и «Эдуардиан», предлагаемое компанией «Rovos Rail» (см. рис. 2).

Рис. 2. Купе в поезде компании «Rovos Rail»

График движения поездов при многодневных турах, обслуживающих многодневные поездки, отличается большим разнообразием. В зависимости от экскурсионной программы и маршрута, туристы часто находятся в пути и в дневное время. Чтобы путешественники не утомились, турпоезд должен идти безостановочно не более полутора суток. Продолжительные дневные перегоны планируются, как правило, в тех случаях, когда по пути следования открываются интересные виды и ландшафты. В отдельных случаях предлагаются и кратковременные «зеленые» стоянки в лесу или горах, на берегу моря или большого озера.

Туристские поезда в обиходе называют «отели на колесах». Несмотря на размеры, строго ограниченные стандартами железной дороги, вагоны комфортабельны, внутреннему их дизайну могут позавидовать многие стационарные гостиницы (см. рис.3).

Рис. 3. Отель на колесах в турпоезде

В каждом купе, общее число которых в спальных вагонах обычно не превышает восьми, проживает не более двух человек. Купе оборудуются двумя односпальными или одной двуспальной кроватями, кондиционерами, письменным столом, телефоном, телевизором. Туалетная и душевая комнаты могут быть на весь вагон или на один — два номера. В состав туристского поезда также входят несколько вагонов-ресторанов, вагон-салон (используемый как библиотека, место для карточных игр или переговоров, отдыха), конференц-вагон (он же лекторий, дискотека или видеосалон), а также «детский вагон» или «зал подвижных игр». Туристско-экскурсионные поезда назначаются на основании заключенного договора между туристской фирмой и управлением железной дороги. Назначение поездов производится после заключения договора и оплаты причитающихся платежей.

Следование турпоездов из одного пункта экскурсионного обслуживания в другой, как правило, должно осуществляться в ночное время с остановками только для технических надобностей. В вагонах должны быть вывешены расписание движения турпоезда, фамилии дежурных проводников, начальника поезда и поездного электромонтера. Кроме того в каждом вагоне должны быть вывешены: программа обслуживания («Уголок туриста»); фамилии директора турпоезда, инструкторов, врача; номер их вагона и места; номер вагона-ресторана, в котором питаются туристы; номер смены и время питания.

Железнодорожные путешествия – достаточно популярный вид отдыха за рубежом. Наиболее стойкими поклонниками этого вида

туризма считаются немцы англичане и швейцарцы. Причем если жители Великобритании и Швейцарии предпочитают путешествовать по своим странам, то немцы исколесили всю Европу и даже добрались до России и Америки. Как уже отмечалось, огромной популярность у жителей Китая пользуются туристические маршруты по России. Потенциал Российских «туристических богатств» велик, транспортная инфраструктура достаточна развита, но ориентирована на перевозку «тяжелых» грузов [3,4]. Поездка же на специальном поезде позволит преодолевать огромные расстояния нашей страны с комфортом и пользой.

Рассмотренный материал позволяет с уверенностью сделать вывод о актуальности и целесообразности строительства и эксплуатации железных дорог узкой специализации – туристических. На кафедре СЖД ЗабИЖТ ведется работа по формированию будущего облика новой туристической дороги в Забайкальском крае, определяются опорные пункты и фиксированные точки будущей трассы железной дороги, определяются ее параметры, формируются требования к подвижному составу, основным конструкциям и материалам [1,2].

Список литературы

1. Кирпичников К. А., Аршинский В. В. Проект высокоскоростной железнодорожной магистрали к озерам Ивано-арахлейского заказника в Забайкальском крае / Кирпичников К. А., Аршинский В. В.// Организация безопасности на транспорте. Межвузовский сборник научно-методических трудов. Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2015. С. 205-211.

2. Кирпичников К. А., Аршинский В. В. Rheda-2000. Перспективный безбалластный путь будущих высокоскоростных магистралей в России / Кирпичников К. А., Аршинский В. В. // Организация безопасности на транспорте: Межвузовский сборник научно-методических трудов. Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта, 2015. С. 212-214.

3. Кирпичников К. А. Совершенствование методов прогнозирования развития сети железных дорог в малоосвоенных районах / Кирпичников К. А. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2007

4. Ушакова М. В., Линейцев В. Ю. Спрямление трассы железной дороги на перегоне Сохондо-Лесная // Транссиб: на острие реформ материалы международной научно-практической конференции. Иркутский государственный университет путей сообщений:

Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2016. С. 121-125.

В.Ю. Линейцев, А.М. Каракальчева
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ VBA ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTOCAD

В статье рассказывается о путях сокращения времени выполнения рутинных операций в программе AutoCAD и применении различных программ, реализующих автоматизированные или полностью автоматические процедуры выполнения рутинных операций при подготовке чертежей. Также в статье приведен пример программного кода, написанного на VBA для AutoCAD, показывающий всю простоту написания компьютерных программ на языке Basic. Дополнительно в статье рассказывается о структурных элементах компьютерной vba-программы-примера.

Ключевые слова. *vba, autocad, макросы*

При подготовке электронных чертежей в программе AutoCAD зачастую приходится выполнять много рутинной работы, такой как копирование ранее созданного объекта в новое место в чертеже и изменение его свойств: размеров, масштабного коэффициента, цвета, типа линии и т. п.

В большинстве случае рутинные операции инженер-проектировщик делает вручную, затрачивая на это значительную часть времени. При этом в программе AutoCAD, особенно в его последних версиях, существует достаточно много полезных инструментов, позволяющих переложить некоторую часть рутинных операций «в руки машины». К таким инструментам в AutoCAD относятся, например операции по редактированию полилиний, в т.ч. смена направления полилинии и др.

В интернете на сайте http://dwg.ru в разделе форумов размещено достаточно много небольших компьютерных программ, способных автоматизировать работу с объектами AutoCAD в чертежах. Например, для редактирования полилиний отдельно написана целая библиотека с рядом процедур, вызывать которые можно в командной строке программы AutoCAD (см. табл.1).

Таблица №1

Перечень команд для работы с полилинией

Команда	**Описание**
PL-JOIN	Объединение полилиний
PL-JOIN3D	Объединение 3D полилиний
PL-A2L	Замена линейного сегмента в полилинии дуговым сегментом.
PL-L2A	Замена дугового сегмента в полилинии линейным сегментом.
PL-DIV	Разбивает выбранный сегмент полилинии на указанное количество сегментов или через указанное расстояние
PL-VxAdd	Добавляет новую вершину к полилинии
ENTREVS	Реверс объекта
PL-VxRdc	Удаление вершин полилиний, которые лежат на одной прямой
PL-VxDel	Удаление выбранной вершины
PL-VxOpt	Удаление совпадающих вершин из полилинии
PL-NoArc	Аппроксимация дуговых сегментов полилинии
ConvTo2d	Преобразование линейных объектов в 2D полилинии
ConvTo3d	Преобразование линейных объектов в 3D полилинии
MPL	Построение средней линии
R3P	Прямоугольник по 3-м точкам

В зависимости от поставленной задачи и перспективе множества рутинных операций по редактированию чертежа AutoCAD имеет смысл поискать в сети Интернет подобные компьютерные программы или приложения или написать свою программу-макрос, способную облегчить труд инженера проектировщика. В последнем случае нужно либо привлекать программиста, либо освоить навыки программированию самому. Разумеется, делать это необходимо при наличии перспективы выполнения подобных работ на многих будущих объектах проектирования.

Цель данной статьи – ознакомление с программной средой программирования Visual Basic for Application для AutoCAD. Эта среда программирования перестала поддерживаться разработчиком чертежной программы AutoDESK и, начиная с версии AutoCAD 2010, перестала входить в комплект поставки. Однако в настоящее время существует возможность установить среду VBA самостоятельно. Если данная среда (модуль VBA) в программе AutoCAD установлен, то на экране доступно окно с процедурами (см. рис.1).

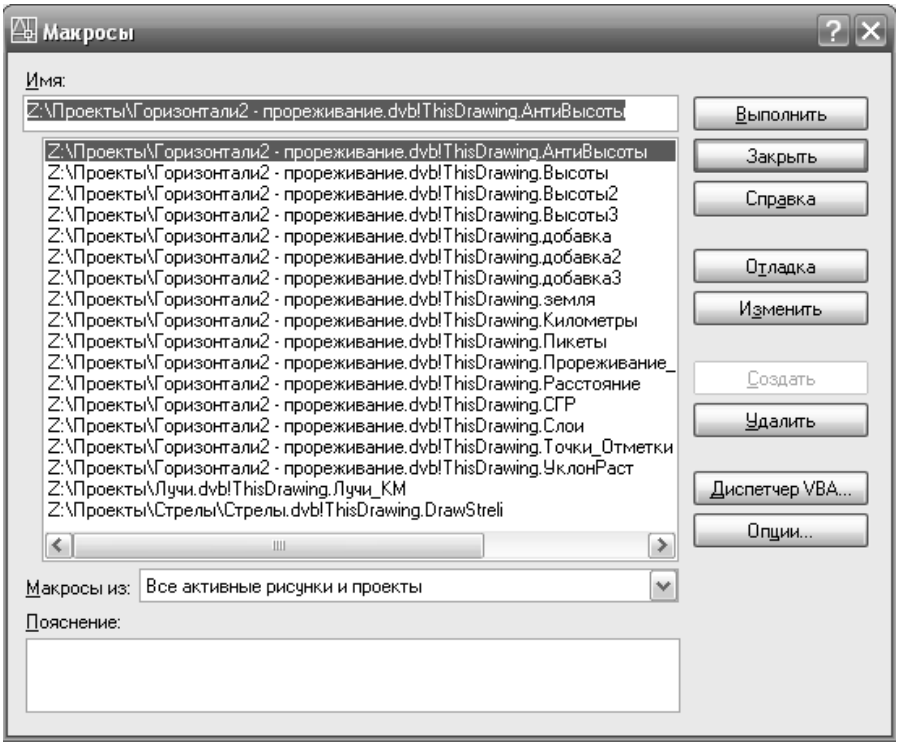


Рис. 1. Перечень процедур в макросах AutoCAD

С помощью данного модуля возможно как написать свою программу-приложение, так открыть и выполнить ранее сохраненные программы. В частности, в статье ниже приведен пример программы, способной автоматически построить в AutoCAD картинку (см. рис.2).

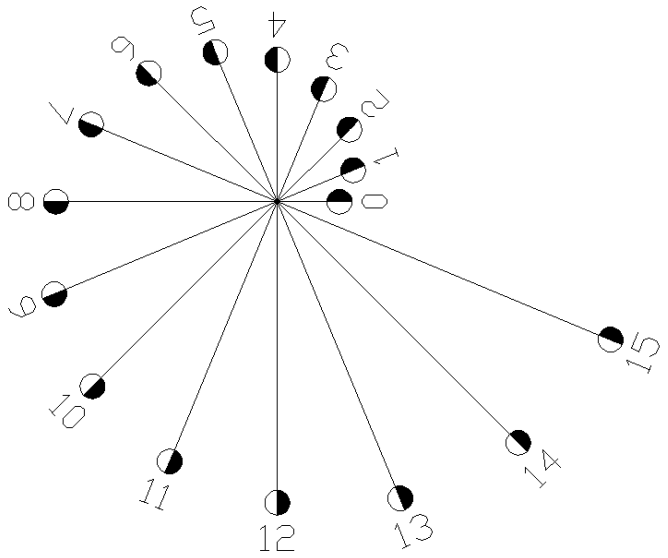


Рис. 2. Результат работы программы

Внимательно рассматривая рисунок можно выделить четыре типа объектов, из которых он состоит: отрезок; круг; штриховка (заливка); однострочный текст.

Согласно программному коду для построения отрезка необходимо знать координаты точек его начала и конца. За координаты в программе отвечают переменные-массивы ACADPoint, Bpnt, Epnt, которые состоят из трех элементов с индексами: 0 – координата X; 1 – координата Y; 2 – координата Z. Запуск в цикле от 0 до N=15 процедуры построения отрезков Set lin … AddLine и одновременное изменение координат конца реализует построение «лучей» километровых значков, выходящих из одной точки.

Далее для прорисовки объектов типа «круг» и «штриховка» в программе приведено еще несколько строк, начиная с соответствующих комментариев «’ построение круга» и «’ создание штриховки». Непосредственно круг строится выполнением процедуры Set Circ … AddCircle, внутри которой указывается радиус круга 2.5 мм, а штриховка-заливка выводится на экран командой Set htch … AddHatch, в которую в качестве параметра необходимо внести массив-контур штриховки htch.AppendOuterLoop (outerLoop).

Текстовая надпись самого километра реализована выполнением процедуры Set txt … AddText, с указанием высоты текста (5 мм) и редактированием его свойств, таких как выравнивание Alignment, коэффициент сжатия ScaleFactor и угол поворота Rotation. При этом угол поворота fi необходимо предварительно вычислить: fi = 2 * Pi * i / (N + 1), где i – текущая целочисленная переменная, принимающая значения от 0 до N=15.

Комбинирование блоков команд в макросе, корректирование их параметров и координат точек будущих чертежных объектов позволяет написать множество программ-приложений, реализующих выполнение рутинных операций при подготовке электронных чертежей AutoCAD [1-7].

Пример компьютерной программы:

```
Const Pi = 3.1415926535
   Dim ACADPoint(0 To 2) As Double    ' переменная для координат точки (X, Y, H)
   Dim Bpnt, Epnt, txtPnt As Variant        ' массив 3D для вывода точки при рисовании

Sub Лучи_КМ()
```

```
' создание штриховки
  Dim htch As AcadHatch
  Dim patternName As String
  Dim PatternType As Long
  Dim bAssociativity As Boolean
  Dim outerLoop(0 To 0) As AcadEntity
' тип штриховки
  patternName = "SOLID"
  PatternType = 0
  bAssociativity = True

N = 15     ' Количество километровых значков
ACADPoint(0) = 0:       ACADPoint(1) = 0:       ACADPoint(2) = 0

For i = 0 To N
   ' построение луча
      fi = 2 * Pi * i / (N + 1) ' угол луча
      L = 10 + 15 * i ' длина луча
      Bpnt = ACADPoint
      Epnt = ThisDrawing.Utility.PolarPoint(Bpnt, fi, L)
   Set lin = ThisDrawing.ModelSpace.AddLine(Bpnt, Epnt)
   ' построение круга
      Bpnt = ThisDrawing.Utility.PolarPoint(ACADPoint, fi, L + 2.5)
   Set Circ = ThisDrawing.ModelSpace.AddCircle(Bpnt, 2.5)
   ' построение контура полукруга (для штриховки)
      Dim arrKM(0 To 3) As Double
      Bpnt = ThisDrawing.Utility.PolarPoint(ACADPoint, fi, L)
      Epnt = ThisDrawing.Utility.PolarPoint(ACADPoint, fi, L + 5)
      arrKM(0) = Bpnt(0):          arrKM(1) = Bpnt(1)      ' начало полукруга
      arrKM(2) = Epnt(0):          arrKM(3) = Epnt(1)      ' конец полукруга
   Set outerLoop(0) =
ThisDrawing.ModelSpace.AddLightWeightPolyline(arrKM)
      outerLoop(0).SetBulge 0, -1
      outerLoop(0).Closed = True
   ' создание штриховки
   Set htch = ThisDrawing.ModelSpace.AddHatch(PatternType, patternName,
bAssociativity)
      htch.AppendOuterLoop (outerLoop)
      htch.Evaluate
   ' подпись номера километра
      Bpnt = ThisDrawing.Utility.PolarPoint(ACADPoint, fi, L + 7)
      txtPnt = Bpnt
      PkNum = 10 * i
      txtStr = CStr(PkNum / 10)
   Set txt = ThisDrawing.ModelSpace.AddText(txtStr, txtPnt, 5)
      txt.Alignment = acAlignmentTopCenter
      txt.TextAlignmentPoint = txtPnt
      txt.ScaleFactor = WidthFontAuto
```

```
            txt.Rotation = fi + Pi / 2
        Next i
    End Sub
```

Список литературы

1. Линейцев В. Ю. Определение объемов земляных работ при автоматизированном построении продольных профилей железных дорог в CAD-системах. / Линейцев В. Ю., Кирпичников К. А., Ворончихин К. Ю., Непомнящих Е. В. // Безопасность регионов – основа устойчивого развития. 2012. Т. 1-2. С. 319-325.

2. Линейцев В. Ю. Определение параметров асимметричной железнодорожной кривой / Линейцев В. Ю. // Безопасность регионов – основа устойчивого развития. 2014. Т. 1-2. С. 355-360.

3. Линейцев В. Ю. САПР-технологии при проектировании параметров пути / Линейцев В.Ю. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 1. С. 477-482.

4. Линейцев В. Ю. Спрямление трассы железной дороги, как эффективная мера по увеличению ее пропускной и провозной способности / Линейцев В. Ю. // Транссиб: на острие реформ / Материалы международной научно-практической конференции. Иркутский государственный университет путей сообщений; Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2016. С. 82-86.

5. Линейцев В. Ю. Обработка результатов имитационного моделирования сопряжения РК-3 профильных конических поверхностей. / Максютин А. М., Линейцев В. Ю. // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 58-63.

6. Линейцев В. Ю. Определение длины прогиба и усилий в рельсовой плети при ее вывешивании / Сивова С. С., Линейцев В.Ю. // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников: в 3 частях. 2017. С. 124-126.

7. Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А. Высокоскоростные магистрали по территории Забайкальского края в системе устойчивого обеспечения туристопотока между Россией и КНР// Евсеева Ю.В., Кирпичников К.А. / Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей: Сборник научных трудов. Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов н/Д. 2017. С. 103-106.

В.Ю. Линейцев, В.А. Ильиных, Т.К. Осипова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ СБОРКИ НА ДИНАМИКУ ДВИЖЕНИЯ КОНУСА В ОТВЕРСТИИ ВТУЛКИ

В статье рассказывается об исследовании контактного взаимодействия деталей конического соединения при их сопряжении. В частности исследуются скорости движения вала в отверстии втулки. Приводится краткое поэтапное описание движения вала в стесненных условиях в отверстии втулки в отношении линейных и угловых скоростей движения вала. Определены амплитудные значения скоростей движения вала при моделировании. Показано, что снижение начальной сборочной скорости приводит к снижению сил контактного взаимодействия между поверхностями вала и втулки.

Ключевые слова: *моделирование, скорость движения*

Одним из параметров, оказывающих существенное влияние на динамику движения конического вала в отверстии втулки [1-3], является начальная скорость сборки соединения (см. рис.1).

В процессе сопряжения деталей конического соединения моделируется движение круглого конического шероховатого вала (см. рис.1) в стесненных условиях в отверстии круглой втулки. Конусность вала и втулки принята одинаковой 7:24.

На рис.2 в верхнем ряду показаны три графика линейных скоростей центра масс вала (м/с), а в нижнем ряду – три графика угловых скоростей движения (рад/с). Сборочная линейная скорость центра масс вала Vs=VPDCz=0.2 м/с принята в качестве исходной скорости. При моделировании процесс движения вала в отверстии втулки начинается при отсутствии контакта между поверхностями. Таким образом, скорость сборки соединения после запуска моделирования будет постоянной, а остальные 5 скоростей равны нулю в случае вертикально расположенной оси Z. При этом ось Z направлена вертикальной вниз и совпадает с направлением вектора силы тяжести.

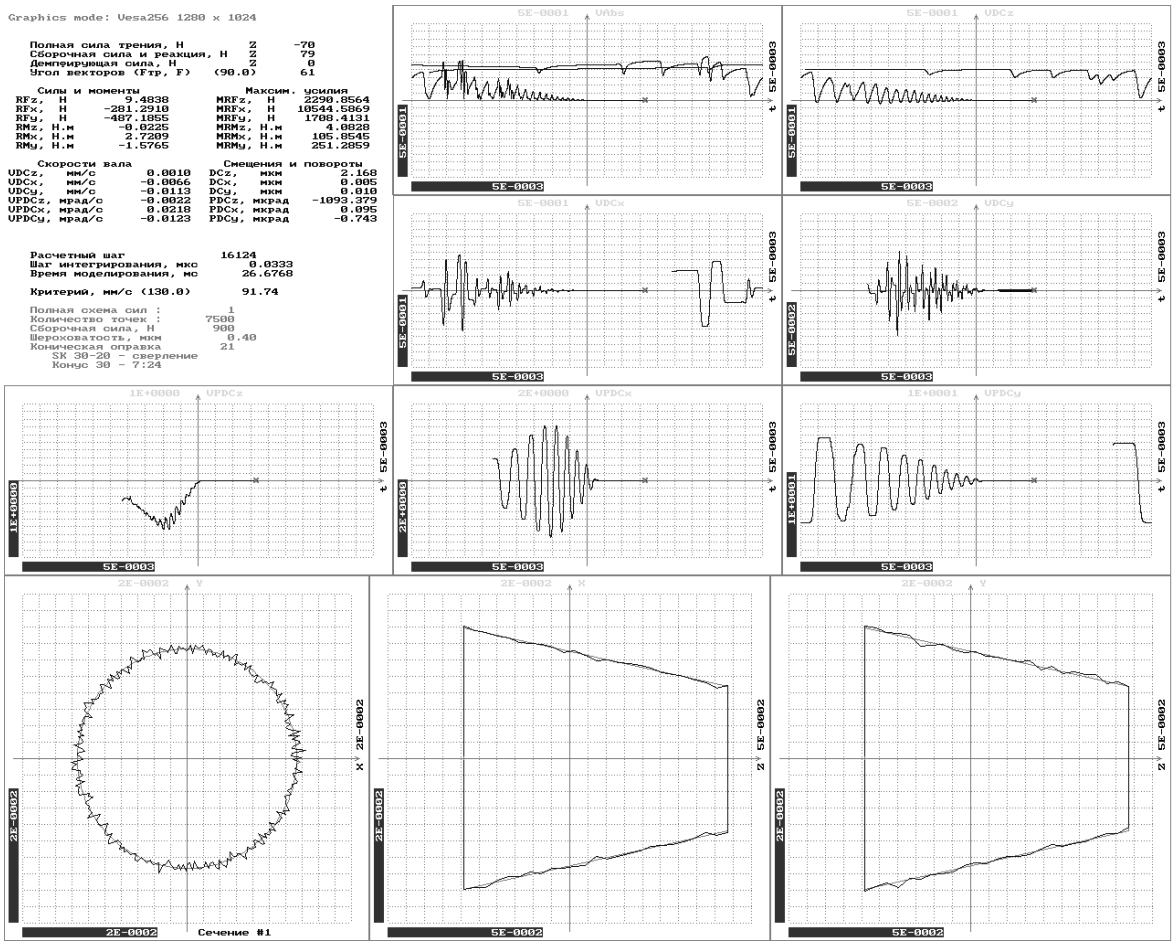


Рис. 1. Моделирование движения конуса в пространстве

Рассмотрим более подробно динамическую составляющую процесса формирования сопряжения деталей конического соединения (см. рис. 2).

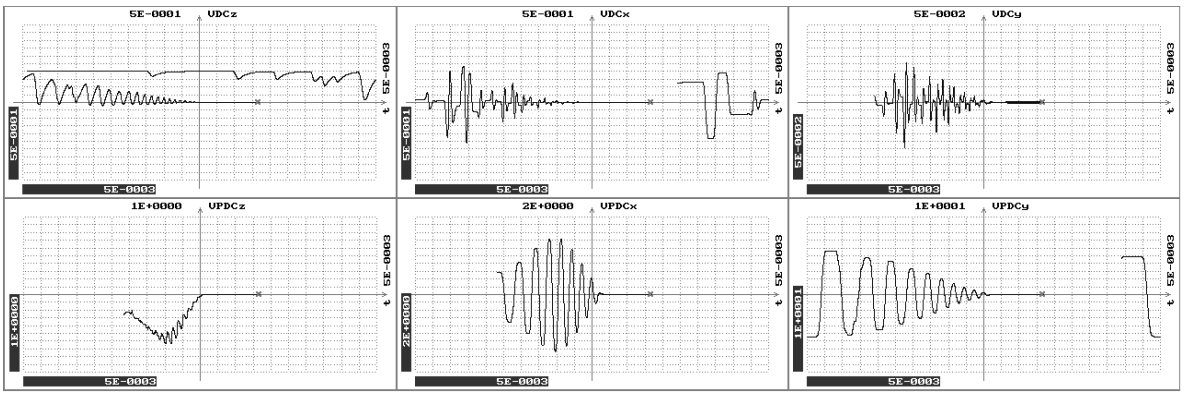


Рис. 2. Скорости движения конуса в пространстве (Vs=0.2 м/с)

При сближении поверхностей в местах максимальных шероховатостей возникают первые контактные точки и силы контактного взаимодействия. В процессе моделирования данные силы по правилу векторного сложения начинают влиять на движение вала, отклоняя его от начального положения по осям X и Y. Достаточно редкое на начальном этапе контактное взаимодействие незначительно снижает сборочную скорость VDCz, которая впоследствии восстанавливается за счет энергии приводного механизма. Хаотичным образом также меняются остальные 5 скоростей: VDCx, VDCy, VPDCz, VPDCx, VPDCy, амплитуды которых пока небольшие по сравнению со скоростью VDCz.

Продолжение процесса моделирования приводит к еще большему сближению взаимодействующих поверхностей и силы контактного взаимодействия практически останавливают сборку соединения относительно оси Z (см. рис.2, график VDCz в правой части). При этом возникает дребезг вала (значительно возросшие поперечные линейные и угловые скорости) по осям X и Y. Данный процесс занимает небольшое время, но приводит к тому, что линейная скорость практически восстанавливается до уровня начальной скорости 0.2 м/с (рис.2, график VDCz в левой части). Однако в силу малости оставшихся зазоров, скорость VDCz снова уменьшается до нуля, образуя осевое импульсное движение и колебательное движение по остальным осям.

Дальнейшее моделирование вызывает снижение импульсной скорости VDCz и возрастание амплитуды других скоростей, особенно угловых. Итого при исходной скорости Vs=0.2 м/с, амплитуда скорости VDCxmax=0.25 м/с, VDCymax=0.025 м/с, VPDCzmax=0.63 рад/с, VPDCxmax=1.50 рад/с, VPDCymax=0.57 рад/с. При этом суммарная абсолютная скорость на конце вылета вала длиной 0.2 м составит 0.33 м/с, что в 1.6 раза превышает исходную скорость сборки соединения.

На рис.1 (слева вверху) общее время моделирования составляет 26.67 мс, а основные вибрационные явления происходят за последние 6 мс. Таким образом, среднее ускорение конца вала составляет 0.33/0.006=55 м/с^2. При этом максимальное ускорение будет на порядок больше.

Это может привести к значительным вибрациям в процессе сборки, дребезгу и неточно собранному соединению. Значительные контактные силы вызовут чрезмерный износ контактирующих поверхностей и снижение точности сборки соединения при многократной его сборке согласно [4-9].

Снижение начальной скорости сборки до VDCzmax=0.033 м/с приведет к снижению линейных скоростей (VDCxmax=0.037 м/с, VDCymax=0.015 м/с) и практически неизменному значению амплитудных угловых скоростей (VPDCzmax=0.8 рад/с, VPDCxmax=0.8 рад/с, VPDCymax=1.3 рад/с). При этом окончательная установка вала в отверстие втулки происходит за 2 мс (см. рис.3).

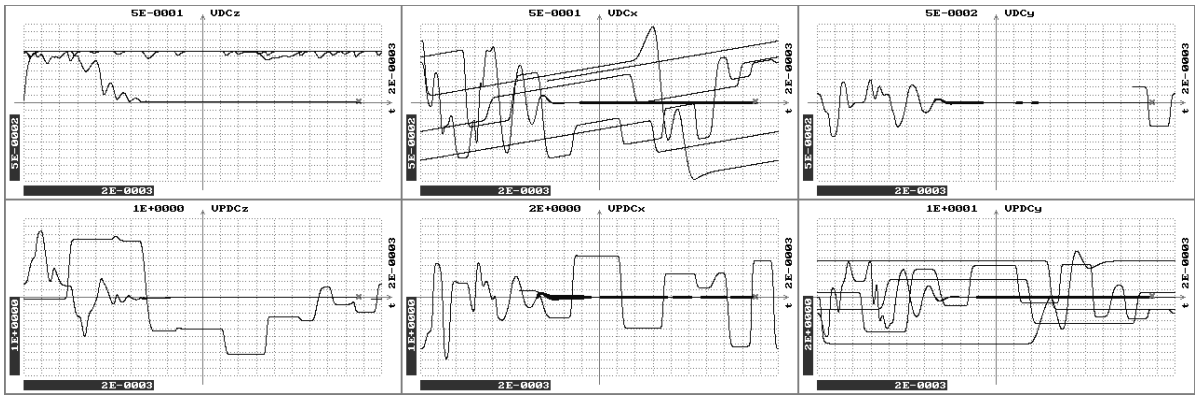


Рис. 3. Скорости движения конуса в пространстве (Vs=0.033 м/с)

Анализ графиков скоростей (рис.3) показывает, что в случае сборочной скорости Vs=0.033 м/с, колебательный процесс уже не так очевиден, скорее он ступенчатый. Это позволяет сделать вывод о снижении ускорений на конце вылета вала, и, как следствие, снижение величин сил контактного взаимодействия и более медленный износ контактирующих поверхностей при многократной сборке соединения.

Таким образом, уменьшение сборочной скорости до 0.033 м/с позволяет повысить точность сборки конического соединения в условиях его многократного закрепления.

Список литературы

1. Линейцев В. Ю. Контактная прочность, жесткость и точность разъёмных неподвижных конических соединений в инструментальных системах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн. наук // Иркутск, 2006.

2. Свидетельство об отраслевой регистрации программы для ЭВМ. Моделирование сопряжения деталей конического соединения / Линейцев В. Ю., Ильиных В. А., Лукьянов П. Ю. № 5948 от 30.03.2006.

3. Имитационное моделирование сопряжения деталей конического соединения. / Линейцев В. Ю., Ильиных В. А., Ярилов В. Е. //

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017615937.

4. Ильиных В. А., Линейцев В. Ю., Рожкова Е. А. Расчет напряженно-деформированного состояния ступицы с РК-профильным отверстием // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010. № 3. С. 69-73.

5. Расчет на прочность РК-3-профильных соединений с натягом / Рожкова Е. А., Ильиных В. А., Линейцев В. Ю. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 2. С. 17-20.

6. Линейцев В. Ю., Ильиных В. А. Имитационное моделирование деталей конического соединения на основе РК-3 профильных кривых // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 2 (46). С. 51-55.

7. Максютин А. М., Линейцев В. Ю. Обработка результатов имитационного моделирования сопряжения РК-3 профильных конических поверхностей // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 58-63.

8. Линейцев В. Ю., Ильиных В. А., Ярилов В. Е. Исследование конических РК-3 профильных соединений на точность и жесткость. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 1 (53). С. 36-39.

9. Линейцев В. Ю., Ильиных В. А. Учет износа при имитационном моделировании сборки РК-3 профильных конических соединений // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 2 (54). С. 26-30.

В.Ю. Линейцев, М.О. Бисярина
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

Н.В. Скворцова
Дирекция инфраструктуры ЦДМ,
г.Чита, Россия

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА РАННИХ СТАДИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В статье описываются виды земляного полотна, основные дефекты и деформации земляного полотна, приводится список видов и

методов контроля за состоянием земляного полотна, дается описание и назначение диагностического комплекса Интеграл, а также существующего программного обеспечения, необходимого для учета неисправностей земляного полотна. В процессе разработки нового или модернизации существующего программного обеспечения формулируются основные требования к нему, в т.ч. описывается основная структура базы данных дефектов земляного полотна.

Ключевые слова. *земляное полотно, дефекты земполотна, диагностика*

Земляное полотно железной дороги – комплекс инженерных сооружений из грунтов, служащее основанием для верхнего строения пути. Земляное полотно обеспечивает выравнивание земной поверхности и необходимые план, профиль и устойчивость железнодорожного пути, воспринимает нагрузки от рельсошпальной решетки, балласта и подвижного состава, равномерно распределяя их на нижележащий естественный грунт. Основные типы земляного полотна – насыпи (1), выемки (2), полунасыпи (3), полувыемки (4), полунасыпи-полувыемки (5), нулевые места (6) (см. рис. 1).

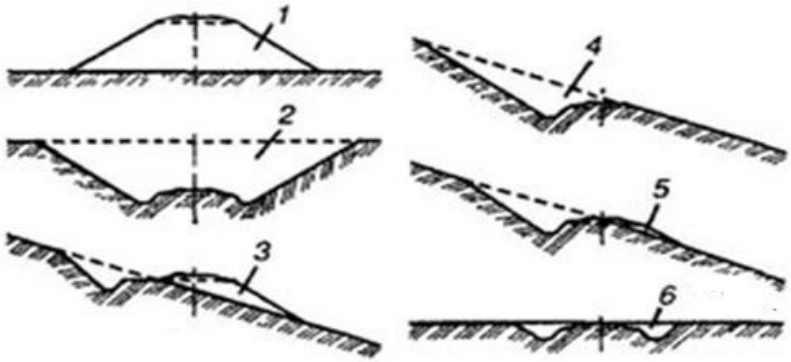


Рис. 1. Типы земляного полотна

Текущее содержание земляного полотна состоит из надзора за его состоянием, изучения причин появления неисправностей и их ликвидации, а также выполнения необходимых работ, обеспечивающих исправное состояние земляного полотна и его сооружений, что устанавливается на основе его осмотров и обследований.

За земляным полотном и его сооружениями должен быть организован мониторинг, включающий: систематический надзор; текущие осмотры; периодические осмотры; специальные обследования

и наблюдения; режимные наблюдения; постоянные наблюдения (посты наблюдения).

При проведении текущих осмотров выявляются места с нарушениями водоотводных сооружений, повреждениями укрепительных и защитных устройств, трещины и разрывы на обочинах, откосах, а также другие дефекты и деформации. Осмотры, проводимые в периоды подготовки к пропуску весенних и ливневых вод, должны выявлять наличие выпусков из дренажей, канав и русел водопропускных труб, своевременность вскрытой их от снега, а также выполнение планов мероприятий по водоборьбе.

Дефекты земляного полотна являются следствием недоработок при его проектировании земляного полотна, проектировании защитных и укрепительных сооружений, нарушении технологии строительного процесса и временной эксплуатации железнодорожных линий, неудовлетворительного текущего содержания и ремонтов железнодорожного пути.

Деформации земляного полотна возникают в следующих случаях: при недостаточной несущей способности грунтов, из которых оно возведено; несоответствии мощности верхнего строения пути нагрузкам от обращающегося подвижного состава; при недостаточной защите грунтов земляного полотна от неблагоприятных воздействий климатических и инженерно-геологических факторов (оползней, селей, наводнений). Низкое качество содержания земляного полотна, когда не обеспечивается отвод поверхностных и грунтовых вод, несвоевременно устраняются мелкие повреждения защитных и укрепительных устройств, не ликвидируются причины снижения несущей способности грунтов, и другие нарушения приводят к перерастанию мелких повреждений в опасные деформации, угрожающие безопасности движения поездов.

Дефекты и деформации земляного полотна подлежат устранению в процессе текущего содержания пути, при планово-предупредительных ремонтах верхнего строения пути, а также при ремонтах и усилении земляного полотна по индивидуальным проектам.

Наиболее распространенными дефектами земляного полотна являются: балластное корыто, балластное ложе, балластный мешок, балластное гнездо. Также к дефектам земляного полотна относятся и откосы с запредельной крутизной.

В современных условиях применяется несколько видов и методов контроля за состоянием земляного полотна: визуальный контроль; метод измерения упругих осадок; сейсмический метод; инженерно-геодезический метод; метод инженерно-геологического бурения; метод

электродинамического зондирования (динамического зондирования); метод оценки качества основания пути с помощью нагрузочного комплекса ЛИГО СМ-460; метод оценки состояния пути по лентам вагона-путеизмерителя; гео-радиолокационный метод.

Одним из современных устройств, позволяющих контролировать состояние земляного полотна, является диагностический комплекс Интеграл (см. рис.2). Он заменяет собой 7 отдельных вагонов-дефектоскопов: вагон-дефектоскоп, вагон-путеизмеритель, скоростную путеобследовательскую станцию, тоннелеобследовательскую станцию, вагон-лабораторию контактной сети, вагон контроля параметров средств железнодорожной автоматики и телемеханики, вагон контроля параметров радиосвязи. Комплекс оборудован автоматизированной системой георадиолокации земляного полотна и системой визуального обнаружения дефектов.

Рис. 2. Диагностический комплекс «Интеграл»

Интеграл представляет собой три вагона: первый - купейный вагон для проживания персонала "Интеграла", второй - вагон конференц-зал и столовая. Сотрудникам приходится в прямом смысле обедать на ходу. Замыкает состав самый главный вагон - лаборатория. При помощи устройства радиосвязи команда "Интеграла" общается как со станциями, передавая оперативную информацию, так и с локомотивной бригадой электровоза.

Диагностический комплекс делает 3D-скан окружающего пространства при помощи хвостовых датчиков. Поезд может диагностировать инфраструктуру в любое время суток.

К недостаткам комплекса можно отнести то, что вся информация, полученная вагоном в ходе обследования, в частности земляного полотна, сохраняется исключительно на машинах, установленных в «Интеграле», без возможности экспорта в другие программы. Существует только возможность сохранить данные картинкой на

бумажный носитель или в растровом формате. При этом для комплексной оценки состояния земляного полотна, необходимо иметь различную по источникам данных информацию, будь то определенный километр или дистанция пути в целом.

В настоящее время для построения наиболее полной картины состояния земляного полотна производится «ручной» сбор и формирование сводной таблицы технических параметров в формате MS Excel (рис. 3). Исходными данными для такой таблицы помимо заездов ИНТЕГРАЛа являются и данные других диагностических средств: ЭРА, ЦНИИ-4, КВЛ-П с георадаром, нагрузочные поезда СМ-460 или СПМ-18, а также результаты натурных осмотров.

Недостатками данной формы является длительное и внимательное ее заполнение и отсутствие средств визуального анализа. Программа не позволяет подгружать дополнительную графическую информацию, в частности, результаты гео-радиолокации земляного полотна и др.

В то же время в рамках текущего содержания искусственных сооружений получила распространение программа ЕК АСУИ (Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой), в которой по объекту учета можно проанализировать информацию, полученную из различных осмотров пути (натурные, инструментальные, путеизмерительные) (см. рис. 4).

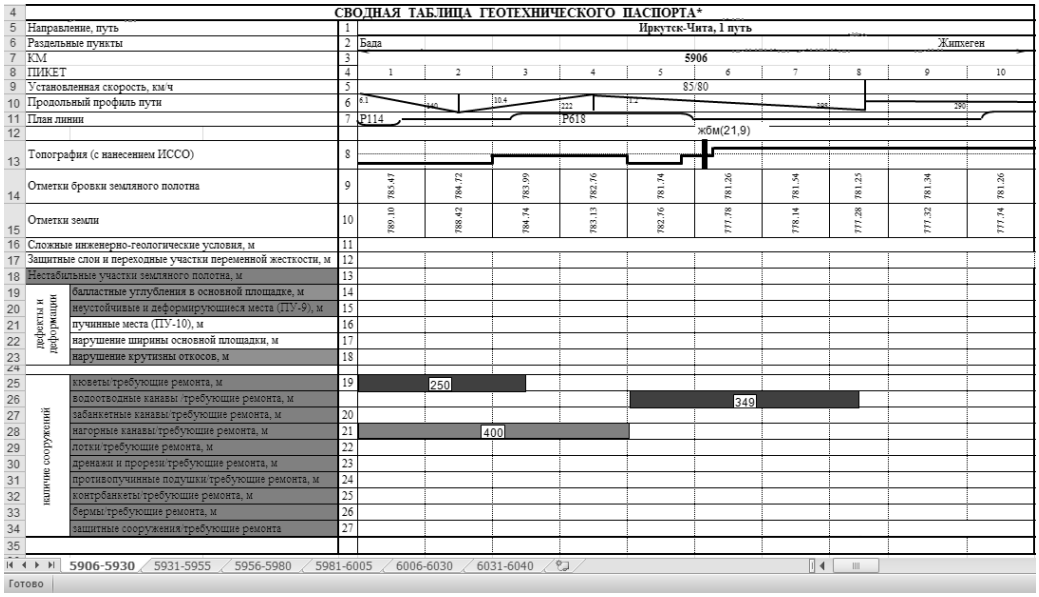


Рис. 3. Форма программы «Геотех»

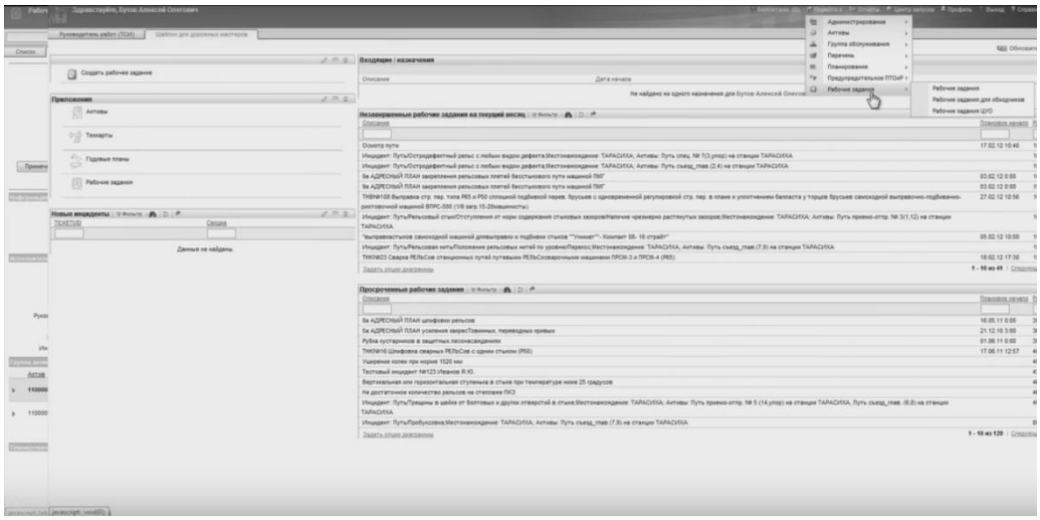


Рис. 4. Окно программы ЕК АСУИ

В программе существует достаточно много инструментов, позволяющих вносить информацию, следить за статусом записей, выводить данные в графическом виде и экспортировать их в другие программы. Программа разработана с использованием сетевых запросов и разграничением прав доступа к данным.

Методика определения «больных» участков земляного полотна на ранних стадиях предполагает разработку аналогичного программного обеспечения, либо расширение функций программы ЕК АСУИ, с построением базы данных по техническим параметрам состояния земляного полотна и ее оперативного ведения для отдельных километров и участков железной дороги в целом.

При этом в программу должны быть включены инструменты табличного, статистического и визуального плоского и 3D моделирования. По каждому из дефектов в базе данных должна быть заведена своеобразная карточка, чтобы внутри которой по датам и километрам, пикетам и другим индексируемым полям была возможность проследить историю возникновения, развития, стабилизации или ликвидации дефекта. Одновременно должен быть проведен учет всех мероприятий, выполненных для снижения темпов развития дефекта, его стабилизации или ликвидации.

Разработка нового или модернизация существующего программного обеспечения поднимет качество учета «больных» участков земляного полотна, а также на ранних стадиях поможет выявить опасное развитие существующих и спрогнозировать возникновение новых дефектов, что в свою очередь позволит повысить надежность работы земляного полотна и железной дороги в целом.

Список литературы

1. Линейцев В. Ю. Определение объемов земляных работ при автоматизированном построении продольных профилей железных дорог в CAD-системах. / Линейцев В. Ю., Кирпичников К. А., Ворончихин К. Ю., Непомнящих Е. В. // Безопасность регионов – основа устойчивого развития. 2012. Т. 1-2. С. 319-325.

2. Линейцев В. Ю. Определение параметров асимметричной железнодорожной кривой / Линейцев В. Ю. // Безопасность регионов – основа устойчивого развития. 2014. Т. 1-2. С. 355-360.

3. Линейцев В. Ю. САПР-технологии при проектировании параметров пути / Линейцев В. Ю. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2016. Т. 1. С. 477-482.

4. Линейцев В. Ю. Спрямление трассы железной дороги, как эффективная мера по увеличению ее пропускной и провозной способности / Линейцев В. Ю. // Транссиб: на острие реформ / Материалы международной научно-практической конференции. Иркутский государственный университет путей сообщения; Забайкальский институт железнодорожного транспорта. 2016. С. 82-86.

5. Линейцев В. Ю. Определение длины прогиба и усилий в рельсовой плети при ее вывешивании / Сивова С. С., Линейцев В. Ю. // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников: в 3 частях. 2017. С. 124-126.

6. Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А. Высокоскоростные магистрали по территории Забайкальского края в системе устойчивого обеспечения туристопотока между Россией и КНР // Евсеева Ю. В., Кирпичников К. А. / Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей: Сборник научных трудов. Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов н/Д. 2017. С. 103-106.

А. В. Макаров
Научный центр «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо-рельс» НЦ «ЦПРК», АО «ВНИИЖТ», г. Москва, Россия

НАГРУЗОЧНАЯ ДИАГНОСТИКА В ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗАТЯЖКИ КЛЕММ СКРЕПЛЕНИЙ

В статье рассмотрена проблема определения степени затяжки прикрепителя промежуточных рельсовых скреплений через величину их деформации под нагрузкой с применением нагрузочного комплекса СПМ-18 и его аналогов.

На основе исследований разработана методика оценки устойчивости бесстыкового пути против выброса, учитывающая текущую величину затяжки прикрепителя.

Ключевые слова: *нагрузочная диагностика скреплений, величина затяжки скреплений, удерживающая способность рельсовых скреплений; вероятность безопасной работы; бесстыковой путь; выброс пути*

С целью решения задач в области определения фактического уровня безопасности объекта путевой инфраструктуры, необходим механизм вычисления текущего состояния устойчивости бесстыкового пути.

Актуальность задачи очевидна на примере статистики выхода из строя элементов конструкций промежуточных рельсовых скреплений. Основные проблемы, связанные с деформацией элементов промежуточных рельсовых скреплений:

- дефекты шпал вследствие разрыва и выдавливания упругой прокладки скрепления ЖБР-65;
- дефекты шпал связанные с ослаблением затяжки закладных болтов скрепления ЖБР-65;
- дефекты упругой прокладки скрепления ЖБР-65Ш;
- излом шурупа в скреплении ЖБР-65Ш;
- дефекты полимерных изолирующих уголков скрепления АРС;
- трещина в упругой прокладке;
- скол упругой прокладки;
- потеря геометрических параметров и упругих свойств подрельсовой прокладки;

- излом полимерной вставки и выход из зацепления уса клеммы из-под шайбы с внешним диаметром 50мм;
- выход из зацепления уса клеммы из-за применения шайбы с внешним диаметром 50мм;
- излом реборды, шайба не прижата к опорной площадке, что не обеспечивает нормативное прижатие клеммой подошвы рельса;
- спекание и износ подрельсовой прокладки.

На сети железных дорог широко применяются конструкции бесподкладочных скреплений с упругими клеммами. Сила прижатия клемм к верхней плоскости подошвы рельса напрямую зависит от величины затяжки прикрепителя.

Из-за ослабления клемм на отдельных участках плети или на всем ее протяжении как правило происходит нарушение устойчивости пути Соответственно, измерение затяжки клемм промежуточных скреплений необходимо для своевременного выявления недостаточного усилия их прижатия к рельсу. Известны следующие средства и способы контроля состояния промежуточных скреплений в пути:

- диагностические комплексы «ЭРА» и «ИНТЕГРАЛ» выполняют видеофиксацию, оценку состояния шпал и скреплений при уширении колеи за счет отжатий рельсов более заданного порога [1];
- с помощью ручного путеизмерителя РПИ возможно производить как визуальный осмотр, так и видеопротоколирование.

Данные средства диагностики наряду с определением основных параметров производят видеозапись пути с помощью бортовых средств. При обработке записи определяют неисправные элементы [2].

Кроме перечисленных способов существует визуальный осмотр пути с промерами его параметров [3] и ручное измерение усилия прижатия клемм с помощью динамометрических устройств УИСПК-1 и АпАТэК-ИПК-1. Момент затяжки прикрепителя клемм определяют с помощью динамометрического ключа.

Перечисленные способы нуждаются в существенной доработке, так как имеют низкую производительность и высокую зависимость от «человеческого фактора», связанного с постобработкой получаемых данных. Для увеличения эффективности определения прижатия клемм и момента затяжки прикрепителей промежуточных скреплений необходим современный способ диагностики величины затяжки клемм промежуточных рельсовых скреплений в пути.

Для решения этой задачи автором разработана методика нагрузочной диагностики с применением комплексов СПМ-18 и СМ-460.

Нагрузочные комплексы (поезда) СПМ-18 и СМ-460 предназначены для обследования пути по оценке его деформативности. В состав комплекса СПМ-18 входят две железнодорожные платформы (порожняя и груженая), создающие тарированные осевые нагрузки на путь. Измерительное оборудование фиксирует упругую осадку подрельсового основания под обеими платформами, и по разнице измерений можно судить о состоянии верхнего строения пути и земляного полотна.

По разнице деформации узлов рельсовых скреплений от платформ с разной весовой нагрузкой можно определить усилие затяжки прикрепителей упругих клемм. При этом конструктивного изменения имеющегося оборудования на нагрузочном комплексе СПМ-18 не требуется, нужно лишь изменить обработку получаемых по результатам проезда данных и определить функции пересчета разницы деформирования узла скрепления в момент затяжки прикрепителя.

На экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» был проведен ряд натурных экспериментов с применением комплекса СПМ-18 при различной затяжке прикрепителей на опытном звене. По данным исследований разработана «Методика контроля величины затяжки прикрепителей промежуточных рельсовых скреплений и оценки состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов нагрузочного комплекса СПМ-18».

Особенность комплекса СПМ-18:

Схема измерения на каждой из платформ состоит из трех лазерных датчиков положения шпал, двух датчиков продольного уровня, расположенных по оси платформы, и двух датчиков оси ходовой тележки по каждому из бортов платформы. Три датчика подшпального основания находятся на расстоянии 3,2 м (первый и второй) и 6,47 м (второй и третий) друг от друга в трех поясах (сечениях). Измерительные пояса находятся вне зоны линии прогиба пути от нагрузки ходовых тележек, поэтому пространственное (вертикальное) положение шпал в этих сечениях может считаться неизменным для обеих платформ с различной осевой нагрузкой. Для привязки положений датчиков к единой системе отсчета, в которой будут вычисляться упругие осадки, используются данные линейных положений измерительных рам с расположенными на них датчиками рельса и подшпального основания. [4]

Для скрепления ЖБР-65Ш была найдена следующая эмпирическая формула для расчетного значения момента затяжки прикрепителя $M_р$, Н•м, при разнице деформаций скреплений от вертикальной нагрузки 115 и 50 кН:

$M_р = 1550(\Delta Д_{скр})^3 - 2540,5(\Delta Д_{скр})^2 + 673,83(\Delta Д_{скр}) + 323,21,$

где $\Delta Дс_{кр}$ — разница значений деформации скрепления по результатам испытаний при вертикальной силе 50 и 115 кН, мм [5].

Результаты вычислений при различных $\Delta Д_{скр}$ для ЖБР-65Ш сведены в таблицу и представлены на рисунке.

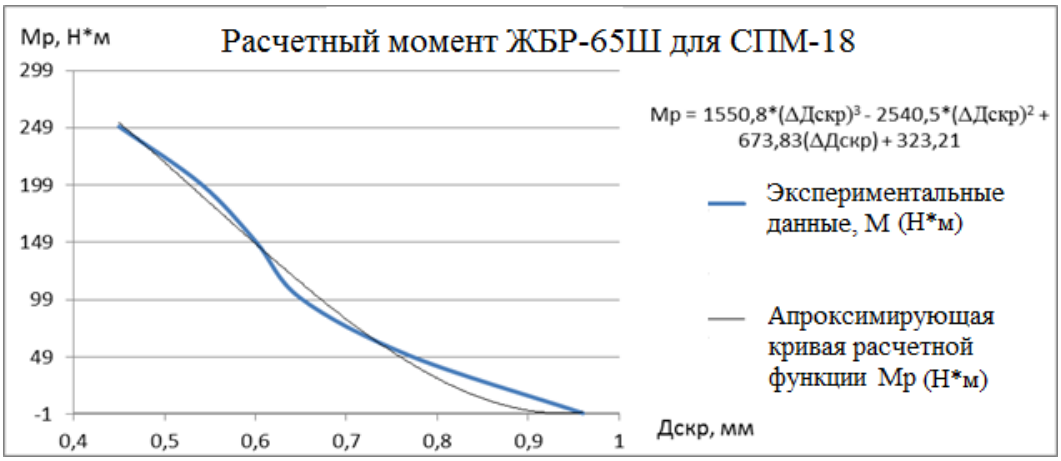


Рис. 1. Результаты вычислений при разнице значений деформации скрепления для ЖБР-65Ш

Для скрепления КБ-65 расчетное значение функции момента затяжки прикрепителя при разнице деформаций скреплений от вертикальной нагрузки Р = 115 кН и Р = 50 кН определяем по формуле:

$Мр= -24896 * (\Delta Дскр)^3+43760 * (\Delta Дскр)^2 - 26279 * (\Delta Дскр)+5542,4$

где Мр - расчетное значение функции момента затяжки прикрепителя, Н*м;

ΔДскр - разница значений деформации скрепления из результатов испытаний при вертикальной силе 50 кН и 115 кН, мм.

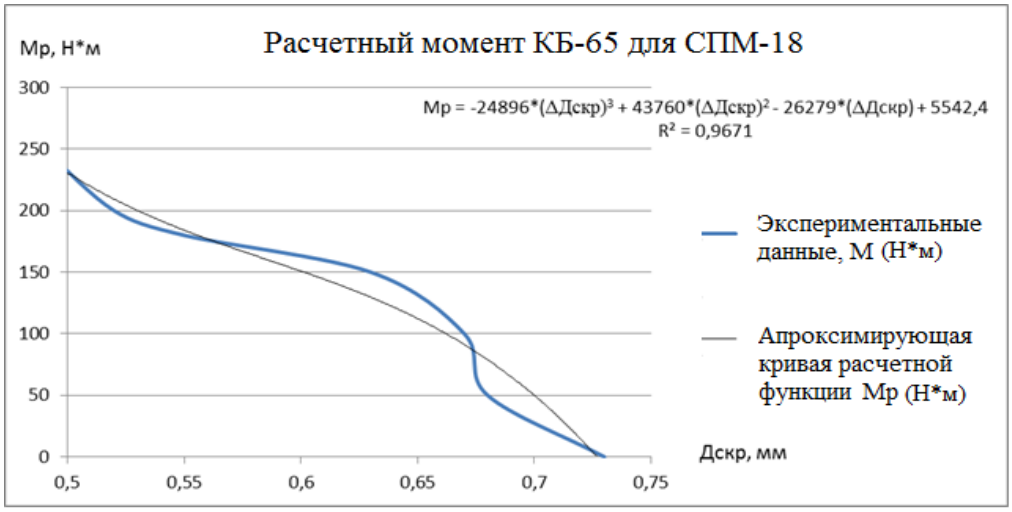


Рис. 2. Результаты вычислений при разнице значений деформации скрепления для КБ-65

Для скрепления ЖБР-65 расчетное значение функции при разнице деформаций скреплений от вертикальной нагрузки Р = 115 кН и Р = 50 кН определяем по формуле:

$$Мр=1184,3*(\Delta Дскр)^2-2749,4*(\Delta Дскр)+1590,9$$

где Мр – расчетное значение функции момента затяжки прикрепителя, Н*м;

ΔДскр – разница значений деформации скрепления из результатов испытаний при вертикальной силе 50 кН и 115 кН, мм.

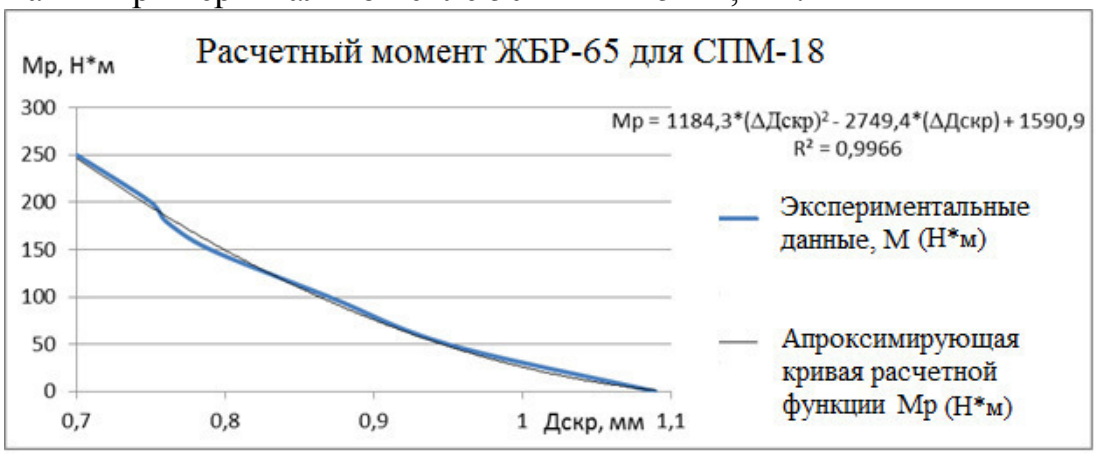


Рис. 3. Результаты вычислений при разнице значений деформации скрепления для ЖБР-65

Для скрепления АРС-4 расчетное значение функции при разнице деформаций скреплений от вертикальной нагрузки Р = 115 кН и Р=50 кН определяем по формуле:

$$Мр= - 3,64\ln*(\Delta Дскр) -0,6782,$$

где Мр – расчетное положение монорегулятора (Н*м);

ΔДскр – разница значений деформации скрепления из результатов испытаний при вертикальной силе 50кН и 115кН, (мм).

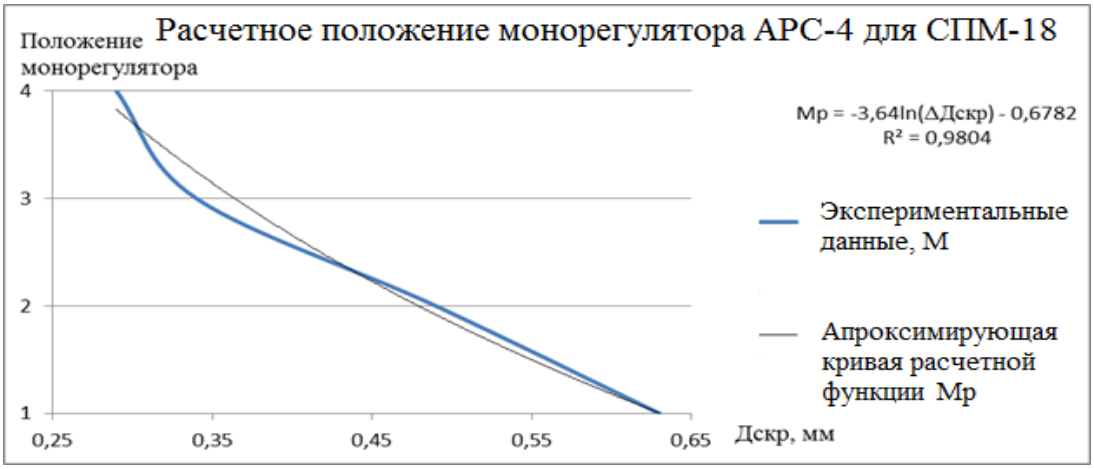


Рис. 4. Результаты вычислений

Из приведенных данных видно, что между ослаблением затяжки шурупа и $\Delta Д_{скр}$ имеется прямая зависимость: чем значительнее разница в деформации скреплений от большой и малой нагрузок, тем слабее затяжка.

В результате измерений становиться возможным определять величину затяжки скреплений, выявлять места с ослаблением коэффициента устойчивости пути, а также потерей оптимальной температуры закрепления рельсовых плетей.

Вывод. Используя метод нагрузочной диагностики, возможно с помощью комплекса СПМ-18 и его аналогов контролировать момент затяжки прикрепителей промежуточных скреплений с высокой точностью. Отсюда становится возможным выявлять опасные по устойчивости участки пути, прогнозировать отказ (выброс пути), адресно планировать замену вышедших из строя элементов или обоснованно назначать ремонт и затяжку прикрепителей до нормативной величины. Следовательно автоматизированный скоростной контроль состояния скреплений позволит сократить расходы на текущее содержание пути и повысить безопасность движения поездов.

Список литературы

1. Инструкция по оценке состояния инфраструктуры с использованием новых диагностических средств комплексной диагностики инфраструктуры ОАО «РЖД» («ИНТЕГРАЛ», «ЭРА»). Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 05 ноября 2011 г. № 2615р. С 99.

2. Классификатор отступлений от норм устройства рельсовой колеи для обработки и анализа информации, полученной в результате работы систем видеонаблюдения. Утвержден распоряжением Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» от 20 февраля 2016 г. № ЦДИ-61р. С 19.

3. Руководство по комплексной оценке состояния участка пути (километра) на основе данных средств диагностики и генеральных осмотров пути ОАО «ВНИИЖТ» (в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 20.01.2012 № 72р). М., 2009. 24 с.

4. Инструкция по оценке деформативности подрельсового основания нагрузочным поездом. Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 15 августа 2012 г. № 1648р. С. 5.

5. Макаров А. В., Оценка состояния конструкций скреплений в пути в зависимости от их деформируемости // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2015. № 3. С. 53-56.

6. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14 декабря 2016 г. № 2544р.

Е.В. Шехтман, З.Б. Дашинимаев
«Забайкалжелдорпроект»,
г. Чита, Россия

Сигачев Н.П., Клочков Я.М.
ИПРЭК СО РАН,
г. Чита, Россия

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО УТЕПЛЕННОМУ ПРОПУСКУ ДРЕНАЖНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГТМ «ДИАТОМИК» НА УЧАСТКЕ 7185КМ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В статье приведены результаты натурных опытных работ. Цикл наблюдений составил 1 год. Сделаны выводы по улучшению эксплуатационных показателей и состояния железнодорожного пути.

Ключевые слова: *утепление дренажных сооружений, гранулированный теплоизоляционный материал «ДиатомИК», мерзлотно-грунтовые условия*

Отвод поверхностных, грунтовых и подземных вод является первоочередной задачей, как в районах вечной мерзлоты, так и в районах с сезонным промерзанием грунтов [1, 2].

1. Вода приносит большее количество теплоты за счет конвективного теплообмена, в отличии от солнечной радиации, которая приносит тепло за счет кондуктивного теплообмена. Т.е. вода в большей степени влияет на оттаивание вечной мерзлоты.

2. Переувлажнение грунтов водой в летний период приводит к разжижению и потере несущей способности грунтов. И соответственно к просадкам и перекосам пути.

3. Переувлажненное состояние грунтов осенью, приводит к «пучинам» в зимний период.

Для перехвата и отвода подземных вод от ж.д. путей устраиваются дренажи и лотки. За много лет эксплуатации они деформируются и имеют дефекты. В основном они вызваны разрушением ж.б. конструкций из-за

замерзания воды внутри сооружений (Рис. 1), а также пучинам и осадкам грунтов под ж.б. конструкциями лотков и дренажей. В следствие происходит прекращение нормального отвода воды. 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.

На основе свойств ГТМ «ДиатомИК» разработаны принципы его работы в водоотводных дренажах [3]. Основным принципом ГТМ «ДиатомИК» является возможность свободного просачивания воды в любое время года и утепление в зимний период. Утепленный дренаж позволяет производить осушение грунтов как минимум до середины зимнего периода.

Рис. 1. Образование наледей при постоянном гидравлическом напоре. Слева в смотровом колодце (СК), справа с подкюветного дренажа

Что обеспечивает во многих случаях полное промерзания грунтов водоносного горизонта с прекращением фильтрации воды. Таким образом устраняются: образования наледей, наледных пучин (гидро-лакколитов), и пучин; влияющие на стабильность ж.д. пути.

Опытно-экспериментальные работы на Забайкальской ж.д. проведены для определения эффективности утепления и достаточной пропускной способности. Выбор участка проведен с учетом особенностей действующей ж.д. инфраструктуры и возможного устранения последствий:

- Наибольшей необходимости утепления дренажных сооружений по Забайкальской ж.д.;
- Относительно простого исполнения работ по монтажу ГТМ «ДиатомИК» в целях уменьшения трудо-затрат;
- Возможности вскрытия ГТМ «ДиатомИК» с целью детального определения изменений его свойств и надежности его работы;

- Возможности демонтажа ГТМ «ДиатомИК» при отрицательном воздействии на технические и эксплуатационные показатели дренажа и ж.д. пути;

Рис. 2. «Утепленный» выпуск дренажных вод на 7185км

Выбран участок (см. рис.2) на 7185км Ерофей-Павловичской дистанции пути Забайкальской ж.д. По мерзлотно-гидрогеологической карте участок расположен в зоне распространения порово-трещинно-пластовых подземных вод в рыхлых и слаболитифицированных терригенных отложениях неоген-четвертичного возраста. Питание и последующая разгрузка подмерзлотных вод осуществляется по зонам тектонических нарушений. Транзит подземных вод зависит от распространения вечной мерзлоты. Выходы подземных вод зависят от сезонного промерзания грунтов.

Наличие постоянного подтока подземных вод и изменения мерзлотно-грунтовых условий при строительстве ж.д. линии, привели к разгрузке подземных вод в непосредственной близости ж.д. путей. Для отвода подземных вод был построен дренаж длиной 150 в пределах ПК5+00 - ПК6+50 7185км. По данным паспорта форму ПУ-9 впервые в 1959, 61 и 62 годах проявились наиболее значимые деформации ж.д. пути, вызванные образованием наледей. В зиму 1971-72 гг. вблизи ж.д. путей внезапно появлялись гидро-лакколиты в количестве 5 штук в т. ч. 2 штук со стороны 1 пути, а 3 шт. со стороны 2 пути, кроме того на ПК7+20 7185км путевая будка со стороны 2 пути, на расстоянии 40м от путей заливалась водой. Характерно, что обозначенные гидро-лакколиты не находятся на одном и том же месте, а со временем блуждают, появляясь в непосредственной близости к ж.д. пути, а иногда

под земляным полотном. Например, внезапно появлялись «горбы» на пути высотой от 80 до 200мм на ПК3-5. Основной причиной образования гидро-лакколитов, является промерзание выходного лотка (рис. 3).

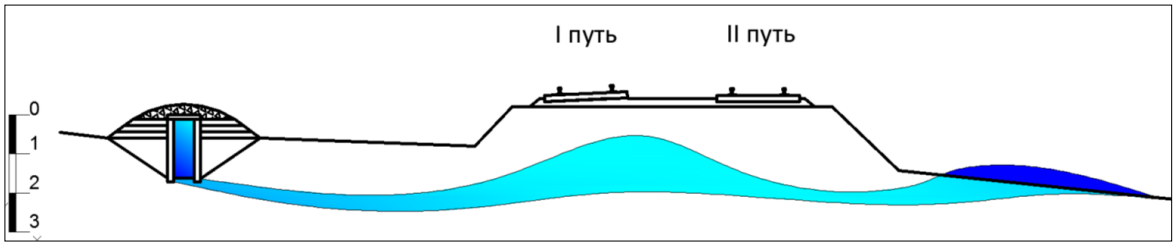


Рис. 3. Схема образования гидро-лакколитов и пучин на участке 7185км

Рис. 4. Монтаж ГТМ «ДиатомИК»

Монтаж ГТМ «ДиатомИК» произведен на всю глубину выпускного шпального лотка (см. рис. 4 и 5). Так же произведена теплоизоляция смотрового колодца (СК-1 см. на рис. 5), с помощью ГТМ «ДиатомИК» заполненного в геотекстильный мешок.

Для наблюдений за температурой и уровнем воды устроены наблюдательные скважины.

В общем наблюдается значительное сохранение температуры воды в шпальном лотке, что обеспечивает нормальный выпуск воды и сток воды, при полном замерзании ручьев и рек в районе ст. Ерофей-Павлович на 01 ноября 2016 г. В смотровом колодце СК-1 утепленном ГТМ «ДиатомИК» значительное сохранение температуры, в отличии от СК-2.

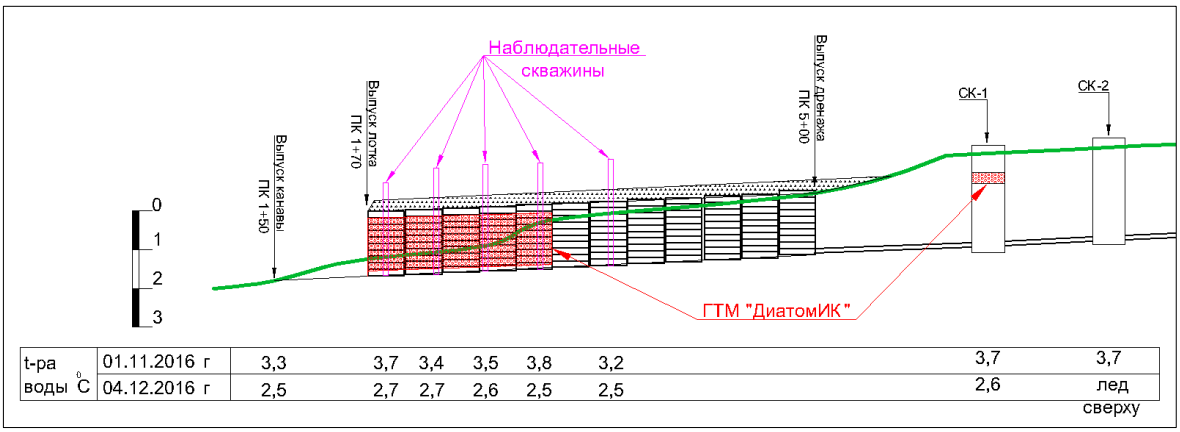


Рис. 5. Схема устройства ГТМ «ДиатомИК» и результаты мониторинга

При фильтрации воды по ГТМ «ДиатомИК» даже наблюдается некоторое повышение температуры воды.

В летний период оттаивание массива ГТМ «ДиатомИК» происходило несколько медленнее. В конце июля массив ГТМ «ДиатомИК» полностью оттаял и температура составляла: +2 ^{0}С на (28.07.2017) и +10 ^{0}С на (21.09.2017).

ГТМ «ДиатомИК» не разрушился и сохранил свои теплотехнические свойства.

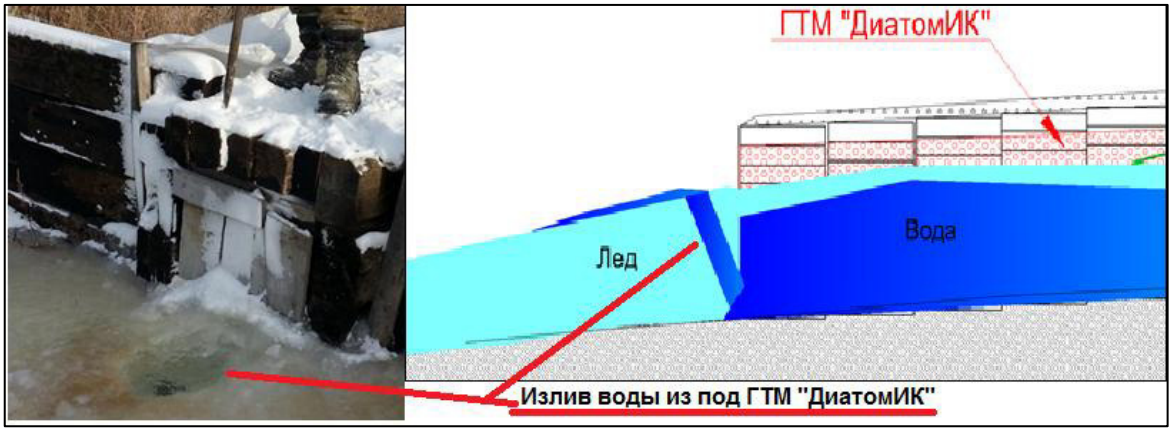


Рис. 6. Излив воды с ГТМ «ДиатомИК» с выпускного лотка

Линейными работниками, обслуживающими участок 7185км отмечены предварительные результаты опытно-экспериментального применения ГТМ "ДиатомИК":

- легкость и простота монтажных работ при устройстве теплоизоляции дренажа из ГТМ «ДиатомИК».

- достаточное утепление смотровых колодцев дренажа, с помощью материала ГТМ «ДиатомИК»;

- достаточная фильтрация воды через материал ГТМ «ДиатомИК»;

Для оценки влияния ГТМ «ДиатомИК» на состояние ж.д. пути, проведен анализ данных вагонов-путеизмертелей программным комплексом «StabWay» НПЦ «Инфотранс» [2].

Произведено сравнивание графиков ССКО за два зимних периода:

1) ноябрь 2015-март 2016 г. с затрудненными условиями выпуска воды из дренажа.

2) ноябрь 2016-январь 2017 г. с применением ГТМ «ДиатомИК» с относительно нормальными условиями выпуска воды из дренажа.

В зимний период 2015-2016 гг. на разных интервалах пути и в разное время выявлены расстройства пути. В зимний период 2016-2017 гг. расстройства ж.д. пути практически отсутствуют.

Применение ГТМ «ДиатомИК» предотвратило образование пучин и гидро-лакколитов, что обеспечило стабильное состояние ж.д. пути на участке 7185км Забайкальской ж.д.

Список литературы

1. Кудрявцев С. А., Кажарский А. В. Швец Я. А. Медведеев В. В. «Исследования процессов промерзания и оттаивания земляного полотна железных дорог, реконструируемых участков второго пути Байкало-Амурской Магистрали на вечномерзлых грунтах». / Второй международный симпозиум земляного полотна в холодных регионах. Новосибирск: СГУПС, 2015. С. 12-18.

2. Дашинимаев З. Б. «Диагностика пучин и методы защиты железнодорожных путей от их воздействия» / Второй международный симпозиум земляного полотна в холодных регионах. Новосибирск: СГУПС, 2015. С.57-61.

3. Иванов К. С. Новый изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера земли. Т. XV. 2011. №4. С.120-122.

Е.В. Шехтман, З.Б. Дашинимаев
«Забайкалжелдорпроект»,
г. Чита, Россия

Сигачев Н.П., Клочков Я.М.
ИПРЭК СО РАН,
г. Чита, Россия

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ УСТРОЙСТВА ВОДООТВОДНЫХ ДРЕНАЖЕЙ И ЛОТКОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В статье приведены результаты теоретических и оптытных работ. Приведены технические и экономические расчеты по улучшению эксплуатационных показателей в условиях действующей железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: *утепление дренажных сооружений, гранулированный теплоизоляционный материал «ДиатомИК», мерзлотно-грунтовые условия*

Отвод поверхностных, грунтовых и подземных вод является первоочередной задачей, как в районах вечной мерзлоты, так и в районах с сезонным промерзанием грунтов.

Практически все известные участки с осадками земляного полотна из-за оттаивания льдистых вечномерзлых грунтов на Заб.ж.д. были спровоцированы появлением (увеличением) движения поверхностных или подземных вод. На таких участках при нормальном урегулированном стоке воды, стабильность ж.д. пути и земляного полотна сохранялись десятки лет [1, 3].

Это подтверждаются фактами развития деформаций после наводнений; после закрытия шахт добычи угля с их последующим затоплением водой; запущенностью работ по содержанию и очистке водоотводных сооружений в тяжелые для страны годы (1941-1945, 1991-2000) [1]. В 2013-2014 гг., паводки (наводнения) в Амурской области спровоцировали развитие осадки земляного полотна со значительными расстройствами пути на нескольких участках Забайкальской ж.д.

Основной проблемой нормального регулирования «воды» в холодных регионах является замерзание воды в водоотводных

сооружениях (дренажах, лотках и т. п.). Замерзание воды приводит к деформациям ж.б. конструкций его разрушениям и как следствие к прекращению нормального отвода воды.

Тюменскими ученными разработан уникальный материал - Гранулированный теплоизоляционный материал «ДиатомИК». Основным его достоинством является возможность свободного просачивания воды в любое время года и утепление в зимний период.

На основе свойств ГТМ «ДиатомИК» [4]. институтом «Забайкалжелдорпроект» – разработаны принципы его работы в водоотводных лотках и дренажах (см. рис. 1 и 2).

Устройство дренажей с применением ГТМ «ДиатомИК».

ГТМ «ДиатомИК» необходимо уложить в дренирующий слой над дренажной трубой. При этом очевидно уменьшение промерзания дренажа. Это позволит уменьшить глубину заложения дренажа, что приведет к конструктивным и технологическим изменениям при строительстве дренажей: Уменьшение глубины заложения дренажа; Уменьшение длины дренажа.

Таким образом уменьшаются объемы или полностью исключаются следующие виды работ: Земляных работ по разработке траншеи; Закрепление бортов траншеи; Монтажных работ по устройству дренажа; Работ по закреплению (или переносу) опор контактной сети, линии ВЛ, светофоров, линий АБ и т.п.; Перенос и защита кабелей РЦС и СЦБ, за счет уменьшения длины дренажа.

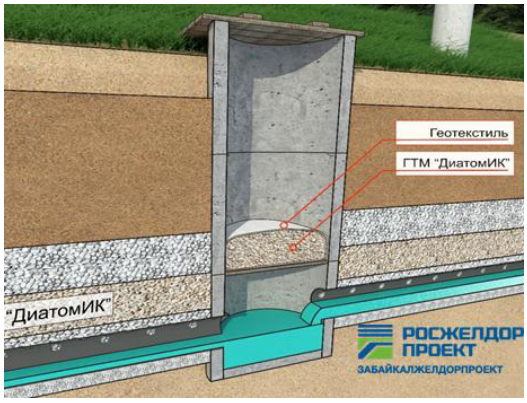


Рис. 1. Схема применения ГТМ «ДиатомИК» в дренаже

Машины и механизмы, применяемые для строительства дренажей, являются традиционно применяемыми, т.е. не требуют привлечения или разработки новых машин и механизмов.

Для обоснования технико-экономической эффективности проведено: 1) Теплотехнические расчеты; 2) Расчет напряженно-деформационного состояния; 3) Объемы строительно-монтажных работ.

Теплотехнические расчеты проведены с целью определения оптимальной толщины утепляющего слоя ГТМ «ДиатомИК» было произведено математическое моделирование теплофизического процесса сезонного промерзания-оттаивания массива в программной среде МОДЭН 3.0. С учетом всех составляющих тепло-обмена, в т. ч. фильтрации грунтовых вод [1]. По результатам моделирования в климатических условиях Ерофей-Павловичской дистанции пути Заб.ж.д. наиболее оптимальное расположение ГТМ «ДиатомИК» в середине дрен-засыпки с толщиной не менее 40 см.

Напряженно-деформационное состояние в конструкции дренажа будет зависеть от нагрузок подвижного состава и грунтов. Для расчетов приняты наиболее неблагоприятные условия. Расчеты произведены методом конечных элементов с учетом пластических деформаций в грунтах в линейно-упругой модели программным комплексом Altera GoeSoft и Geo5. Максимальное деформационное напряжение, передаваемое от всех нагрузок по приведенному грунтовому массиву на дренирующий слой, составляет 21,3-48,49 кПа. А прочность при сжатии ГТМ «ДиатомИК» составляет 800-1100 кПа. Таким образом, прочность на сжатие ГТМ «ДиатомИК» выдерживает деформационное напряжение от всех нагрузок с большим запасом прочности.

По результатам мерзлотно-гидрогеологических расчетов определенно:

- оптимальная глубина заложения дренажа, утепленного с помощью ГТМ «ДиатомИК» в условиях Забайкальской ж.д. равна 2,0 м;
- оптимальной толщиной слоя ГТМ «ДиатомИК» для утепления дренажа является 0,4 м, данный факт так же подтверждается Техническими указаниями, разработанными ОАО «ВНИИЖТ»;
- оптимальной глубиной заложения дренажа в типовом исполнении в условиях Забайкальской ж.д. равна 5,0 м;

Для данных глубин заложения дренажей и конструкций ГТМ «ДиатомИК» рассчитаны объемы работы и материалов.

По подсчитанным объемам работ и материалов для каждого вида работ определены сметные стоимости работ в соответствии с ОССПЖ-2001, ОЕРЖ-2001, ОССЦЖ-2001. Стоимость ГТМ «ДиатомИК» приведен по ФЕР-2001 в соответствии с письмом Министерства строительства РФ. Стоимость работ по укладке слоя ГТМ «ДиатомИК» принята как для укладки щебня из твердых скальных пород.

Сметная стоимость строительства, утепленного с помощью ГТМ «ДиатомИК» дренажа длиной 100 п.м. меньше типового дренажа на 95 653 рубля (11,7%) при механизированной разработке, и на 186 521 рубля (17,2 %) при ручной разработке грунта.

В сметах не учтено удешевление строительства дренажа с применением ГТМ «ДиатомИК» в конкретных условиях за счет отсутствия следующих работ при этом возможно удешевление до 30-40 %:

- закрепление или перенос опор контактной сети и опор светофоров;
- по выносу кабелей РЦС и СЦБ;
- за счет уменьшения длины дренажа.

По нормам времени работ машин и механизмов, предусмотренных в отраслевых сборниках сметных стоимостей, определенны машино-часы. Машино-часы и соответственно длительность технологических «окон» (остановка движения на одно и двух путных участках ж.д. линях) при строительстве дренажа, утеплённого ГТМ «ДиатомИК» меньше на 38 % в отличии от строительства типового дренажа. И общая длительность строительства и затрат труда рабочих-строителей на 37 % меньше в отличии от типового дренажа.

Применение ГТМ "ДиатомИК" в конструкциях крышек смотрового колодца так же является наиболее технически и экономически приемлемым. Поскольку мешок из Геотекстиля заполненный ГТМ "ДиатомИК" плотно закрывает смотровой колодец (рис. 1) и предотвращает его промерзание. При этом он легок в монтаже и демонтаже.

Устройство лотков с применением ГТМ «ДиатомИК»

Предложено применение следующими способами (см. рис. 2): 1) устройство конструкции крышек лотков, в виде геотекстильных мешков запалённых ГТМ «ДиатомИК»; 2) устройство лотка из легкого бетона.

Легкий бетон на основе ГТМ «ДиатомИК» имеет прочность бетона и низкую теплопроводность. При этом имеет малый вес (700 кг/м3), что приводит к уменьшению стоимости и трудозатрат на монтаж, перевозку и т.п. Крышка лотка из ГТМ "ДиатомИК" будет представлять собой мешок из геотекстиля заполненный ГТМ "ДиатомИК" (см. рис. 2).

Рис. 2. Схема применения ГТМ «ДиатомИК» в лотках

В летний период это обеспечит свободное попадание воды в лоток. При этом пропускная способность будет значительно больше типовых ж.б. крышек лотков. Зимой в течении 10-30 дней пока не промерзнет водоносный горизонт питающий лоток, внутри лотка будет сохранятся положительная температура, что обеспечит нормальный отводы воды. Это обеспечит сохранность конструкций лотка от наледей и пучин. И достаточный отвод воды в начале зимы для предотвращения «пучин».

Работы с применением крановой техники более дорогие. А в случаях применения кранов МПТ-6 на ж.д. ходу требуют технологического «окна». Исходя из этого экономический эффект рассчитывался на ручной монтаж крышек водоотводных лотков. По Трудовому кодексу РФ и инструкции по охране труда ОАО «РЖД» при массе до 500 кг допускается применение ручного монтажа и демонтажа ж.б. конструкций. При условии не более 50 кг на 1 работника. Стоимость работ и количество трудо-затрат определенны по сборнику типовых норм времени ОАО «РЖД». Итого экономический эффект составляет 13,3 %. Дальнейшая эксплуатация крышек лотков с ГТМ

«ДиатомИК» приведет к значительному удешевлению работ по очистке и осмотрам. Кроме этого устранятся разрушения и деформации лотков от воздействия пучин и наледей.

Применение ГТМ «ДиатомИК» в дренажах и лотках имеет значительную технико-экономическую эффективность и надежность конструкций от воздействия геокриологических процессов. Все это позволяет стабилизировать ж.д. пути в районах с холодным климатом.

Список литературы

1. Сигачев Н. П., Дашинимаев З. Б., Клочков Я. М. «Защита фундаментов железнодорожных фундаментов мостов мелкого заложения от воздействия нормальных сил пучения». Материалы V конференции «Проблемы геокриологии Забайкалья и сопредельных территорий» / Издательство Забайкальского государственного университета. Чита. 2015. С.94-96.

2. Клочков Я. В., Непомнящих Е. В. «Моделирование температурного режима сооружения при безналедном пропуске воды» / Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. Т. 64. № 5. С. 78-81.

3. Кудрявцев С. А., Кажарский А. В. Швец Я. А. Медведеев В. В. «Исследования процессов промерзания и оттаивания земляного полотна железных дорог, реконструируемых участков второго пути Байкало-Амурской Магистрали на вечномерзлых грунтах». / Второй международный симпозиум земляного полотна в холодных регионах. Новосибирск: СГУПС, 2015. С. 12-18.

4. Иванов К. С. Новый изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера земли. Т. XV. 2011. №4. С.120-122.

РАЗДЕЛ 3.СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

А.Б. Бадмаев, Л.В. Козиенко, Н.Н. Климов
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ КООРДИНАТ ОДНОЧАСТОТНЫХ GPS/ГЛОНАСС ПРИЕМНИКОВ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ЗА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ

В работе проведена оценка пространственной погрешности определения координат одночастотными GPS/ГЛОНАСС приемниками в статическом режиме. Определены вариации координат, величины СКО, а также допустимые пределы погрешности измерений CEP (50%) и 2DRMS (95%) за продолжительный период наблюдений.

Ключевые слова: *GPS, ГЛОНАСС, GNSS, навигационные системы, одночастотный приемник, погрешности*

В настоящее время существуют различные виды навигационных систем, однако услуги глобального доступа для неограниченного круга потребителей предоставляют лишь спутниковые радионавигационные системы GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) [1]. В ряде стран предусматривается создание региональных спутниковых систем для локального навигационного обеспечения потребителей. К 2020 г. планируется полноценное развертывание европейской спутниковой системы Galileo [2] и китайской BeiDou [3].

Такие системы позволяют определять пространственные координаты и скорость передвижения потребителей и широко применяются на морском, воздушном и наземном транспорте. На железной дороге с помощью систем GPS/ГЛОНАСС осуществляется контроль подвижного состава, транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры.

Проведенные ранее исследования показали, что неподвижно стоящие одночастотные GPS/ГЛОНАСС приемники определяют свои координаты с периодическими вариациями широты, долготы и высоты, связанными как с движением спутников орбитальной группировки, так и с особенностями алгоритмов обработки сигналов [4, 5]. Отмечено также, что амплитуда вариаций напрямую зависит от конкретного производителя навигационной аппаратуры.

Для численной оценки вариаций координат пространственно-разнесенных одночастотных GPS/ГЛОНАСС приемников на крыше здания ИрГУПС установлен специальный измерительный комплекс (полигон), оборудованный двухсистемными одночастотными GPS/ГЛОНАСС приемниками GlobalSat BU-353G, а также одночастотным приемником GPS GlobalSat BU-353s4.

Приемники GPS/ГЛОНАСС оснащены чипсетом MTK3333, а приемник GPS выполнен на базе чипсета SiRFStar IV. Приемники разнесены друг от друга на расстояние около 1 м в форме равностороннего треугольника. Высота здания более 30 м и отсутствие близлежащих построек, блокирующих обзор, создают идеальные условия для приема навигационных сигналов. Принимаемая аппаратурой спутниковая информация представляет собой стандартные NMEA сообщения, поступающие с частотой 1 Гц. Сообщения содержат временную метку в формате UTC, географические координаты приемника (широта, долгота, высота), состояние навигационной группировки и другие параметры.

На рис. 1 и 2 представлены вариации широты и долготы наблюдений приемника GlobalSat BU-353G (далее МТК) за период с 7 сентября по 9 октября 2017 г. Тонкой линией показаны исходные данные, жирной – сглаженные скользящим средним с «окном» в 5 часов. Вертикальной штрихпунктирной линией обозначено начало суток (00:00) по Иркутскому времени, а пунктирной линией – локальный полдень (12:00).

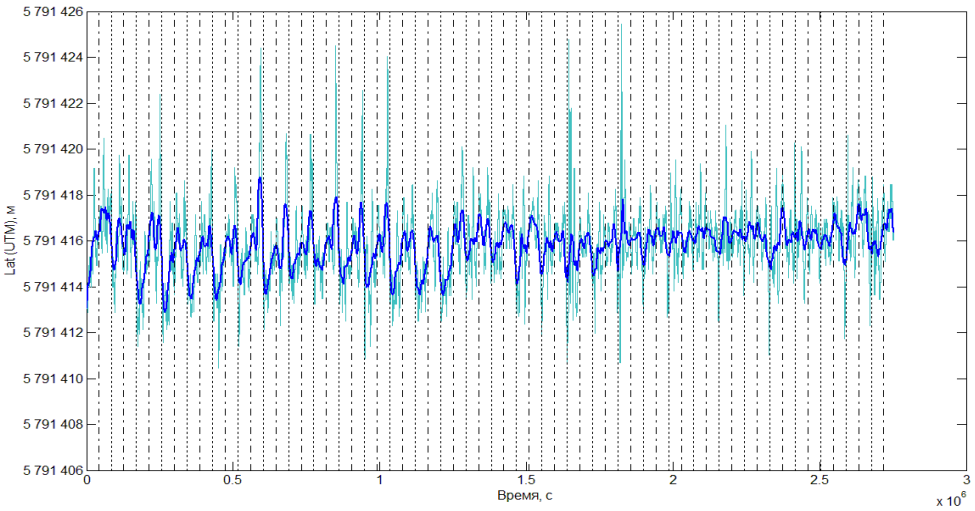


Рис. 1. Вариации северного положения (широты) для приемника МТК2

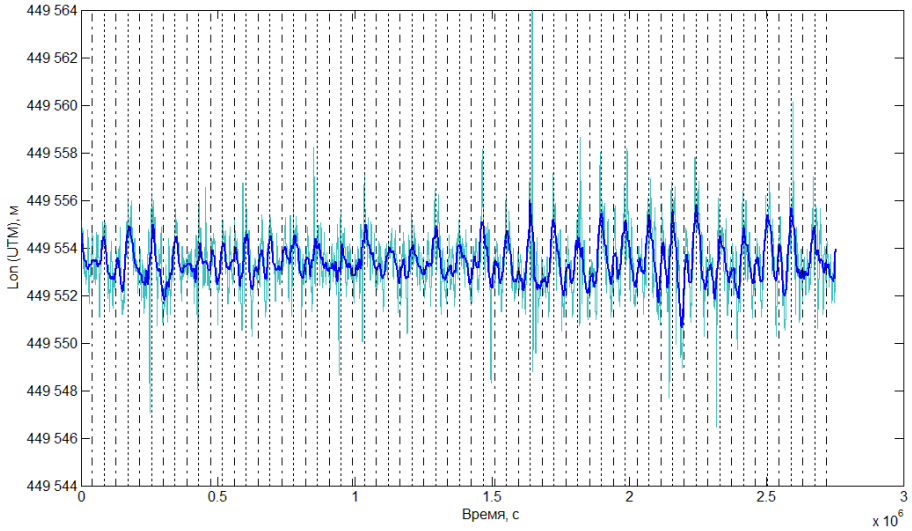


Рис. 2. Вариации восточного положения (долготы) для приемника MTK2

Из графиков видно, что координаты неподвижно стоящего приемника постоянно меняются с течением времени. При этом наблюдается характерный «суточный ход» – повторяющиеся в течении всего периода наблюдений колебания широты и долготы приемника. За исключением отдельных выбросов, вариации координат находятся в пределах 6 м.

Для более детального представления вариаций на рис.3 приведены графики отклонений значений широты и долготы для приемников GPS, MTK1 и MTK2 в течении трех суток (12.09.2017 – 14.09.2017).

На графиках (см. рис.3) хорошо заметны периодические колебания с характерными спадами и нарастаниями в зависимости от времени суток и типа приемника. Для приемников GPS/ГЛОНАСС пиковое отклонение координат происходит ближе к полудню, затем идет спад. Для GPS приемника максимум отклонения приходится в районе вечера/полуночи.

Результаты оценки погрешностей определения координат приемников представлены в табл.1. Параметр CEP (50%) – радиус круга, в который попадает 50 % измерений, а 2DRMS (95%) – радиус круга, в который попадает 95 % измерений. HDOP – геометрический фактор, отвечающий за «качество» спутникового созвездия. Чем меньше величина HDOP, тем лучше расположены спутники на небосводе относительно точки наблюдения.

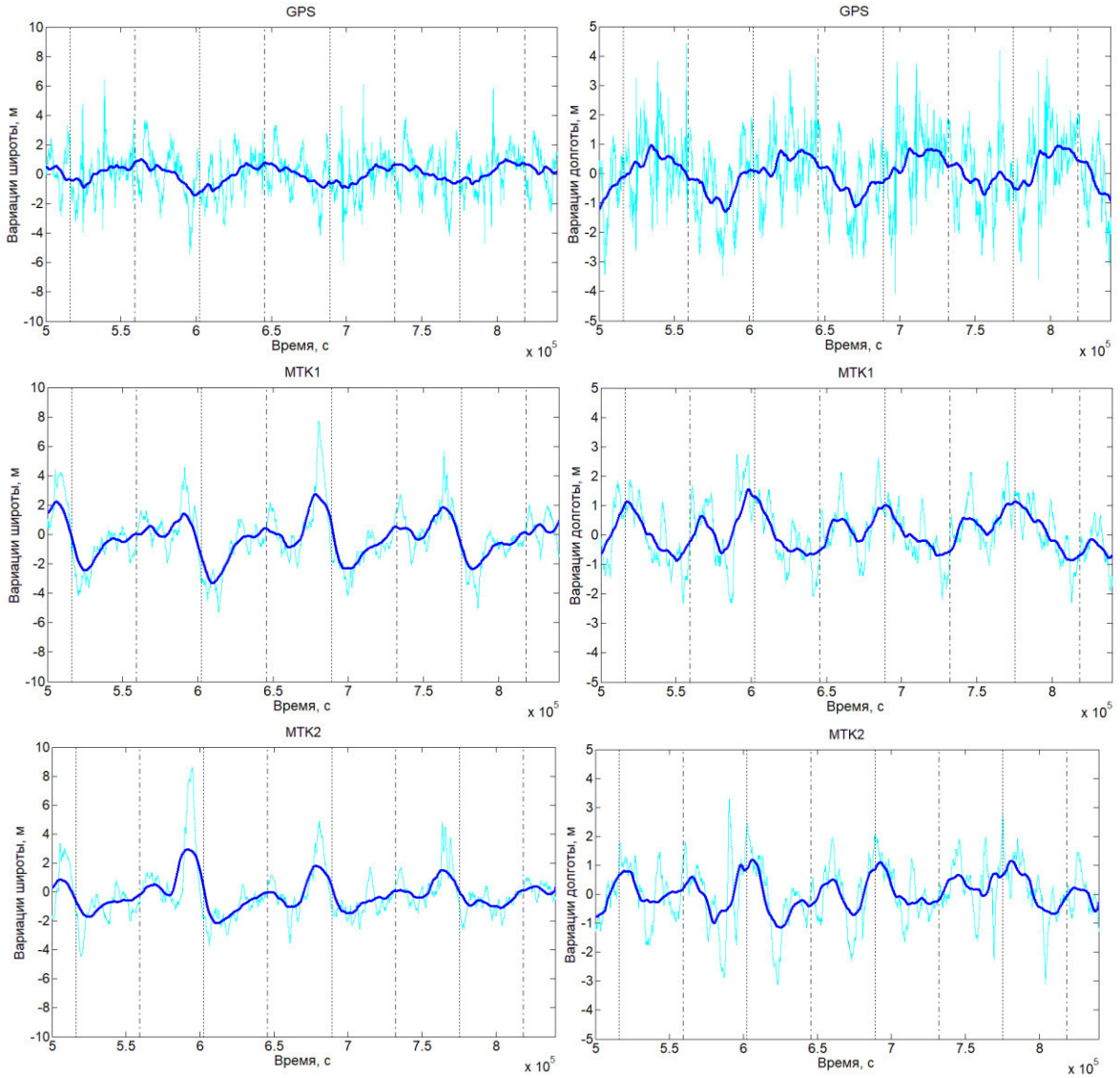


Рис. 3. Вариации широты и долготы в течении 3-х суток (12.09.2017 – 14.09.2017)

По результатам наблюдений видно, что для всех приемников величина СКО находится в пределах 1.5-2 м по широте, и не превышает 1.3 м по долготе. Величина HDOP варьируется в пределах 0.5-0.8 для МТК, 0.7-1.5 для GPS. Следует отметить что данные значения получены в практически идеальных условиях наблюдения (отсутствие препятствий), поэтому при эксплуатации в условиях помех и переотражений величины погрешностей окажутся выше. Интересно, что одночастотный GPS приемник показал лучшие результаты, чем двухсистемные приемники GPS/ГЛОНАСС. Возможно, это связано с производителем чипсета (SiRFStar IV считается одним из лучших чипсетов на рынке потребительской навигационной аппаратуры), а также тем, что в системе GPS осуществляется коррекция ионосферных

задержек, в то время как в системе ГЛОНАСС такой коррекции не производится.

Таблица 1

Погрешности определения координат приемников

№	СКО, м			CEP (50%), м	2DRMS (95%), м	Кол-во спутников	HDOP
	широта	долгота	высота				
GPS	1.631	1.336	2.923	1.622	3.911	7 – 12	0.7– 1.5
MTK1	2.0	1.146	3.465	1.931	4.849	9 – 23	0.54 – 0.83
MTK2	1.554	1.334	5.062	1.736	4.195	9 – 23	0.52 – 0.78

В табл. 2 представлены средние значения длин базовых линий между приемниками и СКО за период с 7 по 29 сентября 2017 г. Ближе всего к реальным значениям базы (1 м) соответствует расстояние между двухсистемными приемниками MTK, в то время как для разнотипных приемников это значение заметно выше. Так же величина СКО для пары MTK1-MTK2 оказалась меньше, чем для баз GPS-MTK. В целом точность определения длин базовых линий входит в нормальные пределы погрешности измерений [6].

Таблица 2

Длина базовых линий между приемниками

Приемники	Длина базовой линии, м	СКО, м
GPS – MTK1	3.826	1.605
GPS – MTK2	4.084	1.578
MTK1 – MTK2	1.889	1.086

На рис. 4 представлены вариации координат относительно среднего значения за период наблюдений с 7 по 29 сентября 2017 г. Окружность большего радиуса соответствует значению 2DRMS (95%), а меньшего – CEP (50 %). На графиках не отображены отдельные единичные выбросы, оказавшиеся за пределами участка 10 х 10 м.

Как видно из рисунков, большинство значений попадает в окружность диаметром около 8-9 м, при этом 50 % значений попадает в зону с диаметром менее 4 м. Полученные значения в целом соответствуют заявленной точности определения координат для одночастотной аппаратуры (~15 м).

Для статистической оценки характера распределения значений координат построены гистограммы по данным всех трех приемников.

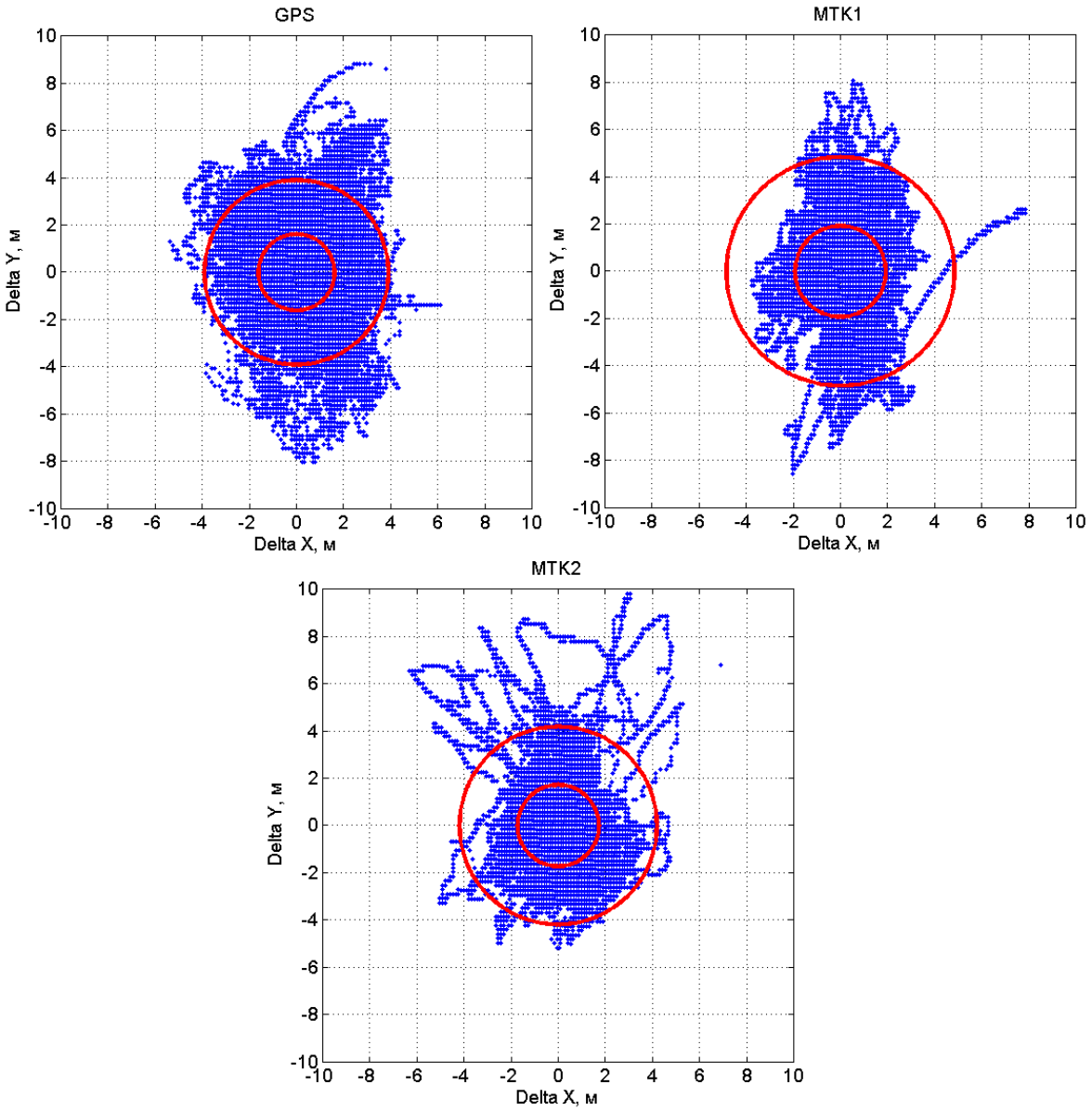


Рис. 4. Величина ошибки в плане для приемников GPS (слева), MTK1 (справа) и MTK2 (внизу) за период 07.09.2017 – 29.09.2017

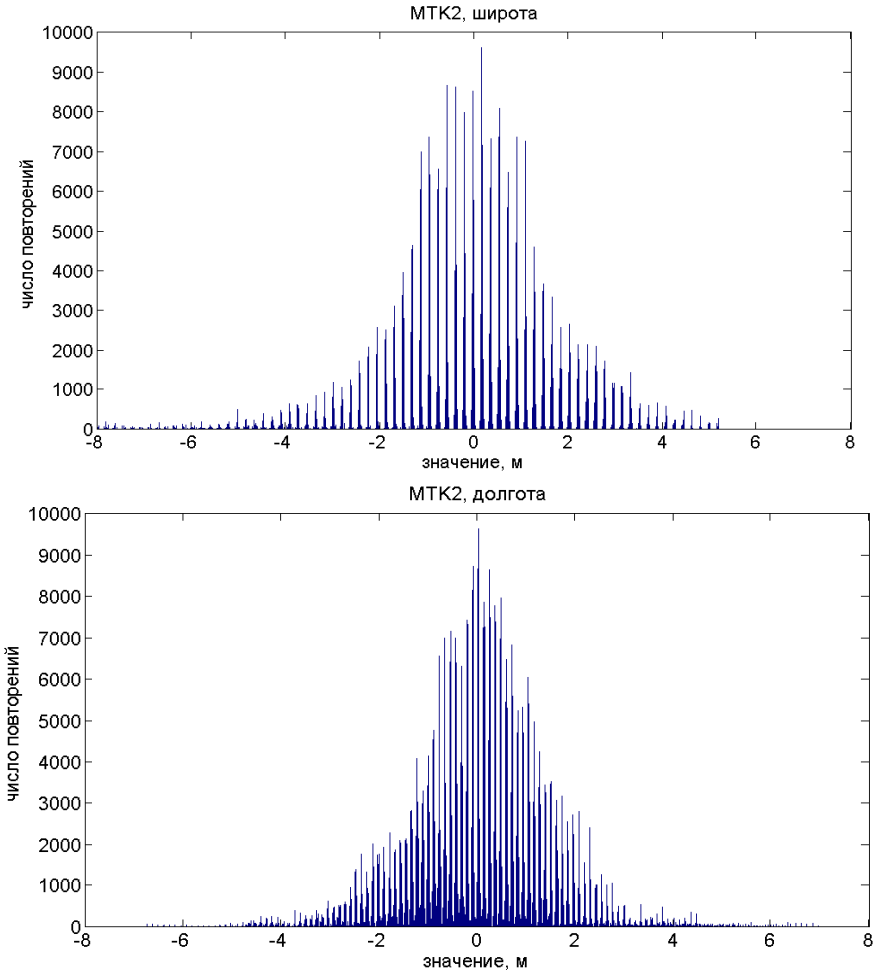


Рис. 5. Распределение значений широты и долготы для приемника MTK2

Для примера на рис. 5 приведены гистограммы распределения значений отклонений широты (слева) и долготы (справа) для приемника MTK2. В обоих случаях на графиках отчетливо прослеживается Гауссовский или нормальный закон распределения. Видно, что большая часть значений находится в пределах ±4 м, что соответствует данным табл.1. Наибольшая частота повторений соответствует значениям, отклоняющимся от среднего менее чем на 1 м. Характер распределения для двух других приемников аналогичен рис.5.

Таким образом, по результатам наблюдений получено, что величина погрешности определения координат за длительный период у GPS-приемника немного ниже, чем у GPS/ГЛОНАСС приемников MTK за аналогичный отрезок времени. Величина СКО для широты и долготы варьируется в переделах 1.1-2 м, в то время как для высоты отклонение заметно выше (3-5 м). Также замечено, что независимо от типа приемника в вариациях координат наблюдается характерный «суточный ход», т. е. повторяющиеся колебания широты и долготы. Стоит

отметить, что средняя длина базовой линии между однотипными двухсистемными приемниками МТК наиболее ближе соответствует реальному значению.

Список литературы

1. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS. Ресурс Internet: https://www.glonass-iac.ru/

2. GALILEO European Global Navigation Satellite System. Ресурс Internet: http://galileognss.eu/

3. BeiDou Navigation Satellite System. Ресурс Internet: http://en.beidou.gov.cn/

4. Козиенко Л. В., Климов Н. Н., Унучков В. Е., Черкашин К. В. Анализ вариаций координат пространственно-разнесенных одночастотных GPS/ГЛОНАСС приемников /Сб. Транспортная инфраструктура Сибирского региона, Материалы пятой Всероссийской научно-практической конференции 2014 г., Иркутск. Т.1, С.341-346.

5. Климов Н. Н., Козиенко Л. В., Федоров М. Э. О вариациях координат пространственно-разнесенных одночастотных GNSS приемников/ Иркутск: ИрГУПС, 2015. Т.1, С.319-323.

6. Luis Serrano. A GPS Velocity Sensor: How Accurate Can It Be? – A First Look / Luis Serrano, Donghyun Kim Richard B. Langley, Kenji Itani, Mami Ueno, Sophia Antipolis // NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation. 2004. 26-28. 885-875.

Е.М. Бушуев, К.А. Чечеткина

Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ДИОДОВ В СИСТЕМАХ ГРОЗОЗАЩИТЫ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

На железной дороге очень долгое время стоит вопрос о сохранности оборудования от перенапряжений и атмосферный влияний. Перенапряжения бывают различной природы атмосферные, коммутационные и т.д. Важным фактором защитных устройств от перенапряжений является время срабатывания, чем быстрее сработает устройство, тем эффективнее считается устройство защиты. Для того чтобы устранить вероятность короткого замыкания, можно применять

более надежную изоляцию, но это приводит к значительному увеличению стоимости оборудования. В связи с этим в электрических сетях целесообразно применять разрядники и выравниватели.

Несмотря на многолетний опыт эксплуатации, средства грозозащиты, оказались недостаточно надёжными и эффективными. Кроме того, они требуют периодической проверки и сами могут стать причиной возгорания оборудования, в результате которого выходили из строя полупроводниковые элементы приборов, происходили пробои изоляции обмоток сигнальных трансформаторов, прожоги штепсельных плат реле.

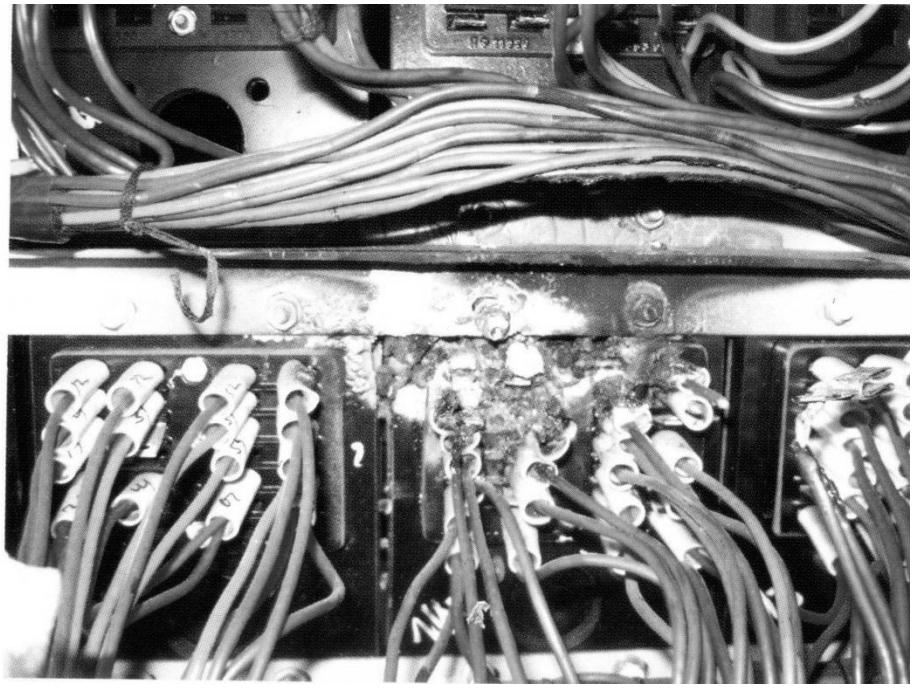


Рис. 1. Повреждение штепсельных плат реле

Самыми распространёнными средствами защиты от перенапряжений приборов перегонной сигнальной установки автоблокировки и автоматической локомотивной сигнализации являются вентильные разрядники типа РВНШ-250 или РВН-250. Разрядник РВН-250 предназначен для защиты от перенапряжений электрических цепей аппаратуры автоматики с рабочим напряжением до 250В и обеспечивает мгновенное гашение дуги сопровождающего тока. Разрядник штепсельный РВНШ-250 предназначен для защиты от перенапряжений электрических цепей аппаратуры автоматики с рабочим напряжением до 360В и обеспечивает мгновенное гашение дуги сопровождающего тока. Более поздняя разработка это разрядники РКН-

600 предназначенные для замены разрядников типа РВНШ-250 в цепях защиты вводов питания и цепях ввода-вывода. Он предназначен для защиты изоляции переменного тока с напряжением от 0 до 250В и постоянного тока с напряжением от 0 до 120В в устройствах автоматики от импульсных перенапряжений, возникающих в результате грозовых разрядов и коммутационных процессов в линиях электропитания.

В разряднике при достижении напряжения лавинного пробоя газового промежутка сопротивление скачком изменяется от нескольких Гом до значения менее 1 Ом. После прекращения воздействия перенапряжения разрядник возвращается в исходное высокоимпедансное состояние. У малогабаритных разрядников напряжение пробоя составляет 70…5000 В, допустимый ток перегрузки — 0,5…60 кА, емкость — 1…20 пФ, падение напряжения — ≤25 В, сопротивление изоляции — 1…10 ГОм, ток утечки — менее 10 нА. Время реакции на перенапряжение у разрядников зависит от скорости нарастания напряжения и составляет 0,25 мкс…2 с. Их главный недостаток — ограниченный ресурс.

Время реакции варисторов (сопротивление изменяется в зависимости от приложенного напряжения) составляет 0,5…25 нс, ток перегрузки — более 1000 А, воздействующее напряжение — 1…2 кВ. Их главный недостаток — высокая деградация параметров по мере воздействия перегрузок.

Полупроводниковые диодные ограничители напряжения фиксируют заданный уровень напряжения на защищаемом устройстве. При превышении рабочего напряжения происходит обратимый лавинный пробой диода, он переходит в состояние с низким динамическим сопротивлением. В этом состоянии защитный диод отводит импульсный ток перегрузки от защищаемого объекта и поглощает выбросы напряжения, превышающие напряжение пробоя. Время реакции на перенапряжение составляет несколько наносекунд (зависит от конструкции), импульсный ток — до сотен ампер, импульсная мощность — более 1 кВт, фиксируемое напряжение — 3…400 В, емкость — менее 50 пФ. В табл. 1 приведены параметры различных типов ограничителей. Как видно из табл. 1, самыми быстродействующими являются полупроводниковые диодные ограничители напряжения. Ранее они имели такое же обозначение, как и стабилитроны, на данный момент в зависимости от производителя они могут отличаться.

Диоды выпускаются в нескольких вариациях отличающихся по допустимому напряжению, и выпускаются одно и двунаправленные диоды.

Таблица 1

Параметры защитных устройств

Параметры	***Разрядники***	***Варисторы***	***Стабилитроны***	***Защитные диоды***
Диапазон рабочих напряжений, В	70-10000	1000-2000	2,4-200	0,7-3100
Диапазон времени срабатывания, нс	250-2 сек.	0,5-25	10-100	0,001-0,1
Диапазон допустимых импульсных токов, А	0,5-60000	1000	100	10-600
Межэлектродная ёмкость, пф	1-20	200-1500	20-100000	2-100000
Рабочая температура, ^{o}C	-50 ÷ +130	-40 ÷ +125	-60 ÷ +170	-60 ÷+170

Защитные диоды обладают высокой скоростью срабатывания, что является важным фактором в защите большинства устройств. Устройства сигнализации, централизации и блокировки очень чувствительны к перенапряжениям, для исключения рисков перегорания из-за повышенных напряжений. Так же стоит учесть, что часть устройств СЦБ находится на перегоне. Из таблицы 1 видно, что защитные быстродействующие диоды обладают широким диапазоном рабочих температур, что делает данные диоды более эффективными в применении на устройствах СЦБ.

В результате анализа предлагается разработать схемы защиты от перенапряжений с применением защитных диодов. Таким образом, схемные решения позволят уменьшить количество отказов аппаратуры СЦБ. Простейшее схемное решение применения защитных диодов представлено на рис. 2.

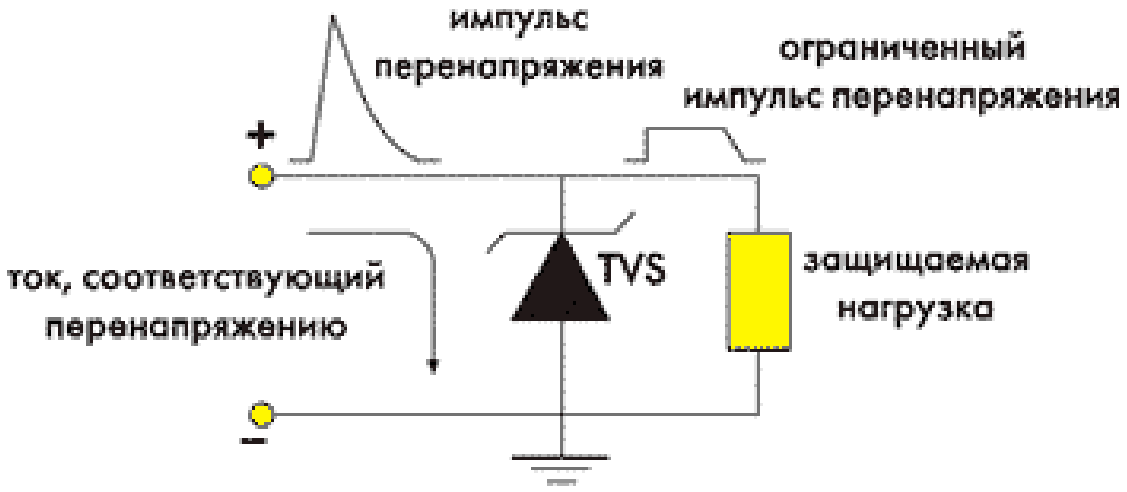


Рис. 2. Применение защитного диода вместо стабилитрона

Вывод: современные системы защиты от перенапряжений не обеспечивают достаточный уровень безопасности систем СЦБ.

Защитные диоды являются быстродействующими и обладают рядом других преимуществ, таких как восстанавливаемость, большой диапазон рабочих температур.

Необходимо разработать схемные решения на основе защитных диодов для устройств СЦБ.

Такие решения позволят уменьшить число отказов устройств СЦБ.

Список литературы

1. Карякин Р. Н. Справочник по молниезащите. М.: ЗАО Энерго сервис. 2005. 879 с.

2. РД 34.212.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. 1989 г. Утв. Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87

3. Ситникова Т. Г., Селиверов Д. И. Способы защиты устройств СЦБ от перенапряжения // Актуальные вопросы технических наук: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Пермь, февраль 2013 г.). Пермь: Меркурий, 2013. С. 24-27.

4. Новые ограничительные и выпрямительно-ограничительные диоды. Нефедов А. А. // Ремонт & Сервис № 12 . М., С. 51-55.

Е.М. Бушуев, К.А. Чечёткина
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АТМОСФЕРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ ОТ ИХ ВЛИЯНИЙ

На железной дороге очень долгое время стоит вопрос о сохранности оборудования от перенапряжений и атмосферный влияний. Появление молнии и определение места удара зависит от многих параметров, в большой зоне риска оказывается железная дорога в особенности перегоны с расположенными на них сигнальными точками. Обычные устройства грозозащиты не могут обеспечить достаточный уровень безопасности устройств. Активная молниезащита (АМЗ) позволяет повысит безопасность устройств. Применение АМЗ на железных дорогах имеет свои особенности в электромагнитном влиянии устройств АМЗ и контактной сети.

Ключевые слова: *способы защиты, железная дорога, перенапряжения*

На железной дороге очень долгое время стоит вопрос о сохранности оборудования от перенапряжений и атмосферный влияний. В данной статье описывается один из способов такой защиты – молниезащита. Но прежде, чем говорить о ней, что из себя представляет молния и какое влияние она оказывает на аппаратуру.

За счёт сил трения в облачном массиве происходит перераспределение зарядов. Обычно нижняя часть облака собирает отрицательный заряд, а верхняя - положительный, что делает систему облако-земля подобной гигантскому конденсатору. Электрическое поле, вызванное скоплением электронов начнёт собирать на ближайших поверхностях положительный заряд. При этом электрическое поле на участках будет появляется постепенно из-за перемещения облака и из-за процесса перераспределения зарядов в облаке. Как следствие удар молнии в определённую точку происходит при следующих параметрах:

Возвышенность. Чем более возвышен предмет, тем меньше энергии будет затрачиваться на стример.

Электрическое поле предмета. Если предмет обладает положительным электрическим полем и образует вокруг себя положительно заряженные ионы то часть энергии на формирование стримера образует само устройство.

Материал. Наличие свободных электронов в материале среды облегчает прохождения заряда с облака на землю.

Свечение молнии вызывается ионизацией молекул воздуха на пути молнии. Ионизация проходит по нескольким причинам притягивание ионов и принудительная ионизация из-за электрического разряда. ионизированный воздух обладает большей проводимостью вследствие чего образуется канал проводимости.

Как следствие железная дорога, в особенности контактная сеть, является объектом риска поражения атмосферным разрядом.

Наличие пассивной молниезащиты не обеспечит высокий уровень защиты контактной сети и других объектов с положительным электрическим полем, из-за электрического поля в поле объекта происходит ионизация воздуха, что приведёт к появлению восходящего лидера стремящегося к отрицательному заряду облака.

Главное отличие активной молниезащиты (АМЗ) от традиционных молниезащитных устройств заключается в наличии активного молниеприемника, который реагирует на рост напряженности электромагнитного поля, возникающий при приближении грозового фронта. Конденсаторы, входящие в состав АМЗ, заряжаются от напряжения, наведенного этим полем на антеннах устройства. При достижении на конденсаторах 12-14 кВ, происходит пробой разрядников и формирование короткого высоковольтного импульса (более 200 кВ), полярность которого обратна полярности фронта. Этот импульс, опережая формирование "естественного" лидера, инициирует "искусственный" восходящий лидер, который развивается с гораздо большей скоростью и на большее расстояние, многократно увеличивая зону защиты молниеприемника.

Независимость от электропитания.

Для активации молниезащиты подключение к источнику электропитания не требуется. Дело в том, что напряженность электрического поля во время грозы поднимается до 10-20 кВ/м. Этого вполне достаточно для приведения в действие встроенного генератора высоковольтных импульсов.

При увеличении напряженности выше критического уровня, система самостоятельно активизируется, получая энергию от внешнего электрического поля.

Экономичность.

Помимо автономности от электропитания, система является более выгодной еще по нескольким параметрам:

- применение активной молниезащиты требует установки меньшего количества устройств, чем при использовании пассивных вариантов в расчете на единицу площади;

- соответственно необходимо меньшее число токоотводов;

Однако применение активной молнии защиты на железной дороге имеет свои особенности. Так влияние контактной сети на датчик электрического поля будет приводить защиту в активное состояние.

Для исключения влияния датчик должен быть оборудован фильтром отсекающим переменную составляющую поля.

Активная молниезащита формирует вокруг себя постоянное положительное электрическое поле которое ионизирует воздух. Положительные ионы собираются наиболее скривлённых участках, такие как резкие углы, штыри и т.д. Рассмотрим влияние поля на работу контактной сети и других устройств которые запитываются переменным током.

Постоянная составляющая создаваемая устройством защиты не искажает форму питающего сигнала. Таким образом система не будет влиять на питание устройств в том числе и локомотивов.

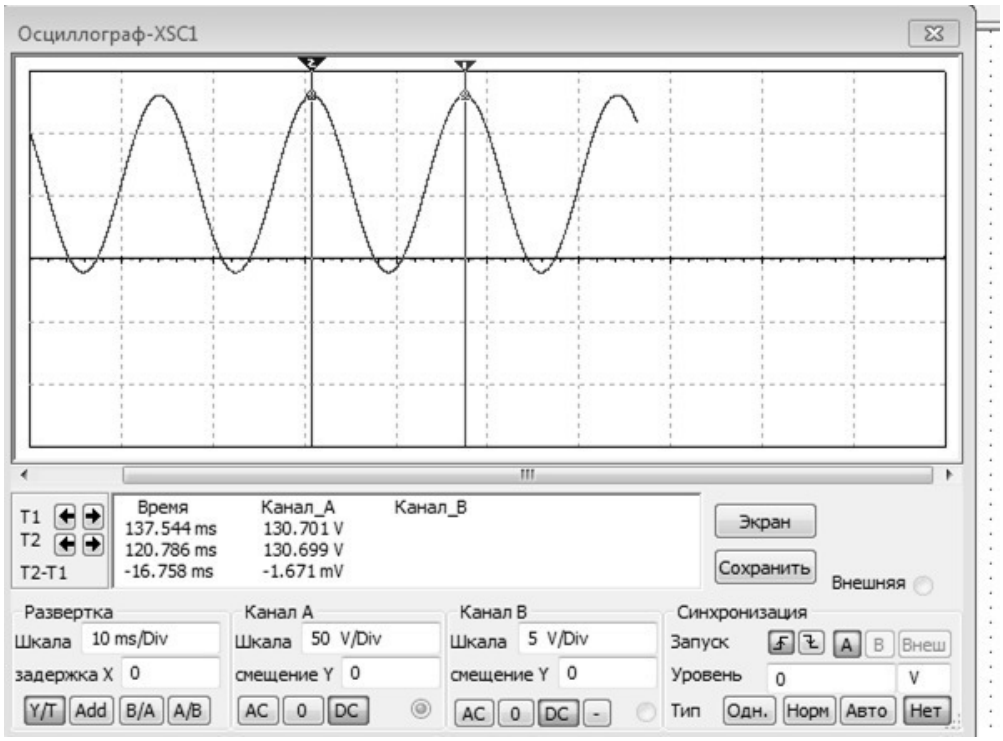


Рис. 1. Осциллограмма тока контактной сети при работе активной молниезащиты

Приведение в работу активной молниезащиты происходит за счёт помещения датчика электромагнитного поля, реагирующего на

повышение напряжённости электромагнитного поля. В результате применение активных средств защиты на железных дорогах генератор создающий восходящий потенциал работает постоянного из-за воздействия поля контактной сети.

Исключить данное влияние возможно следующими способами увеличить инерцию датчика повышения напряжённости поля или поставить фильтры ограничивающие влияние сети промышленного напряжения. Оба способа влияют на амплитудно-частотную характеристику датчика.

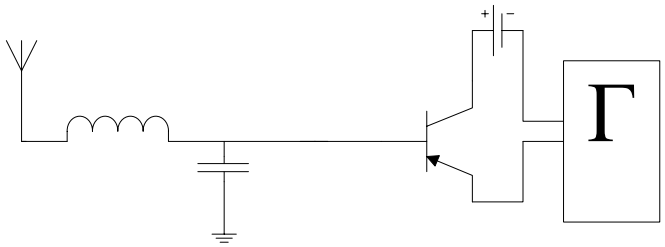


Рис. 2. Датчик электрического поля с Г-фильтром с частотой влияния на источники питания

Можно сделать следующие выводы: активная молниезащита эффективнее, чем пассивная защита при использовании на железных дорогах.

Нынешние АМЗ не могут применятся для железных дорог из-за большого влияния контактной сети

Существует некоторое влияние АМЗ на работу контактной сети и устройств с питанием переменного тока от удалённого источника, в связи с этим предлагается внедрение только на те опоры контактной сети, которые установлены около сигнальных точек на перегоне.

Адаптация АМЗ к железным дорогам позволит снизить количество отказов аппаратуры при атмосферных влияниях.

Конструкция АМЗ экономический выгодна, по сравнению с пассивными молниезащитами, за счет быстрой окупаемости, в связи с многоразовым действием, без какой-либо замены элементов.

Список литературы

1. Карякин Р. Н. Справочник по молниезащите. М.: ЗАО Энерго сервис. 2005. 879с.

2. РД 34.212.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. 1989 г. Утв. Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87

3. Кабышев А. В. Молниезащита электроустановок и систем электроснабжения. Учебное пособие. Томск: изд-во ТПУ, 2006. 124 с.

4. Активная система молниезащиты: [Электронный ресурс]: база данных содержащая устройства активной молниезащиты. Режим доступа: http://www.mzke.ru/art4-1.html.

5. Активная молниезащита: [Электронный ресурс]: база данных содержащая устройства активной молниезащиты. Режим доступа: http://artterm-m.ru/index.php/molniazashita/aktivnajamolniezashita

С.В. Гришечко, С.А. Лунев

Омский государственный университет путей сообщения,

г. Омск, Россия

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ВРЕМЕННОГО БЛОК-ПОСТА

В статье рассмотрены возможные варианты организации связи блок-поста и сервера дистанции СЦБ для передачи диагностической информации.

Ключевые слова: *блок прст, станция, «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля», модуль*

При капитальном ремонте пути временный блок-пост располагается на перегоне между станциями. Для обеспечения надежной работы устройств СЦБ удаленный контроль их технического состояния возможен при помощи системы технического диагностирования и мониторинга «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК). Рассмотрим возможные варианты организации связи блок-поста и сервера дистанции СЦБ для передачи диагностической информации.

Блок-пост в данной структуре рассматривается в роли классической станции – линейного пункта.

1. Ненагруженная физическая пара

При наличии физической линии связи, как правило, это линия диспетчерского контроля ДК-ОДК (либо резервы линий ДК-ОДК, ДСН-ОДСН, Н-ОН, К-ОК), возможно организовать связь по стандарту SHDSL.bis, используя модем Zelax MM221 совместно с модулями MIME-2xSHDSLQ. В качестве линии связи необходимо использовать витые пары, которые могут входить в состав кабелей типа ТПП, МКС,

ТЗГ, ТГ и т.п. Линия должна быть ненагруженной. Исключение составляет использование регенераторов. Асимметрия пары может приводить к неработоспособности канала связи даже малой длины. Максимально возможная скорость передачи по технологии SHDSL.bis составляет 12672 кбит/с. При увеличении протяжённости линии возрастает сопротивление кабеля, что в свою очередь влияет на уровень сигнала на входе приёмника и на максимальную скорость передачи. Зависимость скорости передачи информации по физической линии от её протяжённости при использовании различных типов кабеля представлена в таблице 1[1].

2. Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС).

При наличии ВОЛС передача информации может быть организована по технологии цифрового потока Е1. 2Мбит/сек, используя модемы Zelax MM221 совместно с модулями MIME-2xG703.

Таблица 1

Зависимость скорости передачи информации по физической линии от её протяжённости

Максимальная скорость, кбит/с (по одной паре)	**Максимальная длина линии, км, при использовании кабеля типа:**					
	ТПП-0,4	**ТПП-0,5**	**КСПП-0,9**	**КСПП-1,2**	**ЗКП-1,2**	**МКС-1,2**
1	2	3	4	5	6	7
12672	0,8	1,2	2,3	2,6	3,7	4
10240	1,4	2	4,5	5	6,8	7,2
8192	1,9	2,8	5,4	6,1	8,6	9,3
6144	2,3	3,4	5,7	6,3	8,5	9
5696	2,5	3,6	7	7,7	10	11
4096	3	4,6	8	10,5	12	14
1	2	3	4	5	6	7
3072	3,2	4,8	9,4	10,5	14,8	16
2048	4,3	6,2	12	13,3	20	21
1536	4,6	6,8	13,2	15	21	22,7
1024	5,3	7,8	17	18,2	26	28
768	5,7	8,4	16,5	18,5	27,8	30
512	6,1	9	17,6	19,8	28	30
256	6,8	10	19,6	22,1	31	33,4
192	7	10,2	20	22,5	31,5	34

Модули MIME-2xG703 предназначены для использования в составе устройств ММ-2хх, ММ-5хх, ГМ-1-М2А выпускаемых компанией Zelax и допускающих установку модулей MIM/MIME. Оптический модем/мультиплексор ГМ-1-М2А предназначен для одновременной

передачи до трёх каналов G.703/E1 или V.35/RS-449/RS-530 со скоростью 2048 кбит/с по оптоволоконной линии на расстояние до 120 км. Несмотря на минимальную стоимость, мультиплексор ГМ-1-М2А имеет модульную конструкцию, что позволяет выбирать количество и тип каналов связи в зависимости от потребностей пользователя. Модем/мультиплексор ГМ-1-М2А может передавать как структурированные, так и неструктурированные потоки E1 [2].

Таким образом, для организации передачи информации с временного блок-поста в обоих случаях применяется модем Zelax MM221, предназначенный для работы по технологии SHDSL и передачи данных E1, Ethernet и V.35 по одной или двум витым парам, что дает возможность использовать данное решение для организации так называемой «последней мили».

Мезонинные интерфейсные модули MIM и расширенные мезонинные интерфейсные модули MIME предназначены для подключения модема Zelax MM221 к различным сетям передачи данных. Для каждого из перечисленных вариантов необходимо предусмотреть монтажный специализированный шкаф 24-42U. В шкафу устанавливается концентратор АПК-ДК для сбора информации, источник бесперебойного питания и модем. Подключение к дополнительным системам осуществляется через порты концентратора.

Далее для передачи информации на ЦП используется имеющаяся технология цифрового потока E1 по кольцевой топологии связи, если ближайшая к временному блок-посту станция оборудована системой мониторинга АПК -ДК.

При отсутствии АПК-ДК на ближайшей станции передачу информации на центральный пост можно осуществить через дополнительные системы:

- ДЦ (Сетунь, Тракт, Диалог) используя интерфейс RS-485;
- Связевое оборудование «Обь» используя интерфейс G.703;
- Систему мониторинга СПД-ЛП используя интерфейс RS-485/422;

2. Сотовая связь (технология GPRS/GSM).

В случае отсутствия физической пары или возможности выделения потока в ВОЛС, возможна передача информации с использованием сотовой связи. Увязка блок-поста и ЦП осуществляется по каналу сотовой связи GPRS/GSM, используя модем MOXA OnCell G3251, предназначенный для организации связи по стандартам GPRS/GSM [3].

При таком варианте в качестве дополнительного оборудования необходимо наличие двух модемов, один из которых устанавливается непосредственно в помещении блок-поста, другой на центральном

посту. Для организации сотовой связи необходимо также наличие двух SIM-карт.

При выборе способа передачи диагностической информации на центральный пост предлагается учитывать следующие факторы:

1. Стоимость.

При использовании первых двух способов (Технологии SHDSL.bis и E1) необходимо обязательное наличие шкафа АПК-ДК с концентратором на ближайшей станции и дополнительный модуль MIME для приёма данных с временного блок-поста. При использовании беспроводного варианта передачи информации посредством сотовой связи необходимость в таком количестве оборудования отсутствует, хотя в этом случае существует необходимость абонентской платы за выделенные номера.

2. Безопасность.

По физической паре или ВОЛС данные передаются по линии, которую используют только железнодорожные структуры. Сотовая связь подвержена интернет атаке.

3. Автономность.

При использовании варианта с сотовой связью всегда будет присутствовать зависимость от сотовой компании.

Таким образом, вариант передачи информации с применением технологии GPRS/GSM предлагается использовать только при отсутствии свободной физической линии или ВОЛС. Структурная схема предлагаемых вариантов передачи диагностической информации на центральный пост представлена на рис. 1.

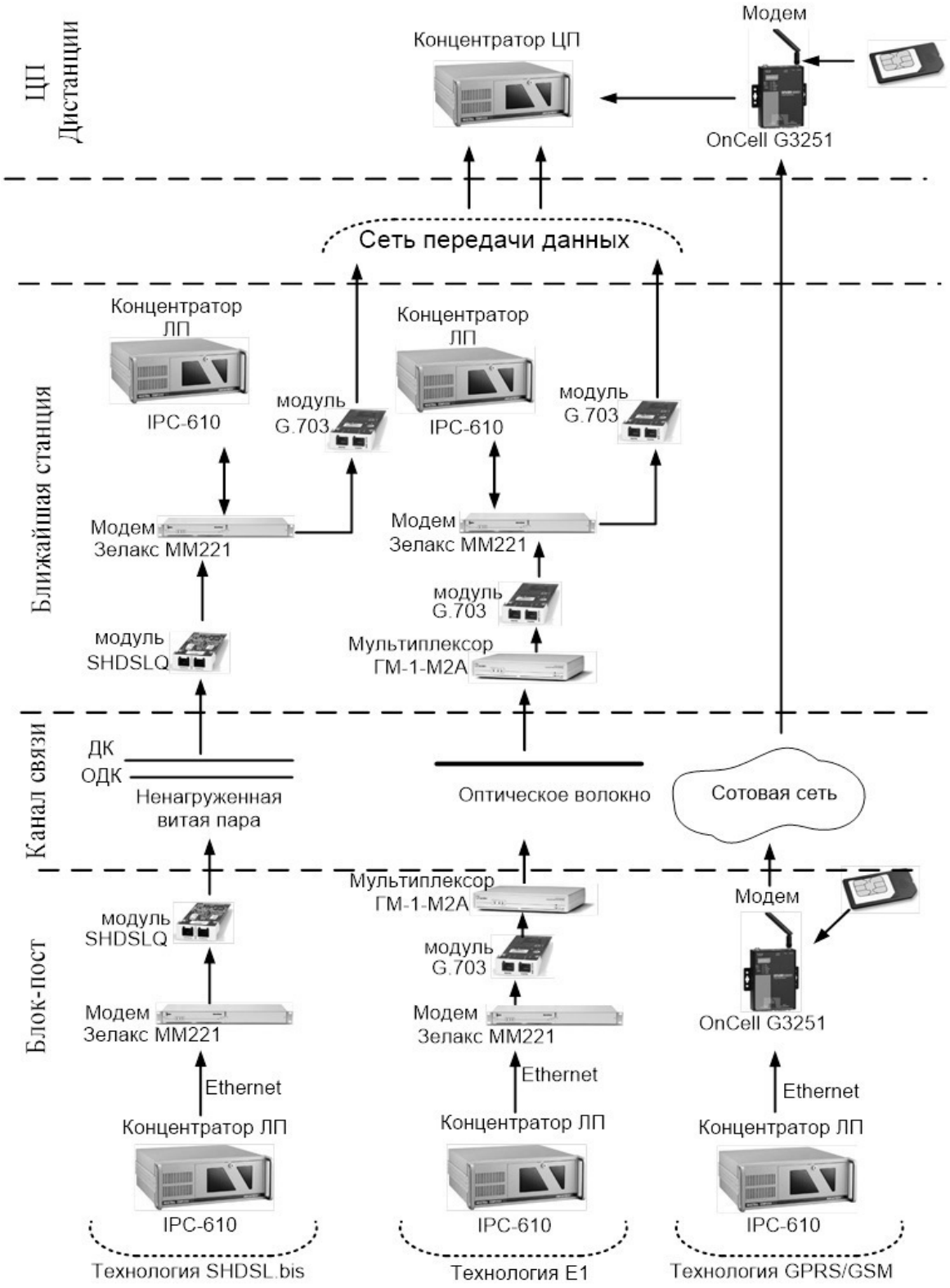


Рис. 1 . Структурная схема возможных вариантов передачи информации на ЦП

Список литературы

1. Зелакс М. М. Техническое описание ММ-22х, ММ-52х/ ПО 1.23.1.1. Зеленоград. 2016. 48 с.
2. [Электронный ресурс] Режим доступа:https://www.zelax.ru/.
3. [Электронный ресурс] Режим доступа:http://www.moxa.ru/shop/gsm_gprs/g3xx1/oncell_g3251/.

В.В. Демьянов, Н.Н. Климов,
Л.В. Козиенко, А.Б. Бадмаев, М.Э. Федоров
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

О НЕОБХОДИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЧАСТОТНЫХ ПРИЕМНИКОВ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В работе рассматриваются точностные требования к определению координат подвижных объектов на железнодорожном транспорте для обеспечения работы систем автоведения.

Ключевые слова: *GPS, ГЛОНАСС, ГНСС, навигационные системы, многочастотные приемники, автоведение*

Проведенные ранее эксперименты показали, что неподвижно стоящие одночастотные приемники глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) определяют свои координаты с периодическими вариациями широты, долготы и высоты [1]. Величина вариаций и соответственно ошибка определения координат потребителя зависит как от типа навигационного приемника, так и от условий приема спутниковых сигналов в точке наблюдения [1, 2]. Характер вариаций также зависит от особенностей движения спутников орбитальных группировок GPS и ГЛОНАСС. Спутниковая группировка системы GPS состоит из 24 спутников, находящихся на круговой орбите с периодом обращения 11 часов 58 минут. Таким образом один спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звездные сутки (23 часа 56 минут). Спутники обращаются вокруг Земли в 6 орбитальных плоскостях с наклонением 55° относительно экватора. С декабря 2012 г. количество спутников в системе доведено до 32-х, при этом дополнительные спутники служат для повышения точности навигационных

местоопределений. Актуальную информацию по состоянию спутниковой группировки можно получить на сайте U.S. Coast Guard Navigation Center [3].

Космическая группировка ГЛОНАСС состоит из 24 спутников (всего на орбите находится 28 КА), вращающихся вокруг Земли в трех орбитальных плоскостях с наклонением 64.8^{o} и периодом обращения 11 часов 15 минут. Так же актуальную информацию о состоянии космической группировки можно получить на сайте Информационно-аналитического центра Федерального Космического Агентства [4].

Для учёта изменения скорости распространения электромагнитных волн на траектории ИСЗ–потребитель обе навигационные системы используют две-три частоты для передачи временной метки. Однако, в составе комплексного локомотивного устройства безопасности (КЛУБ) производства АО «Ижевский Радиозавод» был использован одночастотный приёмник ГНСС типа МНП. Этот приёмник использует сигналы вышеупомянутых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС.

Широкое распространение высококачественных навигационных услуг, предоставляемых ГНСС, а также в связи с активным использованием отечественной ГНСС ГЛОНАСС, в настоящее время ОАО «РЖД» повышает эффективность решения прикладных задач и снижает экономические затраты на их выполнение за счет увеличения точности координатно-временного обеспечения объектов управления. Высокоточная информация о местоположении подвижного объекта в реальном масштабе времени дает возможность:

- автоматизации ряда специальных операций (путевая дефектоскопия, прокладка путей и коммуникаций, сортировочные работы, транспортировка опасных грузов);
- повышения безопасности жизнедеятельности на железной дороге;
- снижение затрат на выполнение специальных топогеодезических работ и приобретение дополнительной специальной геодезической аппаратуры;
- разработать на базе подсистемы точного позиционирования комплексную систему высокоточной привязки (до 1 мм) тяжёлых путевых машин при работе по капитальному ремонту пути на основе ГНСС и лазерного слежения;
- разработать технологию использования навигационной аппаратуры потребителя ГНСС в составе комплексов и систем интервального регулирования движения подвижного состава на железной дороге.

При решении ряда специальных задач на железной дороге (сопровождение опасных и ценных грузов, маневровые работы на станциях и полигонах, координатное регулирование движения поездов, контроль дислокации и пономерной учет вагонно-локомотивного парка и др.) аппаратура ГНСС, функционирующая в автономном режиме, не всегда удовлетворяет современным требованиям к навигационному обеспечению.

Современные требования к навигационному обеспечению различных категорий пользователей ГНСС ГЛОНАСС сформулированы в Российском радионавигационном плане, а для потребителей GPS – в Радионавигационном плане США и представлены в табл.1.

Таблица 1

Задачи	**Точность (СКО), м**	**Доступность**	**Целостность**
Мониторинг дислокации и параметровдвижения подвижных средств, опасных и ценных грузов и диспетчерское управление	15	[0,999…0,9999]	[0,999999… 0,9999999995]
Системы координатного управления и интервального регулирования движения поездов	1	[0,999…0,9999]	[0,999999… 0,9999999995]
Создание единой унифицированной базы геопространственных данных об объектах дороги	0,05	[0,999…0,9999]	[0,999999… 0,9999999995]
Инженерно-геодезические изыскания для строительства новых икапитального ремонта существующих железных дорог	0,0004	[0,999…0,9999]	[0,999999… 0,9999999995]

Удовлетворение столь высоких требований к качеству навигационных определений возможно только за счет использования дифференциальных дополнений к ГНСС, которые позволяют существенно улучшить точность и непрерывность навигационно-временных определений единиц транспорта, транспортных потоков и объектов железной дороги.

Существует большое число транспортных и специальных задач, для решения которых необходимо обеспечить точность определения координат с погрешностью не хуже 10-30 м в глобальной рабочей зоне. При этом доступность должна быть не хуже 0.999…0.9999 и целостность на уровне 0,999999…0,9999999995 с допустимым временем предупреждения не более 10 с [5]. В настоящее время имеется высокий технический уровень развития аппаратной части систем спутниковой

навигации. Дальнейшее совершенствование ГНСС состоит, главным образом, в решении проблемы достижения и поддержания потенциально возможных характеристик навигационного обеспечения в условиях действия внешних неблагоприятных факторов естественного и искусственного происхождения. Одной из наиболее существенных групп неблагоприятных внешних факторов, которые ограничивают достижимые характеристики ГНСС, является совокупность гелио-геофизических факторов (ГГФ). В эту группу входят геомагнитные возмущения среды околоземного космического пространства (ОКП) и мощные вспышки радиоизлучения Солнца. Анализ целого ряда научных публикаций подтверждает существование многочисленных случаев серьезных нарушений в работе GPS и ГЛОНАСС в период прохождения главной фазы геомагнитных возмущений [6-8], а также под прямым воздействием мощных всплесков радиоизлучения Солнца [9-10]. В результате подобных исследований стало ясно, что имеется серьезный повод для пересмотра роли ГГФ в работе современных ГНСС с целью более тщательного учета их влияния при разработке и эксплуатации аппаратуры ГНСС. Другим существенным фактором, негативно влияющим на качество работы аппаратуры ГНСС, может стать воздействие мощных промышленных электромагнитных помех. Этот фактор особенно серьезно способен проявляться в условиях эксплуатации аппаратуры ГНСС на железных дорогах. Однако сколь-нибудь систематических исследований этой проблемы в интересах внедрения технологий ГНСС на отечественных железных дорогах пока не предпринималось вовсе. В настоящее время для обеспечения функционирования навигационной аппаратуры потребителей (НАП) ГНСС с сохранением требуемой точности и непрерывности ГНСС используются следующие методы:

- двухчастотный режим синхронных измерений радионавигационных параметров;
- моделирование трассы распространения радиоволн (модель Klobuchar);
- использование избыточных одночастотных измерений;
- дифференциальный режим работы НАП ГНСС.

Перечисленные методы не всегда удовлетворяют требованиям практики при работе ГНСС в условиях воздействия внешних неблагоприятных факторов. Это вызвано тем, что не в полной мере изучены характеристики деградации сигналов навигационных спутников под воздействием промышленных электромагнитных помех, магнитных бурь и мощных вспышек радиоизлучения Солнца. Отсутствует

систематический глобальный мониторинг качества функционирования ГНСС в текущих гелио-геофизических условиях. Поэтому эффективность указанных выше методов существенно зависит от степени и характера воздействия неблагоприятных ГГФ [11,6-15]. Поддержание их практической эффективности на уровне, который будет слабо зависеть от текущих гелио-геофизических условий, возможно только за счет комплексного применения системы организационно-технических мероприятий. В основе такой системы должны лежать функциональные дополнения ГНСС – дифференциальные системы разного типа, одним из необходимых элементов которых должны стать средства мониторинга качества работы ГНСС с одновременным непрерывным контролем состояния Солнца, геомагнитной обстановки и уровня электромагнитных помех. Такая система должна обеспечивать непрерывный контроль гелио-геофизических условий и уровня электромагнитных помех, накопление статистически состоятельных оценок погрешностей навигационных определений и своевременное предупреждение пользователей ГНСС о вероятном и фактическом нарушении целостности системы. В силу специфики организации работ на объектах железнодорожного транспорта, а также и по экономическим показателям наиболее целесообразно использование локальных дифференциальных подсистем (ЛДПС) ГНСС, которые могут функционировать как в стационарном, так и в мобильном вариантах. При этом в обоих случаях, для сопряжения опорной станции ЛДПС с пользователями системы необходимо также использование цифровой связи с достаточной пропускной способностью канала передачи корректирующих поправок и скоростью передачи данных. Стационарный вариант ЛДПС предполагает использование постоянного пункта, входящего в государственную геодезическую сеть, где устанавливается двухчастотный навигационный приемник и аппаратура передачи данных (АПД) для сообщения с пользователями системы. Для организации опорной станции ЛДПС предполагается использовать базу Иркутского филиала Всероссийского института физико-технических и радиотехнических измерений, где уже имеются пункты с высокоточной геодезической привязкой, а также двухчастотные комбинированные навигационные приемники GPS/ГЛОНАСС. Пользователи ЛДПС оснащаются одночастотными навигационными приемниками GPS и аппаратурой обмена данными на базе сотовой цифровой связи стандартов CDMA, GSM или радиомодемов. Предполагаемый радиус рабочей зоны данного варианта ЛДПС составляет 40-50 км, обеспечивая таким образом выполнение специальных работ на ст. Иркутск-Пассажирский, Иркутск-Сортировочный, Гончарово, Ангарск и Улан-

Удэ. Мобильный вариант ЛДПС потребуется для проведения работ по созданию единой унифицированной базы геопространственных данных об объектах дороги с выездом на ее удаленные и малодеятельные участки, а также для организации непредвиденных срочных работ по мониторингу подвижных средств, опасных и ценных грузов. В данном случае для организации опорной станции ЛДПС требуется проведение наблюдений координат выбранной опорной точки с использованием двухчастотной навигационной аппаратуры пользователя более высокого класса точности с использованием фазовых измерений в качестве основного радионавигационного параметра. После выполнения привязки опорной точки указанными средствами, двухчастотный приемник используется в качестве основы опорной станции мобильной ЛДПС. На опорной станции, как и в первом случае устанавливается АПД, а пользователи системы оснащаются теми же средствами спутниковой, что и в первом варианте ЛДПС.

В результате предполагается достижение следующих научно-практических результатов:

1. Типовая структура стационарной и мобильной ЛДПС для решения задач железнодорожного транспорта;
2. Оценки радиусов рабочей зоны ЛДПС в различных условиях проведения измерений;
3. Оценки достижимых показателей качества навигационных определений пользователей ЛДПС СРНС в различных условиях проведения измерений;
4. Экспериментальный образец мобильного комплекса локальной дифференциальной системы спутниковой навигации для использования на железной дороге;
5. Программно-алгоритмическое обеспечение для обработки данных и практические рекомендации по его применению для решения типовых задач;
6. Разработка и реализация экспериментального макета автоматической следящей системы с использованием данных ГЛОНАСС, которая контролирует положение движущихся друг за другом поездов, не допуская их сближения на расстояние менее тормозного пути.

Для создания такой системы можно использовать двухчастотный навигационный приемник МНП-М9.1 производства АО «Ижевский Радиозавод» и мультисистемный высокоточный навигационный приемник NV08C-RTK производства КБ НАВИС, которые обеспечивают определение координат с сантиметровой точностью на

основе фазовых измерений сигналов систем ГЛОНАСС и GPS, а в перспективе Galileo и BeiDou.

Список литературы

1. Козиенко Л. В., Климов Н. Н., Унучков В. Е., Черкашин К. В. Анализ вариаций координат пространственно-разнесенных одночастотных GPS/ГЛОНАСС приемников/ Сб. Транспортная инфраструктура Сибирского региона, Материалы пятой Всероссийской научно-практической конференции 2014 г., Иркутск. Т.1, С.341-346.

2. Климов Н. Н., Козиенко Л. В., Федоров М. Э. О вариациях координат пространственно-разнесенных одночастотных GNSS приемников. Иркутск: ИрГУПС, 2015. Т.1, С.319-323.

3. U.S. Coast Guard Navigation Center. Ресурс Internet: http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=GPS

4. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП ЦНИИмаш. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.glonass-iac.ru/

5. ГЛОНАСС: принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова и В.Н. Харисова. - М.: Радиотехника, 2005. - 687 с.

6. Afraimovich, E.L., Demyanov, V.V., and T.N. Kondakova. Degradation of performance of the navigation GPS system in geomagnetically disturbed conditions // GPS Solutions, 7(2), 109-119, 2003.

7. Herbster C.S. Scintillation effects on national geospatial-intelligence agency (NGA) GPS monitor stations // Proceedings of the International Beacon Satellite Symposium, Editor: Doherty, P.H. Boston College, June 11-15, 2007.

8. Jakowski N., et al. Ionospheric storms at high and mid-latitudes monitored by ground and space based GPS techniques // Proceedings of the International Beacon Satellite Symposium, Editor: Doherty, P.H. Boston College, June 11-15, 2007.

9. Chen, Z., Y. Gao, and Z. Liu. Evaluation of solar radio bursts' effect on GPS receiver signal tracking within International GPS Service network // Radio Science, V. 40. RS3012, doi:10.1029/2004RS003066, 2005.

10. Афраймович Э. Л., Смольков Г. Я., Гаврилюк Н. С. Сбои функционирования GPS, обусловленные мощным радиоизлучением солнца во время солнечной вспышки 6 декабря 2006 г // «Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений»: IV Международная конференция, с. Паратунка, Камчатской обл., 14–17 августа 2007 г: сб. докл. Петропавловск-Камч.: ИКИР ДВО РАН, 2007, С. 31-36.

11. Coster, A.J., et. al. Regional GPS Mapping of Storm Enhanced Density During the July 15-16 2000 Geomagnetic Storm // Proceedings of International Beacon Satellite Symposium, June 4-6, 2001, Boston College, Institute for Scientific Research, Chestnut Hill, MA, USA., 2001.

12. Jock R. I. et al. The Effects of Local Ionospheric Decorrelation on LAAS: Theory and Experimental Results. http://www.stanford.edu/group/GPS, 2004.

13. Ким Б. Ч., Тинин М. В. Влияние ионосферных неоднородностей на точность двухчастотных систем GPS // Геомагнетизм и Аэрономия, Т. 46, № 2, С. 1–6, 2007.

14. Kintner P.M., H. Kil, and E. de Paula. Fading time scales associated with GPS signals and potential consequences // Radio Science, V. 36, №4, 731-743, 2001.

15. Conker, R.S., et al. Modeleing the effects of ionospheric scintillation on GPS/Satellite-Based Augmentaion System availability // Radio Science, V. 38, N1, 1001, doi:10.1029/2000RS002604, 2003.

Е.Л. Епифанов
Забайкальская дирекция по энергообеспечению –
СП «Трансэнерго» - филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита Россия

С.А. Филиппов, М.В. Востриков
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В статье рассматривается вопрос обеспечения селективной работы резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети. Проведен анализ причин сложности идентификации нормального и аварийного режимов в рамках существующего алгоритма работы. Предложен принципиально новый принцип работы микропроцессорных терминалов защиты, представлена блок – схема нового алгоритма.

Ключевые слова: *дистанционная защита, резервная ступень, селективность, зона действия, ложное срабатывание*

Отстаивание Россией своих позиций ведущей державы мира должно опираться на развитую экономику с соответствующей ей инфраструктурой, важной составной частью которой являются электрифицированные железные дороги России. Приоритетным направлением энергетической стратегии холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 г. и на перспективу до 2030 г. является интенсификация перевозочного процесса, обеспечение его надежной и безаварийной работы [1]. Это предъявляет высокие требования к системе тягового электроснабжения в целом и к релейной защите как виду автоматики, отвечающей за своевременное выявление аварийных режимов и их локализацию.

Согласно [2] основной защитой фидеров контактной сети железных дорог переменного тока является дистанционная защита в трех или четырехступенчатом исполнении, дополненная токовой отсечкой. Практическая эксплуатация дистанционной защиты началась с 1920 г. За это время дистанционные защиты непрерывно совершенствовались, главным образом в области технической базы исполнения (от электромеханических реле до микропроцессорных терминалов) и виде характеристики срабатывания на комплексной плоскости для улучшения отстройки от нормальных режимов. При этом качественных изменений в алгоритме действия защиты, принципах её построения не произошло. Уставка срабатывания резервной ступени (3’или 4’) выбирается из условия КЗ на выводах выключателя смежной подстанции в режиме минимума энергосистемы с учетом сопротивления дуги, с увеличением на коэффициент чувствительности, который равен $К_ч$=1,5 при раздельной схеме питания и $К_ч$=1,2 при узловой или параллельной. Затем проверяется отстройка полученной уставки от сопротивления нагрузки в максимальном режиме с запасом не менее 20% и чувствительность резервной ступени по условию:

$$K_ч = \frac{Z_{уD3}^{III}}{Z_k} \geq 1{,}5$$

где $Z_{уD3}^{III}$ - уставка срабатывания третьей (четвертой) ступени дистанционной защиты, выбранная по приведенным выше условиям;

Z_k- сопротивление КЗ в минимальном режиме на шинах смежной подстанции.

Несложно убедиться, что для обеспечения уверенной селективной работы резервных ступеней дистанционных защит фидеров контактной сети различия в токах нормального режима и короткого замыкания в

конце защищаемой зоны должны составлять не менее 2,2 ÷ 2,7 раз. Рассмотрим, как же соотносятся эти величины в действительности.

Максимальный ток фидера контактной сети вычисляют на основании данных о значениях пускового тока электровозов, ведущих сдвоенные поезда (поезда максимально возможной массы) для данного участка дороги и средних значениях токов за время хода по межподстанционным зонам поездов различного веса, которые можно определить на основании тяговых расчетов. Усреднено, такое значение можно получить из справочной литературы, например, для электровоза марки ВЛ-85 это значение составляет 604 А. При кратной тяге значения пускового тока будут увеличиваться пропорционально числу электровозов и их секций в составе. Существующая тенденция увеличения массы составов в условиях сложного рельефа полигона Забайкальской железной дороги требует повышения удельного веса использования кратной тяги в перевозочном процессе.

С учетом поездов, находящихся на участке, максимальный ток фидера контактной сети может достичь после «окна» в момент трогания электровозов значений 1300-1400 А. Это значение существенно не изменится в момент срабатывания третьей ступени дистанционной защиты, поскольку пусковой ток является достаточно инерционной величиной, и его действие может длиться несколько секунд. Сопротивление на входе защиты в этом случае составит:

$$Z_{Hmin} = \frac{U_{min}}{I_{\text{раб}.max}} = \frac{25000}{1250} = 20 \text{ Ом.}$$

Согласно «Правилам устройства систем тягового электроснабжения» модуль входного сопротивления системы тягового электроснабжения при напряжении 25 кВ от токоприемника ЭПС до шин бесконечно большой мощности не должен превышать в нормальном режиме работы системы тягового электроснабжения при двухсторонней и узловой схеме питания тяговой сети 15 Ом, а в вынужденном режиме работы при односторонней схеме питания тяговой сети – 30 Ом. В тоже время, при КЗ вблизи шин смежной подстанции, величина сопротивления на входе защиты может составлять 30-35 Ом [3]. На тяговой подстанции Чита Забайкальской железной дороги уставка резервной ступени дистанционной защиты составляет 70 Ом при 55°. Налицо перекрытие зон сопротивлений нормального и аварийного режимов по модулю в ряде случаев количественно даже без запаса в 2,2 ÷ 2,7 раза. Отстройка по углу также не позволяет уверенно разделить эти режимы и обеспечить селективную работу резервных

ступеней во всех случаях, поскольку запас в 10° ÷ 15° может быть преодолен за счет действия, например, уравнительных токов или явления рекуперации. Влияет на этот процесс и допустимая погрешность работы трансформаторов тока по углу в 7°.

Проведенный анализ показывает, что существующий алгоритм работы резервных ступеней дистанционных защит не может одновременно обеспечить чувствительность к удаленным КЗ через переходное сопротивление и надежную отстройку от сложных нагрузочных режимов. На рисунке 1 иллюстрируется данная ситуация с примерами произведенных замеров в сложных режимах.

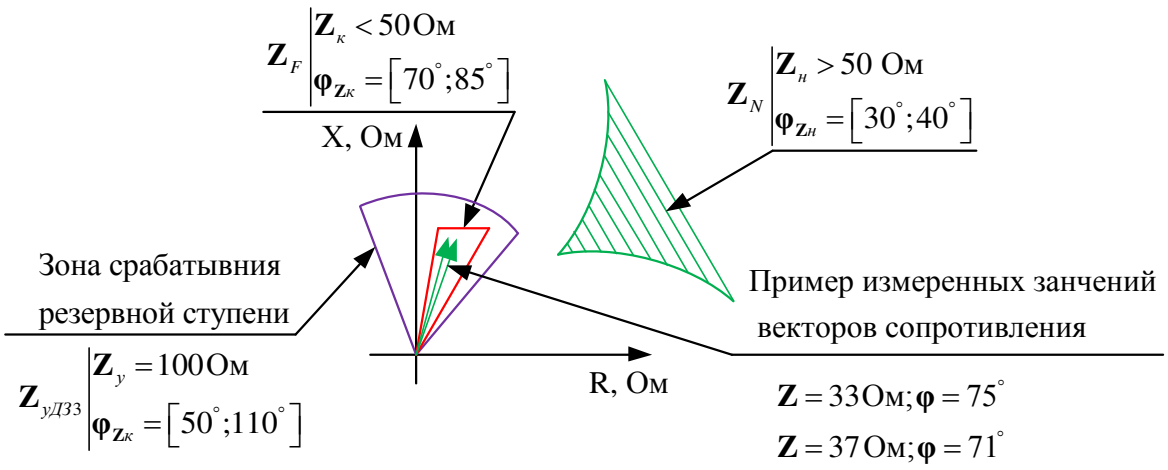
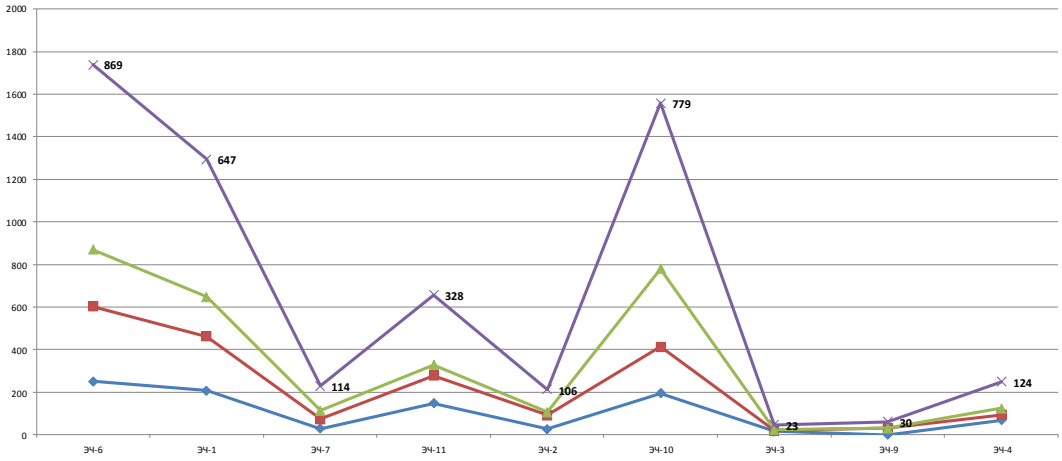


Рис. 1. Взаимное расположение зоны действия резервной ступени ДЗ ФКС и зоны нагрузки

В возникшей противоречивой ситуации начинает действовать общий принцип приоритета ложного срабатывания защиты перед её отказом. На рис. 2 приведена статистика срабатывания дистанционных защит ФКС по неустановленной причине за 2015-2017 гг. по дистанциям электроснабжения Забайкальской железной дороги.



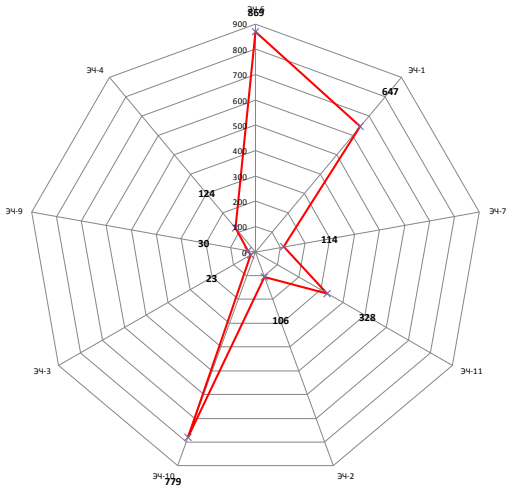


Рис. 2. Диаграмма распределения срабатываний ДЗ ФКС на ЭЧ Забайкальской железной дороги по неизвестным причинам

Представляется, что большая часть этих срабатываний приходится на ложные срабатывания резервных ступеней ДЗ ФКС в нормальных режимах. Косвенным подтверждением данного факта служит то обстоятельство, что в лидерах по количеству ложных срабатываний фигурируют тяговые подстанции где, по статистике, зафиксированы наибольшие уравнительные токи, наименьшие значения мощности КЗ на вводе подстанций и другие факторы, усложняющие разграничение зон аварийного и нормального режимов для резервных ступеней ДЗ ФКС.

Использование современных микропроцессорных терминалов защиты ситуацию не меняет, поскольку алгоритм их работы остается прежним (рис. 3).

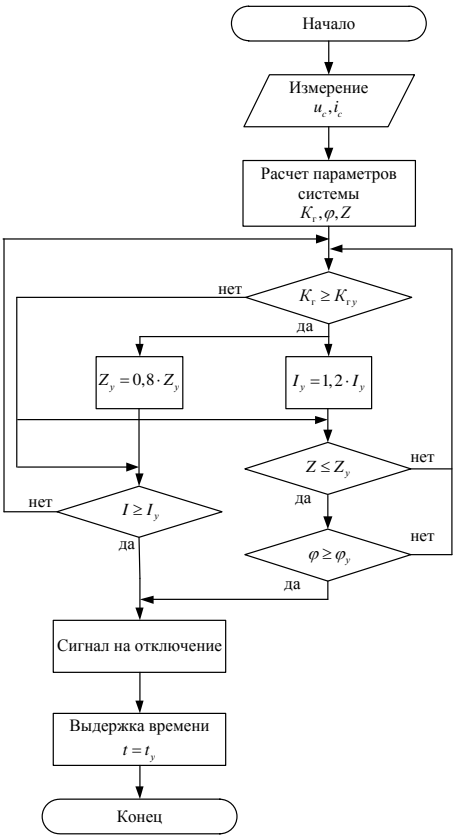


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы третьей ступени ДЗ ФКС

На сегодняшний день на полигоне Забайкальской железной дороги используются следующие микропроцессорные терминалы ДЗ ФКС: Сириус-ЖД-ФКС, БМРЗ-ФКС, ЦЗА-27,5-ФКС, Интер-27,5-ФКС. Парадокс ситуации заключается в том, что для микропроцессорных защит, имеющих меньшую ступень селективности по времени срабатывания анализируемая проблема обостряется, поскольку на момент срабатывания они «захватывают» большее значение от начального значения пускового тока. Таким образом, не меняя алгоритм работы резервных ступеней ДЗ ФКС, рассматриваемую проблему не решить.

Авторский коллектив статьи предлагает внести принципиальное изменение в работу резервных ступеней ДЗ ФКС, опираясь на уже имеющиеся достигнутые результаты [4, 5, 6]. Предлагается характеристику срабатывания сделать не статической (неизменной), а постоянно отстраиваемой от сопротивления нагрузки в сторону уменьшения на 20 % по модулю с частотой дискретизации 5 мс. Это позволит надежно обеспечить несрабатывание защиты в рабочем режиме и повысить чувствительность защиты в аварийных режимах. В этом случае необходимость режима отстройке по фазе отпадает.

Список литературы

1. Распоряжение ОАО «РЖД» № 2718 р от 15 декабря 2011 г.
2. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «Российские железные дороги». - М. «Трансиздат», 2005г. – 216 с.
3. Пинчуков П. С. Комплекс релейных защит внешнего и тягового электроснабжения 25 кВ. Дис. канд.техн.наук: 05.22.07. Хабаровск, 2004. 203 с.
4. Патент на полезную модель №139536. МПК Н 02Н 7/26. Устройство адаптивной дистанционной защиты резервных ступеней фидеров контактной сети // Р.С. Трифонов, С.А. Филиппов, Д.А. Яковлев / Приоритет от 19.02.2013. Бюл. № 11. Зарегистрирован в Гос. реестре полезных моделей РФ 20.03.2014 г.
5. Востриков М. В., Филиппов С. А., Яковлев Д. А. Повышение надежности перевозочного процесса за счет внедрения устройства адаптивной дистанционной защиты резервных ступеней фидеров контактной сети. Материалы в междун. науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГУПС,2017. С.745-748.
6. 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 Ростовского государственного института путей сообщения. 2015. № 2. С. 132-140.

А. С. Маниковский, М.Г. Комогорцев
Забайкальский институт железнодорожного транспорта»,
г. Чита, Россия

Н.О. Служаев
Читинская дистанция сигнализации, централизации и блокировки
Забайкальской железной дороги,
г. Чита, Россия

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СВЕТОФОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Предложенная система относится к области транспортной светотехники. В статье рассматривается электропитание железнодорожного светофора с использованием альтернативных источников энергии, а именно, использование энергии солнца. Авторами

предложена система электропитания, которая позволит существенно сократить расходы электроэнергии в светлое время суток.

Ключевые слова: *железнодорожный светофор, альтернативные источники энергии, солнечные панели*

В настоящее время альтернативные источники энергии вытесняют традиционные экологически «грязные» энергоносители, такие как нефть и уголь. Во многих развитых странах солнечный свет, ветер, геотермальные источники, энергия морских приливов, становятся основным способом получения электрической энергии [1].

Солнечные панели для электропитания светофоров и мачт освещения на автодорогах активно используются по всей территории России. Однако, на железнодорожном транспорте подобные технологии, до настоящего времени, не получили широкое распространение.

В системах сигнализации централизации и блокировки с централизованным размещением аппаратуры светофоры получают питание от поста электрической централизации на станции. Некоторые объекты удалены от источника электрической энергии на расстояние до 9 километров (перегонные светофоры), потери на передачу электрической энергии до таких объектов составляют от 10 до 15 %. Установка солнечных панелей на железнодорожные светофоры позволит существенно сократить расходы электроэнергии в светлое время суток.

Задачей предлагаемой системы электропитания железнодорожного светофора с использованием солнечной панели является экономия электроэнергии на электропитание железнодорожного светофора в светлое время суток. Задача решается тем, что железнодорожный светофор дополнительно оборудуется солнечной панелью и автоматическим решающим устройством.

К 2030 г. холдингом ОАО “РЖД” поставлено множество стратегических целей. Одна из них “отдать приоритет "зеленым" технологиям, обеспечить снижение нагрузки на окружающую среду в 2 раза” [2]. Поэтому разработка данной системы является актуальной задачей.

Большинство систем электропитания, использующих солнечную энергию используют, так же аккумуляторы для работы в темное время суток [3]. В условиях холодного климата аккумуляторы теряют свою емкость, поэтому требуется размещать их в отапливаемых помещениях. Специфика расположения светофоров вдоль железной дороги, часто в регионах с неразвитой инфраструктурой, не позволяет создавать для аккумуляторов необходимый температурный режим, к тому же стоимость самих аккумуляторов достаточно высока, при небольшом

сроке службы. В связи с этим, принято решение отказаться от накопления солнечной энергии для питания светофоров и, при наступлении темного времени суток, в автоматическом режиме переходить на традиционную схему электропитания со станции. Такое построение системы электропитания позволит сократить до необходимого минимума количество дополнительных элементов для модернизации железнодорожного светофора.

Система электропитания железнодорожного светофора с использованием солнечной панели состоит из: железнодорожного светофора, автоматического решающего устройства, солнечной панели, универсального крепления и внешнего источника электроэнергии.

Общий принцип работы системы представлен на рис.1.

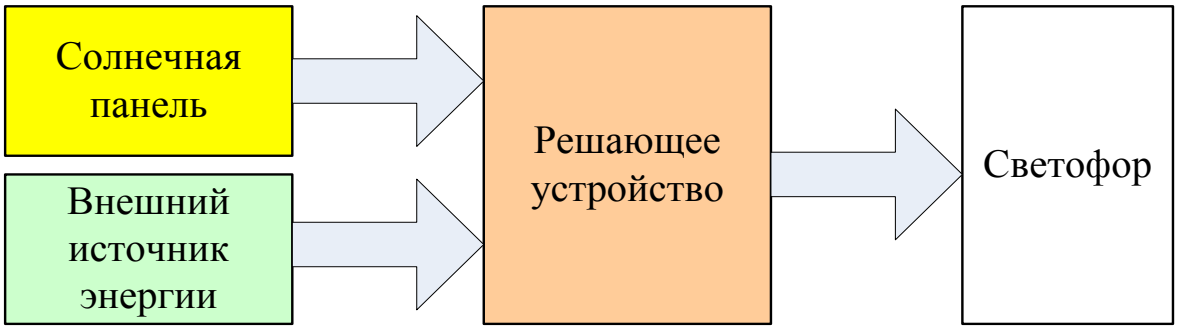


Рис. 1. Принципиальная схема системы электропитания железнодорожных светофоров с использованием солнечных панелей

В светлое время суток железнодорожный светофор получает питание от солнечной панели, решающее устройство измеряет уровень напряжения, выдаваемый солнечной панелью, и при его падении ниже порогового значения, в автоматическом режиме переключает электропитание на внешний источник электроэнергии. Такой алгоритм работы позволяет обеспечить высокую надежность работы системы в неблагоприятных погодных условиях (облачность, дождь, снегопад).

Простота конструкции имеет очень важное значение. Конструкция должна отличаться крайней надежностью и долговечностью, иметь малый вес, и состоять из недорогостоящих материалов. Поскольку солнечная панель имеет большую площадь (более 1 кв.м.) и зачастую может применяться в открытых местностях, таких как степи, равнины, где нет преград для ветра, то надежность и устойчивость к высоким нагрузкам является основным критерием в создании конструкции.

Для обеспечения универсальности конструкции крепления солнечной панели и применении ее на любом типе железнодорожных опор, необходимо заменить только хомут, соответствующий диаметру опоры железнодорожного светофора. Поскольку на железнодорожных светофорах применена коническая опора с изменяющимся диаметром необходимо два хомута с различными размерами.

Прототип система электропитания железнодорожного светофора с использованием солнечных панелей был реализован на полигоне Забайкальского института железнодорожного транспорта. Солнечная панель была установлена на опору предвходного светофора по четному пути следования поезда (см. рис. 2).

Рис. 2. Прототип система электропитания железнодорожного светофора с использованием солнечных панелей

В ходе проведения эксплуатационных испытаний система электропитания железнодорожного светофора с применением солнечных панелей зарекомендовала себя как высокоэффективная, надежная и безопасная система альтернативного электропитания.

Внедрение системы электропитания железнодорожных светофоров с использованием солнечных панелей позволит сократить расходы электроэнергии в системах СЦБ, а также существенно повысит надежность работы светофоров при авариях в системе электроснабжения.

Список литературы

1. Рубан С. С., Иванов С. А. Нетрадиционные источники энергии. М.: Энергия, 2005. 176 с.
2. Стратегия инновационного развития ОАО "Российские железные дороги" на период до 2015 года (Белая книга ОАО "РЖД").
3. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 2010. 56 с.

В.С. Марюхненко, Тувшинтур Золбоо
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И СВОЕВРЕМЕННОСТЬ ПЕРЕВОЗОК НА УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Выполнен анализ транспортных перевозок Монголии, на основании которого сделан вывод о слабом звене в проблеме надежности устройств автоматики и телемеханики Улан-Баторской железной дороги. Таким звеном является кабельное хозяйство. Предложено для решения проблемы повышения надежности станционных устройств и систем автоматики и телемеханики применить дублирующий радиоканал для связи между удаленными объектами.

Ключевые слова: *автоматика и телемеханика, системы, устройства, надежность, радиоканал*

Природные и трудовые ресурсы Монголии распределены по её территории крайне неравномерно. Поэтому для успешного развития промышленности, энергетики и сельского хозяйства неизбежен процесс постоянного перемешения людей, сырья и продукции между

различными регионами страны. Эту проблему решает единая транспортная система страны, включающая железнодорожный, автомобильный, морской, речной и воздушный виды транспорта. Главная задача транспортной системы – обеспечение пассажирских и грузовых перевозок с высоким качеством: соблюдение сроков, безопасность для жизни и здоровья пассажиров и сохранность свойств перевозимой продукции.

В Монголии основным видом транспорта перевозочных процессов является железная дорога (табл.1) [1].

Качество перевозочного процесса на железнодорожном транспорте определяется быстротой и безопасностью доставки грузов и пассажиров к месту назначения. Из табл.1 следует, что в дорожно-транспортной сфере Монголии доминирующую позицию занимают 2 вида транспорта: автомобильный и железнодорожный.

Объем авиационных перевозок грузов низкий и малозначащий в масштабах страны. Авиационные перевозки пассажиров составляют существенную (около одной трети) часть перевозок, но уступают и железнодорожному, и автомобильному.

Причины востребованности автомобильного транспорта связаны экономическими факторами, - за последние годы правительством страны приняты меры по строительству и ремонту автомобильных дорог государственного значения в больших городах и регионах.

На схеме рис. 1 показано влияние различных факторов и их составляющих на безопасность железнодорожной транспортной системы. Безопасность перевозок оценивается вероятностью $P(A)$ такого события A, которое состоит в отсутствии за расчетное время перевозки

$$T_{\text{П}} = t_{\text{к}} - t_{\text{н}},$$

где $t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – соответственно моменты начала и окончания перевозки, чрезвычайной ситуации, в результате которой произошло повреждение техники и/или нанесен ущерб здоровью пассажиров.

Таблица 1

Годовые итоги транспортных перевозок Монголии

Виды транспорта	2012г	2013г	2014г	Объем перевозки в транспорте, %		
				2012г	2013г	2014г
Оборот груза, млн.тн.км						
Железная дорога	12142,7	12143,2	12416,3	73,1	73,1	63,0
Автотранспорт	4461,0	4314,0	7274,0	26,9	26,2	36,8
Воздушные	9,7	9,6	9,4	0,1	0,1	0,1
Всего	16613,4	16466,8	19699,7	100,0	100,0	100,0
Оборот пассажирских перевозок, млн.пасс.км						
Железная дорога	1485,40	1404,20	1196,70	29,9	30,3	22,1
Автотранспорт	2263,10	1941,90	2965,30	45,5	41,9	54,9
Воздушные	1223,10	1289,37	1236,01	24,6	27,8	23,0
Всего	4971,60	4635,47	5398,01	100,0	100,0	100,0

В течение времени перевозки $T_П$ необходимо обеспечить $P(A) > P_{зад}$. Это может быть достигнуто:

- высокой надежностью технических средств обеспечения движения транспорта;
- нейтрализаций вредного действия проявлений человеческого фактора;
- безопасностью перевозимого груза.

Безопасность транспортных перевозок, при которых произошло M нарушений, приведших к особым (опасным) ситуациям можно оценить показателем

$$S_б = M\ T_П.$$

Очевидно что минимизация коэффициента приведет автоматически к достижению максимума вероятностью $P(A)$ [2].

Из перечисленных факторов технические факторы имеют существенный и решающее значение. Поэтому надежность работы технических систем обеспечивает безопасность перевозки.

Техническими (аппаратными) средствами обеспечения безопасности железнодорожного транспорта понимаются устройства локомотивного, вагонного хозяйства и устройства автоматики и телемеханики.

К железнодорожной автоматике и телемеханике относятся устройства и системы:

а) автоматическая блокировка;

б) диспетчерская централизация;

в) диспетчерский контроль;
г) автоматическая переездная сигнализация;
д) системы контроля подвижного состава на ходу поезда.

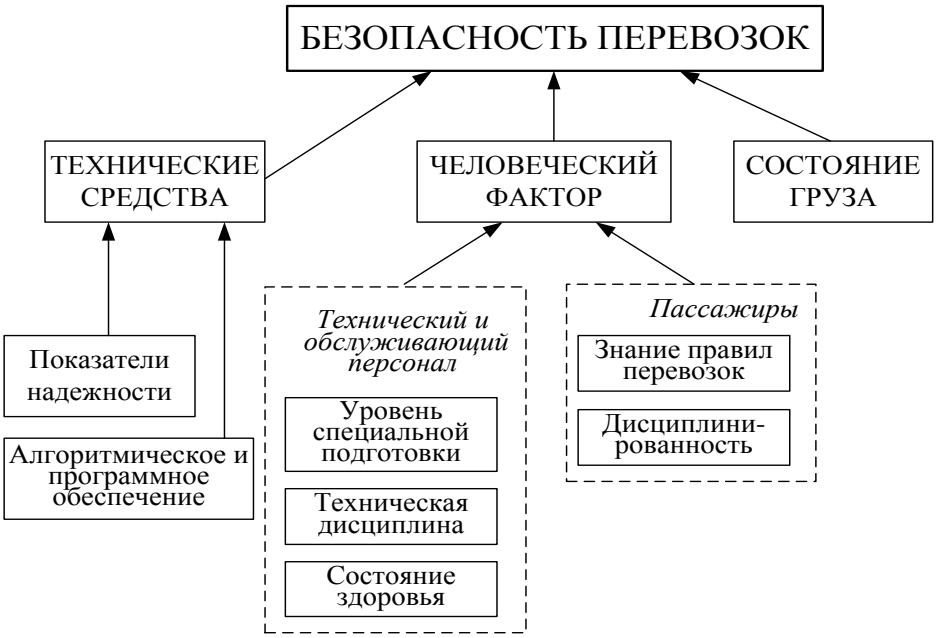


Рис 1. Схема влияния факторов на безопасность перевозок

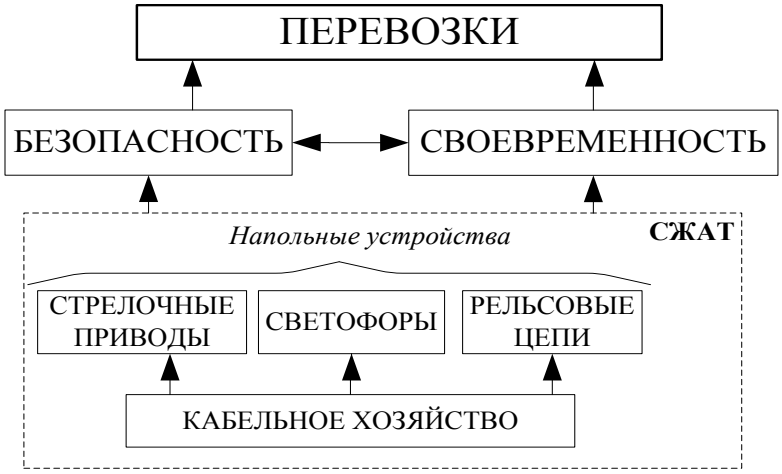


Рис 2. Схема влияния напольных устройств наперевозки

В системы и устройства автоматики и телемеханики структурно состоят, как правило, из напольного оборудования и постового оборудования. К напольным устройствам автоматики и телемеханики

относятся стрелочные электроприводы, светофоры, датчики и контрольные реле рельсовых цепей.

Напольные устройства связаны с объектами управления и с постовым оборудованием посредством разветвленных кабельных сетей.

Напольное оборудование подвергается наибольшим влияниям внешней среды, и его условия функционирова-ния близки к экстремальным. Это колебания температуры в широком диапазоне, изменение влажности, вибрации, переходные процессы в цепях коммутации, влияние наводок от внешних источников. Перечисленные факторы создают условия к возникновению отказов.

Постовое оборудование имеет некоторую защищенность от вредных факторов внешней среды, но в зависимости от размещения, она (защищенность) может быть неполной, что также приводит к отказам.

Отказы устройств автоматики и телемеханики могут привести к задержке поезда или и даже более серьёзным последствиям (см. рис. 2). К таким отказам относятся прежде всего отказы кабельных линий. Вследствие их отказов время восстановления бывают достаточно большими. Одним из наиболее опасных отказов связанных с неисправностью кабелей являются отказы вызванные сообщением различных цепей или заземления этих цепей [3]. Самопроизвольное появление тока в цепи может вызвать любой опасный отказ: появление разрешающего сигнала, перевод стрелки под составом, ложный контроль стрелок или свободности рельсовой цепи, а это уже прямая угроза безопасности движения поездов.

В табл. 2, 3, 4, 5 [3, 4] показано распределение отказов устройств автоматики и телемеханики и время восстановления отказов Улан-Баторской железной дороге.

Таблица 2

Распределение отказов по диста нциям

Дистанция	**Аппарат**	**Воздушная линия связи**	**РЦ**	**МП**	**Кабель**	**Стрелка**	**Светофор**	**Питание**	**Чел.фактор**	**Всего**
ШЧ-1	23	16	12	0	16	25	47	39	2	180
ШЧ-2	42	20	22	0	17	42	77	54	3	277
ШЧ-3	30	12	34	2	16	31	100	63	1	289
Всего	95	48	68	2	49	98	224	156	6	746

Таблица 3

Распределение отказов по годам

Дата	Аппарат	Воздушная линия связи	РЦ	МП	Кабель	Стрелка	Светофор	Питание	Чел.фактор	Всего
2005	14	12	11	0	7	18	26	15	2	105
2006	11	5	9	0	12	13	34	20	1	105
2007	18	6	7	0	5	8	39	7	1	91
2008	9	6	6	0	6	9	31	16	1	84
2009	15	5	8	0	4	7	16	13	0	68
2010	4	3	5	0	2	14	6	11	1	46
2011	11	3	1	0	5	5	13	14	0	52
2012	5	3	5	0	1	6	16	13	0	49
2013	6	1	3	0	3	9	17	17	0	56
2014	0	1	6	1	2	4	10	17	0	41
2015	2	3	7	1	2	5	16	13	0	49
Всего	95	48	68	2	49	98	224	156	6	746

Из табл. 2 следует, что основное количество отказов приходит на дистанции ШЧ-2 и ШЧ-3. Служба Ш Улан-Баторской железной дороги сделала много работ по устранению и дальнейшего не проявления повторных отказов, и результат можно увидеть с таблицы 3, где количество отказов с каждым годом уменьшается.

Таблица 4

Распределение задержек поездов (час)

Дистанция	Аппарат	Воздушная линия связи	РЦ	МПЦ	Кабель	Стрелка	Светофор	Питание	Человеческий фактор	Всего
ШЧ-1	9,3	6,95	3,3	0	6,02	13,5	9,98	15,72	0,82	65,59
ШЧ-2	18,9	4,6	8,6	0	4,75	14,2	15,96	20,68	1,28	88,97
ШЧ-3	12,9	9,83	13,8	1,13	2,96	14,65	17,16	22,76	0,28	95,47
Всего	41,1	21,38	25,7	1,13	13,73	42,35	43,1	59,16	2,38	250,03

Таблица 5

Распределение времени восстановления отказов (час)

Дистанция	Аппарат	Воздушная линия связи	РЦ	МПЦ	Кабель	Стрелка	Светофор	Питание	Человеческий фактор	Всего
ШЧ-1	31.36	12.53	7	0	71.16	26.45	27.4	42.08	0.82	218.8
ШЧ-2	55.78	13.98	17.13	0	89.98	22.67	26.58	36.1	1.28	263.5
ШЧ-3	24.07	14.92	29	5.62	80.23	16.63	37.68	50.68	0.28	259.11
Всего	111.21	41.43	53.13	5.62	241.37	65.75	91.66	128.86	2.38	741.41

Анализ данных табл. 4 показывает, что основное время задержки поездов занимает аппаратура автоблокировки, стрелки, светофоры и электропитания. А из табл. 5 видно, что большая часть времени занимает на восстановление отказов связанных с кабельным хозяйством. Это значит, что отказы кабельного хозяйства являются наиболее опасным.

Отказы кабеля могут пройзоити по следующим причинам:

1. *Старение кабеля.* Кабели проложены в грунте. Поэтому подвержены естественному старению, под которым понимается постоянное необратимое изменение электрических и механических характеристик кабеля с течением времени.

2. *Климатические условия.* Во время прокдадки или монтажа, кабель минимум дважды подвергают изгибу: один раз при прокладке, а другой во время монтажа при выкладке концов кабеля по форме котлована. Растягивающее воздействие испытывает подземный кабель при изменении температуры почвы. При низкой температуре существенно изменяются свойства многих изоляционных материалов, пластмассы теряют ударную вязкость и прочность на растяжение, что уменьшает надёжность покрытия. С повышением температуры снижается сопротивление изоляции жил кабеля постоянному току, увеличивается сопротивление жил.

3. *Внешние факторы.* Кабельное хозяиство СЦБ является наиболее уязвимым местом для внешних повреждений. Кабельные групповые муфты, путевые коробки, в которых разделываются и соединяются кабель, расположены в междупутьях станции. Поэтому нередко подвергаются повреждению при производстве земляных работ на

станции различными сторонними организациями, работе путевых машин при ремонте пути.

Выводы.

Выполненный анализ транспортных перевозок Монголии позволяет утверждать:

1. Железная дорога является основным видом транспорта, влияющая на экономику Монголии и дальнешее её развитие.
2. Основным фактором в нарушении безопасности перевозок является технический фактор, а именно, отказы устройств автоматики и телемеханики.
3. По данным отказов устройств автоматики и телемеханики Улан-Баторской железной дороги сделан вывод, что самым слабом звеном в цепи надежности этих устройств- является кабельное хозяйство.
4. Поэтому для решения проблемы повышения надежности станционных устройств и систем автоматики и телемеханики предлагается для связи с удаленными объектами применить радиоканал.
5. Для отработки технологии создания и применения внутрисистемных радиоканалов в устройствах автоматики и телемеханики на первых порах ограничиться дублированием радиоканалами существующих кабельных соединений.

Список литературы

1. Диспетчеры службы Ш АО “Улан-Баторская железная дорога”. Ежемесячный отчет работы с 2005 г. по 2015 г. Улан-Батор, 2016.
2. Арслан Ц., Ундармаа Д. Годовой отчет АО “УБЖД” 2014 года. Центр технической политики, проектирования и исследования / Под ред. С.Уганзаяа пресс-центр. Улан Батор: Ганзам, 2016.
3. Марюхненко В. С. Информационное обеспечение подвижных транспортных средств на основе интегрированных навигационных систем / В. С. Марюхненко, Ю. Ф. Мухопад, В. В. Демьянов, Б. М. Миронов / под. ред. В.С. Марюхненко. Новосибирск: Наука, 2014. 256 с.
4. Бубнов В. Д., Дмитриев В. С. Устройства СЦБ их монтаж и оборудование. М.: Транспорт, 1993. 366 с.

К.В. Менакер, Н.В. Тихенко
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СХЕМ СОПРЯЖЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ С РЕЛЕЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

В статье рассматриваются вопросы создания безопасных устройств сопряжения современных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики с релейными системами. Приведены основные требования к устройствам сопряжения, проанализированы схемные решения устройств сопряжения, не имеющих опасные отказы. Представлены принципы построения и обеспечения безопасности в схемах включения исполнительных реле с трансформаторной и конденсаторной гальванической развязкой.

Ключевые слова: *устройство сопряжения, микропроцессор, реле, контакты, отказы, опасные отказы*

Начиная с 2000 г. в России началось массовое внедрение микропроцессорных систем железнодорожной автоматики. Системы интервального регулирования движения поездов: КЭБ-1, КЭБ-2, АБТЦ-М; системы контроля параметров подвижного состава: КТСМ-01, КТСМ-02; системы электрической централизации: Ebilock-950, ЭЦ-ЕМ, ЭЦ-МПК, МПЦ-И; системы диспетчерской централизации и контроля: АПК-ДК, Диалог, Сетунь, Тракт выполнены на современной микроэлектронной базе с применением микропроцессоров. Между тем на сети российских дорог эксплуатируется и внедряется огромное число релейных и релейно-процессорных устройств. В связи с этим возникает необходимость увязки микропроцессорных и релейных систем.

Информации по созданию безопасных устройств сопряжения микропроцессорных и релейных устройств железнодорожной автоматики в открытой печати практически нет. Причин тому несколько, основной из которых является интеллектуальная собственность и коммерческая тайна.

Однако, при подготовке молодых специалистов в области железнодорожной автоматики информация, касающаяся вопросов создания безопасных устройств сопряжения микропроцессорных и релейных устройств железнодорожной автоматики крайне необходима,

поскольку завтра будущим инженерам предстоит не только эксплуатировать современные системы, но и проектировать новые.

Условно устройства сопряжения с объектом (УСО) можно разделить на две вида: устройства вывода управляющей информации и устройства ввода контрольной информации о состоянии исполнительных объектов. В зависимости от используемой элементной базы УСО можно разделить на релейные и электронные (бесконтактные).

По способам обеспечения безопасности бесконтактные УСО делятся на три вида: с периодическим программным тестовым контролем дублированных коммутирующих устройств (КУ), с аппаратным контролем исправности дублированных КУ и программным тестированием контрольных элементов (КЭ); бесконтактные функциональные преобразователи с несимметричным отказом [1].

Исправность коммутационных УСО с периодическим программным тестовым контролем дублированных КУ проверяется параллельно или последовательно соединенными с ними контрольными элементами.

При параллельном соединении КУ и КЭ (рис. 1) для предотвращения последовательных во времени отказов типа «пробой» обоих ключей КУ ЭВМ периодически опрашивает контрольные входы. Если КУ закрыты, то на выходах КЭ появляются импульсные последовательности, а в открытом состоянии поступает постоянный сигнал «1» (см. рис. 1).

При последовательном соединении КУ и КЭ (см. рис. 2) также осуществляется периодическая проверка их исправности поочередным тестовым включением одного из двух КУ. В этом случае с помощью КЭ проверяется отсутствие тока в рабочей цепи исполнительного объекта.

Считается, что вероятность пробоя обоих КУ за время диагностирования мала, однако необходимо учитывать возможность одновременного пробоя полупроводниковых ключей, например при воздействии перенапряжений.

Поэтому для обеспечения безопасности функционирования такого рода коммутационных устройств длительность периода диагностирования должна быть небольшой.

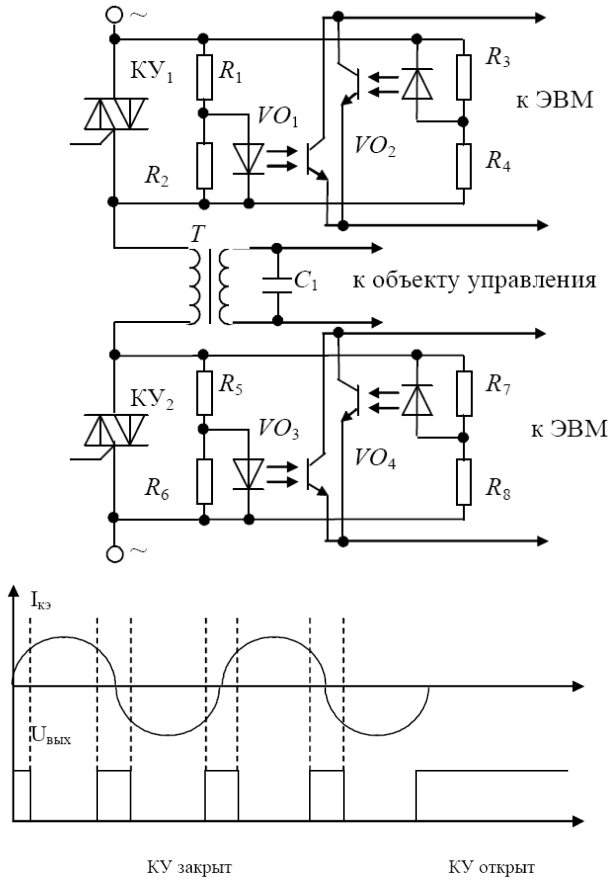


Рис. 1. Схема параллельного включения КЭ и КУ

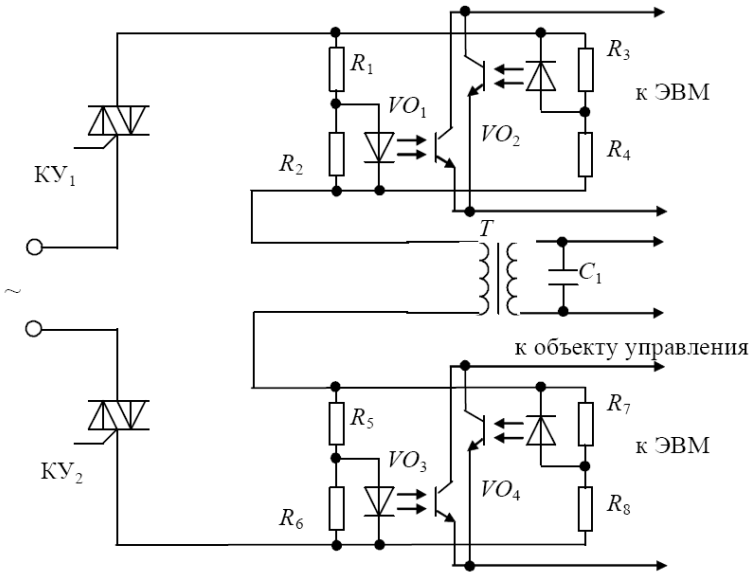


Рис. 2. Схема последовательного включения КЭ и КУ

Рассмотренные схемы УСО являются в значительной мере универсальными, но применяются также узкоспециализированные УСО на основе функциональных преобразователей (ФП).

Примером УСО на основе ФП может служить двухтактный усилитель с гальванической развязкой, выполняющий преобразование постоянного тока в переменный. Усилитель управляется двумя парафазными импульсными последовательностями X1 и X2 (01 или 10) (см. рис. 3). Под действием сигнала X1=1 открывается ключ К1 и через цепь ИО протекает ток одного направления, а под действием сигнала X2=1 открывается ключ К2 и через цепь ИО протекает ток другого направления.

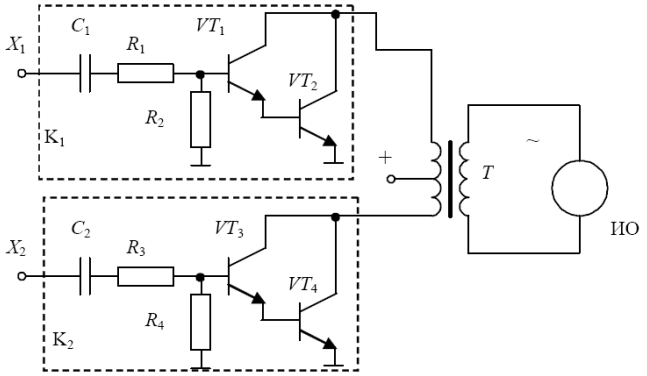


Рис. 3. Двухтактный усилитель с гальванической развязкой

Таким образом, в рабочей цепи ИО формируется переменный ток. Ложное включение невозможно, т.к. при любом отказе через рабочую цепь протекает постоянный ток.

Для обеспечения необходимой достоверности контрольной информации о состоянии исполнительных объектов в безопасных системах используются различные виды избыточного кодирования последовательного или параллельного вида. Наиболее широко применяется парафазное импульсное кодирование.

Подобным образом, выполняется контроль исправности нити лампы светофора (см. рис. 4). При подаче на базу транзистора VT1 импульсного сигнала управления в цепи лампы Л протекает переменный ток, который приводит к поочередному переключению оптронов VO1 и VO2. При поступлении сигналов управления исправность нити его лампы в горячем состоянии контролируется благодаря динамическому характеру парафазных сигналов на выходах 1 и 2.

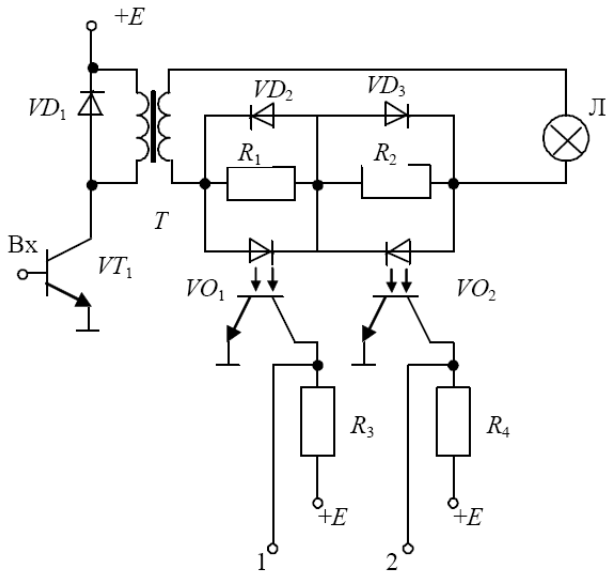


Рис. 4. Схема устройства контроля исправности нити лампы светофора

Для сопряжения микроэлектронных систем с релейными схемами, построенными на реле 1 класса надежности используются устройства включения исполнительных реле (УВИР).

Преимуществами УВИР над бесконтактными УСО является то, что реле имеют высокую устойчивость к электромагнитным помехам и перенапряжениям, являются элементами идеальной гальванической развязки с несимметричным отказом. Недостатки реле состоят в ограниченном ресурсе и потребности в профилактическом обслуживании релейно-контактных схем, а также специфичности производства релейных приборов.

Наиболее распространенной является схема УВИР, представленная на рис. 5 (а). Безопасное поведение этой схемы при отказах обеспечивается за счет двойного преобразования входных импульсных сигналов – дифференцирования с помощью трансформатора и интегрирования с помощью диода и конденсатора. При нарушении любого из этих двух законов преобразования сигналов на выходе схемы либо отсутствует напряжение, либо оно меньше напряжения выключения, поэтому реле ИР отпустит свой якорь.

Для включения реле ИР, т. е. для достижения напряжения срабатывания, необходимо поступление на вход схемы серии импульсов. Кратковременные случайные сбои в работе СЖАТ не приводят к ложному выключению или включению ИР из-за инерционности заряда и разряда конденсатора. Во включенном состоянии реле находится до тех пор, пока поступают импульсные сигналы.

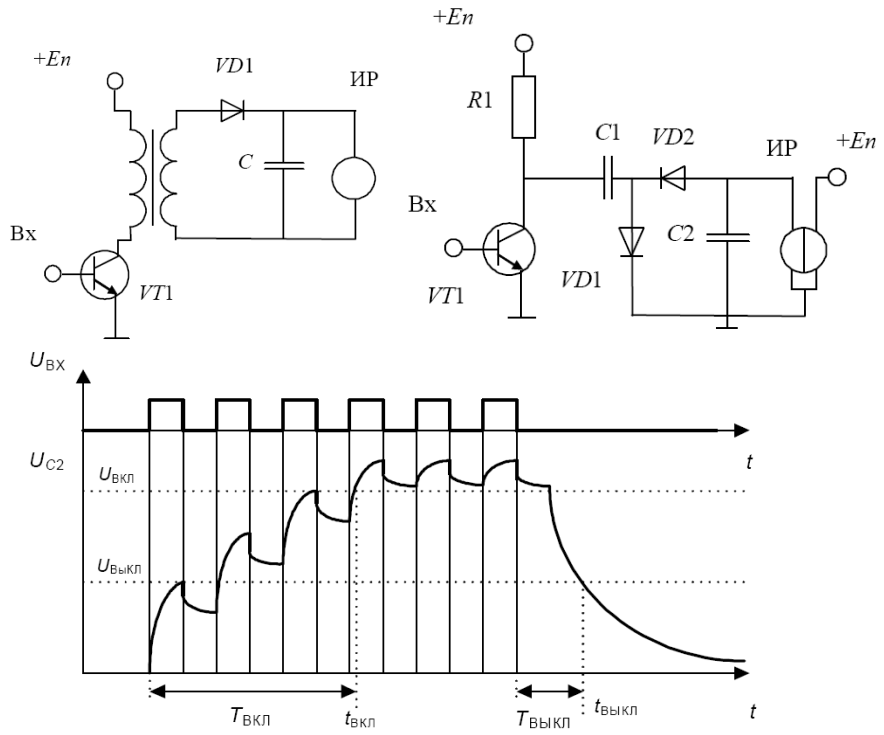


Рис. 5. УВИР с трансформаторной и с конденсаторной гальванической развязкой

Недостатком УВИР с трансформаторной гальванической развязкой является то, что импульсные трансформаторы являются нетехнологичными элементами. Поэтому в последнее время разрабатываются УВИР с конденсаторной гальванической развязкой (рис. 5 (б)).

Принцип ее работы аналогичный. При наличии импульсов на базе транзистора VT1 происходит постепенное нарастание напряжения на конденсаторе С2. Реле ИР – двухобмоточное, и для его включения необходимо действие обеих обмоток. При достижении напряжения на конденсаторе С2 значения напряжения срабатывания, реле ИР включается.

Отказ любого элемента схемы приводит к разряду конденсатора С2 через обмотку реле ИР, падению напряжения на обмотке реле ИР и его отключению. Временная диаграмма работы схемы изображена на рис. 5 (в).

Список литературы

1. Харлап С. П., Шмыговская О. А. «Анализ безопасных схем контроля и сравнения в многоканальных МИУС: Лабораторный

практикум по дисциплине «Микропроцессорные информационно-управляющие системы. Гомель: БелГУТ, 2006. 43 с.

В.В. Семерюк, Н.В. Рыжук
Красноярский техникум железнодорожного транспорта,
г. Красноярск, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДЕРЖЕК ПОЕЗДОВ

В статье рассматривается создание новой модели обеспечения безопасности ж/д транспорта, анализ статистических данных и предложение некоторых рекомендаций по снижению отказов и задержек составов в пути следования.

Ключевые слова: *комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ)*

Безопасность движения поездов – основное условие эксплуатации железной дороги, перевозок пассажиров и грузов. Все организационные и технические мероприятия на железнодорожном транспорте должны отвечать требованиям безопасного и бесперебойного движения поездов. Безопасность движения обеспечивается содержанием в постоянной исправности всех ж.д. сооружений, пути, подвижного состава, оборудования и механизмов.

Целью данной работы являлось создание новой модели обеспечения безопасности ж/д транспорта, анализ статистических данных и предложение некоторых рекомендаций по снижению отказов и задержек составов в пути следования.

На железнодорожном транспорте появилась необходимость в решении многих актуальных проблем. Особую остроту приобрели проблемы сохранности перевозимых грузов и безопасности движения. Для того чтобы обеспечить наибольшую безопасность на железной дороге необходимо принять меры по улучшению качества, контроля технических средств и предложить наиболее целесообразную программу для уменьшения ЧС и увеличения безопасности на ж/д транспорте, сокращения аварийности на дорогах. Именно в этом заключается актуальность выбранной темы.

Важное значение в обеспечении безопасности имеет деятельность персонала железных дорог, непосредственно участвующего в реализации движения поездов (осмотрщики, машинисты, дежурные по станции и т.д.).

От их профессиональной подготовленности, опыта, способности быстро ориентироваться и принимать правильные решения в сложных ситуациях зависит не только четкая реализация, но, главное, безопасность и надежность всего перевозочного процесса.

Анализ отказов технических средств

В настоящее время в ОАО «РЖД», как известно, разработана и действует комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ). Она позволила поэтапно перейти на единую систему учета и анализа отказов в работе технических средств. Появилась возможность внедрить комплексные методы оценки эффективности эксплуатационной деятельности, как по отраслевым хозяйствам, так и в целом по компании, с использованием единой общесетевой базы данных учета отказов технических средств.

Анализ отказов технических средств показывает, что в 2015-2016 г. по сравнению с предшествующими годом их количество по большинству хозяйств увеличилось. Вместе с тем зафиксирован рост числа отказов первой и второй категорий в Дирекции по ремонту вагонов, 148 в 2015г, 110 в 2016.

Анализ задержек поездов показывает, что в 2016 году количество и время задержек уменьшилось, по сравнению с 2015 годом на 30 %, но всё равно оставляет желать лучшего (388 в 2016, при 556 в 2015).

Уменьшение времени задержек на перегонах

Продолжительность задержек – время с начала реакции машиниста на поломку, время на ограждение, на поиск неисправности поездным электромехаником, и на попытки её устранения. В случае невозможности устранения неисправности оборудования вагона на перегоне (вызывается осмотрщик- ремонтник с ближайшего подразделения). Сложив все вместе, мы получим колоссальные задержки в графике движения поездов, и как показывает практика, большинство из которых более 45 мин. Данная проблема возникает в основном из-за не квалифицированности и недостатка запасных частей у поездного электромеханика (в пассажирском поезде), помощника машиниста (в грузовом). Пройдя 4-х месячный курс обучения, и имея несколько десятков накатанных часов, они не осознают всей системы работы по обслуживанию и ремонту вагона на перегонах и в чрезвычайных ситуациях. При поиске материала для данной работы в интернете, я очень часто находил форумы, на которых работники поездной бригады интересовались, как решить интересующую их проблему, возникшую на перегоне.

Поэтому я предлагаю ввести новую должность «Осмотрщика-ремонтника при поездном составе», который находился бы в составе и имел при себе «техническую аптечку» с необходимыми инструментами, стяжками, и запасными частями. Это могло бы решить сразу несколько

проблем: и ремонт подвижного состава на перегоне и помощь в обслуживании состава на технических станциях. Значительно сократило бы время на ремонт повреждённых узлов вагона и возвращение поезда к движению, пусть и на ограниченных скоростях. Будет возможность у ДНЦ и ДСП иметь связь с локомотивной бригадой. Экономическая составляющая данного предложения весьма положительна, но если учесть сколько нарушений в графике можно будет исключить. Также, в будущем, в работу «осмотрщика при поездном составе» можно будет включать новые обязанности.

Приём осмотрщиков-ремонтников на работу к собственникам

Необходимо отметить, что 50 % случаев нарушений безопасности движения допущены по ответственности сторонних организаций, с увеличением к 2014 г. в 3 раза. 194 отказа за частными вагоноремонтными предприятиями (260 в 2014 г.).

Также есть место задержкам и отказам по вине компаний операторов, предприятий, владеющими вагонами. Данный показатель не включается в целевой годовой показатель задания «РЖД», и все нарушения появляются, из-за отсутствия ответственности за подвижной состав у собственника. Обслуживание и ремонт вагонов собственников производится, компанией «РЖД». И если происходит какой- либо отказ, то вся вина падает на кого? – верно на работников вагонного депо. Данную проблему очень просто избежать, необходимо всего лишь полностью переложить ответственность за состояние вагонов в оборотном депо на собственников. На красноярской дороге, да и на других в общем, сейчас происходит сокращение штата работников, и многие квалифицированные специалисты остаются без дела. Собственникам необходимо именно их привлекать к обслуживанию своих вагонов в оборотном депо. Тем самым мы лишим компанию претензий со стороны собственников и решим, пусть и не совсем, проблему рабочих мест в настоящее, тяжелое время.

Список литературы

1. Се- Ди- Вон А. П. Анализ безопасности движения, отказов технических средств по вагонному хозяйству Красноярской железной дороги за декабрь и 12 месяцев 2016 г. 24 с.
2. Се- Ди- Вон А.П. Анализ безопасности движения, отказов технических средств по вагонному хозяйству Красноярской железной дороги за декабрь и 12 месяцев 2015 г. 23 с.
3. Савинских И. Г. Техническая характеристика Красноярской железной дороги на 01.01.2015 г. 33 с.
4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vagonnik.net.ru

А.Н. Сенотрусов
Служба «Автоматика и телемеханика» Забайкальской дирекции инфраструктуры филиала ОАО «РЖД», г. Чита, Россия

К.В. Менакер
Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия

ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ СИГНАЛЬНОЙ ТОЧКИ ЧИСЛОВОЙ КОДОВОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В статье рассматривается вопрос резервирования приемо-передающих устройств сигнальной точки числовой кодовой автоблокировки с целью снижения издержек из-за простоя поездов, вследствие перекрытий сигнала, связанных с отказами технических средств и длительным их устранением. Резервирование аппаратных средств сигнальных точек предложено осуществлять компактными модулями системы кодовой электронной блокировки КЭБ-1 вследствие ограниченного свободного места релейных шкафов, относительно невысокой стоимости модулей и их полной функциональной совместимости с устройствами числовой кодовой автоблокировки.

Ключевые слова: *сигнальная точка, трансмиттер, путевой реле, автоблокировка, изолирующий стык, рельсовые соединители*

Несмотря на внедрение современных систем интервального регулирования с централизованным размещением оборудования и микропроцессорных систем, на сегодняшний день более 80 % эксплуатационной длины перегонов Забайкальской железной дороги оснащено устройствами числовой кодовой автоблокировкой (АБ-ЧК) (см. табл. 1).

Таблица 1

Соотношения эксплуатационных длин пути, оснащенных различными системами интервального регулирования на 2016 год

Эксплуатационная длина с автоблокировкой, км	**ШЧ -1**	**ШЧ -2**	**ШЧ -13**	**ШЧ -3**	**ШЧ -4**	**ШЧ -5**	**ШЧ -6**	**ШЧ -7**	**ШЧ -9**	**ШЧ -10**
АБ-ЧК	317	135	12	268	212	206	218	284	317	260
АБТЦ	5	133	309	-	-	-	-	-	-	-
АБ-ЧК (%)	98 %	50 %	4 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Итого АБ-ЧК (%)	83 %									

Между тем статистика, представленная на рис. 1, показывает, что с января по ноябрь текущего года произошло более 200 отказов технических средств системы АБ-ЧК. Ущерб от простоев поездов за суммарное время устранения неисправностей технических средств сигнальных точек составил 1,576 млн. руб.

Детальный анализ статистических данных (см. рис. 1) показывает, что 24 % отказов технических средств сигнальных точек автоблокировки связано с неисправностями приемо-передающей аппаратуры (трансмиттерные реле, блоки счетчиков БС-ДА, блоки исключения БИ-ДА, блоки конденсаторов БК-ДА, кодовые путевые трансмиттеры, путевые реле); 25 % отказов вследствие действия продольной и поперечной асимметрией обратного тягового тока (рельсовые соединители, стыки, контура заземления опор контактной сети); 16 % нарушения целостности изолирующих стыков; 20 % отказов приходится на изломы рельсов, шунтирование рельсовых цепей, обрывы, замятие контактов при замене устройств.

Снижение указанных отказов, за исключением отказов, связанных с приемо-передающей аппаратурой, возможно за счет соблюдения регламента проверки и поддержания технических средств в исправном состоянии. Отказы же первой группы, как показывает статистика, несмотря на своевременное обслуживание и замену устройств возникают во время перенапряжений, связанных с грозовыми явлениями, неисправностями систем тягового электроснабжения и электрооборудования локомотивов.

Рис. 1. Статистика отказов технических средств, связанных с перекрытием сигнальных точек числовой кодовой автоблокировки Забайкальской железной дороги за 2017 год:

1 – трансмиттерное реле; 2 – рельсовые соединители, стыки, контура заземления опор контактной сети; 3 – блок счетчиков БС-ДА, блок исключения БИ-ДА, блок конденсаторов БК-ДА; 4 – устройства защиты рельсовых цепей (АВМ, ВОЦН и т.д.); 5 – изостыки; 6 – согласующие трансформаторы; 7 – бесконтактный коммутатор тока; 8 – путевое реле; 9 – реле НМШ1-1440; 10 – фильтр путевой ФП-25; 11 – преобразователь частоты ПЧ 50/25; 12 – аварийное реле; 13 – кабель; 14 – кодовый путевой трансмиттер; 15 – блок питания штепсельный; 16 – прочие (излом рельса, шунтирование, фидер питания, обрыв, замятие контактов).

Одним из направлений снижения числа отказов приемо-передающей аппаратуры, является изменение схемы заземления сигнальных установок. Совместными усилиями специалистов службы автоматики и телемеханики и Забайкальской дирекции по энергообеспечению разработана схема заземляющих устройств сигнальной установки [1], эффективность которой доказана на действующем перегоне Могоча – Таптугары. Использование современных устройств защиты от перенапряжений, также способствует снижению числа отказов приемо-передающей аппаратуры сигнальных точек.

Вторым эффективным направлением решения данной задачи, по мнению авторов, является резервирование приемо-передающих устройств сигнальных установок, наличие которых при появлении отказов технических средств будет способствовать значительному

уменьшению времени простоев поездов. Практической реализации данного проекта, главным образом, препятствует ограниченность свободных мест на монтажных полках релейного шкафа сигнальной установки. Анализ монтажных схем различных сигнальных установок АБ-ЧК показывает, что на полках имеется не более одной штепсельной колодки типа ДСШ, двух колодок типа И Ш1 и трех колодок типа НМШ или РЭЛ.

Таким образом, установка второго комплекта приемо-передающей аппаратуры в составе: трансмиттерного реле, блока счетчиков БС-ДА, блока исключения БИ-ДА, блока конденсаторов БК-ДА, кодового путевого трансмиттера, путевого реле в релейном шкафу невозможна. К тому же следует предусмотреть возможность установки в шкафу решающего устройства, необходимого для фиксации появления неисправности и устройств коммутации с одного комплекта на другой.

Решение данной задачи возможно за счет использования электронных аналогов указанных устройств. Устройства — приемник-дешифратор (см. рис. 2) и генератор кодов (см. рис. 2) кодовой электронной блокировки КЭБ-1 — заменяют такие наиболее ответственные узлы АБ-ЧК, как импульсное реле и дешифраторные ячейки, а также КПТШ и трансмиттерное реле [2].

Для защиты от короткого замыкания изолирующих стыков генераторы ГК-КЭБ и приемники-дешифраторы ПД-КЭБ, используются двух типов, различающихся временными параметрами генерируемого и принимаемого кода, ГК5-КЭБ, ГК7-КЭБ и соответственно ПД-5-КЭБ, ПД7-КЭБ. Временные параметры кодов такие же, как в числовой кодовой автоблокировке. ПД5-КЭБ может принимать код от КПТШ5 (или, естественно от ГК5-КЭБ), а ПД7-КЭБ – от КПТШ7 (ГК7-КЭБ) [2]. Защита от появления на светофоре разрешающего показания при КЗ изолирующих стыков выполняется чередованием типов генераторов и приемников по аналогии с чередованием КПТШ.

Для оценки возможности резервирования приемо-передающей аппаратуры АБ-ЧК устройствами кодовой электронной блокировки КЭБ-1 сопоставим работу этих схем. Упрощенная структурная схема генератора ГК-КЭБ и схема выбора генерируемого кода на КПТ приведена на рис. 3.

Рис. 2. Приемник-дешифратор (ПД-КЭБ) и генератор кодов (ГК-КЭБ) КЭБ-1

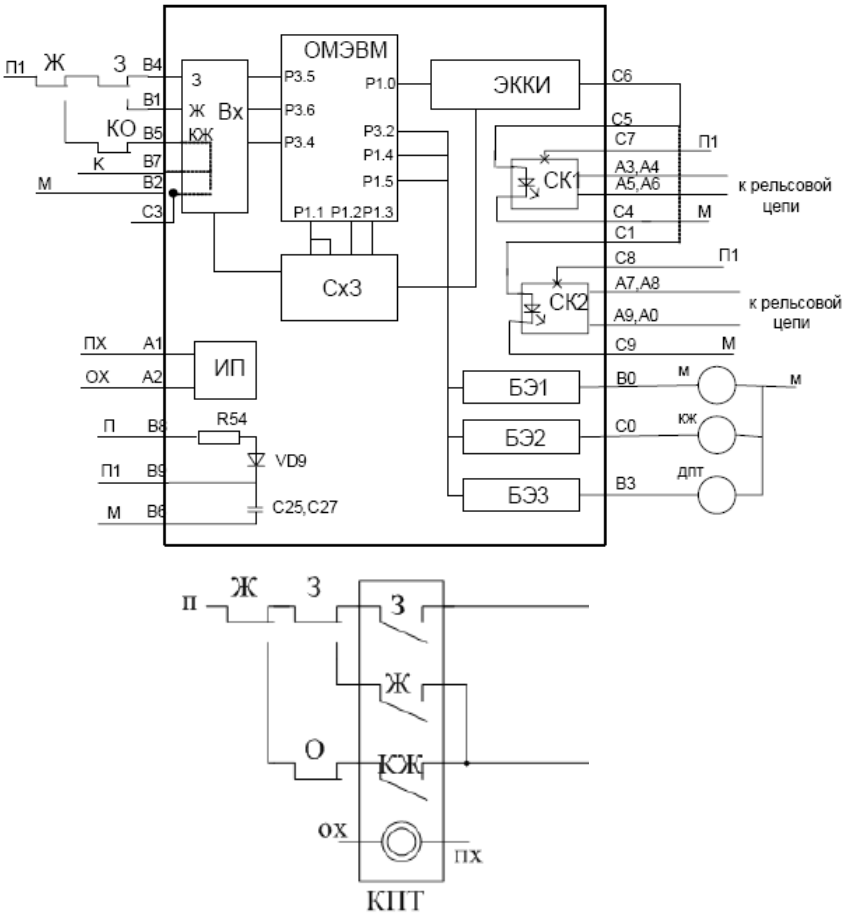


Рис. 3. Структурная схема ГК-КЭБ и схема выбора генерируемого кода на КПТ

Выбор кода в схеме ГК-КЭБ осуществляется контактами сигнальных реле Ж и З и контактом огневого реле в точности как в схеме подключения КПТ. В зависимости от сигнала, подаваемого на входное устройство (Вх), однокристальная микроЭВМ вырабатывает коды КЖ, Ж или З, которые подаются на элемент контроля кодовых импульсов (ЭККИ), который контролирует непрерывность импульсов во всех формируемых кодах, исключая их дробление. С выхода ЭККИ сформированный код подается на выходную клемму С6 и через внешние перемычки С5 и С1 на входы силовых коммутаторов СК1 и СК2. Включение силовых коммутаторов проводится подачей на них питания через входы С7 и С8 соответственно для СК1 и СК2. Силовые коммутаторы замыкают выходы А3, А4 с А5, А6 для СК1 и А7, А8 с А9, А10 для СК2 при напряжении до 300 В, т.е. по сути дела заменяя контакт трансмиттерного реле [3]. Питание внутренних схем ГК-КЭБ осуществляется от собственного источника ИП, на который подается напряжение 220 В (клеммы А1 и А2).

Схема подключения приемника-дешифратора ПД-КЭБ и дешифраторной ячейки АБ-ЧК приведена на рис. 4. Кодовый сигнал из рельсовой цепи поступает на вход ПД-КЭБ (клеммы 11-62). После выпрямления и преобразования в цифровой вид сигнал расшифровывается и поступает на схемы логики выделения, к выходам которых подключены соответствующие сигнальные реле и светодиоды. Входной сигнал на дешифраторную ячейку аналогично подается через контакт импульсного реле, а с ячейки на сигнальные реле.

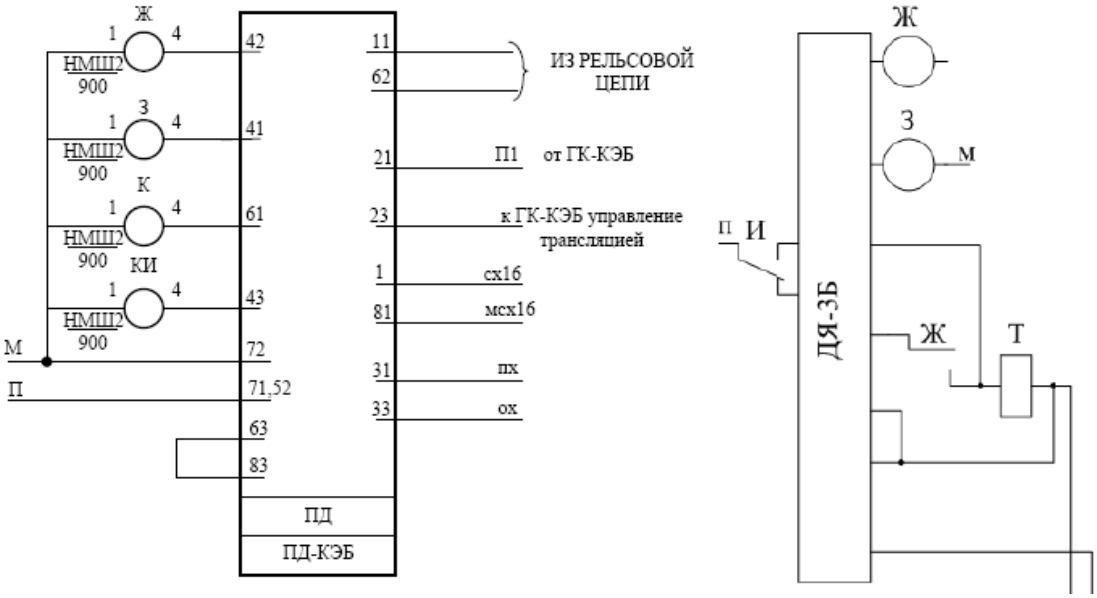


Рис. 4. Схема подключения ПД-КЭБ и дешифраторной ячейки

Таким образом, резервирование приемо-передающей аппаратуры сигнальных точек АБ-ЧК с помощью блоков КЭБ-1 возможно как по электрическим параметрам, так и по схемотехническим, включая габаритные показатели резервных мест монтажа релейных шкафов.

Информацию о различных неисправностях аппаратных средств сигнальных точек можно взять с устройств диспетчерского контроля.

В рамках решения поставленной задачи встает необходимость разработки устройства принятия решений и разработки принципиальной схемы коммутации на резервный комплект аппаратуры в случае появления соответствующей неисправности с возможностью передачи информации по каналу диспетчерского контроля для планового ее устранения.

Список литературы

1. Паспорт заземляющих устройств сигнальной установки № 20 перегона Могоча–Таптугары, 2017.

2. Гуров С. Модернизация числовой кодовой автоблокировки – это просто // Российские железные дороги. №5. 2010.

3. Кораблев Е. А. Проектирование кодовой электронной блокировки КЭБ-1», 2006.

Т.Т. Тулемисов , И.П. Кнышев

Московский государственный университет путей сообщения,

г. Москва, Россия

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В данной статье в рамках концепции интеллектуального железнодорожного транспорта рассматривается вопрос о использовании интеллектуальных систем видеонаблюдения на железнодорожном транспорте в целях обеспечения безопасности движения поездов, повышения эффективности перевозок и повышения оперативности работы структурных подразделений.

Ключевые слова: *информационная транспортная сеть, интеллектуальные транспортные системы, интеллектуальный железнодорожный транспорт, системы интеллектуального видеонаблюдения, системы видео-аналитики, специализированные системы, сеть видеонаблюдения*

В большинстве развитых стран мира железнодорожный транспорт является краеугольным камнем всей транспортно-логистической системы внутри страны и за ее пределами. На этот вид транспорта приходится основная доля всех мировых грузовых и пассажирских перевозок. В условиях всемирного интеграционного процесса остро встает вопрос об объединении транспортных ресурсов стран партнеров в единую транспортную сеть, для чего необходимо создавать соответствующие условия.

Железнодорожные транспортные интеграционные процессы призваны дать новый стимул в развитии транспортных систем и их составных частей. Это означает, в частности, переход систем железнодорожной автоматики и связи на качественно новый уровень.

Современной тенденцией таких систем является объединение в единую информационную транспортную сеть, что диктуется концепцией построения интеллектуальных транспортных систем, и означает существенный шаг в создании интеллектуального железнодорожного транспорта [1].

В процессе формирования единой информационной транспортной сети для железнодорожного транспорта можно выделить такие составляющие как:

- интеллектуальные логические системы;
- системы цифровой радиосвязи;
- центры прогнозирующего контроля состояния подвижного состава (в том числе и на ходу поезда);
- центры ситуационного контроля и прогнозирования критических ситуаций;
- системы контроля местоположения вагонов, локомотивов и эксплуатационного персонала, их автоматическая идентификация;
- системы управления движением поездов на основе спутниковой навигации и цифровой радиосвязи;
- спутниковые технологии мониторинга объектов и радиолокационного зондирования;
- интеллектуальные системы управления эксплуатационной работой;
- единое информационное пространство транспорта с обеспечением информационной защиты.

В результате мы видим перед собой сложную транспортную структуру, выстроенную в единую интеллектуальную систему, по составляющим которой можно выделить несколько основных макро-задач, которые она должна решать [1]:

- обеспечение безопасности движения поездов;
- повышение эффективности перевозок;
- повышение оперативности работы структурных подразделений.

Для осуществления вышеуказанных задач необходимо переосмыслить комплексное применение и создание систем интеллектуального видеонаблюдения на железнодорожном транспорте.

Процесс интеллектуального развития человечества во многом обязан бинокулярному зрению, предоставившему человеку огромный объем информации, осмысление, анализ и использование которой позволил человеку занять ведущее место на Земле.

Есть все основания предположить, что создание интеллектуальных сетей и решение макро-задач невозможно без использования систем видеонаблюдения, по своим характеристикам, приближающимся к человеческому зрению. Это вытекает из того, что, во-первых, видеоинформация об объекте получается объективной, достоверной и полной, а, во-вторых, человек 90 % поступающей информации получает от зрительного восприятия. Процесс восприятия зрительной информации у человека отличается высокой чувствительностью, разрешающей способностью и быстротой реакции на её изменение, что является центральным моментом в использовании систем видеонаблюдения на железнодорожном транспорте.

Видеоинформация, полученная в системах видеонаблюдения, может использоваться в нескольких, существенно отличающихся направлениях. Для железнодорожного транспорта, в частности, можно отметить:

- традиционные системы видеонаблюдения различного назначения, когда оценка изображения и принятие решения принимается оператором (диспетчером);
- использование видеоинформации в системах автоматического управления движением;
- видеоинформационные системы контроля технологических процессов и обеспечения безопасности персонала;
- автоматизированные системы охраны объектов инфраструктуры, грузов и защиты правопорядка.

Низкая степень автоматизации перевозочного процесса, операции контроля за движением поездов, охраной зданий, помещений, грузов и прочих объектов обусловливают необходимость участия в них и контроля со стороны персонала.

Уже сейчас с точки зрения обеспечения безопасности в контексте охраны от предумышленного нанесения вреда транспортной инфраструктуре и окружающим, системы видеонаблюдения

монтируются, как на самом подвижном составе, так и на железнодорожных станциях, переездах и прочих объектах инфраструктуры [2].

Системы подобного рода включают в свой функциональный арсенал такие полезные технологии как распознавание лиц, считывание номерных знаков, умное слежение. Эти специализированные системы позволяют с высокой вероятностью идентифицировать угрозу, возникающую на объекте наблюдения, что немаловажно в борьбе с современными угрозами – терроризмом, экстремизмом и международной торговлей наркотиками и пр.

Особое значение эти системы с таким набором функционала приобретают в охране не только станций и прилегающих территорий инфраструктуры, но и на подвижном составе.

В рамках обеспечения контроля за движением поездов предлагается использовать эти системы на железнодорожных переездах и на подвижных объектах.

На пути следования поездов высока вероятность возникновения препятствий, что обусловливает разработку и внедрение систем по их обнаружению и предупреждению машиниста или экстренному торможению. Среди всех прочих систем по обнаружению препятствий особую роль играют системы видео-аналитики. Рассматривая проблемы обеспечения безопасности нельзя обойти стороной влияние человеческого фактора. Очень часто человеку бывает трудно принять правильное решение в случае возникновения опасной ситуации, что обусловлено множеством факторов. Причиной этому может служить плохая видимость, сбой бортовой аппаратуры, в результате чего машинист может не увидеть оповещения системы АЛС. Поэтому актуальным смотрится интеграция в общую систему АЛС систем видео-аналитики, тем самым расширяя возможности бортового оборудования. Системы данного типа способны не только подавать изображение на экран, но также автоматически реагировать на возникновение каких-либо ситуаций и самостоятельно давать ей оценку по заложенным в систему шаблонам [3].

Такие системы могли бы заранее оповестить машиниста не просто о сложившейся опасной ситуации и дать изображение, но также обработать полученные данные и предупредить машиниста о том, какого рода препятствия образовались на пути следования. Системы видео-аналитики резко повышают эффективность обеспечения безопасности движения поездов.

В рамках повышения эффективности перевозок и повышения оперативности работы структурных подразделений необходимо рассмотреть внедрение систем видео-аналитики на станциях, в ЭЧ, ШЧ, ПЧ и других служб.

Имеется возможность установки подобных систем на горках, в парках, маневровых районах для осуществления контроля за перевозочным процессом в целом.

Имеет смысл устанавливать системы видео контроля на внешней стороне подвижного состава, чтобы получать достаточную информацию о происходящем в момент движения состава. Видеонаблюдение в данном случае может вестись в целях слежения за удержанием габаритных норм каждого элемента подвижного состава в отдельности.

К специализированным системам данного типа предъявляются особые требования.

Когда речь идет о монтаже видеокамер на наружной части подвижного состава, то предполагается, что сами камеры должны будут удовлетворять некоторым критериям по прочности, времени работы в соответствии с международными стандартами. Камеры, устанавливаемые на подвижных составах, на территории станций и переездах должны вести качественную съемку в любых метеоусловиях, при любых условиях освещения, полностью поддерживая автономный режим работы, выдавая при этом высокое качество картинки, так как речь идет о возможности распознавания лиц, номерных знаков и прочих маркеров.

Наличие персональных камер наблюдения у работников железнодорожного транспорта повысит оперативность и качество их работы, обеспечит большую безопасность труда.

Персональные камеры видеонаблюдения с автономным питанием, выдаваемые железнодорожному персоналу, должны быть работоспособны в течение времени одной рабочей смены. Функциональные возможности индивидуальных систем видеонаблюдения должны соответствовать производственным задачам работника.

Таким образом, мы получаем несколько отличающихся типов систем видеонаблюдения, которые устанавливаются отдельно на подвижных единицах, на станциях,переездах и на других стратегических объектах,ими оснащаются сотрудники. Создается необходимость интеграции этих отдельных блоков в единую информационную сеть.

В свою очередь, это будет способствовать повышению эффективности взаимодействия между отдельными станциями,

подвижными составами и прочими структурами железнодорожного транспорта.

Для оценки совокупности возможных требований к системе и её структуре, диапазонам требуемых значений параметров необходимо подробно и с перспективой определить возможности применения видеонаблюдения в конкретных областях, подразделениях и технологических процессах железнодорожного транспорта.

По результатам анализа и обобщения этих требований можно будет сформулировать требования и оценить возможность создания единой (общей) сети видеонаблюдения на железнодорожном транспорте с возможностью доступа к ней различных категорий работников.

Список литературы

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

2. Иванов Ю. А. Разработка локомотивной системы технического зрения: дис. … канд. техн. наук: 05.13.01 / Иванов Юрий Анатольевич. МАИ. М., 2014. 152 л.

3. Сергей Орлов Интеллектуальное видеонаблюдение // Журнал сетевых решений LAN. 2014. №3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.osp.ru/lan/2014/03/13040152.

С.А. Филиппов, О.А. Соловьева, А.А. Волкова, А.И. Тирских
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ И ПУТИ ИХ СНИЖЕНИЯ

В данной статье проведен анализ факторов, усложняющих селективную работу резервных ступеней дистанционных защит фидеров контактной сети. Показано, что принципиально их устранить в рамках существующего алгоритма работы нельзя. Предложен новый алгоритм работы резервных ступеней дистанционных защит фидеров контактной сети.

Ключевые слова: *алгоритм, дистанционная защита, чувствительность, селективность, зона действия, нормальный режим, аварийный режим*

Согласно [1] основной защитой фидеров контактной сети от аварийных режимов является направленная дистанционная защита в трех или четырехступенчатом исполнении, дополненная токовой отсечкой. Основные требования, которым должна удовлетворять эта защита – селективность, быстродействие, чувствительность, надежность функционирования.

Селективность – это свойство защиты отключать при многостороннем питании только те, ближайшие к месту повреждения выключатели, через которые осуществляется подпитка короткого замыкания. Выбранные уставки должны обеспечивать надежное отключение выключателя при коротком замыкании в наиболее удаленной точке (на шинах соседней подстанции или на нейтральной вставке) при нормальной и вынужденной схемах питания контактной сети с требуемыми коэффициентами чувствительности [2]. Третья ступень защиты выполняет функции резервирования по отношению к первым двум и охватывает зону до шин смежной подстанции. Поэтому ее уставка выбирается из условия обеспечения необходимой чувствительности при КЗ в конце защищаемой зоны с проверкой обеспечения отстройки в нормальных режимах. Выдержка времени третьей ступени может принимать значения от 0,6 до 1,2 с, наиболее распространенное значение 0,9 с.

Техническая база реализации дистанционной защиты (ДЗ) фидеров контактной сети (ФКС) весьма разнообразна:

- это комплекты и терминалы УЭЗФМ, АЗМ, МЗКС, Сириус-ЖД-ФКС, БМРЗ-ФКС, ЦЗА-27,5-ФКС, ИнТер-27,5-ФКС. Однако все они имеют принципиально один алгоритм действия, который можно представить в виде (рис.1).

Основная проблема существующего алгоритма – невозможность надежно различать аварийный и рабочий режимы при КЗ в наиболее удаленной точке защищаемой зоны и в нормальном режиме на участках со сложным профилем пути и возможным «смещением» после «окна». Существующая тенденция на Забайкальской железной дороге с увеличением весовой нормы поездов, снижением межпоездного интервала, повышением грузооборота в сторону Китая делает проблему еще острее. В этих условиях согласно [1] наступает приоритет действия принципа ложных срабатываний перед отказом защиты, что и подтверждается практикой. Подробнее анализ существующей ситуации изложен в [3].

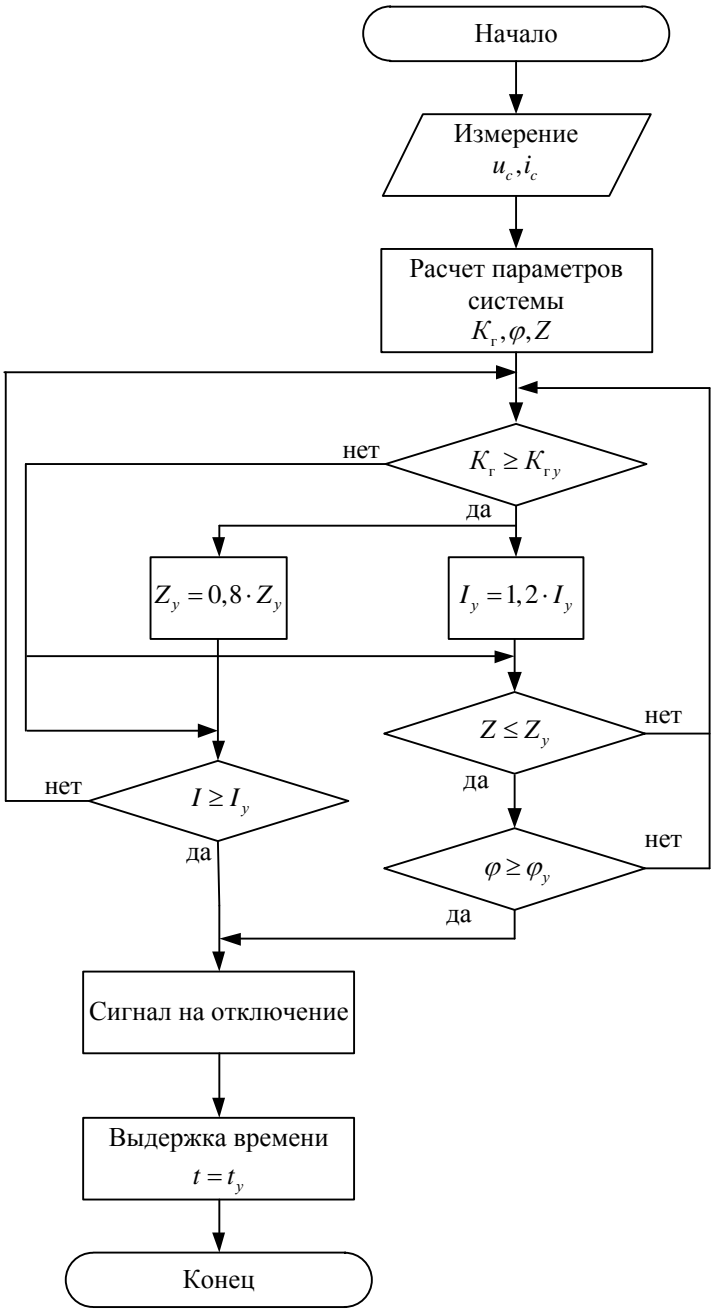


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы третьей ступени ДЗ ФКС

Существует ряд факторов, дополнительно усложняющих распознавание режима работы резервной ступени ДЗ ФКС. К ним можно отнести:

1) переходное сопротивление в месте КЗ, превышающее значения 5-8 Ом, рекомендуемое [2] для выбора уставок;
2) остаточная нагрузка;

3) включение трансформаторов электровозов;
4) режим рекуперации;
5) наличие уравнительного тока в зоне действия защиты.

Переходное сопротивление дуги в месте КЗ является активным и вызывает увеличение сопротивления на входе защиты по модулю и снижению по значению угла. Это может привести к выходу сопротивления КЗ за пределы характеристики и отказу резервных ступеней защиты. Расширение характеристики защиты приведет к росту ложных срабатываний.

Влияние остаточной нагрузки на работу защит фидеров проявляется в расширении области КЗ в сторону уменьшения аргумента тока КЗ, что также может привести к отказу второй и третьей ступени защиты.

При включении трансформаторов электровозов могут возникать медленно затухающие броски тока намагничивания, достигающие 1300-1600 А, что может вызвать ложное действие всех трех ступеней защит.

Режим рекуперации может вызвать уменьшение результирующего тока на входе защиты и привести к ее отказу.

Анализ и систематизация причин появления уравнительного тока подробно изложены в литературе. Для системы тягового электроснабжения к таким причинам относятся: двойная трансформация на одной из тяговых подстанций, разный класс питающего напряжения, различия в положении устройств РПН. В результате проведенные замеры по Забайкальской железной дороге показали величину уравнительного тока на участке Сохондо - Лесная и Лесная - Чита 1, превышающую 100 А. Как следствие, результирующий вектор сопротивления нагрузки смещается в зону действия защиты и происходит ложное отключение.

Устранение влияния этих разнообразных факторов на селективную работу резервных ступеней дистанционных защит, возможно и совокупное, в рамках существующего классического подхода, практически невозможно.

Поэтому предлагается изменить сам алгоритм работы защиты, сделать его таким, чтобы уставка защиты постоянно менялась в зависимости от условий нормального режима, была адаптивной [4].

Настройка сопротивления уставки на величину 80 % сопротивления нагрузки позволит надежно обеспечить несрабатывание защиты в рабочем режиме. Одновременно происходит в большинстве случаев увеличение зоны действия защиты, что улучшает ее работу в аварийных режимах, в том числе и через значительное переходное сопротивление.

В случае, если рабочие токи были так велики, что зона действия защиты уменьшилась по сравнению со стандартной, отказа также не произойдет. В терминале защиты предусмотрен элемент – идентификатор, который в момент КЗ вернет характеристику к стандартной.

Перестройка характеристики производится каждые 5 мкс, а уставка по времени резервной ДЗ ФКС – 0,6-1,2 с. Блок-схема такого алгоритма приведена на рис.2.

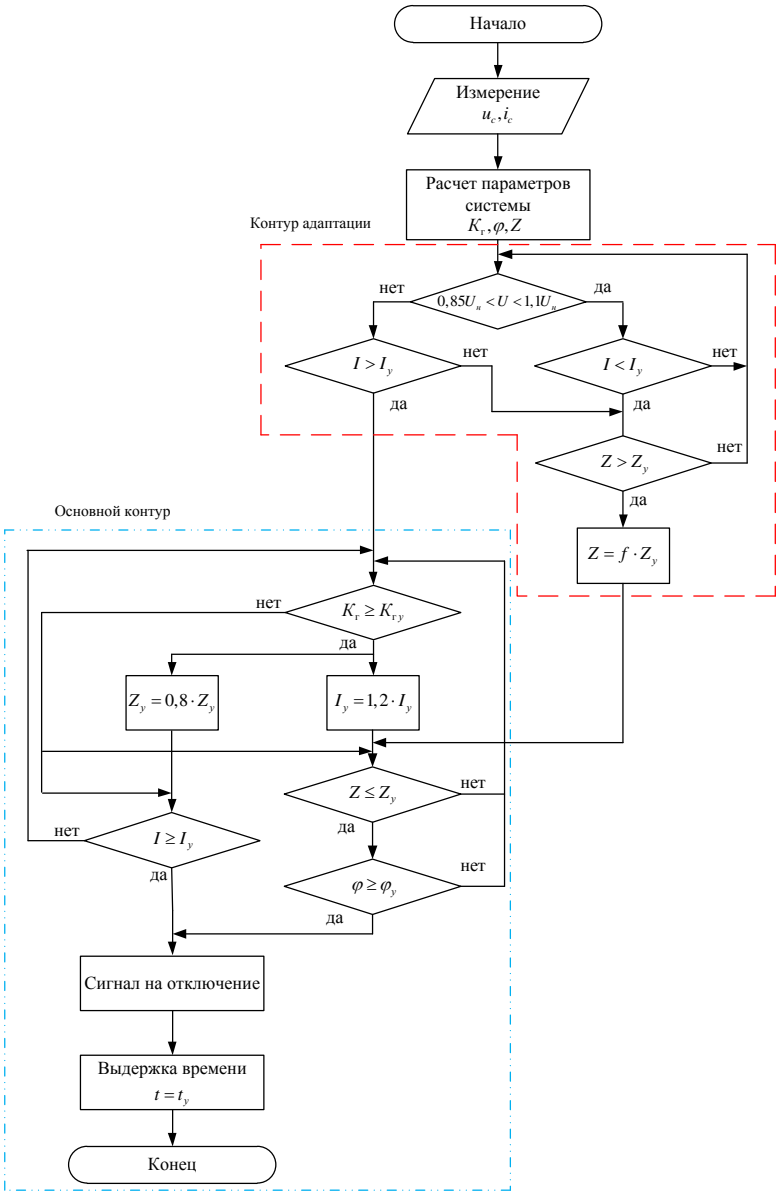


Рис. 2. Блок-схема алгоритма адаптивной резервной ступени ДЗ ФКС

Список литературы

1. СТО РЖД 07.021.1-2015. Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Часть 1. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах тягового электроснабжения.

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. Оценка обеспечения селективности резервных ступеней дистанционной защиты фидеров контактной сети на основе адаптивной идентификации // С. А. Филиппов, Р. С. Трифонов // Транспорт Урала. 2013.№4 (39). С. 87-92.

4. Востриков М. В., Филиппов С. А., Яковлев Д. А.. Повышение надежности перевозочного процесса за счет внедрения устройства адаптивной дистанционной защиты резервных ступеней фидеров контактной сети. Материалы междун. науч.-практ. конф. 28 марта – 01 апреля 2017 г. Иркутск: ИрГУПС, 2017. С. 745-748.

В. Т. Черемисин, С. С. Саркенов
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

РЕЖИМЫ РАБОТЫ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ НА АКТИВНЫХ И ПАССИВНЫХ ПОСТАХ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ

В статье представлены результаты измерений электроэнергии на активных и пассивных постах секционирования системы тягового электроснабжения постоянного тока участков железных дорог с III-м и IV-м типом профиля пути. Рассмотрены основные характеристики режимов работы постов секционирования с целью оценки объема переданной электроэнергии и продолжительности работы накопителей электроэнергии в различных режимах. Определены наиболее наблюдаемые значения напряжения, объемов переданной энергии и продолжительности каждого случая. Выполнен выбор теоретических законов распределения, позволяющих использовать полученные экспериментальные значения в дальнейших расчетах при моделировании режимов работы накопителя электроэнергии.

Ключевые слова: *тяговое электроснабжение, посты секционирования, накопители электроэнергии*

Для повышения надежности электроснабжения контактной сети, повышения пропускной и провозной способности, сокращения потерь электроэнергии в тяговой сети используют посты секционирования в системах тягового электроснабжения постоянного тока. На сегодняшний день в холдинге ОАО «РЖД» эксплуатируются активные и пассивные посты секционирования, отличающиеся между собой наличием или отсутствием связи с распределительным устройством тяговой подстанции. Так же посты секционирования в системах тягового электроснабжения находят применение и на зарубежных электрифицированных линиях [2, 3]. Тенденция развития применения на постах секционирования железнодорожного транспорта накопителей электроэнергии выделяет актуальной задачи анализа изменения напряжения на шинах постов секционирования с целью последующего выбора границ режимов работы накопителя электроэнергии и его основных характеристик [4-7].

Измерения на постах секционирования (далее ПС) позволяют выполнить анализ данных о тяговой нагрузке и уровне напряжения на шинах ПС, а для активных ПС дополнительно о продолжительности работы в активном режиме, объеме передаваемой в контактную сеть электроэнергии, количестве таких случаев за сутки. На основе результатов измерений на активных и пассивных ПС требуется оценить для участков железных дорог с III-м и IV-м типом профиля пути продолжительность работы накопителя электроэнергии в различных режимах по критерию уровня напряжения на шинах ПС, объем передаваемой и принимаемой энергии.

Работу активного поста секционирования рассмотрим на примере работы ПС с пунктом преобразования напряжения, расположенном на Свердловской железной дороге [8]. Рассматриваемый активный ПС расположен на двухпутном участке, эксплуатационная протяженность которого составляет 22 км, профиль пути IV-го типа. Рассматриваемые тяговые подстанции ТП-1 и ТП-2 по способу подключения к системе тягового электроснабжения являются транзитными. Пункт преобразования напряжения (далее ППН) на активном ПС присоединен к распределительному устройству 3,3 кВ ТП-2 с помощью линии электропередач напряжением 6,6 кВ (см. рис. 1).

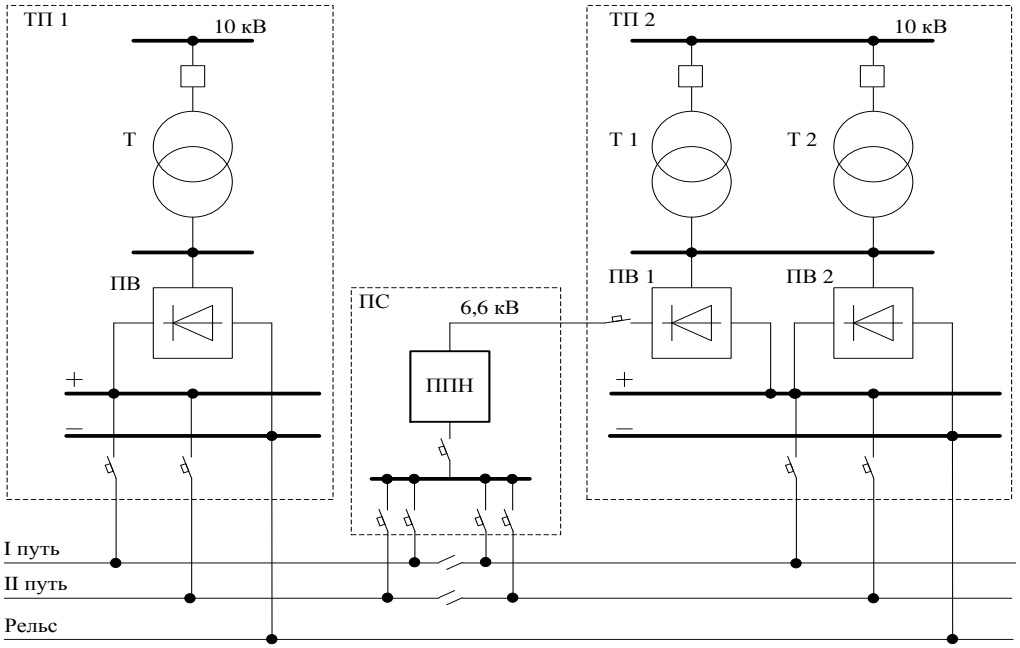


Рис. 1. Схема подключения активного поста секционирования

Подключение измерительного комплекса ИК ОмГУПС, позволяющего проводить измерения на стороне постоянного тока напряжением 3,3 кВ [9], на активном ПС позволяет выполнить измерения тяговой нагрузки ППН и напряжения на шинах ПС, мощности и объема энергии, передаваемой в контактную сеть по односекундным интервалам усреднения. По условиям работы ППН переход в активный режим работы осуществляется при понижении напряжения ниже уровня 3,3 кВ таким образом, чтобы стабилизировать напряжение на указанном уровне. При дальнейшем снижении напряжения ППН выходит на номинальную мощность работы и переходит из режима стабилизации по уровню напряжения в режим стабилизации по уровню тока. Переход из режима ожидания в активный режим работы можно проиллюстрировать графиком нагрузки ППН. По результатам измерений максимальная измеренная мощность ППН не превышает 2,9 МВт, время работы ППН в активном режиме не превышает 5-7 % в сутки и зависит от интенсивности движения. График изменения напряжение на шинах ПС в течение суток, находится в диапазоне 3,15-3,85 кВ. Среднее значение напряжения на шинах активного ПС за сутки составляет – 3,52 кВ, дисперсия – 111,2 В, суммарное время работы – 83 мин в сутки. Наиболее заметный диапазон напряжения на шинах активного ПС – 3,5-3,62 кВ, частота наблюдений значений напряжения в этом диапазоне соответствует около 50 %.

Переход в активный режим работы ППН определяется напряжением уставки включения. Переменный характер напряжения на шинах ПС определяет непостоянный режим работы ППН. Продолжительность случаев работы ПС в активном режиме по результатам измерений находится в диапазоне 80-1200 с. Наибольшая частота наблюдений продолжительности случаев работы в активном режиме отмечается в диапазоне значений 325-425 с. Средняя продолжительность случая работы ППН в активном режиме (при понижении напряжения на шинах ПС ниже 3,3 кВ) составляет около 8,6 мин.

Среднее значение объема электроэнергии, передаваемой ППН в контактную сеть составляет 170 кВт·ч, изменения объема наблюдаются в диапазоне 80-430 кВт·ч. Наиболее наблюдаемым диапазоном объема электроэнергии, передаваемого в контактную сеть за один случай является диапазон значений 160-200 кВт·ч – частота наблюдений для которого составляет около 40 % случаев, при этом для объема электроэнергии до 200 кВт·ч частота наблюдений составляет около 80 % случаев. В 90 % случаев продолжительность превышения напряжения носит кратковременный характер и находится в диапазоне 0-100 с. Наблюдаемый диапазон изменения продолжительности 0-500 с. Понижение напряжения ниже уровня 3,3 кВ для 95 % случаев не превышает 60 с, при этом продолжительность времени, в течение которого напряжение ниже 3,3 кВ, находится в диапазоне 0-150 с. Наиболее наблюдаемая продолжительность находится в диапазоне 0-10 с и составляет 75 %. Необходимо отметить, что продолжительность случаев работы ПС в активном режиме и продолжительность случаев, в которых напряжение ниже уровня 3,3 кВ, не совпадают по диапазонам. В первом случае продолжительность выше, что объясняется задержкой по времени при переходе ПС из активного режима в режим покоя.

Измерения на пассивных постах секционирования производились на двухпутном участке с III-м типом профиля пути Западно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». Объектами для измерений уровня напряжения на шинах 3,3 кВ являются два поста секционирования – ПС 1 и ПС 2 км. Пассивные посты секционирования, в отличие от активных (рис. 1), не имеют связи с распределительным устройств ТП. Продолжительность времени, в течение которого напряжения на ПС1 ниже уровня 3,3 кВ, находится в диапазоне 0-650 с, при этом свыше, чем в 90 % случаев продолжительность не превышает 300 с. Наиболее наблюдаемая продолжительность (свыше 40 %) находится в диапазоне 0-50 с. Среднее значение напряжения на шинах

ПС 1 за сутки составляет 3,52 кВ. По результатам измерений продолжительность времени, где значение напряжения выше значения холостого хода оценивается на уровне 10-15 %. При этом продолжительность времени, когда напряжение ниже уровня 3,3 кВ – на уровне 15-20 %. Распределение продолжительности времени для случаев, когда напряжение на шинах ПС превышает уровень 3,65 кВ. Более чем в 90 % случаев продолжительность времени для случаев превышения напряжения выше 3,65 кВ на ПС 2 находится в пределах 150 с, а максимальная продолжительность времени не превышает 350 с. Суммарное время наблюдения напряжения на шинах ПС 2 выше 3650 В составляет около 11600 с или около 3,2 часов в сутки (около 13 % времени суток).

Среднее значение напряжения на шинах ПС 2 за сутки составляет 3530 В. По результатам измерений продолжительность времени, в течение которого напряжение выше уровня холостого хода оценивается на уровне 10-15 %. При этом продолжительность времени, в течение которого напряжение ниже уровня 3300 В – на уровне 20 - 25 %. Более чем в 90 % случаев продолжительность времени превышения напряжения выше 3650 В на ПС 2 находится в пределах 160 с, а максимальная продолжительность времени не превышает 300 с. Суммарное время наблюдения напряжения на шинах ПС 2 составляет около 9200 с или около 2,5 часов в сутки (около 10 % времени суток). Продолжительность времени, в течение которого напряжения на ПС2 ниже уровня 3300 В, находится в диапазоне 0-450 с, при этом свыше, чем в 95 % случаев продолжительность не превышает 300 с. Наиболее наблюдаемая продолжительность (свыше 40 %) находится в диапазоне 0-30 с.

Обобщение результатов измерений позволяет определить основные характеристики режимов работы накопителя электроэнергии на ПС. В диапазоне напряжений 3,3-3,65 кВ накопитель электроэнергии находится в режиме покоя или подзарядки малыми токами [10]. Случаи, в которых напряжение на шинах ПС ниже уровня 3,3 кВ имеют наибольшую наблюдаемость в диапазоне 0-5 мин. Потенциальный объем передаваемой электроэнергии в контактную сеть с шин ПС не превышает 200 кВт·ч более чем в 80 % случаев. Более чем в 90 % случаев продолжительность времени, в течение которого напряжение ниже 3300 В, наблюдается в диапазоне 0-5 мин. Продолжительность случаев, при которых напряжение на шинах ПС выше уровня 3,65 кВ, в большинстве случаев (>80 %) оценивается в диапазоне 0-3 мин. Объем энергии в режиме приема из контактной сети оценивается по результатам имитационного моделирования и для участков с профилями

пути III-го и IV-го типа до 150 кВт·ч. При этом максимальная мощность по результатам имитационного моделирования превышает мощность, наблюдаемую для активных постов секционирования, что обусловлено ограничением со стороны номинальной мощности ППН. Для наиболее наблюдаемого диапазона (>80 %) максимальная нагрузка при приеме энергии из контактной сети оценивается на уровне до 1000 А или до 4,0 МВт. Данные имитационного моделирования следует получить для характерных случаев, что требует отдельного рассмотрения.

Таким образом, по результатам выполненных измерений наиболее наблюдаемая (более 80 %) продолжительность случаев, при которых напряжение на шинах ПС превышает уровень 3,65 кВ, находится в диапазоне 0-3 мин. Для случаев, в которых напряжение на шинах ПС ниже уровня 3,3 кВ – в диапазоне 0-5 мин (более 90 %). Объем энергии, передаваемый в контактную сеть с шин ПС на участках с IV-м типом профиля пути в 80 % случаев, не превышает 200 кВт·ч, при этом наиболее наблюдаемые диапазоны значений (более 20 %) 120-150 и 170-200 кВт·ч. Наблюдаемая продолжительность случаев, при которых напряжение превышает уровень 3,65 кВ выше для пассивных постов составляет 1-2 мин против 2-3 мин у активных ПС, что объясняется расположением рассматриваемого активного ПС на участке, где напряжение на шинах ТП стабилизируется на уровне 3,6-3,65 кВ. Для случаев, при которых напряжение ниже уровня 3,3 кВ на шинах активных ПС, продолжительность случаев не превышает 60 с при наблюдаемости свыше 95 % от общего числа случаев. Для пассивных ПС – продолжительность случаев, в течение которого напряжение ниже 3,3 кВ, выше – в 95 % случаев она не превышает 490 с, при этом продолжительность до 60 с наблюдается в среднем в 60 % случаев. Определяемая условиями тяговой нагрузки продолжительность случаев передачи энергии и ее объемы требуют дополнительного исследования для условий пропуска различных унифицированных масс поездов, пропуска тяжеловесных и длинносоставных поездов и размеров движения. Полученные данные позволяют сформировать технические требования к режимам работы накопителя электроэнергии на посту секционирования в системе тягового электроснабжения постоянного тока, относящиеся к напряжению уставки, продолжительности работы в различных режимах и энергоемкости.

Список литературы

1. ГОСТ 32895-2014 Электрификация и электроснабжение железных дорог. Термины и определения // Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2014. 83 с.

2. Lilien J. L. Transport et Distribution de l'Energie Electrique / J. L. Lilien / Cours donné à l'Institut d'Electricité Montefiore Université de Liège. Загл. с экрана: http://www.tdee.ulg.ac.be/userfiles/file/intro.pdf. – 2006.

3. Clifford F Bonnett. Practical railway engineering. 2nd Edition. Imperial College Press. 2005. 189 с.

4. Черемисин, В. Т. Повышение энергетической эффективности системы тягового электроснабжения в условиях работы постов секционирования с накопителями электрической энергии / В. Т. Черемисин, В. Л. Незевак, А. П. Шатохин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 10. С. 54-64.

5. Черемисин, В. Т. Перспективы применения накопителей электрической энергии в системе тягового электроснабжения постоянного тока / В. Л. Незевак, В. Т. Черемисин // Бюллетень результатов научных исследований. 2015. № 1 (14). С. 76-83.

6. Незевак, В. Л. Влияние уставок режимов работы накопителя электроэнергии на посту секционирования на эффективность его работы / В. Л. Незевак // Материалы научной конференции, посвященной Дню российской науки. Омский государственный университет путей сообщения. 2016. С. 138-144.

7. Незевак, В. Л. Определение режимов работы накопителя электроэнергии в системе тягового электроснабжения по данным измерений на активных и пассивных постах секционирования / В. Л. Незевак, В. Т. Черемисин // Тезисы докладов IX междунар. симпозиума Элтранс-2017 / Под ред. А. Т. Буркова. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. С. 91-92.

8. Аржанников, Б. А. Усиление системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при пропуске тяжеловесных поездов / Б. А. Аржанников, И. О. Набойченко // Транспорт Урала. 2015. № 2 (45). С. 13-17.

9. Хряков, А. А. Измерение тока в счётчиках электрической энергии постоянного тока подвижного состава и тяговых подстанций / А. А. Хряков // Омский научный вестник. 2010. С. 196-198.

10. Пат. на полезную модель № 155368 Россия, МПК B60M3/00 (2006.01), H02J1/00 (2006.01). Пост секционирования постоянного тока с емкостным накопителем энергии / В. Л. Незевак, В. Т. Черемисин, А. П.

Шатохин. (РФ) – 2015114253/11. Заявлено 16.04.2015. Опубл. 10.10.2015. Бюл. № 28.

А.П. Шатохин, К.И.Доманов
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ

Необходимость пропуска тяжеловесных и длинносоставных поездов на электрифицированных участках железных дорог постоянного тока ставит задачи по поиску путей совершенствования системы тягового электроснабжения и повышения энергетической эффективности перевозочного процесса. Возможным решением может стать внедрения таких энергосберегающих технологий как системы накопления энергии. В работе определены некоторые усредненные параметры работы накопителя электроэнергии в системе тягового электроснабжения постоянного тока в условиях организации движения с тяжеловесными и длинносоставными поездами.

Ключевые слова: *система тягового электроснабжения, тяжеловесное движения, тяговая нагрузка, режим работы, энергетическая эффективность перевозок, пост секционирования, накопитель электрической энергии, электроподвижной состав, эксперимент*

Развитие тяжеловесного движения на сети дорог России обусловливает появление повышенных требований к системе тягового электроснабжения (СТЭ) по обеспечению пропускной и провозной способности. Увеличение весовых норм поездов и сокращение минимальных интервалов выявили ряд участков, лимитирующих пропускную и провозную способность, вследствие возникновения «узких» мест в системе тягового электроснабжения. Исчерпание возможностей СТЭ постоянного тока ставит вопросы по применению буферной СТЭ, повышению напряжения в контактной сети до 12 или 24 кВ или переходу на переменный ток [1]. Одним из альтернативных вариантов усиление СТЭ постоянного тока на участках с организацией

тяжеловесного и длинносоставного движения поездов является применение инновационных систем накопления электроэнергии. Данные системы широко используются за рубежом в более легком транспорте (автобус, троллейбус и т.д.), что дает стимул в развитии таких систем для более тяжеловесного транспорта [2-7]. В связи с этим задача по определению параметров и режимов работы накопителя электроэнергии для СТЭ постоянного тока является актуальной.

Работы по выбору накопителя электроэнергии и его основных параметров ведутся достаточно давно, но применение данных устройств в электроэнергетике и системах тягового электроснабжения ограничено, в первую очередь, их высокой стоимостью и, как следствие, большим сроком окупаемости. В тоже время технический эффект от применения накопителей электроэнергии несомненен. В настоящее время существует достаточно широкий ряд типов и типоразмеров накопителей электроэнергии, охватывающий индуктивные накопители на сверхпроводниках, суперконденсаторы (ионисторы), различного вида аккумуляторы и др.

Ранее было показано, что применение накопителей энергии на посту секционирования позволяет сократить уровень электропотребления по тяговым подстанциям за счет повышения эффективности рекуперативного торможения, увеличить средний уровень напряжения на токоприемнике электроподвижного состава и снизить средний ток тяговой нагрузки тяговых подстанций, что способствует увеличению пропускной и провозной способности участка железной дороги [1].

Основными параметрами, которые определяют режим работы накопителя электроэнергии, являются следующие: номинальная мощность, энергоемкость, перегрузочная способность, время заряда и саморазряда, глубина разряда, ресурс работы и капитальные затраты. Для определения указанных параметров следует исходить из характеристик работы СТЭ. Как известно, особенностью СТЭ является резко неравномерный характер работы, обусловленный неравномерностью графика движения поездов. Кроме этого, в условиях роста массы поезда и перехода на тяжеловесное движение возрастают пиковые нагрузки на СТЭ, что приводит к еще большей неравномерности суточного графика нагрузки тяговых подстанций. С целью выявления предельных режимов работы рассмотрим суточные графики нагрузки и напряжения на шинах 3,3 кВ одной из тяговых подстанций на участке обращения тяжеловесных поездов Тайга – Мариинск Западно-Сибирской железной дороги, профиль пути которого относится к III-му типу (см. рис.1).

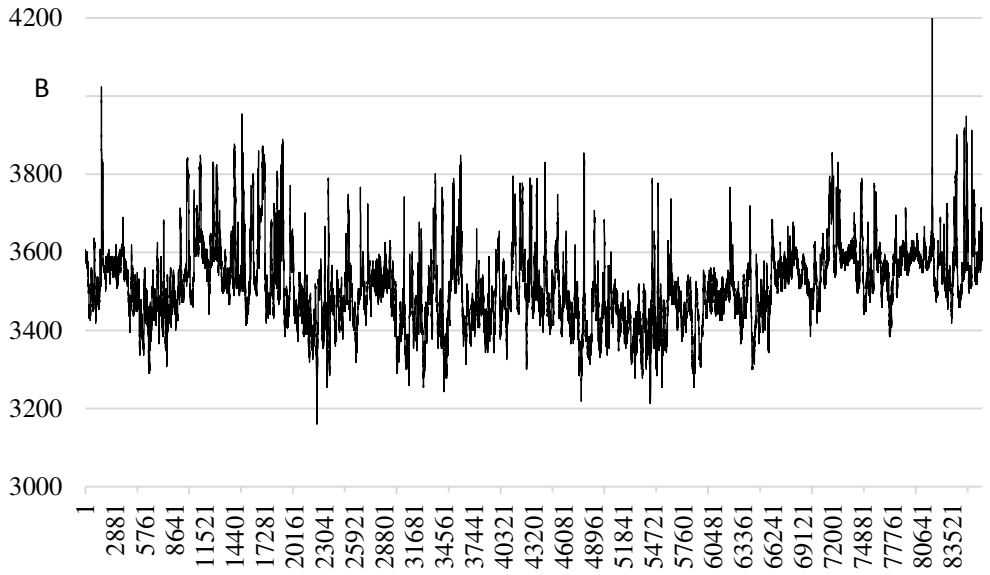


Рис. 1. График изменение напряжения на шинах тяговой подстанции в течение суток

На рассматриваемой подстанции установлены неуправляемые выпрямители с 12-и пульсовой схемой последовательного типа (преобразовательные трансформаторы марки ТРДП-12500/10 и выпрямители марки ТПДЕ-Ж-3,15к-3,3 и ПВЭ-5АУ1). Измерения напряжения на шинах 3,3 кВ постоянного тока тяговой подстанции участка Тайга–Мариинск, выполненные при помощи блоков регистрации токов и напряжений марки БРТН-3,3.

Среднее значение напряжения за сутки на шинах рассматриваемой подстанции составило 3513 В, диапазон изменения напряжения – 3160-4200 В. Повышение напряжения выше значения напряжения холостого хода (около 3650 В), обусловлено применением электроподвижным составом рекуперативного торможения. На рис. 8 представлено распределение частоты наблюдений напряжения на шинах рассматриваемой тяговой подстанции. Представленное распределение характеризует две области потенциальной работы накопителя электроэнергии и продолжительность работы в данных режимах (менее 10 % времени наблюдения в каждом режиме): выше 3600 В – режим заряда; ниже 3300 В – режим разряда.

При сравнении выборок напряжения на шинах тяговых подстанций за различные сутки выявлено, что они являются однородными, что позволяет ис-пользовать их в дальнейших расчетах.

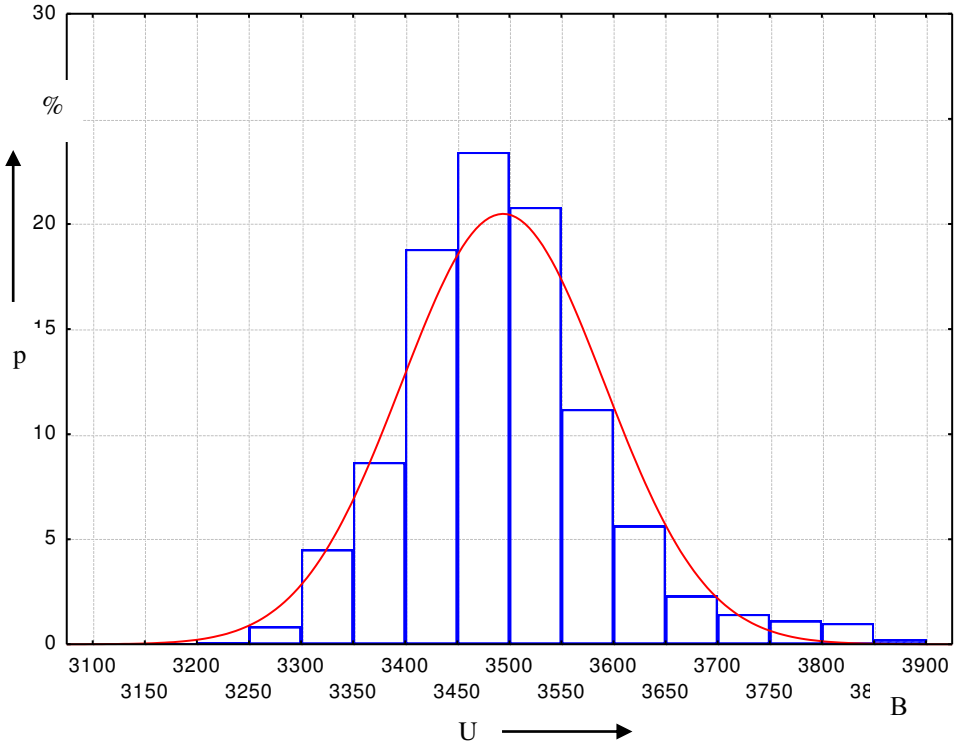


Рис. 2. График частот наблюдения напряжения на шинах 3,3 кВ

Учитывая уровень напряжения холостого хода подстанций нижнюю границу уровня напряжения при переходе накопителя в режим заряда следует принять не ниже 3600-3650 В. При размещении накопителя электроэнергии на посту секционирования напряжение может быть снижено на 50-100 В с целью обеспечения заряда малыми токами.

Полученные результаты необходимо учитывать при определении работы накопителя электроэнергии в режиме заряда и последующего разряда в условиях организации тяжеловесного и длинносоставного движения.

Подготовлено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по гранту № 17-20-01148 офи_м_РЖД/17.

Список литературы

1. Аржанников Б. А. Усиление системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ при пропуске тяжеловесных поездов / Б. А. Аржанников, И. О. Набойченко // Транспорт Урала. 2015. №2(45). С. 13-17.

2. Kiepe Electric liefert ersten 24-Meter-Elektro-Bus nach Linz . URL: https://www.eb-info.eu/aktuell/aus-den-unternehmen/12-10-2017-kiepe-electric-liefert-ersten-24-meter-elektro-bus-nach-linz/559221/ (дата обращения: 14.10.2017).

3. ÖBB-Hybridlok mit Brennstoffzelle: Versuchslokomotive mit alternativem Antriebskonzept getestet. URL: https://www.eb-info.eu/aktuell/forschung-und-entwicklung/11-10-2017-oebb-hybridlok-mit-brennstoffzelle-versuchslokomotive-mit-alternativem-antriebskonzept-getestet/ (дата обращения 14.10.2017).

4. Bundesverband eMobilität fordert Elektrobus-Initiative. URL: https://www.eb-info.eu/aktuell/politik/06-10-2017-bundesverband-emobilitaet-fordert-elektrobuss-initiative/ (дата обращения 14.10.2017).

5. Bondeux S., Henning W., Remacle P., Smit J., Warrington P. WP2B Energy recovery. The «Ticket to kyoto» project, 2011, 36 p. Available at: http://www.tickettokyoto.eu/sites/default/files/downloads/T2K_ER_overview_technologies_web.pdf (accessed 25 october 2017).

6. Brecher A. Assessment of needs and research roadmaps for rechargeable energy strage system onboard electric drive buses. Federal Transit Administration U.S. Department of Transportation, 2010, 128 p. Available at: https://ntl.bts.gov/lib/35000/35700/35796/DOT-VNTSC-FTA-11-01.pdf (accessed 25 october 2017).

7. Brecher A. Transit Bus applications of lithium lon batteries progress and prospects. Federal transit administration, 2012, no 24, 42 p. Available at: https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/FTA_Report_No._0024.pdf (accessed 25 october 2017).

8. Черемисин В. Т. Повышение энергетической эффективности системы тягового электроснабжения в условиях работы постов секционирования с накопителями электрической энергии / В. Л. Незевак, А. П. Шатохин, В. Т. Черемисин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. Томск: ТПУ. 2015. Т. 326. № 10. С. 54-64.

9. Чудновец С. П. Накопители электрической энергии для систем генерирования электрической энергии (аналитический обзор) / С. П. Чудновец, С. А. Харитонов // Научный вестник НГТУ. 2013. № 1(50). С. 163-172.

10. Тарасенко А. Б. Подходы к оценке и примеры применимости накопителей электрической энергии для различных приложений / А. Б. Тарасенко, О. С. Попель // Материалы Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность». Объединенный институт высоких температур РАН. 2016. С. 243-249.

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ. ГРУЗОВАЯ И КОММЕРЧЕСКАЯ РАБОТА

С.М. Албитов
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ПОГРАНИЧНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕХОДА ЗАБАЙКАЛЬСК – МАНЬЧЖУРИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА ОБЪЁМА ЭКСПОРТНО-ИМПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

В статье рассмотрены основные аспекты развития железнодорожного пограничного перехода Забайкальск – Маньчжурия. Определены ключевые задачи по освоению перспективных объемов грузовых перевозок, формированию конкурентных преимуществ перед автомобильным и морским транспортом, привлекательных для потребителя транспортных услуг. Отдельно отмечен актуальный вопрос развития международных перевозок пассажиров.

Ключевые слова: *пограничный железнодорожный переход, технология работы пограничной станции, экспортные и импортные перевозки грузов, контейнерный терминал, международные пассажирские перевозки*

На пограничную железнодорожную станцию Забайкальск в настоящий момент приходится более половины всех российско-китайских перевозок, и с учетом перспективы их роста нельзя недооценивать важность её технологического обеспечения и формирования условий по привлечению грузопотоков через пограничный переход Забайкальск – Маньчжурия.

Для стабильной работы станции Забайкальск и освоения перспективных объемов перевозки экспортных и импортных грузов необходимо обеспечить решение следующих задач:

- оптимизацию технологии работы с грузовыми экспортными поездами (за счет сокращения временных параметров как обработки документов, так и непосредственных операций с составами в парках станции);
- оптимизацию технологии работы с импортным грузом (за счет

сокращения времени обработки и оформления перевозочных и сопроводительных документов, а также за счет сокращения времени выполнения работ по перегрузу из вагонов узкой колеи в вагоны широкой колеи).

Также перспективным направлением является и развитие международного пассажирского движения с поиском привлекательных вариантов для потенциального потребителя услуг.

Пиковые перевозки экспортного груза в период 2006-10-х гг. составляли порядка 15-16 поездов (или 19-21 млн. т груза), при этом почти половина объема приходилась на нефтегрузы, которые были потеряны из-за ввода в эксплуатацию трубопровода (см. рисунок 1). Если рассматривать объѐм экспортного груза без учѐта нефтеналивных грузов, то в 2017 г. рост к уровню 2010 г. составит 3,8 млн. т, при этом есть потенциал экспортных перевозок зерна, лесных грузов, угля, руды, производных углеводородов (метанола) и минеральных удобрений с перегрузом на вновь построенных фронтах на станции Маньчжурия. По предварительным прогнозам, при сохранении существующих темпов роста грузопотока, к 2019 г. передача поездов составит 16-18 пар, а к 2020 году – свыше 20 пар против 12-ти пар на сегодняшний день.

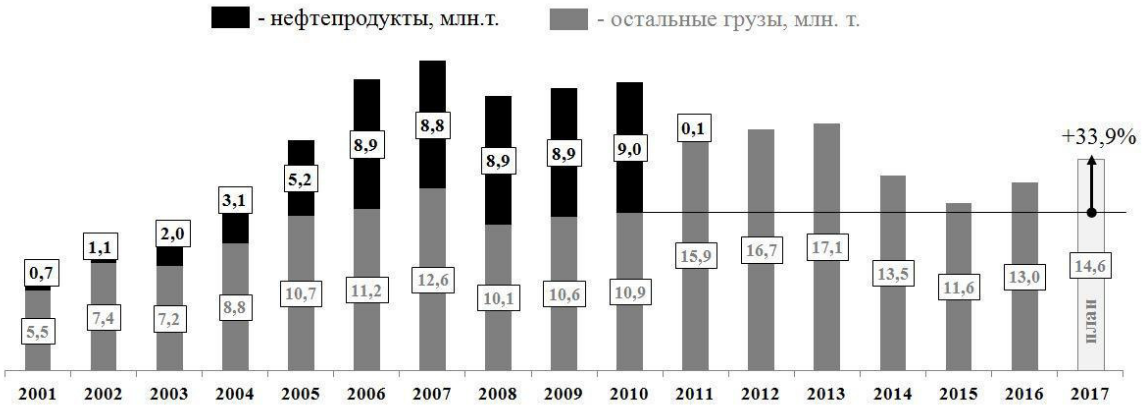
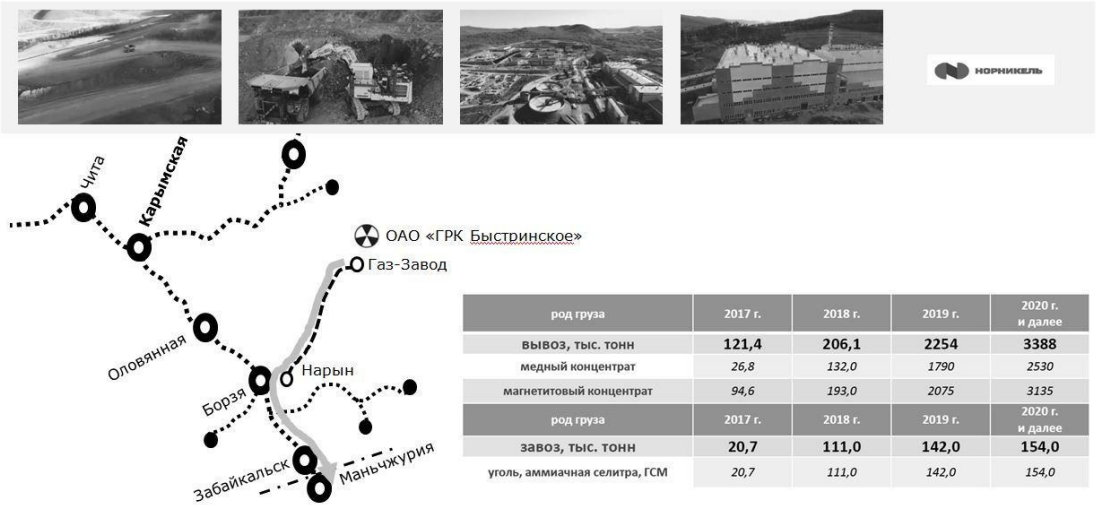


Рис. 1. Объемы передачи экспортных грузов по станции Забайкальск

В декабре 2017 г. планируется первая отгрузка в Китай рудного медного и магнезитового концентратов с вновь построенного Быстринского горно-обогатительного комбината. Выход комбината на проектную мощность позволит увеличить погрузку Забайкальской дороги к 2020 г. более чем на 3 млн. т, при этом используя для перевозки незагруженную инфраструктуру южного хода дороги (см. рис.2). Дополнительные доходы ОАО «РЖД» от данной перевозки составят в

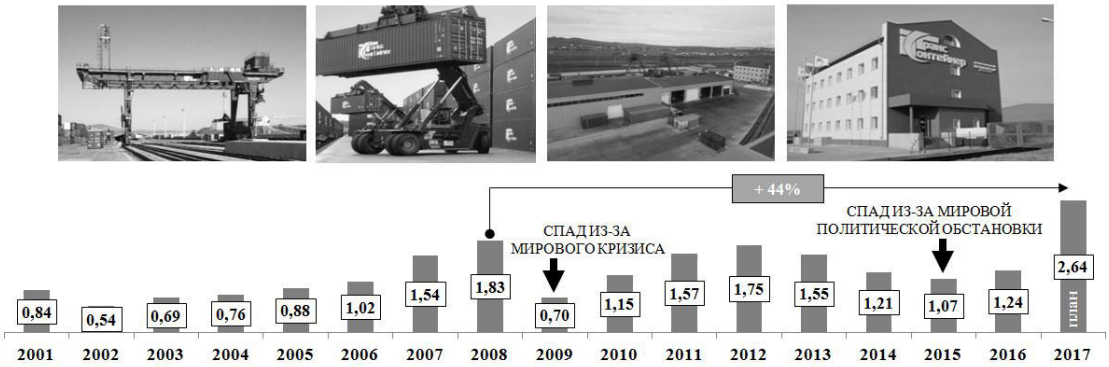
2018 г. более 200 млн. руб., а с 2019 г. – более 2 млрд. руб.



род груза	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г. и далее
вывоз, тыс. тонн	121,4	206,1	2254	3388
медный концентрат	26,8	132,0	1790	2530
магнетитовый концентрат	94,6	193,0	2075	3135
род груза	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г. и далее
завоз, тыс. тонн	20,7	111,0	142,0	154,0
уголь, аммиачная селитра, ГСМ	20,7	111,0	142,0	154,0

Рис. 2. Ввод в эксплуатацию Быстринского горно-обогатительного комбината

Что касается импортных грузов, то на рис. 3 показана динамика роста, и в 2017 г. планируется превышение пиковых перевозок 2008 г. на 810 тыс. т, в основном за счет увеличения доли контейнерных перевозок.



Номенклатура импортных грузов	10 месяцев 2016 г.	10 месяцев 2017 г.	
контейнерные, тыс. т.	572,7	871,3	+ 52,1%
остальные, тыс. т.	430,2	498,9	+ 16,0%

Рис. 3. Объем передачи импортных грузов по станции Забайкальск, млн.т.

Но с учетом развития альтернативных вариантов перевозки грузов из Китая в Европу, и в первую очередь, по прогнозируемым маршрутам через территорию Казахстана в рамках китайского транспортного мегапроекта «Шёлковый путь», нельзя недооценивать угрозу потери Транссибом (а, следовательно, и Забайкальской железной дорогой) существенных объемов импортных перевозок. В складывающихся

условиях жёсткой конкуренции за транспортировку грузов из Китая в Европу, на наш взгляд, необходимо не противопоставление друг другу Транссиба и «Шелкового пути», а разработка оптимальной схемы функционирования пограничного перехода Забайкальск – Маньчжурия, максимальное снижения транспортных издержек грузоотправителей и сокращение сроков доставки грузов в данном направлении.

На рис. 4 показана сравнительная характеристика нормативов по обработке ускоренного контейнерного поезда на станциях Забайкальск и Алтынколь – погранпереходе между КНР и Казахстаном. Время от прибытия до отправления контейнерного поезда на вновь построенной пограничной станции Алтынколь составляет 3 часа 55 минут против 24 часов на станции Забайкальск.

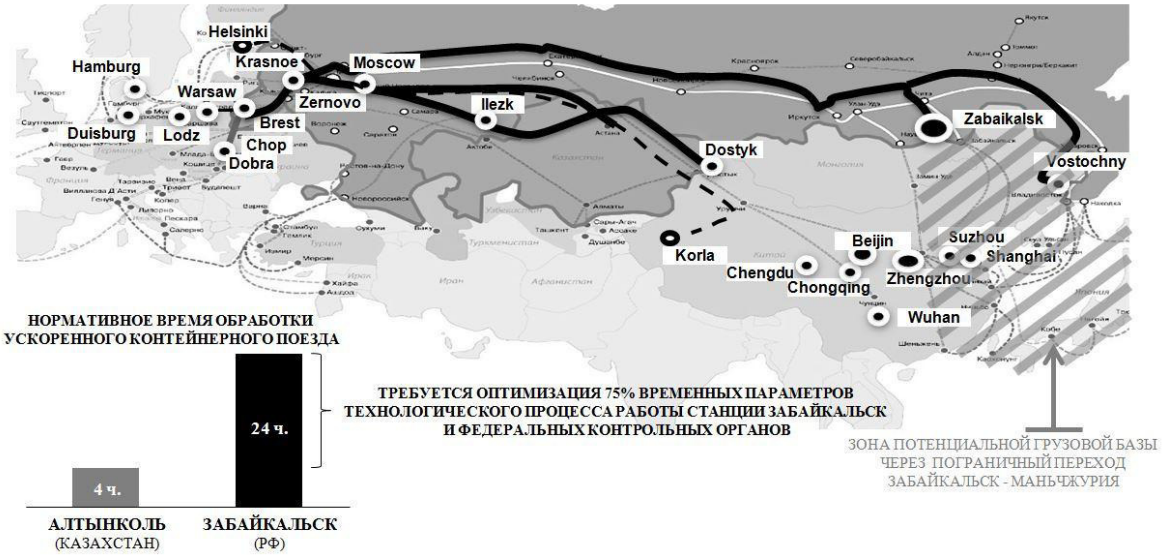


Рис. 4. Основные транспортные коридоры между КНР и ЕС. Сравнительная характеристика нормативного времени обработки ускоренного контейнерного поезда на станциях Алтынколь и Забайкальск

Сравнительный анализ нормативных времен операций обработки ускоренного контейнерного поезда по станциям Забайкальск и Алтынколь показывает, что продолжительность операций на российском переходе превышает продолжительность аналогичных операций на казахстанском переходе как минимум в полтора раза, а максимум – в 18 раз. В ноябре 2017 г. в Законодательном собрании Забайкальского края состоялось заседание профильного комитета с участием руководителей Забайкальской железной дороги, федеральных таможенной и пограничной служб края, на котором принято решение по

формированию совместной рабочей группы по решению задач сокращения нормативов обработки экспортно-импортных грузов как у станционных технологических операций, так и при взаимодействии с федеральными контрольными органами.

Перед специалистами рабочей группы поставлена задача по формированию сквозной технологии, которая предполагает сокращение времени обработки контейнерного поезда в 12 раз, что позволит создать условия по реальной конкуренции с другими погранпереходами. Данная технология предполагает таможенное оформление груза до прибытия контейнерного поезда на территорию Российской Федерации по принципу «электронного поезда», а также минимизацию времени операций по подаче и уборке составов. В настоящее время разработан инвестиционный проект, который позволяет обеспечить данную технологию. Проект предполагает сделать сквозными пути контейнерного терминала с возможностью отправки контейнерного поезда непосредственно с фронтов перегруза. Строительство 3-х, 4-х путей в парке отправления «ПП» позволит организовать подготовку и подачу порожних фитинговых платформ без пересечения с «узкой» колеёй (см. рис. 5). Реализация проекта позволит пропускать 10-15 контейнерных поездов через пограничный переход ежесуточно.

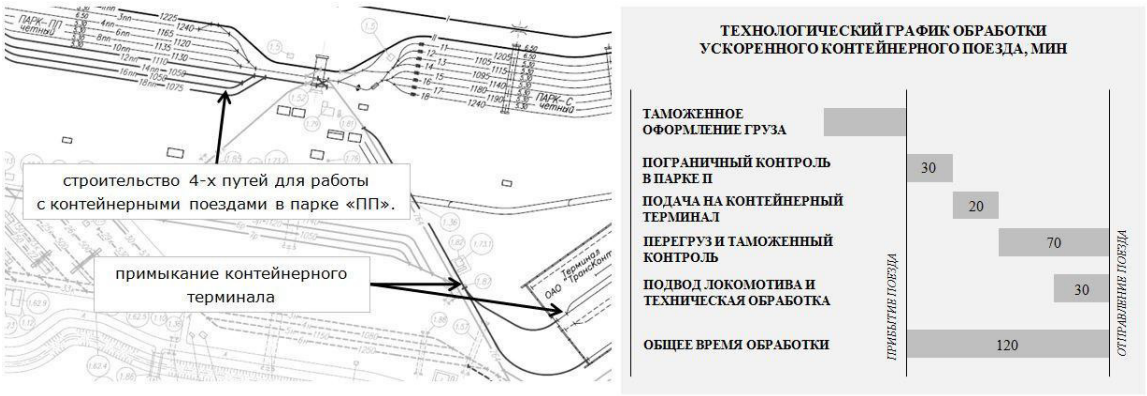


Рис. 5. Перспективная технология обработки ускоренного контейнерного поезда на станции Забайкальск

Актуальным вопросом является и привлечение грузов с автомобильного и морского транспорта с учетом решений на межправительственном уровне по увеличению продуктового обмена между КНР и Российской Федерацией, а также в связи с изменением государственной тарифной политики в области автомобильного

транспорта. Существующая логистика по доставке продуктов глубокой заморозки, прежде всего морепродуктов, представлена на рисунке 6, и сегодня, решив технологические и технические барьеры по перевозке скоропортящихся грузов на пограничном переходе, можно привлечь реальные объемы перевозок как импортных, так и экспортных грузов, и работы на дороге в данном направлении начаты.

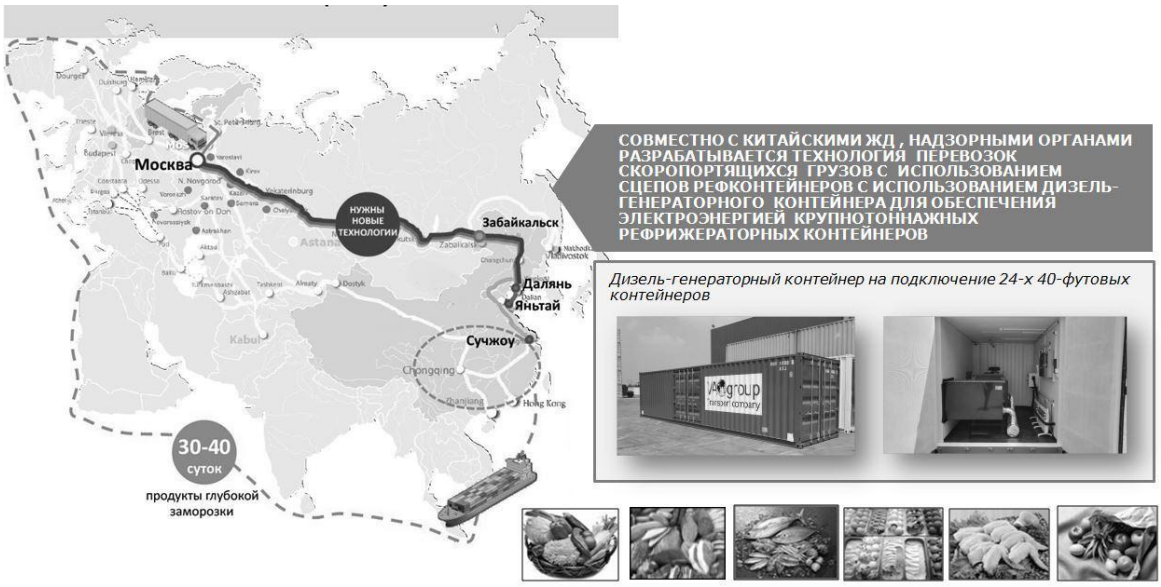


Рис. 6. Развитие контейнерных железнодорожных перевозок скоропорта ящихся грузов

Отдельно необходимо отметить вопрос развития международного пассажирского движения. На рис. 7 показано, что в 2016 г. порядка полутора миллионов российских и китайских граждан пересекли границу через пункт пропуска Забайкальск, при этом доля железнодорожных перевозок составляет всего два процента. По данным руководства города Маньчжурия и Правительства автономного района «Внутренняя Монголия» Китайской Народной Республики потенциал туристов в Россию составляет от 2,5 до 5 миллионов человек ежегодно, при условии развития соответствующей инфраструктуры на Российской стороне.

На рис. 8 представлена схема организации движения скоростного электропоезда Чита–Маньчжурия после окончательного завершения работ по электрификации южного хода дороги в 2018 г. При существующих скоростях движения время хода будет составлять порядка восьми часов, а после проведения определенного комплекса работ, направленного на устранение ограничений, и приобретения

соответствующего подвижного состава время хода электропоезда можно сократить до шести часов. Данный проект предполагает погранично-таможенное оформление пассажиров в вагонах во время движения электропоезда.

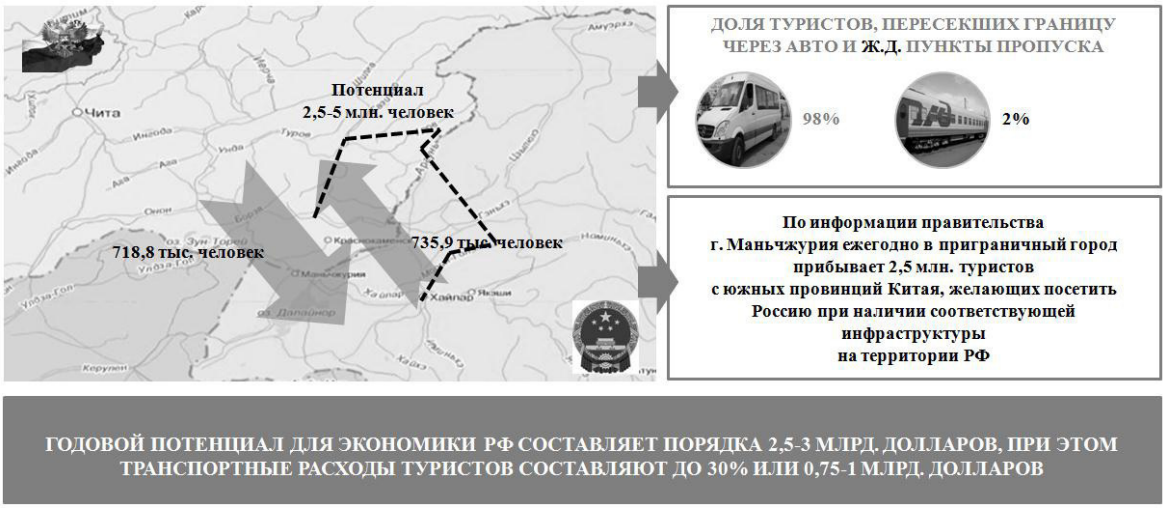


Рис. 7. Пересечение государственной границы иностранными и российскими гражданами в пунктах пропуска Забайкальск

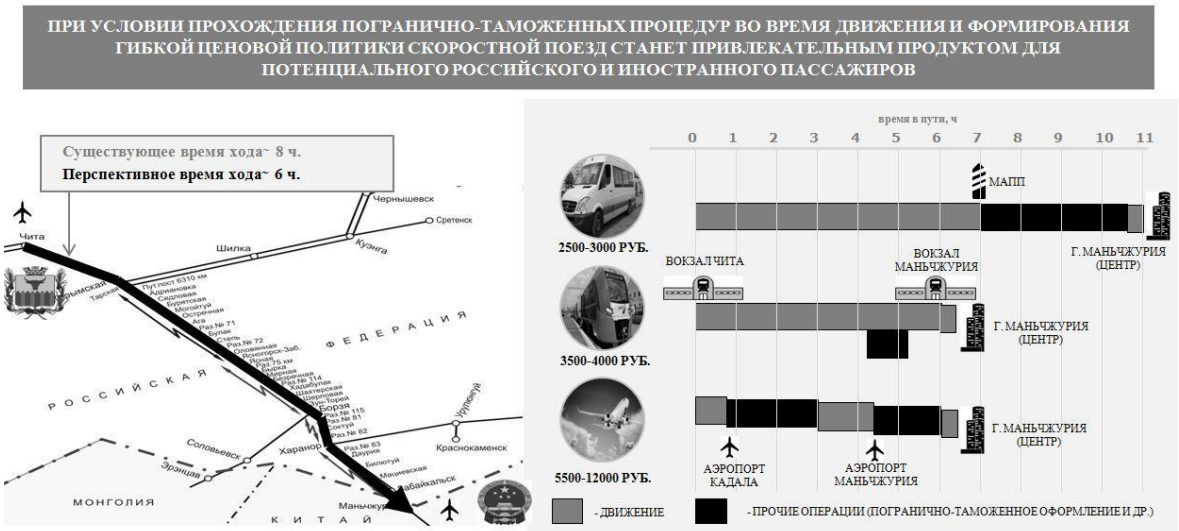


Рис. 8. Схема движения скоростного электропоезда и сравнительная стоимостная и временная характеристика вариантов доставки пассажиров из г. Чита (РФ) в г. Маньчжурия (КНР)

Сравнительная стоимостная и временная оценка существующих и

предлагаемого вариантов маршрутов Чита–Маньчжурия показывает, что вариант доставки пассажиров электропоездом составит полноценную конкуренцию как автомобильным, так и авиаперевозкам. Кроме этого данный транспортный коридор будет связующим звеном для поездок китайских туристов на Байкал и другие регионы страны, а для российских туристов – в города Китая. Более того, после ввода в эксплуатацию в ближайшее время высокосортной линии Харбин – Маньчжурия время хода между данными городами составит всего порядка 3-х часов против 12-ти в настоящий момент.

На Забайкальской дороге проводится постоянная и целенаправленная работа по развитию инфраструктурных комплексов, совершенствованию технологий и снятию организационно-правовых барьеров работы погранперехода Забайкальск – Маньчжурия. Консолидация совместных усилий всех заинтересованных сторон в данном направлении позволит конкурировать Забайкальскому краю и Транссибирской магистрали с развивающимися альтернативными транспортными коридорами.

Список литературы

1. Типовой технологический процесс работы грузовой и передаточной станции ОАО «РЖД»: утв. ОАО «РЖД». 2015. 117 с.
2. Новый маршрут для азиатских клиентов // РЖД Партнер. 2016. №3. С. 132.
3. Работать надо с заделом на будущее. На пограничную станцию Забайкальск сегодня приходится более половины всех российско-китайских перевозок // Гудок. 2017. №69. С. 7.

А.А. Банщикова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта
г. Чита, Россия

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОПУСКА ИМПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРОПОТОКА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУНКТЕ ПРОПУСКА ЗАБАЙКАЛЬСК-МАНЬЧЖУРИЯ

В статье определяются технологические задержки при работе железнодорожных погранпереходов методами сетевого планирования и

теории логистических цепей и предлагаются мероприятия по ускорению пропуска импортных контейнерных поездов.

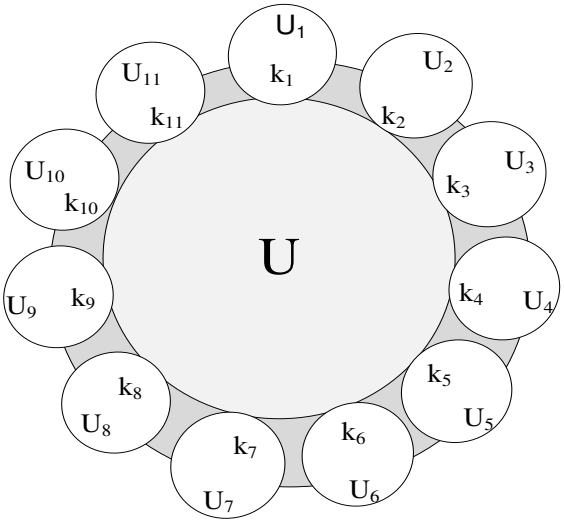
Ключевые слова: *железнодорожный пункт пропуска, контейнерный поезд, материальный поток, информационный поток, технологические задержки*

Железнодорожный пункт пропуска Забайкальск-Маньчжурия (ЖДПП) обеспечивает до 70 % объема следования внешнеторгового грузопотока в сухопутном сообщении между РФ и КНР. ЖДПП располагается на железнодорожной грузовой межгосударственной передаточной станции Забайкальск. Представляет собой сложную многофункциональную структуру, совокупность элементов для выполнения перевозочного процесса по приёму, расформированию, формированию, отправлению поездов в соответствии с установленным планом формирования и графиком движения поездов; обработке транзитных экспортных поездов без переработки; обработке вагонов, прибывающих под погрузку, выгрузку, сортировку, перегруз; пропуску, пополнению и уменьшению составов транзитных поездов и пр. Также здесь осуществляются погранично-таможенные операции (таможенный контроль импортируемых и экспортируемых грузов, ветеринарный и фитосанитарный контроль грузов, учет перехода поездов, вагонов, контейнеров), перегруз импортных контейнеров (грузов) из вагонов колеи 1435 мм в вагоны колеи 1520 мм.

Наиболее сложный состав элементов ЖДПП формируется при организации пропуска импортного или транзитного грузопотока. Функциональное «окружение» ЖДПП по пропуску контейнерного поезда с импортным (транзитным) грузом представляет собой статические связи организационной структуры (U_i) – взаимное отношение элементов системы и динамические связи функциональной структуры (k_i), которые определяют порядок их взаимодействия (см. рис. 1).

В общей постановке технологии обработки импортного контейнеропотока на ЖДПП происходит его поступление, преобразование и выпуск. Материальный поток находится в движении, физически перемещаясь в пространстве: прием и контроль таможенными и другими гос. органами, расформирование, постановка на контейнерный терминал, перегруз контейнеров из вагонов узкой колеи в вагоны широкой колеи, формирование состава поезда, отправление. Документальный поток проходит операции многоуровневого контроля, составления дополнительных экземпляров каждой из структур, содержащих обобщенные и более детальные

сведения на русском языке, формирования пакета перевозочных документов, необходимого для следования по территории РФ.



где U– ЖДПП; f_{U_1}– выпуск товара в свободное пользование таможенными органами; U_1- Федеральная таможенная служба; f_{U_2}- пограничный контроль; U_2- Федеральная пограничная служба ФСБ РФ; f_{U_3}- фитосанитарное сопровождение; U_3- государственная фитосанитарная инспекция; f_{U_4} - карантинная очистка груза; U_4– государственная карантинная инспекция; f_{U_5} - сопровождение груза государственной хлебной инспекцией; U_5- государственная хлебная инспекция; f_{U_6} - таможенно-брокерское сопровождение; U_6– ООО «Таможенно-брокерский центр» (ТБЦ); f_{U_7}- переработка крупнотоннажных контейнеров, формирование контейнерных поездов; U_7- оператор контейнерных перевозок (филиал ПАО «ТрансКонтейнер» на Забайкальской железной дороге); f_{U_8}- эксплуатационная работа железнодорожной станции; U_8- владелец инфраструктуры ОАО «РЖД» (железнодорожная грузовая межгосударственная передаточная ст. Забайкальск); f_{U_9} эксплуатационная деятельность железнодорожной грузовой межгосударственной передаточной станции; U_9- владелец инфраструктуры КЖД (железнодорожная пограничная станция ст. Маньчжурия); $f_{U_{10}}$ - экспедиционное сопровождение внешнеторговой перевозки; U_{10} - экспедиторские компании; $f_{U_{11}}$ - страховое обслуживание внешнеторговых перевозок; U_{11} – сюрвейерские компании.

Для целей исследования в структуре Роспотребнадзор выделены государственная фитосанитарная, карантинная, хлебная инспекции.

Рис. 1. Функциональное «окружение» ЖДПП Забайкальск – Маньчжурия по пропуску контейнерного поезда с импортным (транзитным) грузом

Операциями, связанными с информационным потоком, являются: сбор, многократный ввод одних и тех же сведений в различные базы данных, хранение, обработка информации о материальном и

документальном потоках у всех участников пропуска международного грузопотока.

Организационно-функциональная система рассматриваемого объекта формализуется как:

$$U_{\text{ЖДПП}} = \sum_{i=1}^{n} U_i * f_{Ui}(x_{Ui}) \qquad (1)$$

где U_i – элемент системы, участвующий в пропуске импортного контейнерного поезда;

$f_{Ui}(x_{Ui})$– целевая функция элемента, x_{Ui}. - ресурсное обеспечение элемента для ее выполнения, $i = 1, \dots, n$.

На основе декомпозиции и принципа модульного построения принято, что ЖДПП – сложная организационная многофункциональная система, состоящая из подсистем приема, перегруза, отправления. Это множество линейно упорядоченных звеньев для выполнения последовательных операций и процессов по перемещению материального потока и сопутствующего ему потока информации, документов от перевозчика сдающей стороны к перевозчику принимающей стороны. В общей постановке технологии на ЖДПП происходит в подсистеме приема - поступление и обработка поезда по прибытию с участием элементов ($U_1, U_2,$ $\mathrm{U}_3, \mathrm{U}_4, \mathrm{U}_5, U_8, U_9$); преобразование – перегруз из вагонов колеи 1435 мм в вагоны колеи 1520мм с участием элементаU_7 (в подсистеме перегруза) и выпуск грузопотока - обработка поезда по отправлению и отправление (подсистема отправления) элементы ($U_1, U_6, U_8, U_{10}, U_{11}$) (см. рис.2).

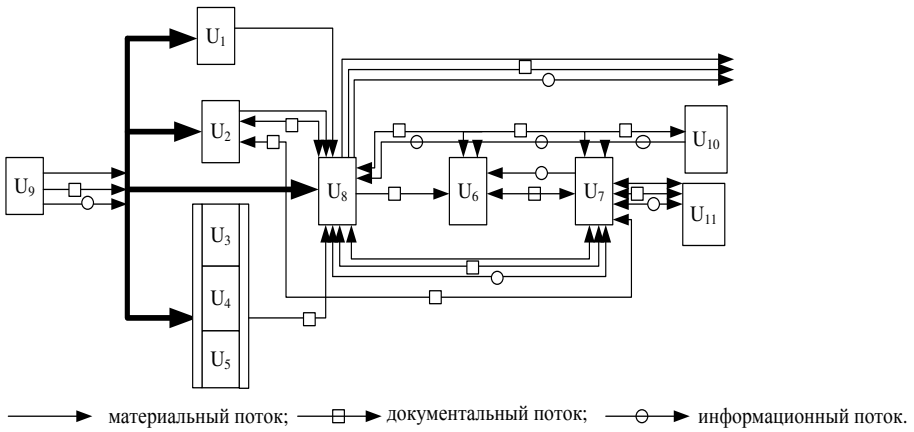


Рис. 2. Следование материального, документального, информационного потоков между элементами ЖДПП Забайкальск - Маньчжурия при пропуске импортного контейнерного поезда

Анализ сетевого графика обработки импортного контейнеропотока выявил наибольший полный путь – критический. Он выражает время нахождения контейнеров на ЖДПП, его величина составляет 1440 мин. Задача сводится к сокращению времени критического пути.

Из-за большого количества участвующих в пропуске груза служб технологические процессы плохо стыкуются между собой. Вследствие отсутствия изморфизма - согласованного движения материального, информационного и документального потоков - возникают значительные межоперационные простои – порядка 360 минут.

Исследование причин технологических задержек обработки импортного контейнеропотока на ЖДПП произведено с помощью методов сетевого планирования и теории логистических цепей. С целью выявления лимитирующих параметров обработки материального, информационного и документального потоков разработаны логистические цепи. Это множество линейно упорядоченных звеньев логистической системы ЖДПП.

Между рассматриваемыми процессами имеется функциональная взаимосвязь и взаимозависимость, которая отражается горизонтальными и вертикальными связями. Так, операция по перегрузу контейнера может выполняться в том случае, если вагоны узкой колеи с контейнерами поданы на перегрузочное место (горизонтальная связь), проведены операции с перевозочными и другими сопроводительными документами и осуществлены необходимые операции по приему, передаче и переработке информации (вертикальные связи).

Три вида последовательных операций по потокам представлены в виде векторно-скалярных компонент, образующих логистические цепи:

$$\begin{cases} a_1 \xrightarrow{t_{a1}^{\text{техн}}} a_2 \xrightarrow{t_{a2}^{\text{техн}}} \dots \xrightarrow{t_{ai}^{\text{техн}}} a_i; \\ \downarrow t_{\text{a}_1}^{\text{ож}} \uparrow t_{u_1,g_1}^{\text{ож}} \quad \downarrow t_{\text{a}_2}^{\text{ож}} \uparrow t_{u_2,g_2}^{\text{ож}} \quad \downarrow t_{\text{a}_i}^{\text{ож}} \uparrow t_{u_i,g_i}^{\text{ож}} \\ u_1 \xrightarrow{t_{u1}^{\text{техн}}} u_2 \xrightarrow{t_{u2}^{\text{техн}}} \dots \xrightarrow{t_{ui}^{\text{техн}}} u_i; \\ \downarrow t_{u_{1,a_1}}^{\text{ож}} \uparrow t_{g_1}^{\text{ож}} \quad \downarrow t_{u_{2,a_2}}^{\text{ож}} \uparrow t_{g_2}^{\text{ож}} \quad \downarrow t_{u_{i,\text{a}_i}}^{\text{ож}} \uparrow t_{g_i}^{\text{ож}} \\ g_1 \xrightarrow{t_{g1}^{\text{техн}}} g_2 \xrightarrow{t_{g2}^{\text{техн}}} \dots \xrightarrow{t_{gi}^{\text{техн}}} g_i, \end{cases} \quad (2)$$

где $a_i \rightarrow$ - элемент цепи материального потока на ЖДПП (a_i – операция с материальным потоком; $\rightarrow$ - вектор перемещения потока, сопоставляемый со временем и расстоянием перемещения; $j = 1, \dots, i$);

$u_i \rightarrow$– элемент цепи по составлению и передаче документов о материальном потоке и его перемещении (u_i – операция с документальным потоком; $\rightarrow$ - адрес передачи документа; $j = 1, \dots, i$);

$g_i \rightarrow$ - элемент цепи информации о материальном и документальном потоках (g_i – операция по передаче информации; $\rightarrow$ - адресат передачи информации; $j = 1, \dots, i$);

$\xrightarrow{t^{\text{техн}}_{ai,u_i,g_i}}$ - время выполнения технологических операций в логистической цепи соответственно по материальному, документальному, информационному потокам (горизонтальные связи), мин;

$\downarrow t^{\text{ож}}_{a_i,u_1,g_i}$ - время ожидания выполнения операций по сопутствующим потокам (вертикальные связи), мин.

Тогда общая продолжительность нахождения в подсистемах ЖДПП потоков с учетом ожиданий и перерывов по вертикальным связям переработки и передачи применительно к переработке одного контейнерного поезда выражается:

$$\begin{gathered}\sum t_{a_i} = t^{\text{техн}}_{a_i} + t^{\text{ож}}_{u_i,g_i}; \sum t^{\text{техн}}_{a_i} > 0; \sum t^{\text{ож}}_{u_i,g_i} \geq 0;\\ \sum t_{u_i} = t^{\text{техн}}_{u_i} + t^{\text{ож}}_{a_i,g_i}; \sum t^{\text{техн}}_{u_i} > 0; \sum t^{\text{ож}}_{a_i,g_i} \geq 0;\\ \sum t_{g_i} = t^{\text{техн}}_{g_i} + t^{\text{ож}}_{a_i,u}; \sum t^{\text{техн}}_{g_i} > 0; \sum t^{\text{ож}}_{a_i,u_i} \geq 0.\end{gathered} \tag{3}$$

Очевидно, что наибольшее время технологических операций составляет следование информационного и документального потоков - 1080 минут, продолжительность обслуживания его в подсистеме приема и выпуска составляет соответственно 420 минт и 640 мин (рис. 3).

Для ускорения пропуска импортного контейнеропотока предусмотрены ряд технологических и технических мероприятий: подготовка перевозочных и сопроводительных документов сменой ОАО «РЖД» на станции Маньчжурия, досмотр поездов в парке погранично-таможенного контроля только сотрудниками пограничной службы ФСБ РФ, осмотр и формирование составов из порожних вагонов РЖД после выгрузки на станции Маньчжурии по роду подвижного состава, обустройство стационарного инспекционно-досмотрового комплекса в парке погранично-таможенного контроля, строительство сквозных путей и установка УЗОТ на контейнерном терминале и т.д.

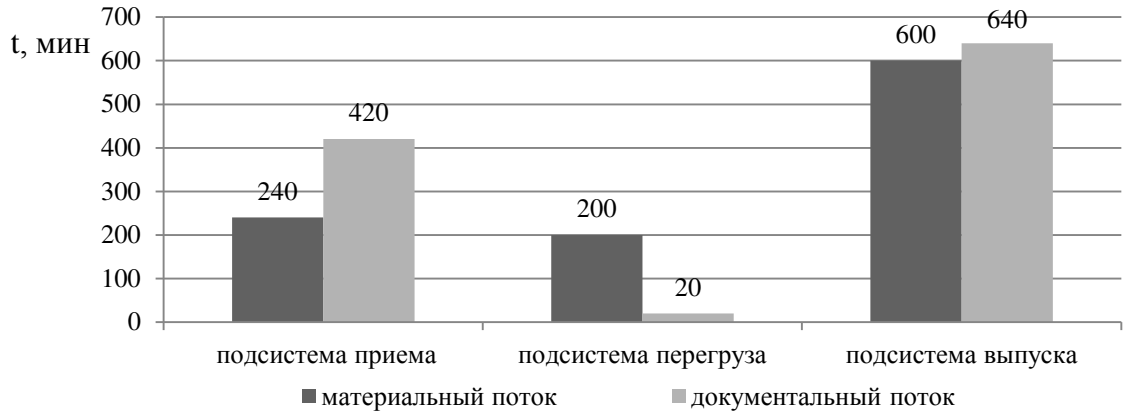


Рис. 3. Продолжительность технологических операций и обработки импортного контейнеропотока

В результате реализации мероприятий ожидается сокращение продолжительности технологических операций по обработке импортного контейнерного поезда до 240 минут (см. рис. 4).

Рис. 4. Продолжительность технологических операций и обработки импортного контейнеропотока при реализации мероприятий по ускорению пропуска

Внедрение комплекса технических и технологических решений по ускорению пропуска импортного контейнеропотока позволяет: улучшить координацию деятельности со всеми участниками перевозочного процесса; создать механизм электронного взаимодействия органов гос. контроля с участниками внешнеэкономической деятельности, функциональную связь с системами оформления грузов в органах гос. контроля и информационной сетью перевозчика; ускорить и упростить процедуры оформления грузов в таможенных и других органах гос. контроля на пограничных станциях и в местах отправки грузов, создать условия для роста грузооборота ориентировочно на 30% в год, планировать и повысить показатели эксплуатационной работы контейнерного терминала и станции.

Список литературы

1. Логистические транспортно-грузовые системы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Апатцев, С.Б. Левин, В.М. Николашин и др.; Под ред. В.М. Николашина. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 304 с.
2. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие. 2-е изд. / Под ред. В.С. Лукинского. СПб: Питер, 2007. 448 с.: ил.
3. Акулиничев В. М. и др. Математические методы в эксплуатации железных дорог: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. М.: Транспорт, 1981, С.223.
4. Банщикова А. А. Логистические аспекты совершенствования работы объекта региональной транспортной системы // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Восьмой Междунар. науч.-практ. конф., 28 марта–01 апреля 2017 г. Иркутск: в 2 т. Иркутск : ИрГУПС, 2017. Т. 1. С.47-52.

Н.В. Быкова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КРОСС-ДОКИНГА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

В статье рассмотрены особенности кросс-докинговой технологии в цепи поставок материальных потоков. Рассмотрена возможность применения эвристического метода Ардолана, впервые описанного Алирезой Ардаланом в 1984 году, для решения задачи по принятию решения о внедрении кросс-докинга в Забайкальском крае.

Ключевые слова: *кросс-докинг, товар, транспортные потоки, склады, грузы, клиенты.*

Кросс-докинг – это процесс приёмки и отгрузки грузов через склад без размещения на хранение, прямая перегрузка товара между транспортными средствами или товароносителями. Является совокупностью логистических операций внутри цепи поставок. Одно из преимуществ кросс-докинга – время от момента заказа до момента получения товара Заказчиком значительно сокращается.

Существуют технологические различия складских зданий при кросс-докинге от традиционных складов. При использовании кросс-докинга нужно стремиться к наибольшей длине здания для размещения большего числа воротных доков, а в традиционном складе – к наибольшей площади склада для обеспечения его максимальной вместимости. Склады для кросс-докинга строятся «H, I, L, T ,U»-образными

При использовании кросс-докинга нужно помнить об обязательных условиях:

– товар должен быть хорошо прогнозируем по динамике «приход-уход», причем необходимо постоянно проводить анализ потребительского спроса на ту или иную продукцию;

– приходящий товар должен быть сразу готов к отправке, или нуждаться в незначительных дополнительных операциях;

– необходимо четко организовать движение транспортных потоков.

Склад с традиционным хранением по сравнению с кросс-докингом не предполагает наличия жестких требований к товаропотоку, но для него необходимы дополнительные складские площади и ресурсы для выполнения операций по хранению, контролю, отгрузке и т. д.

Существует несколько видов кросс-докинга:

- Перевалка через склад (происходит замена транспортного средства без расформирования грузовой единицы);

- Расконсолидация: вариант 1 (когда один поставщик и несколько грузополучателей, т.е. в одной машине приходит товар для нескольких грузополучателей и подается несколько машин, в которых товар и отправляется конечным грузополучателям);

- Расконсолидация: вариант 2 (когда несколько поставщиков и несколько грузополучателей; одновременно происходит расконсолидация автомашин различных поставщиков по различным грузополучателям и консолидация автомашин различных грузополучателей товаром, поступившим от различных поставщиков);

- Консолидация (когда приходит несколько машин от разных поставщиков для одного грузополучателя; в случае если, пришедший товар не сформирован по заказам (партиям), необходима переконсолидация товара, в этом случае кросс-докинг проходит в 2 этапа);

- Переконсолидация (несколько поставщиков – несколько грузополучателей; товар разгружается в зоне разгрузки, после чего происходит его переконсолидация по заказам, которые потом распределяются по машинам);

- Подсортировка со склада (к пришедшему товару при перегрузке в другие транспортные средства добавляется товар, хранящийся на складе; данная процедура может осуществляться при любом из видов кросс-докинга);

Рассмотрим возможность применения кросс-докинга на примере организации доставки мелкопартионных грузов различной номенклатуры потребителям (рис.1).

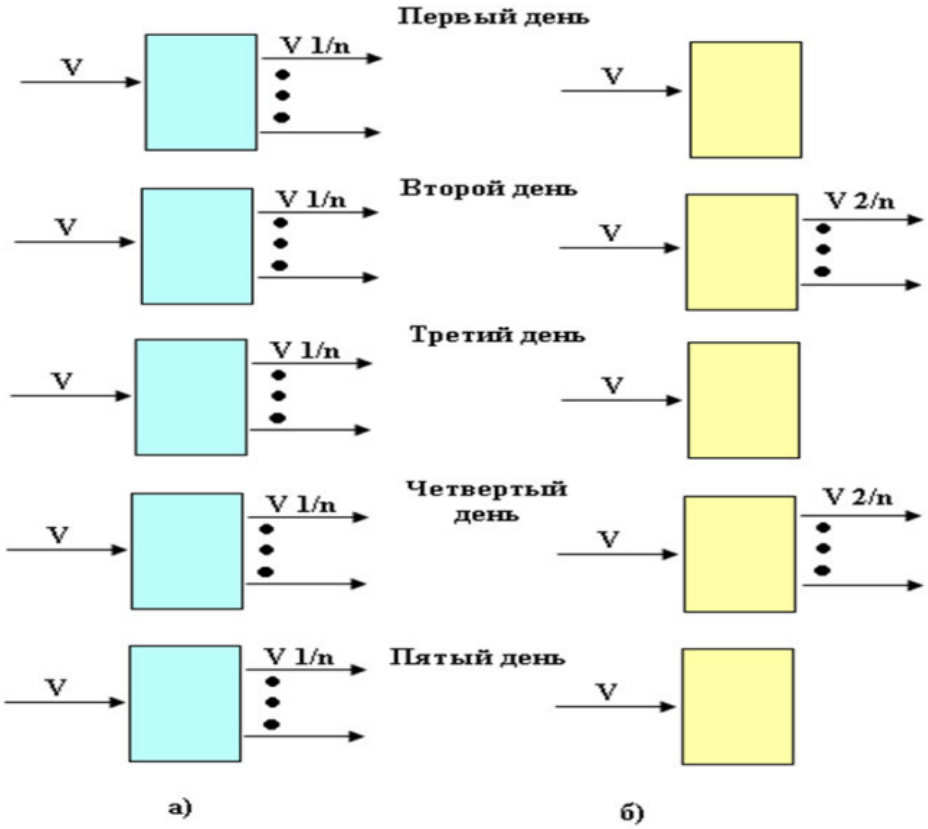


Рис. 1. Возможные схемы организации поставок/отгрузок товара:
а) склад кросс-докинга б) «традиционный склад»

На первом этапе организации доставки продукции учитываются все технические возможности внедрения кросс-докинга, потребители разбиваются по зонам обслуживания. Группировка потребителей по зонам обслуживания, прежде всего, осуществляется по территориальному признаку (максимальное расстояние и время доставки).

В Забайкальском крае для исследования возможности применения кросс-докинга были выбраны клиенты, находящиеся в таких населенных пунктах как Забайкальск, Краснокаменск, Чернышевск, Могоча, Борзя, Агинское, Чита, Хилок, а также города Улан-Удэ, Байкальск, Иркутск.

На первом этапе необходимо определить населенный пункт, в котором будет находиться площадка для перегруза. Для решения данной задачи применен эвристический метод Ардолана (табл.1-3), (впервые метод был описан Алирезой Ардаланом в 1984 году, метод позволяет ограничить доступный набор решений в некоторой сложной предметной области и если не применять этот метод, то при наличии большого числа альтернативных мест размещения нам придется решать практически бесконечное количество частных задач).

Таблица 1

Кратчайшее расстояние между населенными пунктами

Пункты	**Кратчайшие расстояния, км.**											**Количество клиентов**	**Относит. важность**
	Забайкальск	**Краснокаменск**	**Чернышевск**	**Могоча**	**Борзя**	**Агинское**	**Чита**	**Хилок**	**Улан-Удэ**	**Байкальск**	**Иркутск**		
Забайкальск	0	132	446	731	110	331	492	814	1073	1378	1527	30	1
Краснокаменск	132	0	516	801	181	393	552	865	1208	1507	1652	5	1
Чернышевск	446	516	0	291	336	285	299	621	964	1263	1407	5	1
Могоча	731	801	291	0	621	570	585	906	1249	1547	1692	10	1
Борзя	110	181	336	621	0	331	372	685	1029	1327	1472	15	1
Агинское	331	393	285	570	214	0	159	472	816	1114	1259	5	1
Чита	492	552	299	585	372	159	0	313	656	954	1100	20	1
Хилок	814	865	621	906	685	472	313	0	349	647	792	5	1
Улан-Удэ	1073	1208	969	1249	1029	816	656	349	0	309	454	10	1
Байкальск	1378	1507	1263	1547	1327	1114	954	647	309	0	149	5	1
Иркутск	1527	1652	1407	1692	1472	1259	1100	792	454	149	0	25	1

Относительная важность расположения кросс-докинга – это комплексный показатель, определяющийся экспертным путем. В данном случае он должен учитывать платежную способность предприятий-клиентов, состояние автодорог в городе и окрестностях, распределение клиентов по уровню спроса на кросс-докинг и т. д. Ниже представлена матрица $A=(a_{ij})$ размера 11x11, где элемент a_{ij} равен произведению числа из клетки (i,j) на соответствующие числа в i-й строке из двух последних столбцов.

Определим сумму чисел в каждом столбце полученной матрицы и найдем среди них минимум. Этот минимум соответствует выделенному столбцу, поэтому перегрузочную площадку следует расположить в г.Чита.

Таблица 2

Матрица А

Забайкальск	0	3960	13380	21930	3300	9930	14760	24420	32190	41340	45810
Краснокаменск	660	0	2580	4005	905	1965	2760	4325	6040	7535	8260
Чернышевск	2230	2580	0	1455	1680	1425	1495	3105	4820	6315	7035
Могоча	7310	8010	2910	0	6210	5700	5850	9060	12490	15470	16920
Борзя	1650	2715	5040	9315	0	4965	5580	10275	15435	19905	22080
Агинское	1655	1965	1425	2850	1070	0	795	2360	4080	5570	6295
Чита	9840	11040	5980	11700	7440	3180	0	6260	13120	19080	22000
Хилок	4070	4325	3105	4530	3425	2360	1565	0	1745	3235	3960
Улан-Удэ	10730	12080	9690	12490	10290	8160	6560	3490	0	3090	4540
Байкальск	6890	7535	6315	7735	6635	5570	4770	3235	1545	0	745
Иркутск	38175	41300	35175	42300	36800	31475	27500	19800	11350	3725	0
всего	89930	102594	90969	125674	83579	79063	74848	87394	104243	128779	142167

В каждой строке числа, превосходящие соответствующее число выделенного столбца (именно в этом столбце была наименьшая сумма чисел), заменим на это число. Получим преобразованную матрицу.

Таблица 3

Преобразованная матрица А

Забайкальск	0	3960	13380	14760	3300	9930	14760	14760	14760	14760	14760
Краснокаменск	660	0	2580	2760	905	1965	2760	2760	2760	2760	2760
Чернышевск	1495	1495	0	1455	1495	1425	1495	1495	1495	1495	1495
Могоча	5850	5850	2910	0	5850	5700	5850	5850	5850	5850	5850
Борзя	1650	2715	5040	5580	0	4965	5580	5580	5580	5580	5580
Агинское	795	795	795	795	795	0	795	795	795	795	795
Чита	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Хилок	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565	1565
Улан-Удэ	6560	6560	6560	6560	6560	6560	6560	3490	0	3090	4522
Байкальск	4770	4770	4770	4770	4770	4770	4770	3235	1545	0	745
Иркутск	27500	27500	27500	27500	27500	27500	27500	19800	11350	3725	0
	54058	58423	68313	68958	55953	67593	74848	60394	47128	42833	41285

Объем разовой отгрузки традиционного склада практически всегда будет больше, чем у кросс-докинга (при их одинаковом товаропотоке), что потребует большего количества автотранспорта или же увеличения его грузоподъемности. Больший размер автопарка приводит к повышению капитальных затрат на приобретение ТС. Однако высокая частота отгрузок при кросс-докинге подразумевает более интенсивное использование автотранспорта (повышенный износ и расход бензина), что в свою очередь приводит к росту эксплуатационных затрат (табл. 4-6).

Таблица 4

Расчет количества погрузочно-разгрузочных операций

Пункт	Количество пакетов	Погрузили в машины в Забайкальске	Машины	Пришло пакетов в Читу	Погрузили пакеты в Чите	Машины	Пришло пакетов в Иркутск	Погрузили пакеты в Иркутске	Машины
Забайкальск	180	180	10 по 20	-	-		-	-	
Краснокаменск	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Чернышевск	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Могоча	60	60	2 по 33	-	-		-	-	
Борзя	90	90	3 по 33	-	-		-	-	
Агинское	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Чита	120	147	4 по 33, 1 по 20	120	120	7 по 20	-	-	
Хилок	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Улан-Удэ	60	60	2 по 33	-	-	-	-	-	
Байкальск	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Иркутск	150	132	4 по 33	18	27	1 по 33	150	150	8 по 20

Таблица 5

Расчет количества погрузочно-разгрузочных операций с применением кросс-докинга

Пункт	Количество пакетов	Погрузили в машины в Забайкальске	Машины	Пришло пакетов в Читу	Погрузили пакеты в Чите	Машины	Пришло пакетов в Иркутск	Погрузили пакеты в Иркутске	Машины
Забайкальск	90	90	5 по 20	-	-		-	-	
Краснокаменск	15	15	1 по20	-	-		-	-	
Чернышевск	15	15	1 по 20	-	-		-	-	
Могоча	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Борзя	45	45	1 по 33, 1 по 20	-	-		-	-	
Агинское	15			-	-		-	-	
Чита	60	126	4 по 33	60	60	3 по 20	-	-	
Хилок	15			15	15	1 по 20	-	-	
Улан-Удэ	30	30	1 по 33	-	-		-	-	
Байкальск	15			15			-	-	
Иркутск	75	75	2 по 33	9	27	1 по 33	75	-	4 по 20

Таблица 6

Пример расчета стоимости обработки различных видов поставки (за 5 дней)

Затраты	**Стеллажное хранение**	**Кросс-докинг**
Приемка товара в распределительный центр в Забайкальске	74550	106920
Погрузочно-разгрузочные работы	962500	1144000
Стеллажное хранение	17040	0
Перемещение заказов зону ожидания отгрузки.	27511	0
Приемка товара на склад в Чите	25725	9538
Стеллажное хранение	5880	0
Перемещение заказов зону ожидания отгрузки.	9493	0
Приемка товара на склад в Иркутске	26250	6275
Стеллажное хранение	6000	0
Перемещение заказов зону ожидания отгрузки.	9687	0
Сумма затрат	1164636	1266733

Таким образом, несмотря на отсутствие затрат на устройство зоны хранения при кросс-докинге, возникает ситуация, когда его использование нецелесообразно. Например - при увеличении числа обслуживаемых клиентов, так как возможен недогруз исходящего автотранспорта. В это же время традиционный склад позволяет равномерно распределить отгружаемый объем товара по адресам поставок.

В результате, в Забайкальском крае нет целесообразности на данный момент времени применять кросс-докинг, так как товар очень плохо поддается прогнозированию и большие расстояния между населенными пунктами.

Список литературы

1. Просветов Г. И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практическое пособие. 2-е изд., доп. М.: Альфа-Пресс, 2008.

2. Волгин В.В. Склад: логистика, управление, анализ / учебное пособие; 9-е изд., перераб. и доп. М.: Дашков и К, 2008.

3. Толмачев О. В. Логистика товародвижения. Учебное электронное текстовое издание, 2013.

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

О.В. Кутузова
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СБОРНЫХ ПОЕЗДОВ НА ПОЛИГОНЕ ПЕТРОВСКИЙ ЗАВОД–КАРЫМСКАЯ

Проведен подробный анализ причин и точек риска при организации развоза местного груза сборными поездами на полигоне Петровский Завод–Карымская. На основе проведенного анализа обоснована необходимость разработки и внедрения интеллектуальной технологии развоза местного груза, учитывающей особенности местной работы на каждом участке и интегрированной в технологический процесс управления эксплуатационной работой на Восточном полигоне.

Ключевые слова: *график движения поездов, местная работа, развоз местного груза, грузопотоки, поездоучастки, полигонные технологии*

Местная работа дороги представляет собой погрузку, выгрузку вагонов; развоз местного груза по станциям дороги; внутридорожную передачу местных вагонов; обеспечение станций погрузки порожними вагонами, включая подготовку подвижного состава под погрузку; обеспечение своевременного отправления местных вагонов после завершения грузовых операций.

Развоз и передача местного груза преимущественно осуществляется сборными и участковыми поездами в соответствии с планом формирования и твердым ниткам графика движения. При этом соблюдение графика отправления сборных поездов со станций формирования является одним из основных показателей графиковой дисциплины.

Развоз местного груза за 10 мес. 2017 г. при плане 910 вагонов составил 755 вагонов или 83 %. В первой половине суток при задании 60 % развозилось 48 % от суточного образования выгрузки.

Одной из приоритетных задач организации движения поездов на полигоне железной дороги является разработка наиболее эффективной системы организации местных вагонопотоков. Реальная

эксплуатационная обстановка нередко существенно отличается от нормативных условий, разрабатываемых на длительный период плана формирования и графика движения поездов, технологических процессов работы станций. Иногда местные вагоны поступают на станции выгрузки несвоевременно, вследствие чего грузовые фронты простаивают в ожидании вагонов или вагоны – в ожидании подачи и т.д. В современных условиях изменения технологии эксплуатационной работы на Забайкальской железной дороге, применения полигонных технологий особенно остро встает вопрос обеспечения развоза местного груза.

Выполнение графика движения сборных поездов по ГИД УРАЛ ВНИИЖТ составил: по отправлению – 91 %, по проследованию – 47,8 %. После перевода диспетчерского центра управления перевозками в г. Иркутск процент проследования сборных поездов за июль и август, сентябрь, октябрь месяц уменьшился на 22 %.

В рамках научно – исследовательской работы проведен анализ выполнения графика сборных поездов по отправлению на участках Петровский Завод–Чита и Чита–Карымская (см. рис. 1,2).

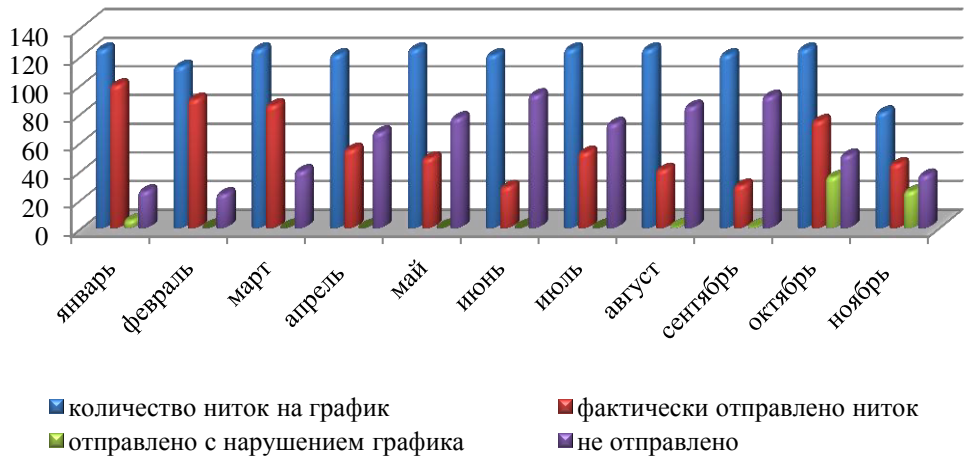


Рис. 1. Выполнение графика сборных поездов по отправлению на участке Петровский Завод–Чита

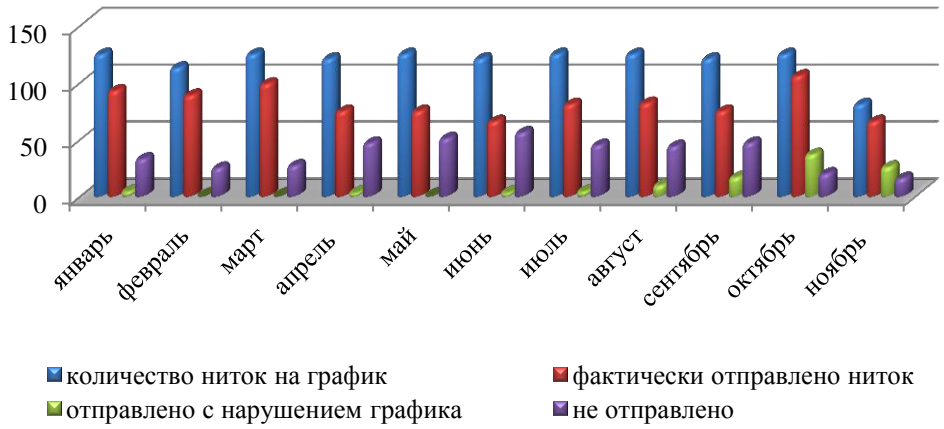


Рис. 2. Выполнение графика сборных поездов по отправлению на участке Чита – Карымская

Перенос времени отправления сборных и вывозных поездов, а так же их отмена осуществляется только по регистрируемому приказу диспетчера по управлению перевозками района управления.

В рамках научно – исследовательской работы проведен анализ причин отмены сборных поездов (см. рис. 3,4).

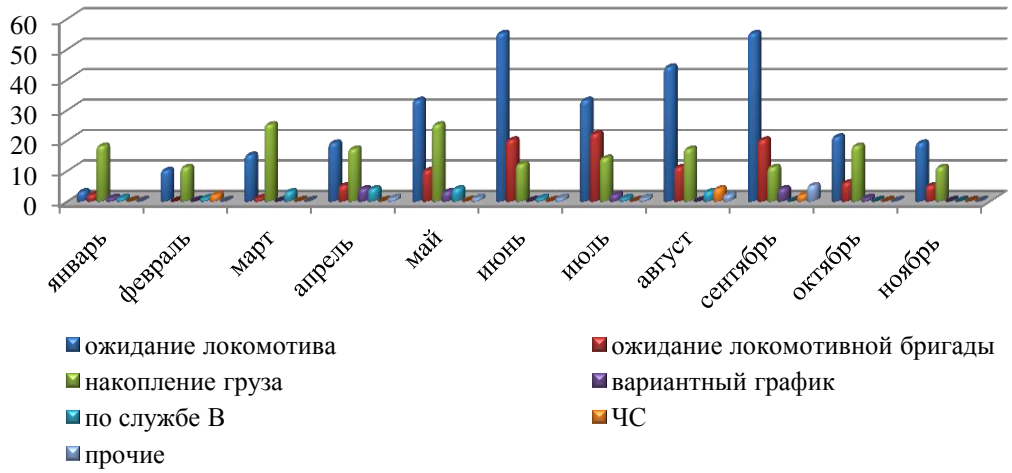


Рис. 3. Анализ причин отмены сборных поездов по отправлению на участке Петровский Завод – Чита

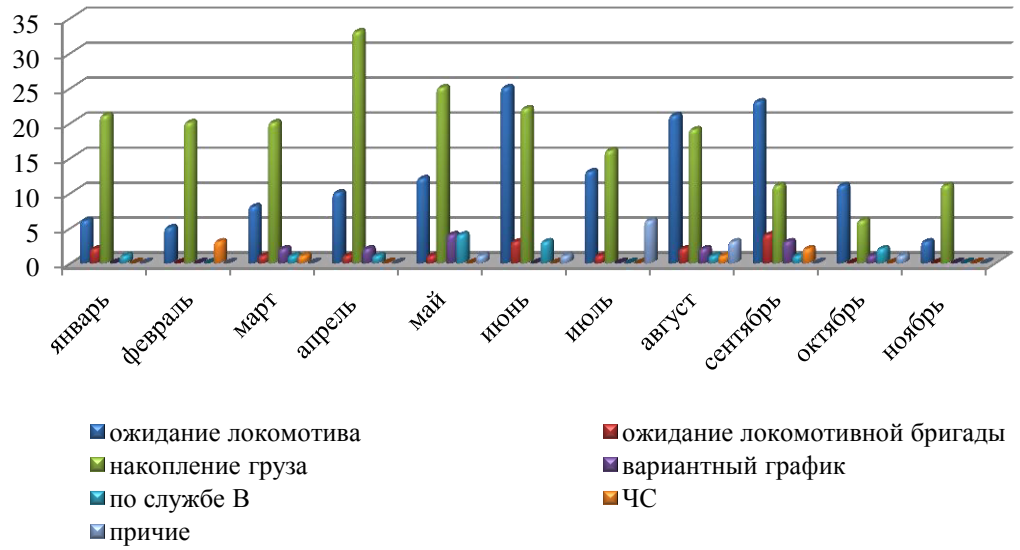


Рис. 4. Анализ причин отмены сборных поездов по отправлению на участке Чита – Карымская

На основании анализа причин отмены сборных поездов на участках Петровский Завод – Чита и Чита – Карымская разработана причинно-следственная диаграмма (см. рис.6).

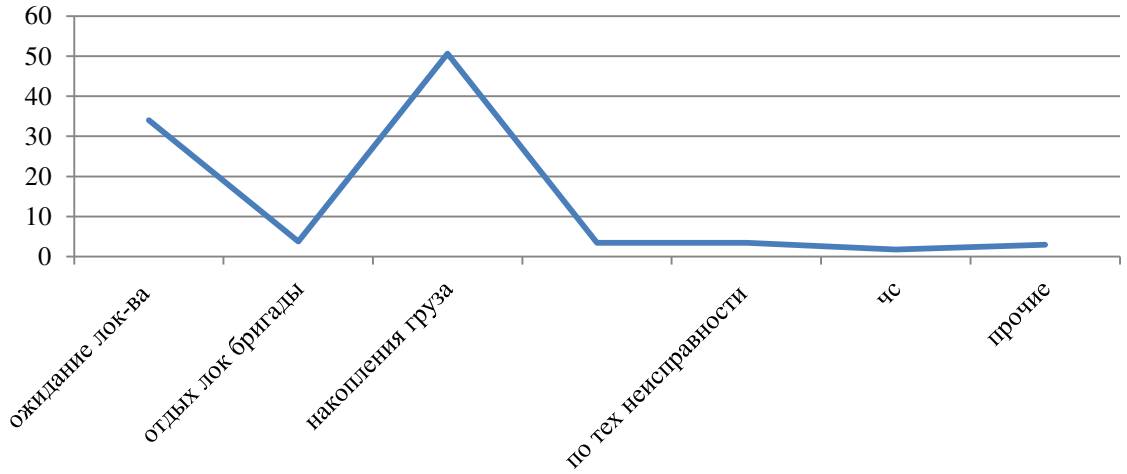


Рис. 5. График распределения причин отмены сборных поездов на участках Петровский Завод – Чита и Чита – Карымская

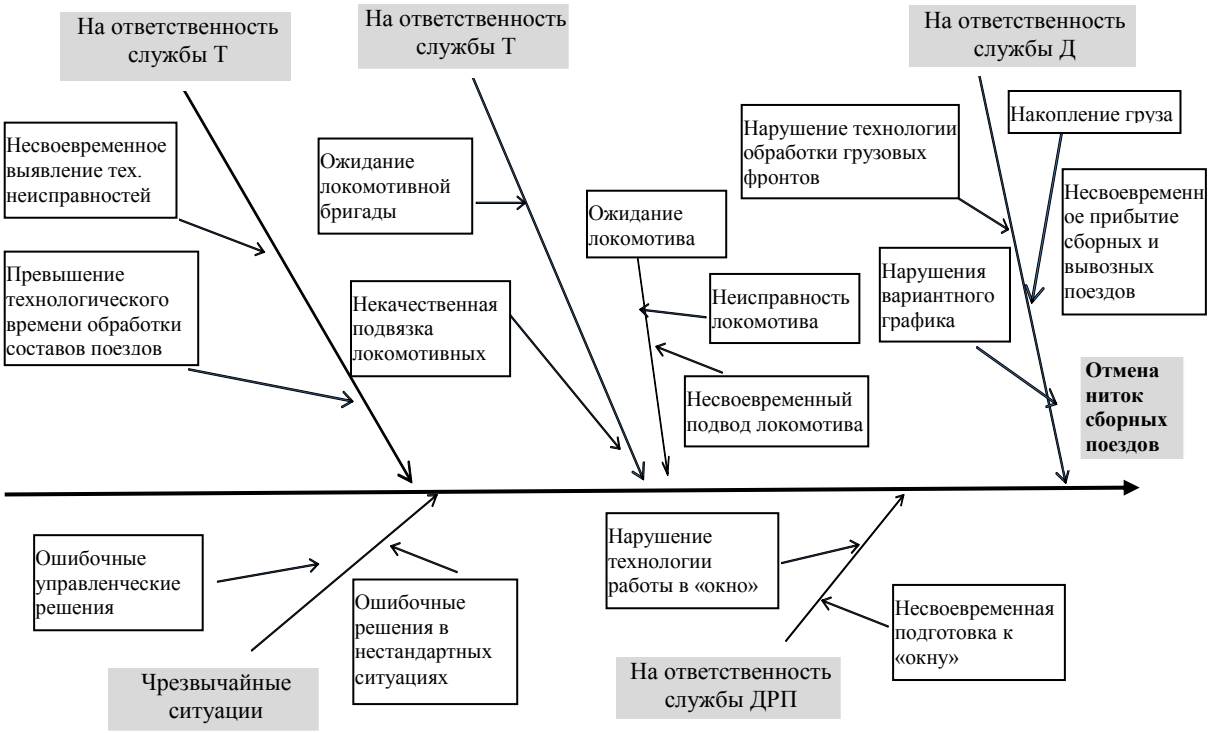


Рис. 6. Причинно-следственная диаграмма отмены сборных поездов на участках Петровский Завод – Чита и Чита – Карымская

Проведенный анализ позволил сформулировать следующие положения:

- в современных условиях увеличения объемов эксплуатационной работы и применения полигонных технологий существующая технология развоза местного груза по средством сборно – вывозного движения требует оптимизации;

- отмены ниток сборных поездов приводят к нарушению технологии местной работы, увеличению простоя вагонов на станциях, нарушению срока доставки груза, увеличению финансовых рисков;

- в настоящее время, рыночные условия требуют сокращения сроков доставки грузов, их сохранность при наименьших финансовых затратах.

Разработка интеллектуальной технологии развоза местного груза, учитывающей местные технические и технологические особенности работы каждого участка позволит снизить финансовые издержки, связанные с увеличением простоя вагонов на станциях, снижением производительности вагона, задержкой груза в пути следования.

Экономический эффект сокращения претензионных требований за нарушения сроков доставки грузов в местном сообщении по предварительным расчетам составил 4 626 733,92 рублей.

Список литературы

1. Кондратьева Л. А. Системы регулирования движения на железнодорожном транспорте: Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. 322 с.
2. Клименко Е. Н. Обеспечение грузовых перевозок на железнодорожном транспорте: учеб. пособие. М.: ФГБУ ДПО «УМЦ по образованию на ж.д. транспорте», 2017. 125 с.
3. Технологический процесс управления местной работой на Забайкальской железной дороге. 2016 г. 133 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.

М.И. Коновалова, Г.А. Журавлева
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ГРУЗОВ

Приведен результат исследований объемов и динамики перевозок внешнеторговых грузов через станцию Забайкальск. Проведен анализ барьерных мест в технологии обработки экспортно-импортных грузов, который выявил задержки вагонов с экспортным грузом, связанные с документооборотом. Разработана технология электронного документооборота «Система предварительно оповещения».

Ключевые слова: *лесные грузы, Россельхознадзор, фитосанитарный сертификат*

Проведенные исследования структуры и динамики внешнеторговых грузопотоков через станцию Забайкальск за 2016 г. показали

выполнение объемов перевозок экспортного груза в количестве 12 438 тыс. тонн. В список основных перевозимых грузов вошли: лесные грузы, руда и минеральные удобрения, что отражено на рисунке 1. Фактическая перевозка лесных грузов составила 8356,9 тыс. тонн, что превысило плановый показатель на 956,9 тыс. тонн. Экспорт минеральных удобрений составил 1010 тыс. тонн; руды – 2894 тыс. тонн.

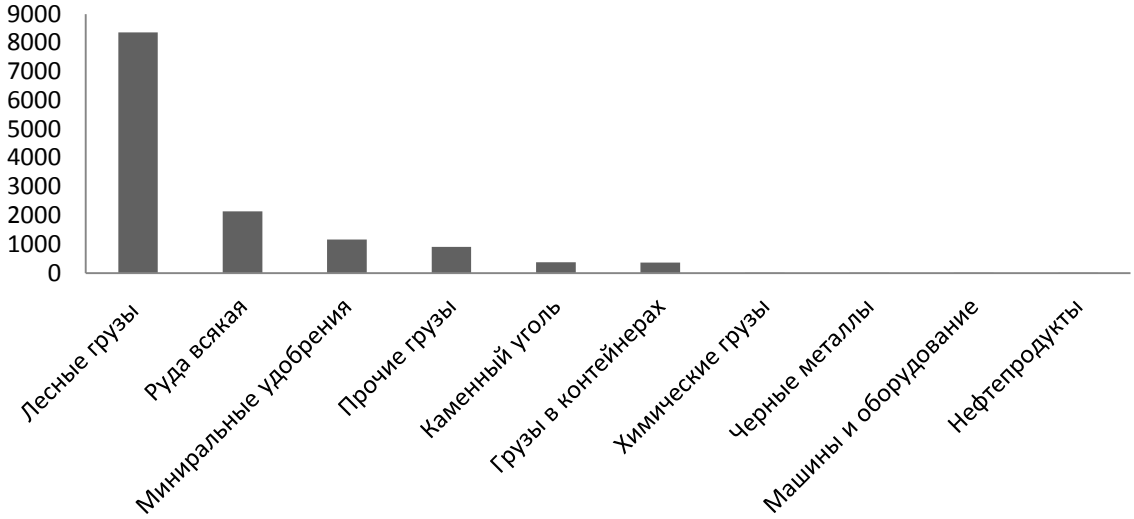


Рис. 1. Структура экспортного грузопотока

Если проследит динамику основных экспортных грузов, представленную на рис. 2, проходящих через станцию Забайкальск в период с 2007 по 2016 гг., то можно заметить тенденцию роста экспорта лесных грузов и минеральных удобрений, после резкого падения 2015 г, основной причиной которого, по мнению российских и китайских аналитиков, стала девальвация и неустойчивый обменный курс российской валюты. В условиях повышенных валютных рисков китайские экспортеры стали проявлять осторожность при заключении внешнеторговых контрактов, а российские импортёры из-за снижения покупательской способности потребителей вынуждены были ограничивать импорт продукции широкого потребления.

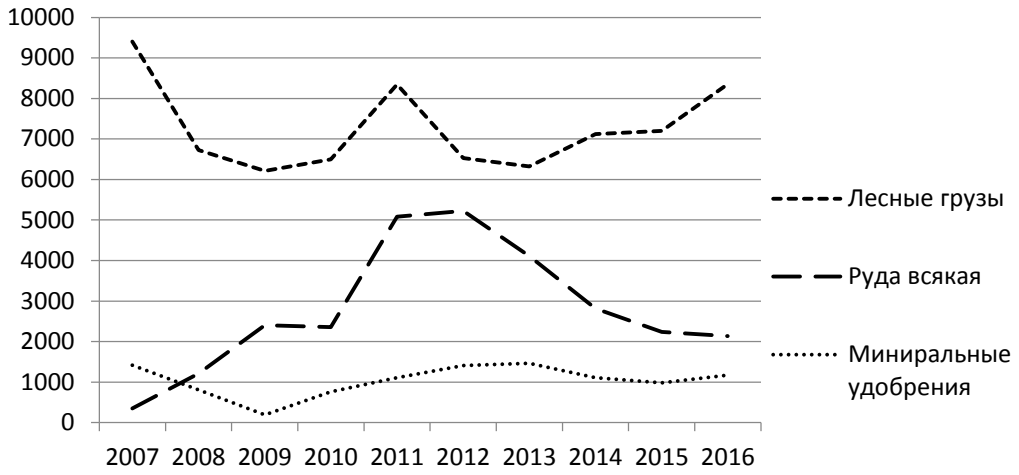


Рис. 2. Динамика экспортного грузооборота

На сегодняшний день, внешнеторговое сотрудничество России с Китаем увеличивается. За первый квартал 2017 г. грузооборот при вывозе из Российской Федерации через пункт пропуска ЖДПП Забайкальск составил 3,3 млн. т, что на 25 % больше, чем за аналогичный период прошлого года. Анализ показывает, что наибольшее значение в структуре экспортных грузопотоков занимает экспорт лесных грузов. И динамика объема данного груза имеет тенденцию к увеличению.

В тоже время, анализ барьерных мест в технологии обработки экспортно-импортных грузов позволил выявить наиболее значимые. Наблюдаются задержки экспортных вагонов на станции, и в 74 % случаев происходит это по причине истекшего срока действия фитосанитарного сертификата. При перевозке лесных грузов требуется оформление дополнительных товаросопроводительных документов, в перечень которых входит фитосанитарный сертификат (ФСС).

Для выявления причин задержки экспортных поездов на станции Забайкальск был проанализирован месяц с наибольшим количеством задержанных вагонов (октябрь 2016 г). Результаты анализа отражены на рис. 3.

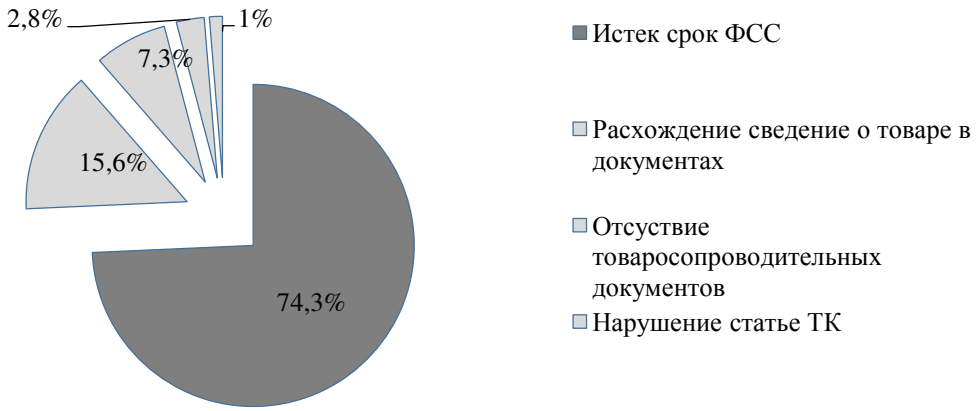


Рис. 3. Диаграмма причин задержек вагонов

Средний простой экспортного вагона за рассматриваемый период по причине «Истек срок фитосанитарного сертификата» составил 47,7 часа. По причине «Расхождение сведение о товаре в документах» – 101,6 ч; «Отсутствие товаросопроводительных документов» – 36 ч; «Нарушение статей ТК» – 144 ч.

Фитосанитарный сертификат является документом международного стандарта, который подтверждает фитосанитарное состояние продукции и должен присутствовать вместе с сопровождающей транспортной документацией при экспорте подкарантинных грузов. Выдачей сертификатов занимается Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (РСХН).

На данный момент большие простои вагонов с лесными грузами на станции Забайкальск связаны с просрочкой фитосанитарных сертификатов, поэтому актуальной становится задача автоматизации процесса оформления и переоформления товаросопроводительных документов.

На сети железных дорог расширяется практика электронного оформления перевозочных документов. Грузовладельцам она значительно облегчает получение услуги, сокращает связанные с этим издержки, ведь безбумажный документооборот позволяет оформить и подписать практически любые документы на перевозку, не выходя из офиса.

Внедрение данных технологий выгодно и ОАО «РЖД», поскольку конкурентоспособность железнодорожного транспорта становится выше. На ряде дорог уже более 70 % документов по грузоперевозкам оформляется дистанционно.

В этой связи, особую актуальность имеет разработка совместной информационной системы ОАО «РЖД» и Россельхознадзора,

призванной упростить прохождение товаров через границу за счёт обмена данными о грузах и транспортных средствах через систему электронного документооборота.

Для этого целесообразным будет разработка технологических и технических документов, а также программного обеспечения электронного документооборота.

Для упрощения операции переоформления ФСС и избежание простоя по причине «Истек срок ФСС», предлагаются следующие улучшения.

По электронной почте клиент будет получать письмо, уведомляющее о сроке истечения ФСС. Так же к данному письму будет прилагаться ссылка, которая будет содержать электронную форму заявления на переоформление ФСС. Заполнив данную форму, клиент отправляет ее для дальнейшей обработки в Россельхознадзор. Таким образом, клиент, не выходя из дома, имеет возможность падать заявку на переоформлении ФСС. Для подключения этой операция грузоотправителю необходимо оставить адрес своей электронной почты в ЛАФТО, при подаче заявки на перевозку грузов.

Данная система оповещения грузоотправителя о исходящем сроке действия ФСС будет называться «Система предварительно оповещения» (СПО). Система предварительного оповещения (СПО) предназначена для своевременного информирования грузоотправителя о истечении срока действия фитосанитарного сертификата на оправленную им подкарантийную продукцию.

Работу системы обеспечит Web-приложение, которое будет делать запросы в базы данных (БД) ЭТРАН и Аргус-Фито. Схема взаимодействия представлена на рис. 4.

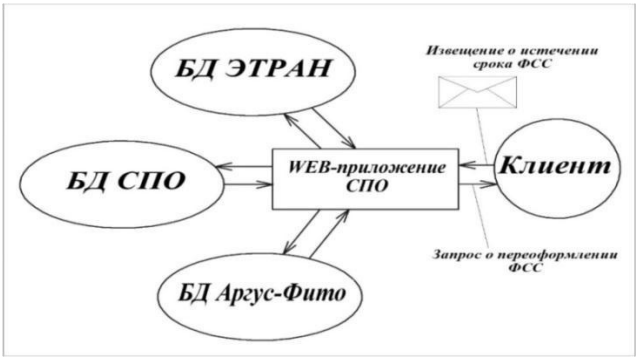


Рис. 4. Схема взаимодействия Web-приложения

Приложение будет сравнивать срок действия фитосанитарного сертификата (данные из БД Аргус-Фито), с предполагаемым сроком

доставки (данные из БД ЭТРАН) (см. рис. 5).

Документ	Номер ФСС	Дней до прибытия	Дней до истечения ФСС	
Документ 5	125	3	5	✓
Документ 7	127	3	2	✗

Следующий шаг

Рис. 5. Запросы в базы данных и сравнение срока доставки и срока действия ФСС

Если срок доставки больше срока действия ФСС, грузоотправитель будет извещен о истечении срока действия ФСС. Оповещение будет происходит путем отправления через почтовый сервер информационного письма следующего содержания:

«Уважаемый клиент, в связи с истечением срока действия фитосанитарного сертификата по вашей отправке №... Вам необходимо обратиться в региональное представительство Россельхознадзора для повторного оформления данного документа. Также Вы можете оформить заявку онлайн, для этого перейдите по ссылке в данном письме.

С уважением, ОАО "РЖД".

Ссылка»

В прилагаемой к письму ссылке хранится URL на электронную форму заявления на переоформление ФСС, рисунок 6. Данное оповещение будет отправляться грузоотправителю за три дня до окончания срока действия ФСС.

Заявление на переоформление фитосанитарного сертификата

Фамилия

Имя

Отчество

Номер отправки

Сбросить

Отправить

Следующий шаг

Рис. 6. Пример заявки на переоформление ФСС

Внедрение данной системы позволит исключить простой вагона на

станции передачи по причине истечения срока ФСС. Переоформленный сертификат, будет заранее присылаться на станцию и после прибытия поезда прикладываться к перевозочным документам.

Одно из возможных улучшений системы ПО это автоматическое продление ФСС. Клиент будет заранее по установленной форме заполнять заявку на переоформление сертификата, система ПО будет отслеживать состояние сертификата, и при необходимости отправлять ее в систему Аргус-Фито. После получения электронного заявления на переоформление сертификата, сотрудник РСХН формирует «новый» сертификат в системе Аргус-Фито и отправляет его в приложение «СПО», которое автоматически заменит сертификат с истекшим сроком действия в БД ЭТРАН.

Внедрение фитосанитарной сертификации в электронном виде позволит не только решить проблему с вынужденными простоями вагонов, но и полностью автоматизировать процесс работы с документами.

Электронные ФСС являются электронными эквивалентами бумажных сертификатов. Передача их из НОКЗР экспортирующей страны в НОКЗР импортирующей страны должна осуществляться аутентичными и защищенными электронными средствами.

Стоит заметить, что выдача электронных ФСС не является обработкой текста или другим электронным способом создания документов в бумажной форме, распространяемых затем неэлектронным путем. Такой сертификат не является также и электронной версией бумажного сертификата (направляемого, например, по электронной почте).

Таким образом, фитосанитарная сертификация в электроном виде позволит:

- проверять подлинность сертификатов в режиме реального времени;
- увеличить обоснованность и объективность сертификации;
- обеспечить использование единой централизованной информационной системы;
- радикально уменьшить себестоимость фитосертификации;
- обеспечить возможность контроля легального производства и оборота и их защиту от легализации и введения в оборот контрафактного (незаконно ввезенного, добытого, выловленного, произведенного) сырья и продукции;
- обеспечить на основе фитосертификации контроль продукции в ее производстве и обороте;

- обеспечить прозрачность информации в системе сертификации для всех пользователей, к которым эта информация имеет отношение.

Список литературы

1. Разработка прогнозной модели следования внешнеторговых грузов в большегрузных контейнерах через пограничный переход Забайкальск-Маньчжурия. / Коновалова М. И., Банщикова А. А. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т.2. С. 291-296.
2. Оптимизация управления техническим состоянием инфраструктуры Забайкальской железной дороги с использованием информационных технологий. / Коновалова М. И., Верхотуров С. А. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2013. Т.1. С. 392-396.
3. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. Екатеринбург: ИД «Урал Юр Издат», 2012. 60 с. ISBN 978-5-9682-0490-5.
4. Федеральный закон «О таможенном регулировании» от 27.11.2010 №311-ФЗ
5. Приказ Минсельхоза России N 160 (ред. от 26.03.2013) «Об утверждении Правил проведения карантинных фитосанитарных обследований» от 22.04.2009
6. Распоряжение ОАО «РЖД» «Об утверждении типового регламента взаимодействия между структурными подразделениями ОАО «РЖД» при оформлении перевозочных и иных документов в АС ЭТРАН с применением электронной подписи» от 3.06.2013 №1236р
7. Протокол российско-китайской смешанной пограничной железнодорожной комиссии, 2013.
8. Технологический процесс работы станции Забайкальск, 2013.

И.И. Лежнев, В.В. Поляков
Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

В статье рассмотрены вагонные замедлители точечного типа, проанализирована их эффективность при работе на сортировочной горке. В статье были отмечены их преимущества и недостатки, а также был проведен сравнительный анализ с вагонными замедлителями клещевидного типа.

Ключевые слова: *сортировочная горка, вагонные замедлители, торможение*

Одна из проблем на сортировочных горках являются «недотормозы», которые приводят к загрязнению колесных пар путём попадания на них загрязняющих веществ, такие как буксовая смазка, дождевая вода, снег и. т. п.

Еще одна проблема заключается в том, что эксплуатируемые замедлители устарели и давно отработали свой срок, вследствие этого, нуждаются в замене.

Рассмотрим замедлители, которые установлены на горках в настоящее время: замедлители типа КВ-2 и КВ-3 (рис.1) практически выработали свой ресурс, морально устарели и более не выпускаются промышленностью. Замедлители большой мощности нажимного типа Т-50 и КНП, количество которых на горках составляет около 570 устройств, также практически исчерпали свой ресурс, либо требуют капитального ремонта. Парковые замедлители типа РНЗ-2 (2275 шт.) из-за конструктивных недостатков в настоящее время заменяются на РНЗ-2М или однорельсовый вариант ПНЗ-1.

Большинство из эксплуатируемых замедлителей было разработано несколько десятилетий назад и к настоящему времени морально устарело. Кроме того, они отличаются повышенным энергопотреблением и трудоемкостью обслуживания. К примеру, на одно торможение у замедлителей типа КВ-3, КНП-5 и Т-50, разработанных в середине прошлого столетия, расходуется соответственно 1,7; 1,5 и 1,0 м3 нормального воздуха, а в целом по сети российских дорог на обеспечение их работы затрачивается около 100

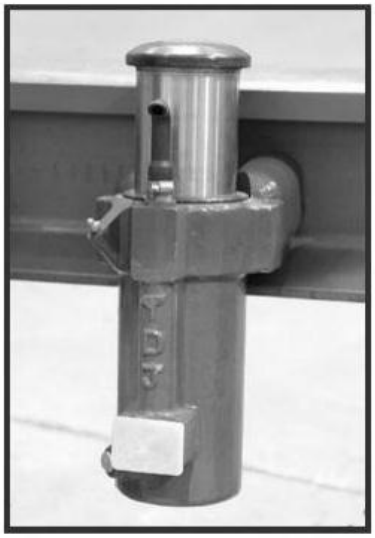
млн. м3 нормального воздуха, стоимость производства которого исчисляется десятками миллионов рублей.

Эксплуатационные и конструктивные недостатки замедлителей старых типов (в том числе сложность и громоздкость, чрезмерная удельная материалоемкость, большая инерционность и нестабильность тормозных характеристик) сделали их практически неконкурентоспособными с зарубежными аналогами, весьма усложнили работу, увеличили опасность повреждения вагонов и перевозимых грузов в процессе расформирования составов.

Рис. 1. Вагонный замедлитель кв-3

Теперь рассмотрим вагонные замедлители точечного типа: замедлители TDJ-402 (см. рис. 2) не потребляют внешней энергии, им не требуется традиционная система ручного или автоматизированного управления, так как они работают в режиме «самонастройки». Замедлители настраиваются на определенную скорость, например для груженого вагона не свыше 5 км/ч, порожнего вагона не свыше 8 км/ч. Они тормозят все вагоны, имеющие более высокую скорость, свободно пропуская те, которые движутся со скоростью менее допустимой. При срабатывании замедлители воздействуют на колесо вагона с усилием 1,6 тс. В результате выборочного торможения происходит выравнивание скоростей движения хороших и плохих «бегунов» и равномерное и безопасное заполнение парковых путей.

Диапазон регулирования скоростей	4,8 – 14,4 км/ч
Работа торможения	1450 Дж
Работа холостого хода	< 50 Дж
Угол установки	13°
Максимальная рабочая скорость	25 км/ч
Уровень установки	61 мм
Максимальный рабочий ход	100 мм
Вес	18 кг
Диапазон рабочих температур	от -50 до +50 °С
Рабочее напряжение	40 В
Потребляемая мощность	6 Ватт
Время непрерывной работы	25 мин



Точечный замедлитель TDJ108U

Рис. 2. Точечный замедлитель TDJ108U

Все замедлители настраиваются на скорости в диапазоне 5–15 км/ч, т. е. во время роспуска вагонов входная скорость на первую группу замедлителей должна быть не более 15 км/ч. Торможение осуществляется за счет воздействия усилия поршня на набегающую часть колеса. Замедлители крепятся двумя болтами к шейкам рельсов. Число эксплуатируемых на парковых путях домкратовидных замедлителей TDJ зависит от профиля и длины путей и определяется расчетом.

При уклонах и противоуклонах на сортировочных путях может устанавливаться еще один тип замедлителя- ускорителя в соответствии с проектом. Принцип действия стоп-замедлителя TDJ-101 иной. При наезде колеса вагона на скользящий цилиндр стоп-замедлителя он опускается вниз, чем создает давление азота и масла. Когда давление масла превышает давление открытия напорного клапана, последний открывается, и масло перетекает во внутреннюю полость блока поршня. Благодаря этому создается относительно большая тормозная сила, в результате скорость движения колеса вагона замедляется до полной его остановки.

Основные характеристики 801U

Диапазон регулирования скоростей	4,8 – 14,4 км/ч
Работа торможения	1450 Дж
Работа холостого хода	< 50 Дж
Угол установки	13°
Максимальная рабочая скорость	25 км/ч
Уровень установки	61 мм
Максимальный рабочий ход	100 мм
Вес	18 кг
Диапазон рабочих температур	от -50 до +50 °C

Точечный замедлитель TDJ801U

Рис. 3. Точечный замедлитель TDJ801U

К достоинствам точечных замедлителей можно отнести :

– полностью ликвидирует возможность повреждения вагонов и перевозимых грузов в процессе роспуска за счет обеспечения движения вагонов по сортировочному пути с допустимой скоростью соударения – 5 км/ч;

– ликвидирует возможность образования разрывов между вагонами по длине сортировочных путей (т. н. "окон"), что исключает необходимость проведения маневровых операций по соединению отцепов, однако сохраняется необходимость осаживания первого отцепа для обеспечения полной вместимости сортировочных путей;

– не требует контроля горочным оператором за ходом продвижения вагонов вдоль сортировочного парка, тем самым снижается психологическая нагрузка горочных операторов;

– обеспечивается стабильность торможения вагонов, не зависящие от состояния колесных пар вагонов (загрязнение мазутом, наличие краски на боковинах и др.)

Но так же эти замедлители имеют ряд недостатков:

– снижение темпа и суточных объемов переработки вагонов по сравнению с использованием классических принципов интервально – прицельного торможения с использованием только нажимных вагонных замедлителей;

– необходимость установки новых замедлителей на спускной части горки и в начале сортировочных путей, создание компрессорной и пневмосети, что связано со значительными капиталовложениями;

– необходимость обеспечения ускоряющего уклона не менее 1,5 0/00 по всей длине сортировочного парка, который на существующих горках, как правило, отсутствует;

– невозможность производства механизированной очистки путей от снега с помощью существующей снегоуборочной техники;

Переедем к обоснованию того что необходимо оборудовать горку точечными замедлителями а не клещевидными.

Во-первых, главную роль играет цена. Например, стоимость нового клещевого замедлителя КЗ-5ПК составляет 4752 тыс. руб. или КЗ-3ПК 3247 тыс. руб. В эту стоимость не входит воздухосборник, а значит в комплекте будет еще дороже. И если учесть то ,что необходимо будет переоборудовать на горке от 3 до 5 замедлителей, то цена будет варьироваться от 7 до 15 млн. рублей.

Другое дело точечные замедлители. Хотя они тоже требуют значительных капиталовложений, но по сравнению с заменой клещевидных замедлителей все равно будет дешевле, их стоимость будет составлять около 6 млн. рублей.

Во-вторых, точечные замедлители доказали свою надежность: среднее количество срабатываний одного точечного замедлителя составляет: в месяц - 19 500 раз, в год - 234 000 раз. Ресурс замедлителей типа TDJ-402 рассчитан на 1,5 – 2 млн. срабатываний (срок службы 4 года), после чего требуется капитальный ремонт.

В-третьих, если клещевидный замедлитель выйдет из строя, то его необходимо заменять частично или полностью с большими затратами.

Таким образом, рассмотрев все вышеприведенные обоснования, приходим к выводу, что внедрение точечных замедлителей не только поспособствовало повышению производительности сортировочной горки, но и значительно сократило бы затраты на обслуживание устройств горочной централизации.

М.И. Мехедов, Г.М. Ромашкова,
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»
г. Чита, Россия

М.И. Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ ПОЛИГОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Приведена условная модель полигонной технологии, определены ее цели и задачи. Отражены проблемы Забайкальской железной дороги в «переходный период». Разработаны предложения для эффективного функционирования полигонной технологии на Восточном полигоне как инструмента повышения внутренней эффективности.

Ключевые слова: *процессный подход, полигонные технологии, Восточный полигон, сменный старший диспетчер, показатели эффективности*

Целью внедрения полигонных технологий в ОАО «РЖД» является объединение ключевых бизнес-блоков для усовершенствования бизнес-процессов (на основе «процессного подхода»), тем самым повышая эффективность деятельности и конкурентоспособность компании. Другими словами, это возможность получения максимальной отдачи от используемой инфраструктуры, рисунок 1.

Рис. 1. Условная модель полигонной технологии

Процессный подход разработан с целью создания «горизонтальных связей» в организациях. Он позволяет более оперативно решать возникающие вопросы и воздействовать на результат. В соответствии с процессным подходом деятельность организации рассматривается не как деятельность отдельных подразделений, а как совокупность процессов.

Полигонная модель эксплуатации и ремонта тягового подвижного состава на Восточном полигоне уже достаточно отработана и имеет определенные положительные результаты, выраженные, как в технологических, так и в экономических эффектах. Совершенствование технологии обращения локомотивов на полигоне и их ремонта системно производится на основании предложений дорог и решений стыковых совещаний.

Достижение целевого состояния полигонной технологии управления перевозочным процессом на Восточном полигоневозможно при условии решения следующих задач:

Во-первых, определение перечня полномочий и границ ответственности за функционирование перевозочного процесса для ЦУП ЦД и ЦУП ВП (по сути – определить «владельца процесса», с чего и должна начинаться работа по внедрению процессного подхода). Управленческий функционал «владельца», в данном случае «перевозочного процесса в рамках полигона», должен соответствовать задачам обеспечения качества и безопасности транспортной услуги, иначе вместо полноценного управления процессом будет осуществляться только технологическое управление. В таком случае задачи по оптимизации и стратегическому развитию будут решаться на верхних уровнях производственных вертикалей, что не всегда обеспечивает комплексный подход к повышению эффективности процесса (повышение эффективности одного элемента процесса не всегда приводит к повышению эффективности процесса в целом).

Во-вторых, из общепринятого в ОАО «РЖД» определения полигона как укрупненной части сети железных дорог, объединенной по технологическим признакам (зарождение-погашение грузопотоков, обеспечение тягового обслуживания, логистическое управление подводом к морским портам и межгосударственным стыковым пунктам и др.) следует, что в состав Восточного полигона дорог должен быть включён элемент зарождения основного грузопотока (погрузка на Кузбассе Западно-Сибирской железной дороги). Для функционирования полигонной технологии управления перевозочным процессом нет необходимости включать ту или иную железную дорогу в состав

полигона, достаточно включить в общий процесс только функциональную часть деятельности дороги по погрузке грузов в направлении работы полигона и передачи его по стыковому пункту смежных дорог.

В целях эффективного функционирования полигонной технологии управления перевозочным процессом необходимо (см. рис. 2):

1. Унифицировать требования к инфраструктурному комплексу и тяговому обеспечению на полигоне. Единые технические и технологические требования к инфраструктуре обеспечат полное использование её пропускной и провозной способности за счёт организации сквозного пропуска поездов унифицированной массы и длины.

2. Формировать программы среднесрочного и долгосрочного развития железных дорог полигона на основе единых требований к инфраструктуре (для освоения прогнозных объёмов грузоперевозок по данному «транспортному коридору»).

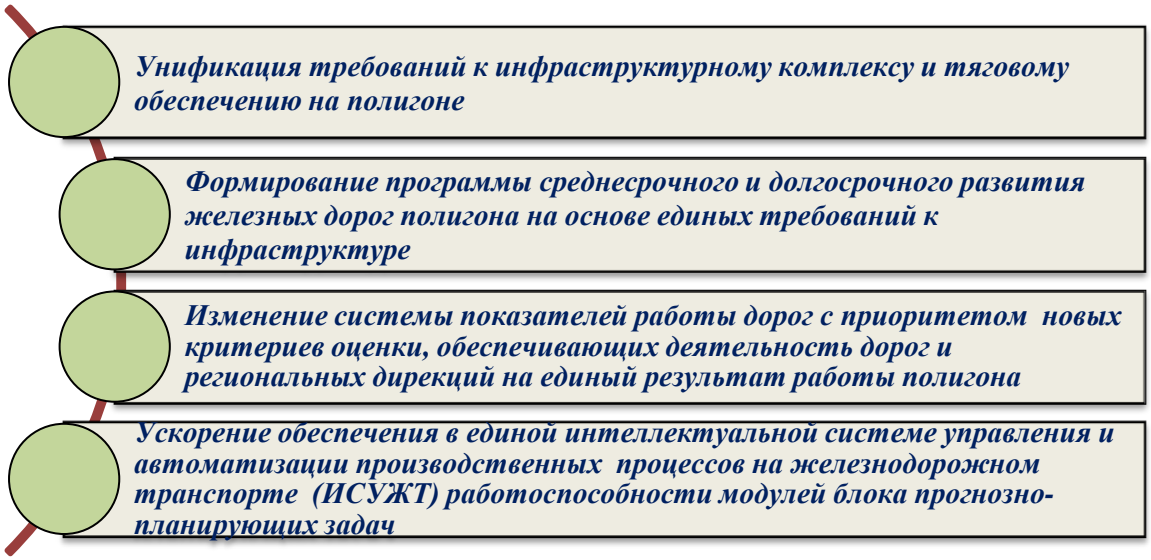


Рис. 2. Перспективы развития полигонных технологий

3. Изменить систему показателей работы дорог, отдав приоритет новым критериям оценки, обеспечивающим деятельность дорог и региональных дирекций на единый результат работы полигона: маршрутной скорости, надёжности доставки (выполнению договорных сроков), своевременности подачи порожних вагонов, безопасности перевозок.

4. Ускорить обеспечение в Единой интеллектуальной системе управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ) работоспособность модулей

блока прогнозно-планирующих задач, так как в настоящий момент, покафункционируют только информационно-аналитический блок и ранее самостоятельные модули (например, «Искра» – автоматизированная система тяговых расчетов). А прогнозно-планирующие модули находятся либо в опытной эксплуатации, либо в разработке.

Кроме того, возникают сложности в работе Забайкальской железной дороги в «переходный период» реализации полигонной технологии управления перевозочным процессом на Восточном полигоне, когда весь диспетчерский аппарат Забайкальского Центра управления перевозками передан в штат Восточно-Сибирской Дирекции управления движением. Внесение изменений в нормативные документы организации перевозочного процесса, во-первых, отстает от практических действий, во-вторых, не всегда соответствует реальной действительности.

Требует актуализации и система распределения ответственности и мотивации (с учётом степени влияния) между ЦУП ВП и РЦКУ Забайкальской железной дороги за выполнение бюджетных показателей.

Представленный на согласование временный регламент взаимодействия при планировании, организации и предоставлении «окон» основан на взаимодействии ЦУП ВП с дорожными центрами управления перевозками, которого на Забайкальской дороге уже нет. В данном документе определено, что руководителями дорожных рабочих групп по планированию «окон» являются начальники районов управления, которые также переданы в штат Восточно-Сибирской железной дороги. Нормативно-распорядительными документами регламентировано предоставление вариантных графиков на «окна» продолжительностью более 4-х часов в срок, обеспечивающий выполнение подготовительных работ (в том числе: передислокация техники, подвоз материалов и др.). Фактически, в период проведения ремонтно-путевой кампании 2017 г. вариантные графики предоставлялись менее чем за двое суток, что, безусловно, влияло на качество подготовительных работ.

К тому же, в летний период были существенными и проблемы по предоставлению утвержденных директивным планом-графиком «окон» для проведения работ по текущему содержанию пути, которые в основном предоставлялись в «створовые» дни и не рассматривались, как изначально планировалось, под прикрытием многосуточных «окон». Это, в числе остальных причин, привело к отставанию от утверждённого графика выполнения работ по планово-предупредительной выправке

пути (например: в июне из заявленных 2196 «окон» утверждено ЦУП ВП – 1275 «окон» или 58 %).

Негативное влияние на выполнение объёмов и качество ремонтных работ оказывает сокращение продолжительности предоставляемых «окон», которое закладывается уже на стадии планирования (например: при необходимой продолжительности 4 часа, предоставляется 3 ч. 40 мин. и менее).

Дорога испытывает сложности с проверкой двухсторонней автоблокировки после проведения плановых и внеплановых ремонтных работ из-за непредоставления «окон» для «обкатки».

Проявилась недостаточная оперативность в вопросе предоставления аварийных «окон», когда время до начала устранения неисправности неоправданно затягивается.

На настоящий момент пока никакими документами не регламентирована работа по заключению наряд-заказов и подписанию актов выполненных работ на предоставление «окон» между дирекцией управления движением Восточно-Сибирской железной дороги и дирекциями инфраструктуры и ремонта пути Забайкальской железной дороги.

Таким образом, для обеспечения работоспособности регламента взаимодействия ЦУП ВП и причастных дирекций железных дорог, входящих в Восточный полигон, необходима детальная его доработка при планировании, организации и предоставлении «окон».

В целях обеспечения эффективного оперативного реагирования руководства РЦКУ Забайкальской железной дороги на возникающие нестандартные ситуации в организации перевозочного процесса в границах дороги возникает целесообразность введения в штат РЦКУ сменного старшего диспетчера на «переходный период».

Список литературы

1. Елиферов В. Г., Репин В. В. «Бизнес-процессы: регламентация и управление» / Учебник. М., 2010
2. Репин В. В. «Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация». М., 2011.
3. Мехедов М. И. «Методика оценки факторов, определяющих стабильность пропуска грузовых поездопотоков на грузонапряженных направлениях»: диссертация к.т.н., Москва 2017.

4. Скачков А. А. «Курс на повышение эффективности работы» // Ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал «Железнодорожный транспорт». 2017. № 7. С. 12-19

5. Красковский А. Е., Плеханов П. А. «Проблемы управления в ОАО «РЖД» на региональном уровне» // «Транспорт Российской Федерации». 2013. № 2(45), С. 24-25

М.И.Мехедов
Забайкальская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,
г. Чита, Россия

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫЯВЛЕНИЮ ЛИМИТИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ УЧАСТКОВЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

В статье рассмотрена методика по определению основных факторов, негативно влияющих на стабильный пропуск грузовых поездопотоков на протяженных железнодорожных линиях. Методика, основанная на оценках изменений участковой скорости по времени и по отдельным участкам железных дорог, позволяет выявлять «узкие» места и ранжировать факторы влияния на продвижение поездопотоков железнодорожной линии. Предложенный метод экономической оценки позволяет определять эффективность принятых мер технического и технологического характера на конкретном грузонапряженном железнодорожном направлении. Данный метод может применяться и при оценке инвестиционных проектов по развитию инфраструктурных объектов железных дорог.

Ключевые слова: *участковая скорость, поездоучасток, технические станции, потери поездочасов, пропускная и провозная способность, особо грузонапряженная железнодорожная линия, метод единичных расходных ставок*

На протяжении всего периода развития железнодорожного транспорта возникали системные проблемы, оказывающие значительное влияние на стабильное продвижение поездопотоков. В начале восьмидесятых годов были получены зависимости, показывающие, что с ростом интенсивности движения поездопотока уменьшается скорость его продвижения, увеличивая потребность в локомотивах и

локомотивных бригадах, и приводя к росту себестоимости перевозок. После распада Советского Союза, вследствие потери экономических связей между регионами и снижения объемов производства, на сети произошло повсеместное снижение объемов перевозок. Первоочередными стали вопросы сокращения расходов на содержание незагруженных объектов инфраструктуры и невостребованного подвижного состава. Рост экономики РФ в период 2000-2010 гг. привел к увеличению объемов перевозок на сети железных дорог. Переориентация экономических связей на мировые рынки, передача инвентарного парка вагонов в операторские компании привела к изменениям структуры грузопотоков. Одной из ключевых проблем сегодня является несоответствие уровня транспортного обеспечения и развития железных дорог Дальнего Востока и Восточной Сибири предъявляемому грузопотоку. В совокупности это привело к возникновению проблем, которые наблюдались в советское время в период пиковых перевозок, но по сравнению с тем временем качественно изменились условия движения, в частности: повышены весовые нормы, длины поездов, увеличена протяженность участков обращения локомотивов и локомотивных бригад, изменена технология ремонта объектов инфраструктуры. В связи с этим исследования проблематики пропускных и провозных способностей и в настоящее время носят актуальный характер.

Ключевым параметром, на основании которого можно давать оценку эксплуатационной работе железнодорожного направления, является участковая скорость. Согласно [1] *«участковая скорость является одним из важнейших технико-экономических показателей качества перевозочного процесса. Она выражает среднюю скорость движения поездов между станциями технического осмотра составов и смены локомотивных бригад».* Изменения участковой скорости интегрально отражают влияние управляющих действий, организационных мероприятий, работы технических средств на стабильность пропуска поездопотоков. Это следует из соотношения:

$$v_{\text{уч}} = \frac{\sum N_i L_i}{\sum N_i t_{\text{уч}.i}}, \qquad (1)$$

где N_i — число грузовых поездов в обращении на участке железной дороги;

L_i — пробег i-го поезда поездоучастку, км;

$t_{\text{уч}.i}$ — время следования i-го поезда по L_i, ч;

$i = 1, \overline{N}$.

В числителе выражения (1) — общий пробег поездов, поездо-км, в знаменателе — поездо-часы на участке.

В [1, 2] определено, что по разрабатываемым графикам устанавливается нормативная участковая скорость, а по графикам исполненного движения – выполненная участковая скорость. При этом в полной мере раскрыты факторы влияния на нормативную участковую скорость через коэффициент участковой скорости $\beta_т$, который является отношением участковой скорости к технической и зависит: от размеров движения грузовых и пассажирских поездов, от соотношения их скоростей движения, от частоты расположения раздельных пунктов, от станционных интервалов. Отмечено, что участковая скорость зависит от степени использования пропускной способности линии.

Выполненная участковая скорость – это показатель реальных условий эксплуатации железнодорожной линии в целом или отдельных её поездоучастков. Она определяет качество эксплуатационной работы и влияет, кроме оборота вагона, отмеченного выше, на:

- маршрутную скорость движения поездов и сроки доставки грузов;
- на потребность в тяговых ресурсах.

Обратимся к тяговым ресурсам. На основании нормативной участковой скорости рассчитываются время оборота локомотивной бригады и коэффициенты потребности локомотивов на поездоучастках, которые используют в расчетах потребного парка локомотивов и численности локомотивных бригад на соответствующие размеры движения. Уменьшение участковой скорости приводит к увеличению времени оборота локомотивных бригад и росту значений коэффициентов потребности локомотивов на одну пару поездов. Это, соответственно, приводит к увеличению эксплуатационных расходов на оплату локомотивных бригад, в том числе часов сверхурочной работы, и на содержание дополнительного парка локомотивов. Значительное уменьшение участковой скорости может привести к дефициту локомотивных бригад или локомотивов на установленные размеры движения и серьезным сбоям в продвижении поездопотоков.

В нормальных (расчетных) режимах работы протяженных направлений железной дороги $v_{уч}$ — достаточно устойчивая величина, незначительно. Как уже отмечалось, значительные изменения участковой скорости являются сигналом для выработки мер по стабилизации и исправлению эксплуатационной ситуации.

На рис. 1 показано соотношение участковых скоростей по дорогам Восточного полигона (Красноярской, Восточно-Сибирской,

Забайкальской и Дальневосточной железных дорог) по итогам 2016 г. Светло-серые столбики показывают скорость, установленную нормативным графиком движения поездов, темно-серые – фактическую участковую скорость. Фактическая участковая скорость меньше графиковой на каждой из четырех дорог, при этом наибольшее снижение – 25 % или 11,8 км/ч на Забайкальской железной дороге.

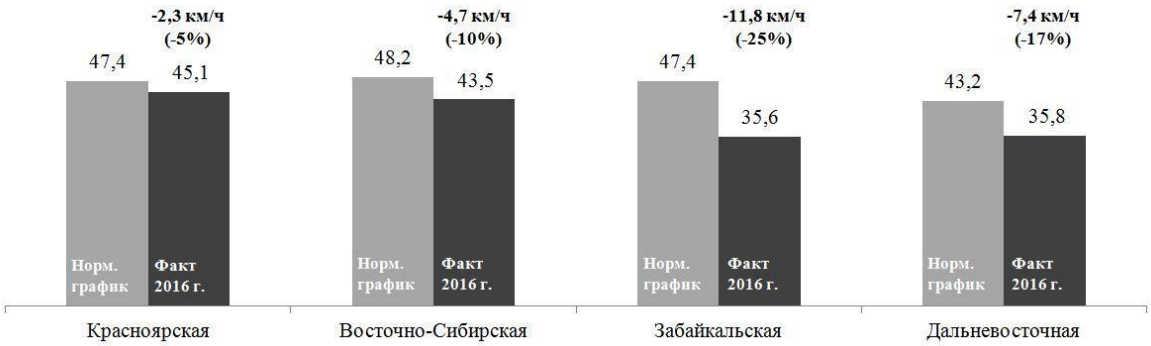
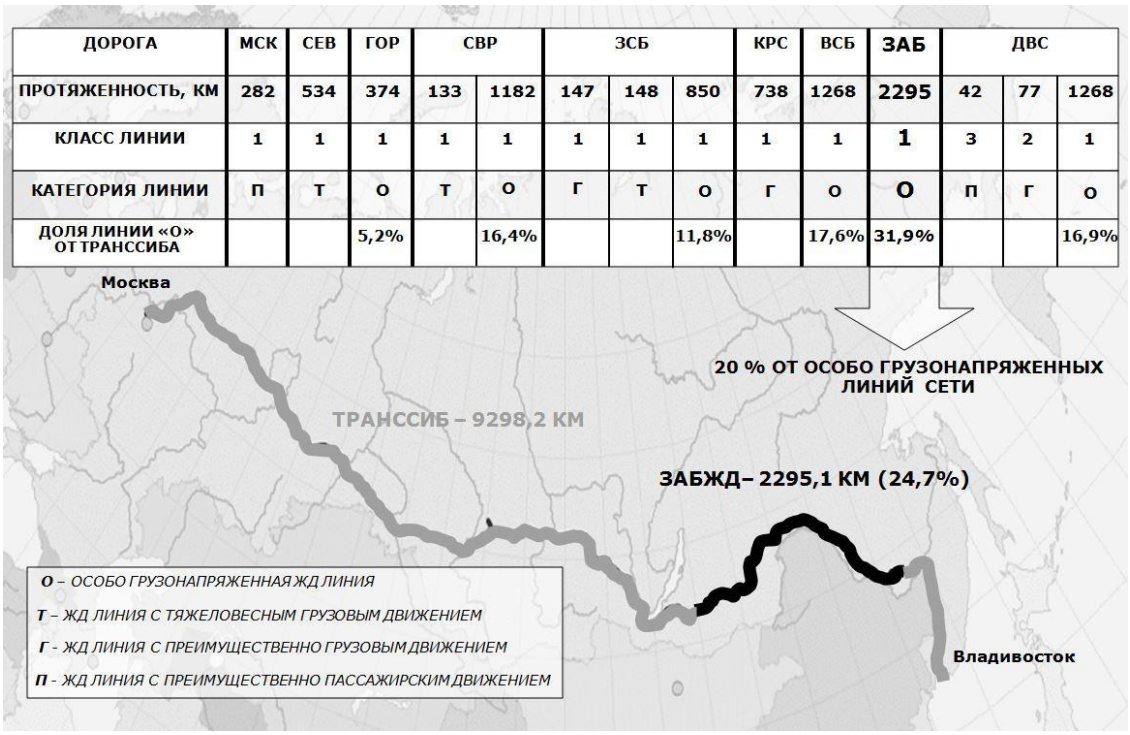


Рис. 1. Соотношение между установленной нормативным графиком и фактической участковыми скоростями по итогам 2016 г. на дорогах Восточного полигона, км/ч.

Полигон Забайкальской дороги на данном направлении составляет 24,7 % от всей Транссибирской магистрали (протяженность 9298,2 км) и 31,9 % от всех его участков, отнесенных согласно [3] к категории особо грузонапряженных железнодорожных линий или 20 % от всех линий сети данной категории (см. рис. 2). Значительное снижение участковой скорости на Забайкальской железной дороге в течение нескольких лет свидетельствует о наличии существенных отклонений условий эксплуатации от расчетных параметров.

Для локализации основных факторов нарушения стабильности движения поездов при анализе изменений участковой скорости можно последовательно переходить от участков большей протяженности к участкам меньшей протяженности, на которых участковая скорость имеет наименьшие значения. Это могут быть перегоны, после которых участковая скорость возрастает, или станции, перед которыми движение поездов замедляется. Проанализируем выполнение участковой скорости по поездоучасткам дороги.



ДОРОГА	МСК	СЕВ	ГОР	СВР		ЗСБ			КРС	ВСБ	ЗАБ	ДВС		
ПРОТЯЖЕННОСТЬ, КМ	282	534	374	133	1182	147	148	850	738	1268	2295	42	77	1268
КЛАСС ЛИНИИ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1
КАТЕГОРИЯ ЛИНИИ	П	Т	О	Т	О	Г	Т	О	Г	О	О	П	Г	О
ДОЛЯ ЛИНИИ «О» ОТ ТРАНССИБА			5,2%		16,4%			11,8%		17,6%	31,9%			16,9%

Рис. 2. Доля Забайкальской железной дороги от протяженности Транссибирской магистрали

На рис. 3 показано выполнение участковой скорости по поездоучасткам дороги по итогам 2016 г., значительное снижение на участке Чита–Карымская, где участковая скорость в среднем за год составила чуть больше 20 км/ч, при этом серьезных инфраструктурных ограничений на данном участке никаких нет.

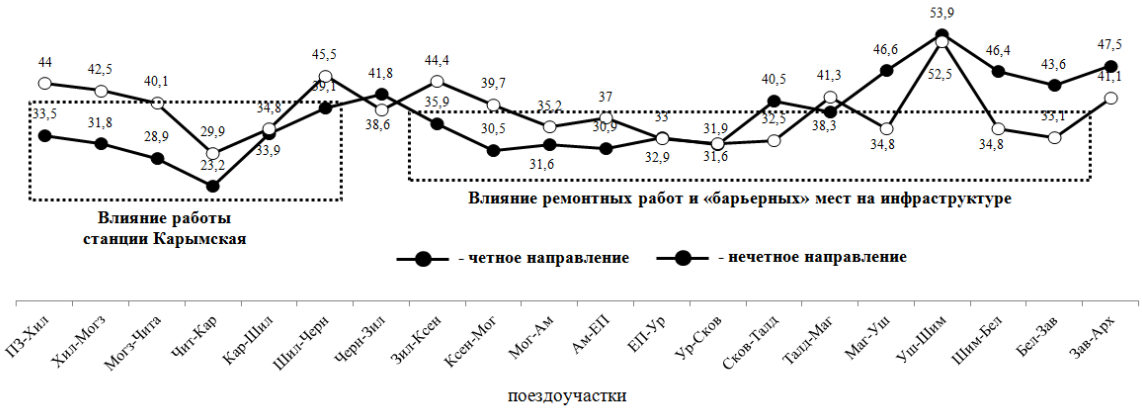


Рис. 3. Выполнение участковой скорости по поездоучасткам Забайкальской железной дороги в 2016 г, км/ч.

На рис. 4 показано обеспечение вывоза четных поездов со станции Карымская за каждый день августа прошлого года. Показан прием поездов по стыку Петровский Завод, сколько из них следовало на Дальний Восток и сколько поступало локомотивов на станцию Карымская для их вывоза. Разница между поступлением поездов и локомотивов соответственно является избытком или дефицитом для вывоза четных поездов со станции Карымская. Средний дефицит составил 2 локомотива, при этом суточный дефицит в отдельные сутки колебался от -1 до -36, что определило параметр участковой скорости от 14 до 20 км/ч.

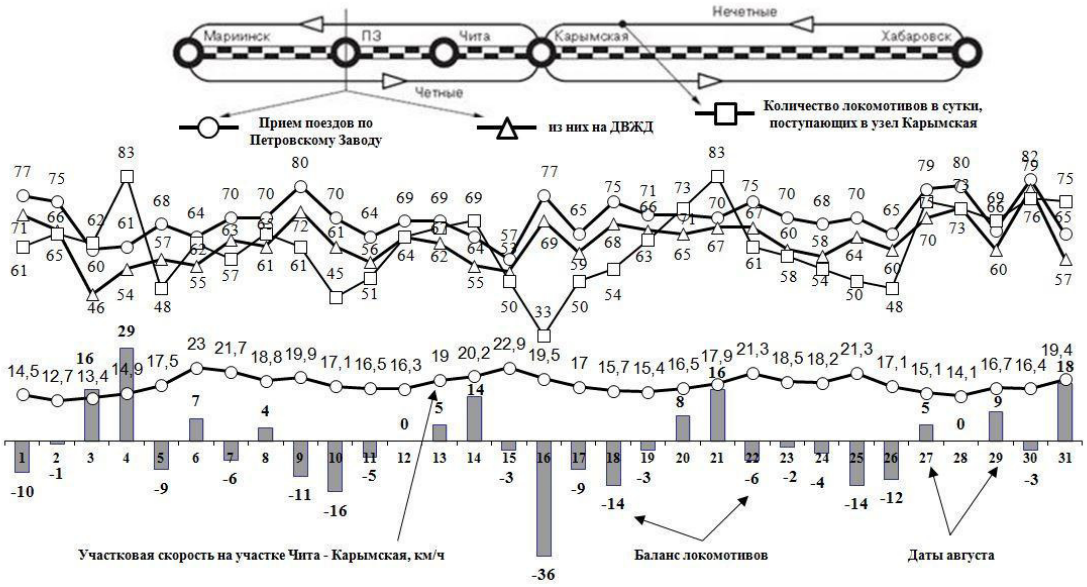


Рис. 4. Выполнение участковой скорости по поездоучасткам Забайкальской железной дороги в 2016 г, км/ч.

Анализ изменений участковой скорости на поездоучастках дороги, подробно изложенный в [4, 5], позволил поэтапно определить следующие основные факторы влияния на данный качественный показатель: размеры движения, «сезонность», достаточность локомотивов на станции их смены. Под «сезонностью» в исследованиях понимается период времени года, когда на инфраструктуре выполняются ремонтные и реконструктивные работы в «окна». Установлены статистические и аналитические зависимости, в которых взаимоувязаны основные качественные и количественные показатели работы железнодорожной линии: участковая скорость, размеры движения, межпоездные интервалы, количество

приемоотправочных путей на технических станциях, время занятия путей транзитными грузовыми поездами.

На основании проведенных исследований, в том числе в целях интенсификации движения на Забайкальской дороге, был разработан комплекс мер по стабилизации эксплуатационной работы дороги. Повышение пропускной способности участков дороги в период ремонтно-путевой кампании за счет организации движения соединенных поездов, установки временных раздельных пунктов для сокращения протяженности однопутного участка и др. позволили обеспечить дополнительное поступление электровозов на станцию Карымская. Все это в комплексе способствовало формированию положительной динамики участковой скорости при увеличении объемов перевозок. Так грузооборот с 2012 г. по 2016 гг. вырос на 16 %, участковая скорость – на 0,4 км/ч.

Экономическую эффективность реализованных мероприятий по уменьшению влияния факторов, дестабилизирующих пропуск грузовых поездов, можно рассчитывать через оценку потерь поездочасов. Потери поездочасов – это дополнительные поездочасы, которые затрачены при движении по участку сверх установленного графиком движения времени. Общие поездочасы складываются из поездочасов, заложенных в графике, и сверграфиковых поездочасов (или поездочасов потерь):

$$П_{общ} = П_{гр} + П_{св\ гр}\ , \qquad (2)$$

$$П_{общ} = \sum_{i=1}^{N} t_{общi} = \sum_{i=1}^{N} t_{грi} + \sum_{i=1}^{N} t_{свгрi}, \qquad (3)$$

где $П_{общ}$ – общие поездочасы;

$П_{гр}$ – графиковые поездочасы;

$П_{св\ гр}$ – поездочасы потерь;

$t_{общi}$ – фактическое время следования поезда по участку, ч;

$t_{грi}$ - время следования поезда по участку, установленное графиком движения, ч;

$t_{св\ грi}$ – время задержек поезда на участке, ч;

Графически времена $t_{грi}$ и $t_{св\ грi}$ показаны на рис. 5.

Поездочасы потерь непосредственно связаны с дополнительными расходами на содержание локомотивов и локомотивных бригад.

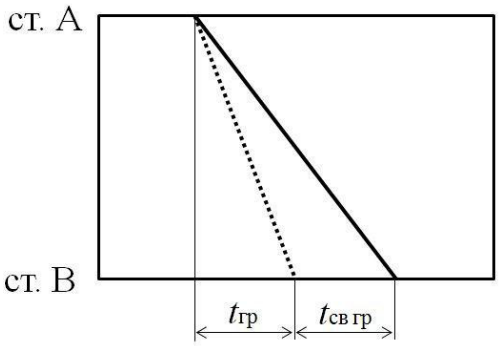


Рис. 5. Условный график следования поезда по участку
(штриховая нитка – установленная графиком, черная – фактическая нитка)

На рис. 6 показаны среднесуточные потери поездочасов за каждый месяц в период с 2009 по 2012 гг. На диаграмме хорошо видно, что потери колеблются от 39 до 2483 поездочасов (соответственно, январь 2009 г. и июль 2012 г.) и неравномерны в течение года. Они носят пиковый характер, возрастая в период ремонтно-путевой кампании и максимального графика движения пассажирских поездов. Но в «безоконный» сезон снижение происходит до уровня, который уже значительно выше предыдущих периодов. Прием поездов за четыре указанных года вырос на 14 % (2009 г. – 56 поездов, 2012 г. – 64 поезда), при этом, как отмечено выше, среднесуточные потери поездочасов выросли в 2,5 раза, то есть при увеличении размеров движения на один поезд прирост потерь поездочасов составляет порядка 118 поездочасов.

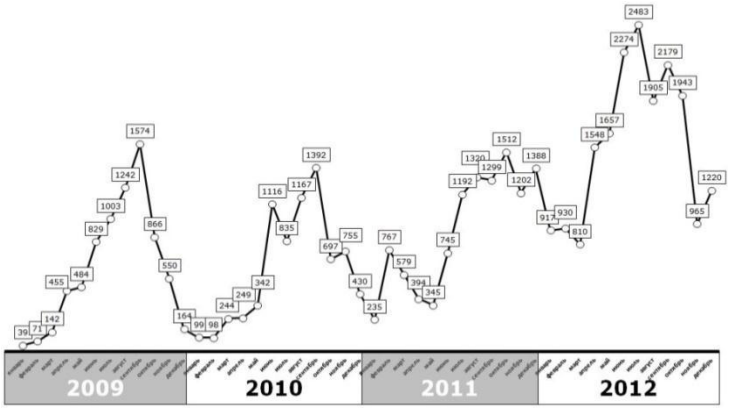


Рис. 6. Среднесуточные потери поездочасов на Забайкальской железной дороге за каждый месяц в период 2009-2012 гг.

В целях определения зависимости потерь поездочасов построим

поле корреляции количества поездов, принимаемых по стыку Петровский Завод, и потерь поездочасов, приходящихся на один пропущенный поезд (см. рис. 7).

Каждая точка – это среднесуточные потери поездочасов, приходящиеся на один пропущенный поезд, и среднесуточное количество поездов, принятых по стыку Петровский Завод, за каждый месяц в период с 2009 по 2012 гг. То есть данное поле рассеивания показывает какие были поездочасы потерь в указанный период при изменении размеров движения поездов, входящих на дорогу по западному стыку.

По результатам анализа исходных параметров периода 2009-2012 гг. принята зависимость между потерями поездочасов, приходящимися на один поезд, и размерами движения следующего вида:

$$П^{1}_{св\,гр} = 0{,}0023 \cdot e^{0{,}1454n}, \qquad (4)$$

где n – количество поездов, принимаемых по станции Петровский Завод с Восточно-Сибирской железной дороги.

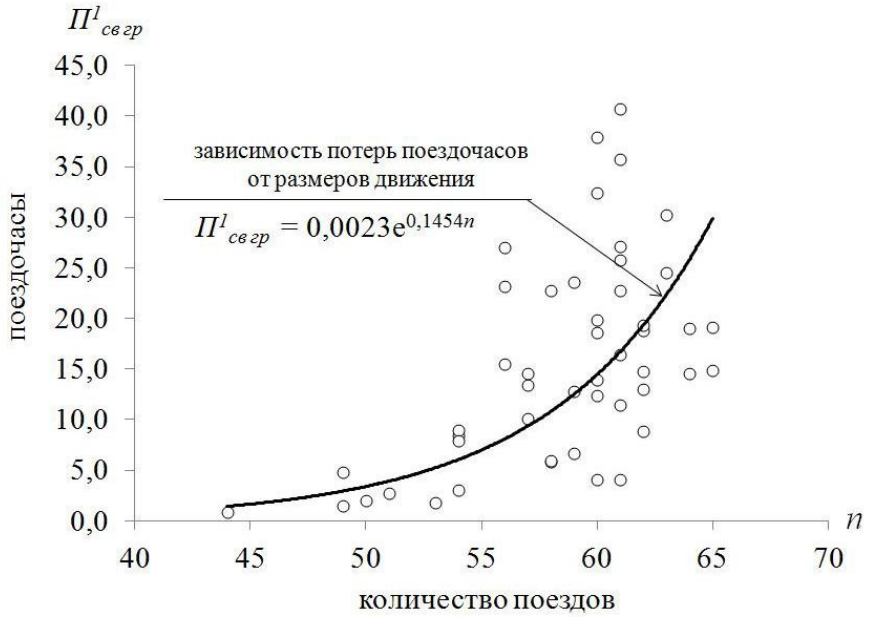


Рис. 7. Диаграмма рассеивания среднесуточного приема поездов по стыку Петровский Завод и потерь поездочасов, приходящиеся на один поезд, за каждый месяц с 2009 по 2012 гг.

Расчеты показывают, что при увеличении размеров движения с 50 до 60 поездов (на 20 %) потери поездочасов, приходящиеся на один поезд, увеличиваются с 3,3 до 14,1 поездочаса (в 4,3 раза).

Экономическую оценку потерь поездочасов можно провести, используя метод единичных расходных ставок. В качестве измерителя используем поездочасы потерь, в качестве расходной ставки – стоимость одного поездочаса, который включает в себя эксплуатационные расходы на содержание локомотивов и фонд заработной платы локомотивных бригад. То есть дополнительные затраты на пропуск одной нитки поезда в сутки определяются:

$$Э_{пот} = П^{l}_{св\ гр} \cdot e_{пч}\ , \qquad (5)$$

где $e_{пч}$ – укрупненная единичная расходная ставка стоимости одного поездочаса, руб.

Укрупненную единичную расходную ставку стоимости одного поездочаса принимаем рассчитанную экономической службой Забайкальской дороги в соответствии [6] по итогам 2014 г. в размере 2913,16 руб.

Годовые потери определяются следующим соотношением:

$$Э_{пот\ год} = Э_{пот} \cdot n \cdot 365, \qquad (6)$$

Для расчета экономической оценки эффективности проводимых мероприятий по стабилизации перевозочного процесса железнодорожного направления, используя методы, изложенные в [4, 5], необходимо:

- использовать статистические параметры потерь поездочасов в предшествующем и рассматриваемом периоде;
- получить регрессионную зависимость потерь поездочасов от размеров движения на основании параметров распределения двух периодов;
- сравнить кривые зависимостей потерь поездочасов от размеров движения, получив разницу между значениями регрессионных функций двух периодов;
- оценить изменение параметров значений регрессионных функций двух периодов, используя укрупненную единичную расходную ставку стоимости поездочаса;
- сделать выводы по эффективности проводимых мероприятий по стабилизации перевозочного процесса железнодорожного направления.

Проведем данные исследования по вышеизложенной методике оценки мероприятий по стабилизации перевозочного процесса для Забайкальской дороги в двух периодах ее работы: с 2009 по 2012 гг. (I

период) и с 2013 по 2015 гг. (II период).

По результатам регрессионного анализа исходных параметров для распределения периода 2013 – 2015 гг. получена зависимость между потерями поездочасов и размерами движения следующего вида:

$$П^{1}_{св\ гр\ (II)} = 0{,}0119 \cdot e^{0{,}1109n} \qquad (7)$$

Эффективность мероприятий можно оценить разницей значений двух функций (4) и (7):

$$\Delta\, П^{1}_{св\ гр} = П^{1}_{св\ гр\ (I)} - П^{1}_{св\ гр\ (II)} \qquad (8)$$

При значениях $\Delta\, П^{1}_{св\ гр} > 0$ – внедряемые мероприятия приносят положительный эффект по сокращению потерь поездочасов, при $\Delta\, П^{1}_{св\ гр} \leq 0$ – положительного эффекта нет.

На основании вышеизложенного строим полученные кривые зависимостей (см. рисунок 8) с указанием параметра $\Delta\, П^{1}_{св\ гр}$.

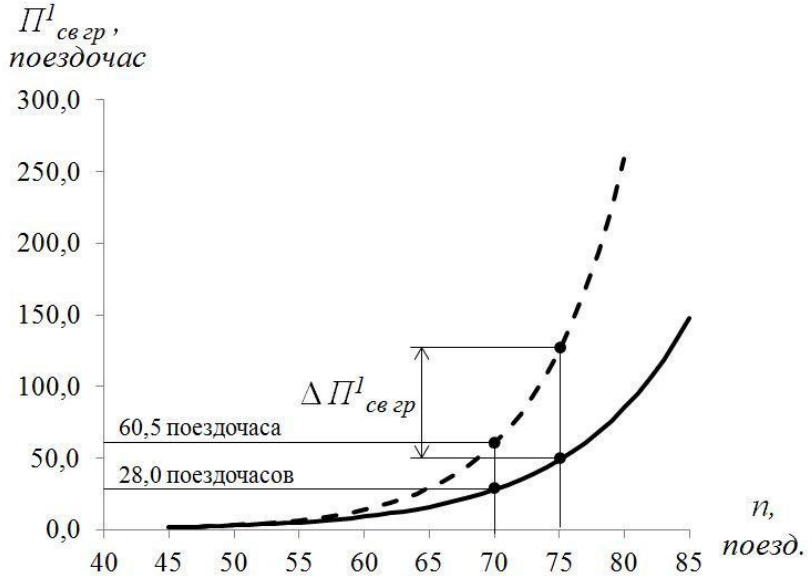


Рис. 8. Зависимость потерь поездочасов от размеров движения
– – – – I период (с 2009 по 2012 гг.);
——— II период (с 2013 по 2015 гг.).

Штриховой линией показана зависимость (4), характерная для I периода, сплошной линией – зависимость (7) II периода. В период с 2009 по 2012 гг. при увеличении размеров движения до 70 поездов среднесуточные потери при пропуске одного поезда составили 60,5

поездочаса. Проведенные на дороге мероприятия позволяют пропускать аналогичное количество поездов с сокращением потерь практически в два раза (28,0 поездочасов). То есть по полученным положительным значениям параметра $\Delta П^{1}_{св\ гр}$ можно сделать вывод, что внедряемые мероприятия по стабилизации перевозочного процесса в период с 2013 по 2015 гг. были эффективны и привели к сокращению потерь поездочасов.

Экономическую оценку эффективности внедряемых мероприятий по стабилизации перевозочного процесса за счет экономии затрат, приходящихся на одну пару поездов, определяем соотношением:

$$\Delta Э_{пот} = \Delta П^{1}_{св\ гр} \cdot e_{пч} \qquad (9)$$

Годовая экономия затрат определяется по формуле:

$$\Delta Э_{пот\ год} = \Delta Э_{пот} \cdot n \cdot 365 \qquad (10)$$

По результатам проведённых исследований экономических потерь в зависимости от количества поездов, пропускаемых через дорогу, можно сделать выводы, что проводимая работа по стабилизации перевозочного процесса в границах Забайкальской железной дороги, в том числе за счет апробации методов, разработанных в ходе научных исследований, привела к положительным результатам.

Так годовая оценка эффекта сокращения потерь составляет при пропуске 65 грузовых поездов порядка 911 млн. руб., 70 грузовых поездов – 2 млрд. 422 млн. руб.

В подтверждение вышеизложенных исследований и расчетов на рис. 9 показаны годовые параметры фонда оплаты труда локомотивных бригад на Забайкальской дороге с 2009 по 2015 гг. с корректировкой на величину индексации заработной платы в данном периоде.

Изменение участковой скорости и потерь поездочасов существенно влияет на выполнение пробежных норм и, соответственно, на потребность в локомотивных бригадах и сверхурочные часы работы, что напрямую влияет на емкость фонда оплаты труда.

С ростом размеров движения затраты на локомотивные бригады растут нелинейно, так в 2009 г. пропуск одной пары грузовых поездов в год обходился в 91,3 млн. руб., то в 2015 г. уже 121,3 млн. руб. При этом следует отметить, что наибольший прирост в фонде оплаты произошел в период с 2009 по 2012 гг. Размеры движения увеличились с 2009 по 2012 гг. на 10,7 %, фонд оплаты – на 44 %, с 2012 по 2015 гг. рост приема

поездов составил 9,7 %, затраты на локомотивные бригады увеличились на 11,9 %.

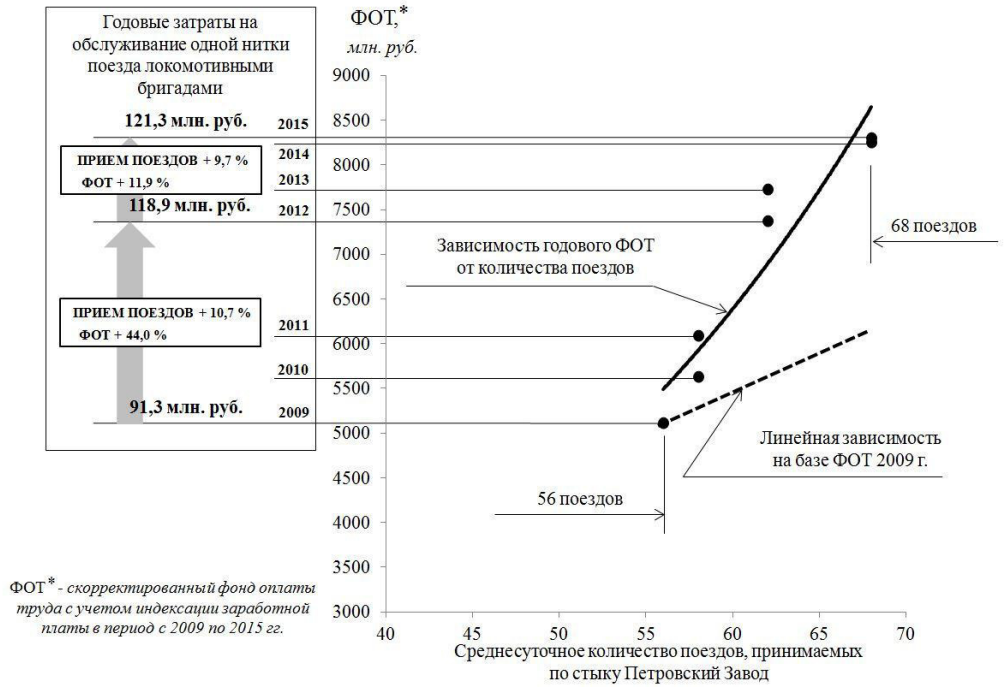


Рис. 9. Распределение годового ФОТ локомотивных бригад и среднесуточного приема грузовых поездов по стыку Петровский Завод (2009-2015 гг.)

Разработанная методика позволяет определять участки грузонапряженных линий, на которых замедляется продвижение грузовых поездопотоков. Методика основывается на статистическом анализе изменений участковых скоростей движения грузовых поездов в течение представленных временных отрезков на всех участках линии между техническими станциями. Применение методики на Забайкальской железной дороге позволило установить и ранжировать участки с затрудненным пропуском грузовых поездов. Предложенный метод экономической оценки мероприятий, направленных на повышение участковой скорости, основанный на сравнении поездочасов, реализованных на участке, с поездочасами, предусмотренными нормативным графиком движения поездов позволяет оценить эффективность принимаемых мер на конкретном железнодорожном направлении. Полученные в ходе исследования соотношения могут быть использованы при оценке экономической эффективности организационно-технологических мероприятий и инвестиционных проектов.

Список литературы

1. Абрамов А. А. Управление эксплуатационной работой: Ч. II. График движения поездов и пропускная способность: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / А. А. Абрамов. М.:РГОТУПС, 2002. 171 с.
2. Грунтов П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов / П. С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, А. М. Макарочкин и др.; под редакцией П. С. Грунтова. М.: Транспорт, 1994. 543 с.
3. Методика классификации и специализации железнодорожных линий ОАО «РЖД»: утв. ОАО «РЖД», 2015. 75 с.
4. Мугинштейн Л. А. Вопросы организации стабильного пропуска транзитных грузовых поездов на направлениях железных дорог с учетом технических и технологических особенностей работы технических станций и перегонов / Л. А. Мугинштейн, М. И. Мехедов // Вестник ВНИИЖТ. 2016. № 1. С. 3-11.
5. Мехедов М. И. Методика оценки факторов, определяющих стабильность пропуска грузовых поездопотоков на грузонапряженных направлениях / М. И. Мехедов. – Дис. … канд. техн. наук. М., 2017. 149 с.
6. Методика расчета единичных и укрупненных расходных ставок в условиях структурной реформы ОАО «РЖД» [Текст]: утв. ОАО «РЖД», 2009. 40 с.
7. Мехедов М. И. Важность развития технических станций на особо грузонапряженных направлениях / М.И. Мехедов // Вопросы развития железнодорожного транспорта: сб. трудов ученых АО «ВНИИЖТ», под ред. М. М. Железнова, Г. В. Горгричиани. М.: РАС. 2017. С. 78-85.

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

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Возможность увеличения пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций в настоящее время во многих случаях решается, за счет проведения организационно-технических мероприятий. Вследствие такого подхода, решая проблему только

сегодняшнего дня, ограничивают возможность наращивания объемов работы и деятельности станции в дальнейшем.

Ключевые слова: *пропускная и перерабатывающая способности железнодорожных станций, наращивание объемов работы, диаграмма Исикавы, основные факторы, оценка качества, избыток вагонного парка*

Возможность увеличения пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций в настоящее время во многих случаях решается, прежде всего, за счет проведения организационно-технических мероприятий, не требующих значительных затрат. Реконструктивные мероприятия, связанные с капитальными вложениями на строительство и техническое оснащение устройств структурных подразделений, чаще всего стараются не рассматривать. Вследствие такого подхода, решая проблему только сегодняшнего дня, ограничивают возможность наращивания объемов работы и деятельности станции в дальнейшем. На магистральных линиях более 80 % железнодорожных станций не имеют достаточного путевого развития.

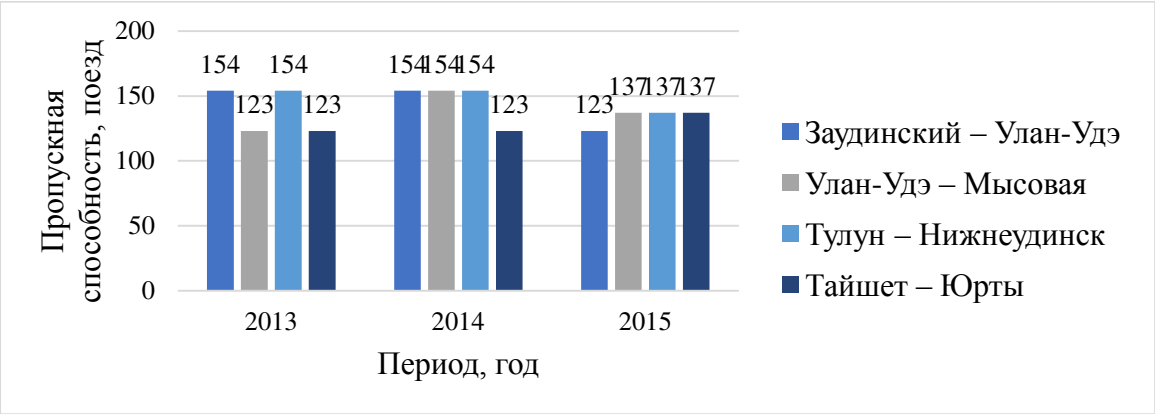


Рис. 1. Пропускная способность перегонов при параллельном графике в направлении «обратно»

Динамика пропускной способности Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) по участкам: Заудинский – Улан-Удэ, Улан-Удэ – Мысовая, Тулун – Нижнеудинск, Тайшет – Юрты, представленная на рисунке 1 показала, что на протяжении рассматриваемого периода пропускная способность станций в направлении «обратно» имеет тенденцию к спаду на таких участках, как Заудинский – Улан-Удэ и Улан-Удэ – Мысовая, в то время как на участках Тулун – Нижнеудинск и Тайшет – Юрты динамика имеет нестабильный характер. В 2014 г. по

отношению к 2013 г. произошел рост исследуемого показателя, а в 2015г. по отношению к предыдущему году произошел спад до значений 2013г.

Исследование позволило сделать вывод, что в течение рассматриваемого периода пропускная способность станций в направлении «туда» имела отрицательную динамику на участках Заудинский – Улан-Удэ, Улан-Удэ – Мысовая, Тулун – Нижнеудинск. На участке Тайшет – Юрты в 2014 году по отношению к базе исследуемый показатель вырос, но несмотря на это в 2015 году вернулся к величине 2013г. Общая картина проведенного анализа позволила сделать вывод, что пропускная способность железнодорожных станций ВСЖД имеет тенденцию к спаду.

Для определения основных фактических причин снижения пропускной способности железнодорожных станций и улучшения качества использования рассматриваемого показателя построена диаграмма Исикавы (см. рис. 2), обеспечивающая системный подход для определения глубинных причин возникновения настоящей проблемы на основе данных о пропускной способности станций на железных дорогах России в 2013-2015 гг.

Как показывает анализ диаграммы Исикавы, с позиции пропускной способности железнодорожных станций можно выделить одни из основных наиболее существенных факторов: несоответствие уровня развития сети федеральных железных дорог; ошибки в управлении вагонными парками; избыток вагонных парков; неравномерность прибытия вагонопотоков; снижение качества управления работой вагонных парков; рост приватного вагонного парка.

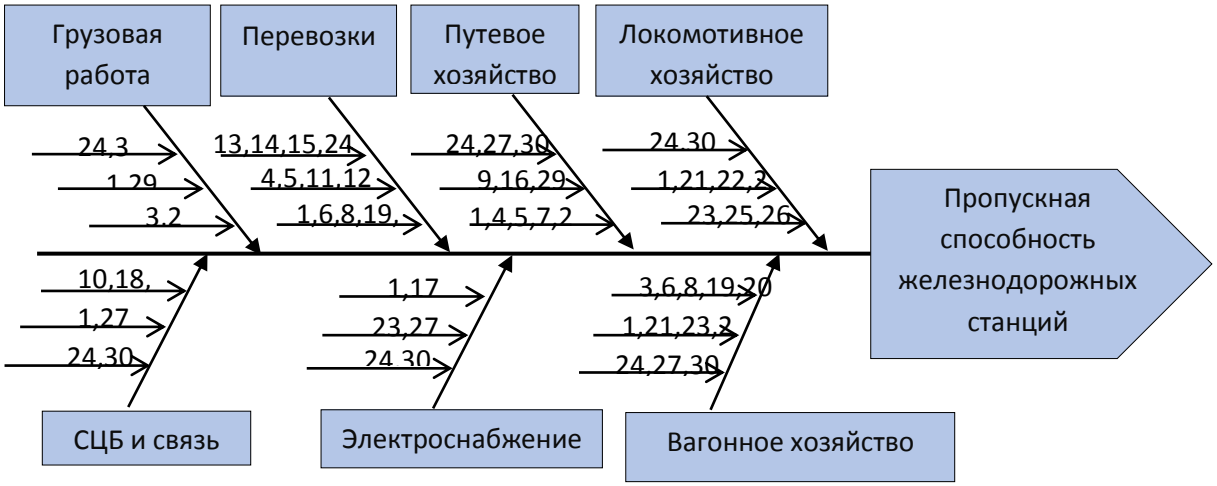


Рис. 2. Факторы, влияющие на пропускную способность железнодорожных станций

Обозначения: 1 – Несоответствие уровня развития сети железных дорог; 2 – Отсутствие перспективного централизованного планирования перевозок; 3 – Ошибки в управлении вагонными парками; 4 - Недостаточная наличная пропускная способность полигона сети; 5 – Недостаточная перерабатывающая способность технических станций; 6 – Избыток вагонных парков; 7 – технологические «окна», предоставляемые для выполнения работ по капитальному ремонту пути; 8 – Неравномерность прибытия вагонопотоков; 9 – Профиль пути; 10 – Средства по движению поездов; 11 – Нормы веса и длины поездов; 12 – Непарность движения поездов; 13 – Соотношение скоростей пассажирских и грузовых поездов; 14 – Соотношение ходовой, технической и участковой скоростей движения; 15 – Максимально допустимая скорость и ее ограничения; 16 – Расстановка проходных светофоров; 17 – Электрификация железных дорог; 18 – Сигнализация и связь; 19 – Снижение качества управления работой вагонных парков; 20 – Рост приватного вагонного парка; 21 – Низкое качество и нарушение технологии деповского и капитального ремонта подвижного состава; 22 – Снижение качества осмотра поездов; 23 – Высокий физический износ и старение основных фондов; 24 – Сокращение численности работников; 25 – Увеличение гарантийных плеч пробега груженых и порожних вагонов; 26 – Задержка поездов более 1 часа из-за неисправности локомотива; 27 – Отказы в работе технических средств и оборудования; 28 – Неудовлетворительное содержание пути; 29 – Несогласованность действий сторонних организаций и транспортных компаний; 30 – Низкая трудовая и технологическая дисциплина, недостаточный профессиональный уровень персонала, неудовлетворительное знание и несоблюдение нормативной документации, упущения в организации профилактической работы.

Избыток вагонного парка на путях необщего пользования, перенасыщение участков поездами приводят к нарушению условий взаимодействия в эксплуатационной работе. Именно факторы, связанные с перегрузкой транспортными потоками и перенасыщением вагонными парками участков и железнодорожных путей необщего пользования, с невозможностью отправления поездов со станций и (или) подачи прибывших вагонов на станции, как правило, становятся первопричиной перенасыщения вагонами станционных путевых ёмкостей.

С 2009 г. происходит увеличение доли вагонного парка, находящегося на железных дорогах восточного полигона, что связано с перераспределением грузопотока. С ростом рабочего парка, находящегося на общей инфраструктуре, на дорогах сети ухудшаются следующие основные качественные показатели: оборот вагона; простои транзитного (с переработкой и без) и местного вагона; участковая скорость; среднесуточный пробег локомотивов; количество «брошенных» поездов и поездо-часы их задержек. При создании операторских компаний, приписка вагонного парка зачастую

осуществлялась формально, т.е. без проверки вместимости путевого развития станции приписки.

До 1993 г. на железнодорожном транспорте использовался порядок, согласно которому любое предприятие, пожелавшее купить грузовые вагоны, было обязано построить дополнительные подъездные пути, как на станции погрузки, так и на станции выгрузки. Сейчас суммарный парк составляет почти 1,1 млн. вагонов, но пути отстоя для них не строят. Именно отказ от прежних правил во многом объясняет нынешние трудности с размещением подвижного состава на путях железнодорожных станций сети железных дорог. Избыточным вагонным парком заняты тысячи километров станционных путей, по различным оценкам, до 4-5 тыс. км. Заторы железнодорожных путей порожними вагонами приватного парка большинства станций ВСЖД мешают оперативной работе, пути необщего пользования, примыкающие к станциям, не способны вместить все порожние вагоны, освободившиеся от грузов или ожидающие погрузки, поэтому основная масса выгружаемых вагонов образуется на станциях погрузки-выгрузки.

Создание специализированных для массового отстоя и подготовки вагонов станций – на наш взгляд основной путь повышения качества эксплуатационной работы полигонов в условиях обращения избыточного парка и ограничений пропускной способности сети железных дорог. Инвестором в создание таких пунктов должен стать частный капитал. Заинтересованность в создании такого типа станций испытывают владельцы и производители вагонов, лизинговые компании, операторы подвижного состава. Компоновка станций, специализированных для отстоя вагонов, должна обеспечивать выполнение комплекса технологических операций: приём, сортировку, отправление, технический осмотр, все виды технического обслуживания и ремонта.

Список литературы

1. Оленцевич В. А. Систематизация факторов, влияющих на безопасность перевозок грузов на железнодорожном транспорте // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Безопасность регионов – основа устойчивого развития». Иркутск.: ИрГУПС, 2012. С. 197-202.

2. Железнов Д. В. Создание специализированных для массового отстоя и подготовки вагонов станций как основной путь повышения качества эксплуатационной работы полигонов в условиях обращения

избыточного парка и ограничений пропускной способности // Вестник РГУПС. 2012. №2. С. 142-150.

3. Оленцевич В. А., Гозбенко В. Е. Анализ причин нарушения безопасности работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск. 2013. № 1(37). С. 180–183.

4. Лебедева А. Е., Оленцевич А. А. Обеспечение безопасности и защиты транспортных комплексов за счет наращивания провозных способностей в ЖДТС // Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте. 2016. №27. С. 60-65.

5. Лебедева А. Е., Оленцевич В. А. Оценка существующих методик по увеличению пропускной и перерабатывающей способностей железнодорожных станций // Материалы седьмой международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», 29 марта–01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2-х т. – Изд-во ИрГУПС, 2016. С. 19-23.

Светлакова Е.Н., Коновалова М.И., Раевская П.Е, Верхотуров С.А.
Забайкальский институт железнодорожного транспорта
г. Чита, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

В статье представлены результаты исследования, направленного на расчет перерабатывающей способности контейнерного терминала на станции Забайкальск, определения внутренних резервов терминала и разработка комплексных мероприятий, повышающих перерабатывающую способность.

Ключевые слова: *контейнерный терминал, перерабатывающая способность*

ПАО «ТрансКонтейнер» – международная транспортно-логистическая компания, присутствующая более чем в 20 странах мира, с листингом в Москве и Лондоне. Это ведущий национальный контейнерный оператор России.

Основными направлениями деятельности ПАО «ТрансКонтейнер» являются:

- железнодорожные междугородние и международные контейнерные и контрейлерные перевозки;
- терминальные услуги и таможенное складирование;
- контейнерные перевозки автотранспортом;
- экспедиторские и логистические услуги.

До настоящего времени Компания могла успешно функционировать, обращая внимание в основном на ежедневную работу, на внутренние проблемы, связанные с повышением эффективности использования ресурсов в текущей деятельности. Сейчас же, исключительно важным становится осуществление такого управления, которое перспективно обеспечивает адаптацию Компании к быстро меняющейся окружающей среде. Теперь преимущества в конкурентной борьбе получает не самый большой, а самый быстрый. Ускорение изменений в окружающей среде, появление новых запросов и изменение позиции потребителя, возрастание конкуренции в борьбе за ресурсы, интернационализация бизнеса, появление новых, зачастую совершенно неожиданных возможностей для осуществления бизнеса, развитие информационных сетей, делающих возможным молниеносное распространение и получение информации, а также ряд других факторов привели к резкому возрастанию значения стратегического управления.

В настоящее время передовые технологии в разных сферах жизни общества развиваются очень стремительно, и не менее стремительно внедряются в жизнь. Это значит, что при создании любого продукта необходимо отслеживать изменения в этой сфере и активно внедрять новые технологии, позволяющие упростить, удешевить процесс производства или создать новый продукт.

Терминал ПАО «ТрансКонтейнер» на станции Забайкальск является одним из самых больших и современных в стране. Анализ приема/сдачи крупнотоннажных контейнеров в текущем году к аналогичному периоду прошлого года показывает рост 158 % импортного контейнеропотока при снижении экспортного на 18 %, что вызвало необходимость исследования возможностей контейнерного терминала к такому росту и на перспективу.

Целью исследования является проверка перерабатывающей способности контейнерного терминала Забайкальск при существующих производственных мощностях, а также разработка комплексных мероприятий, направленных на повышение перерабатывающей способности контейнерного терминала на перспективные объемы до 1000 ДФЭ в сутки.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– выполнить анализ объемов работы контейнерного терминала и основных показателей его работы;

– спрогнозировать динамику пропуска крупнотоннажных контейнеров на ЖДПП Забайкальск - Маньчжурия;

– отобразить недостатки существующей технологии работы терминала, связанные с изношенностью основных средств производства и несоответствием параметров площадок и кранов характеру контейнеропотока;

– разработать схемы комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ по предложенной технологии;

– разработать сетевые модели технологических потоков на контейнерном терминале;

– выполнить расчеты по проверке перерабатывающей способности;

– разработать этапы комплексной реконструкции контейнерного терминала с целью повышения перерабатывающей способности;

– определить организационный планы работы предприятия и план маркетинга;

– оценить инвестиционный климат и финансовые риски;

– выполнить технико-экономическое обоснование капитальных вложений в мероприятия, направленные на повышение перерабатывающей способности контейнерного терминала на перспективные объемы.

В ходе исследования выполнена проверка возможности высокоэффективного контейнерного бизнеса после проведения комплексной реконструкции.

Выполнен анализ объемов работы контейнерного терминала и основных показателей его работы. Рост импортного контейнеропотока за 9 месяцев 2016г. к аналогичному периоду 2015г. составил 158%. Наблюдается тенденция дальнейшего роста контейнеропотока в направлении КНР-РФ, КНР-страны Европы через ЖДПП Забайкальск - Маньчжурия.

Спрогнозирована динамика пропуска крупнотоннажных контейнеров на ЖДПП Забайкальск – Маньчжурия.

Разработаны схемы комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ по предложенной технологи.

Разработаны сетевые модели технологических потоков на контейнерном терминале.

Выполнены расчеты по проверке перерабатывающей способности.

Разработаны этапы комплексной реконструкции контейнерного терминала с целью повышения перерабатывающей способности.

Выполнено технико-экономическое обоснование капитальных вложений в мероприятия, направленные на повышение перерабатывающей способности контейнерного терминала на перспективные объемы.

Выполнена оценка инвестиционного климата и финансовых рисков. Произведенный укрупненный расчет показателей экономической эффективности и капиталовложений показал высокий инвестиционный потенциал проекта.

На основе действующей технологии работы контейнерного терминала и выполненного расчета элементов разработаны сетевые модели обработки контейнеров, позволяющие определить общее время занятия отдельных элементов инфраструктуры контейнерного терминала для расчета его перерабатывающей способности и выявить «узкие места» в работе терминала, требующие развития (рис. 1-3).

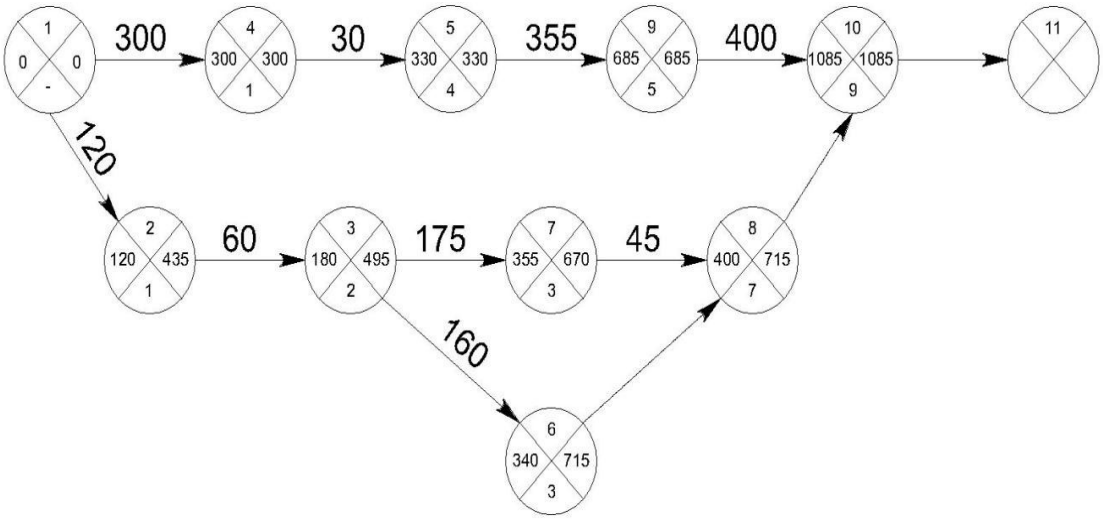


Рис. 1. Сетевая модель обработки контейнерного поезда с перегрузом по прямому варианту

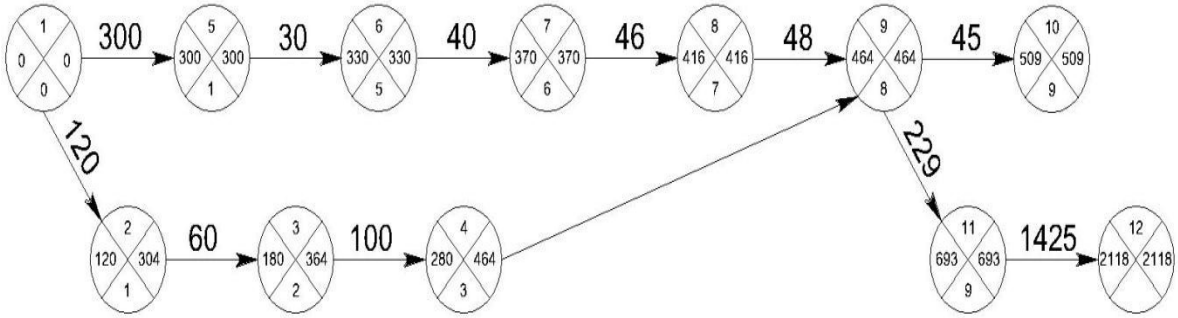


Рис. 2. Сетевая модель обработки контейнерного поезда с размещением грузов и транспортных средств на СВХ (по прибытию)

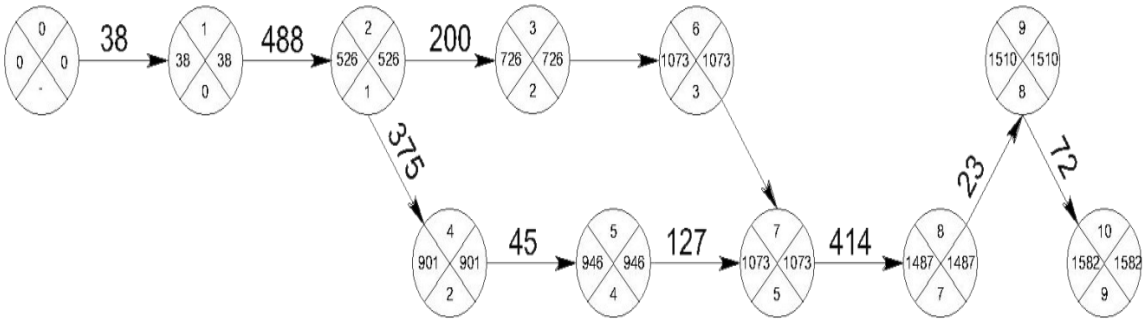


Рис. 3. Сетевая модель операций по уборке (отправлению) контейнеров после таможенной очистки

По действующей технологии по прямому перегрузу перерабатывающая способность при длине контейнерного поезда 57 условных вагонов составляет – 147 контейнеров в сутки, при длине поезда 71 условный вагон – 201 контейнер в сутки.

На рис. 4-5 представлены схемы контейнерного терминала при существующей и предложенной технологии до реконструкции.

Предложена технология, позволяющая не увеличивая техническое оснащение увеличить перерабатывающую способность терминала по прямому перегрузу на 88 и 45 контейнеров, соответственно.

Перерабатывающая способность терминала по выгрузке контейнеров с последующей таможенной очисткой на СВХ составляет – 131 контейнер в сутки.

Перерабатывающая способность терминала по погрузке контейнеров после таможенной очистки на СВХ – 119 контейнеров в сутки.

На рис. 6 представлена схема контейнерного термина при существующей технологии погрузки/выгрузки контейнеров.

Перерабатывающая способность терминала по перегрузу грузов из крытых вагонов в контейнеры с последующей таможенной очисткой на СВХ составляет – 15 вагонов или 60 контейнеров в сутки.

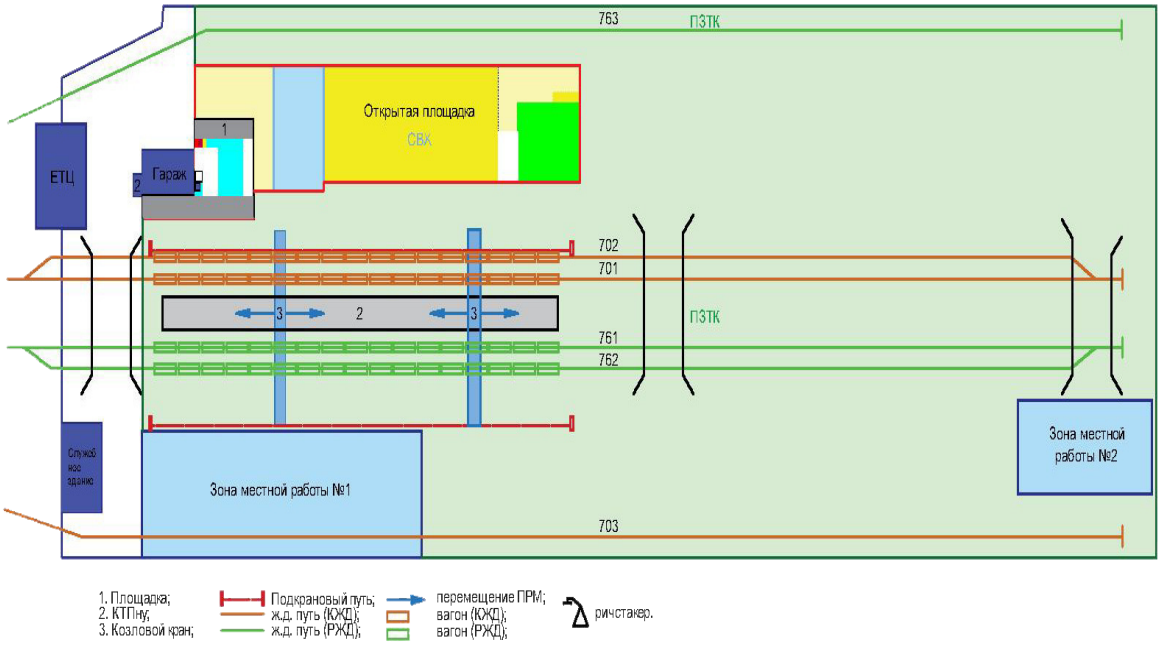


Рис. 4. Схема контейнерного терминала при существующей технологии

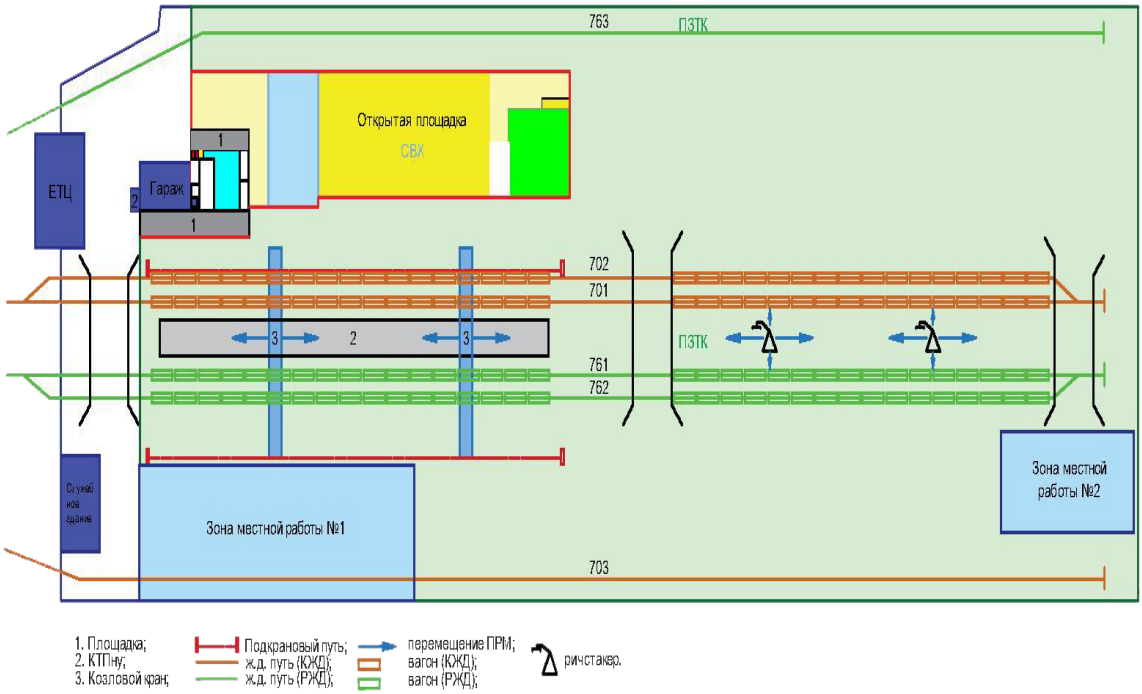


Рис. 5. Схема контейнерного терминала при предложенной технологии

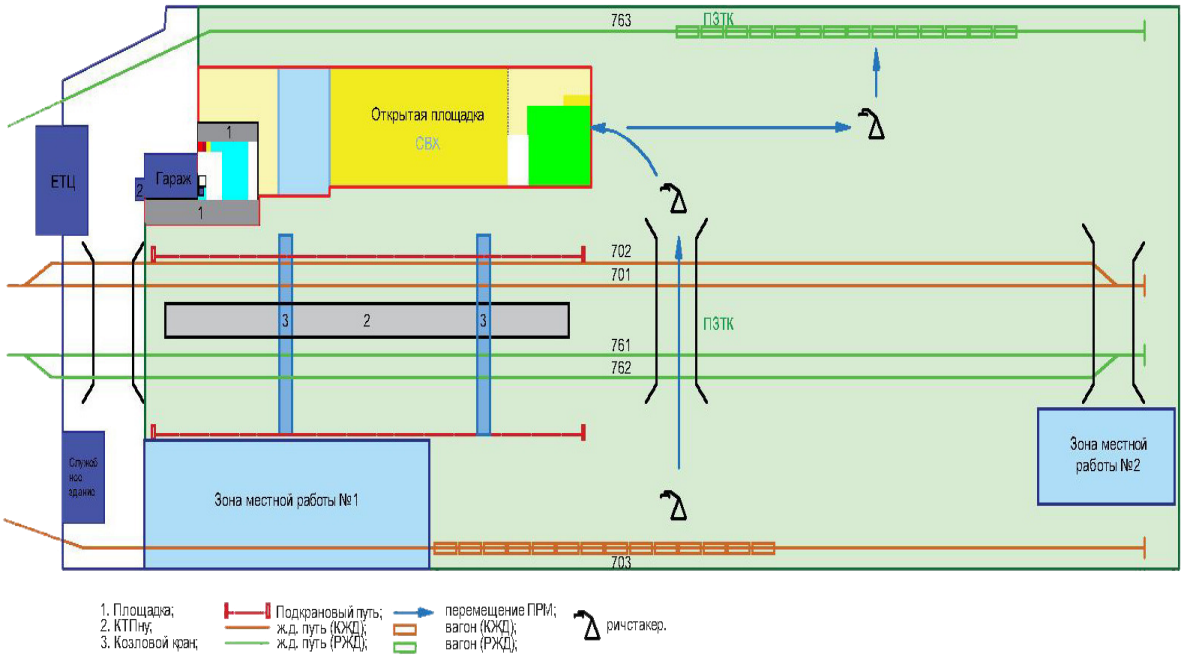


Рис. 6. Схема контейнерного терминала при существующей технологии погрузки/выгрузки контейнеров

В связи с растущим объемом грузопотока и недостаточной перерабатывающей способностью терминала на прогнозные объемы, необходимо произвести реконструкцию терминала на существующих территориях.

Первый этап

Для увеличения фронта прямого перегруза из вагонов колеи 1435 мм в вагоны колеи 1520 мм, для работы с контейнерными поездами на всем погрузочно-выгрузочном фронте планируется удлинение подкрановых путей на 500 м на всю длину путей №№ 701, 702, 761, 762. Удлинение подкрановых путей приведет к увеличению фронта работы кранов и создаст возможность комплексной работы механизмов. Данный проект реконструкции и уже принят.

В плане реконструкции «утопить» подкрановые пути и сделать их в одном уровне с площадкой для обеспечения возможности перемещения ричстакеров KALMAR через пути. Это позволит увеличить перерабатывающую способность терминала на 180 контейнеров в сутки при длине поезда 57 условных вагона и 267 контейнеров при длине поезда 71 условный вагон.

Второй этап

Для увеличения фронта выгрузки из вагонов колеи 1435 мм на площадку для последующей процедуры таможенной очистки на СВХ

предлагается врезать стрелочный перевод в путь № 703 и уложить 884,87 м железнодорожного пути колеи 1435 мм, что позволит увеличить фронт выгрузки на 58 условных вагонов, и общая вместимость пути составит 81 условный вагон, что позволит подавать под выгрузку целым составом. Прирост перерабатывающей способности составит – 60 контейнеров сутки.

Третий этап

Для увеличения фронта прямого перегруза из вагонов одной ширины колеи в вагоны другой ширины колеи, предлагается врезать стрелочный перевод в путь № 763 и уложить 1549,15 м железнодорожного пути колеи 1435 мм, что позволит увеличить фронт перегруза и общая вместимость пути составит 85 условных вагонов, что позволит подавать под перегруз целым составом. Потребуется установка козлового крана и устройство подкрановых путей. Прирост перерабатывающей способности составит - 112 контейнеров в сутки при длине поезда 57 условных вагона и 141 контейнер при длине поезда 71 условный вагон.

Схема терминала после реконструкции представлена на рис. 7.

Все предложенные мероприятия позволят увеличить перерабатывающую способность терминала вдвое и довести её до 1000 контейнеров в сутки.

Выполненное экономическое обоснование реконструкции терминала, показало их экономическую целесообразность, так как сроки окупаемости менее года.

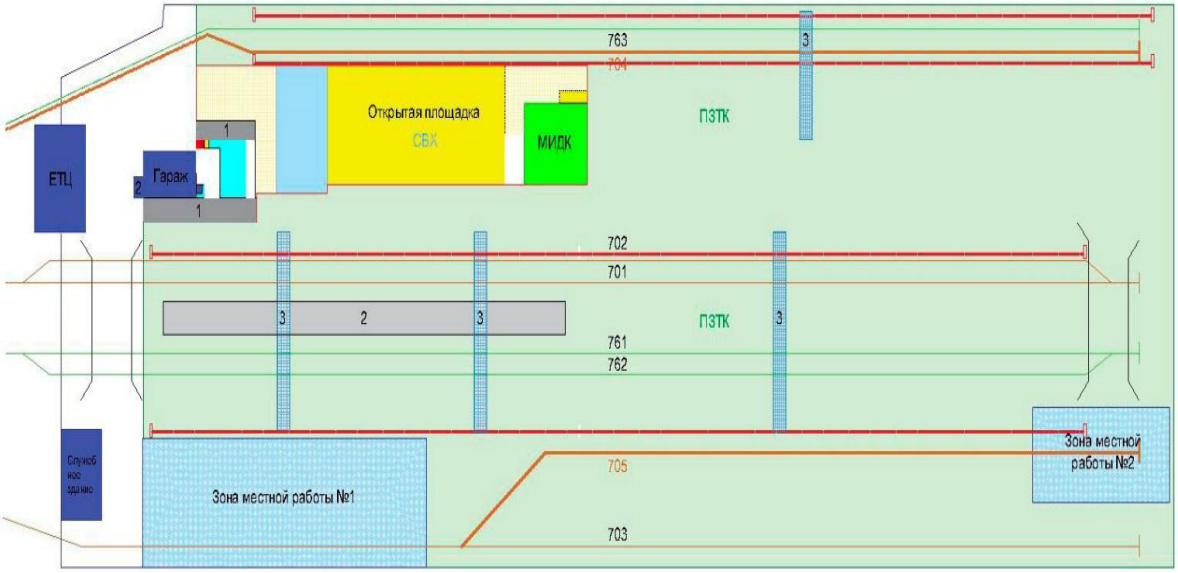


Рис. 7. Схема контейнерного терминала после реконструкции

Список литературы

1. Технологический процесс работы станции Забайкальск 2014.
2. Технологический процесс работы Контейнерного терминала Забайкальск филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на Забайкальской железной дороге, во взаимодействии со станцией Забайкальск и находящимися на ней структурными подразделениями Забайкальской железной дороги и другими организациями, участвующими в перевозочном процессе 2015.
3. Мастер-проект реконструкции терминала ОАО «ТрансКонтейнер» на станции Благовещенск Забайкальской железной дороги, 2011.
4. Мастер-проект развития контейнерного терминала станции Забайкальск филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на Забайкальской железной дороге, 2016.
5. Разработка прогнозной модели следования внешнеторговых грузов в большегрузных контейнерах через пограничный переход Забайкальск–Манчжурия. / М. И. Коновалова, А. А. Банщикова. Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции 30 сентября – 3 октября 2015.
6. Светлакова Е. Н., Машукова Е. Г. Проблемы и перспективы контейнерных перевозок на пограничном переходе Забайкальск в связи со вступлением России в ВТО. Приграничное сотрудничество и внешнеэкономическая деятельность. История и современность. Сборник докладов международной научной конференции. Чита, 11-15 октября 2011 г. Чита: Забайкал.гос.гум.-пед.ун-т., 2011. С. 136-138.

Е.Н. Светлакова, А.В. Шестопалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

АНАЛИЗ РЫНКА СБЫТА ПРОДУКЦИИ БЫСТРИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

В статье дан анализ производителей и потребителей медного и железного концентратов на внутреннем рынке и за рубежом. Установлены потенциальные потребители продукции Быстринского

горно-обогатительного комбината. Медный концентрат, который будет добыт на Быстринском месторождении, может поставляться, прежде всего, в Китай, на внутренний рынок, а также в страны западной Европы. Железорудный концентрат может быть реализован также на внутреннем рынке, поставлен в Китай или же в Японию.

Ключевые слова: *медный концентрат, железный концентрат, потенциальные потребители*

В недрах Забайкальского края содержится 42 % разведанных запасов плавикового шпата России, 31 % циркония, 21 % меди, 28 % молибдена, 18 % титана, 13 % серебра, 12 % свинца; также имеются значительные запасы золота, вольфрама, олова, лития, цинка, угля и железа. В последние годы наметились благоприятные перспективы для создания новой крупной сырьевой базы меди на юго-востоке области за счет месторождений полиметаллических руд, в том числе Быстринское.

Быстринское месторождение находится на территории Газимуро-Заводского района Забайкальского края. Ближайшими населенными пунктами являются поселок Новоширокинский в 14 км к северо-востоку и районный центр–поселок Газимурский Завод в 25 км к северо-западу. Геологоразведочные работы ведутся с 2007 года.

По предварительной оценке, запасы Быстринского месторождения по категориям составляют: медь – 2 073 тыс. тонн, золото – 7 596 тыс. унций, серебро – 34 083 тыс. унций, железо магнетитовое – 67 млн. тонн.

Быстринский ГОК является частью инвестиционного проекта по освоению минерально-сырьевых ресурсов Забайкальского края. В рамках государственно-частного партнерства выступают Инвестиционный фонд России и «Норильский Никель».

Медь – металл первенец, который человек стал широко использовать в своем обиходе.

Из-за своей легкоплавкости медь стала первым металлом, выплавленным человеком. Она стала основой зарождающейся металлургии сплавов, создав орудия Бронзового века. По прошествии нескольких столетий, благодаря своей высокой электропроводности, медь стала главным материалом при изготовлении электрических проводов и генераторов. Так были заложены основы электротехники, произошла вторая промышленная революция.

В тройку стран лидеров по разведанным запасам меди входят Чили, США и Россия соответственно. В общей сложности разведано 120 месторождений по всему миру. 52% из разведанных запасов меди заключено в месторождениях колчеданных медных и медно-цинковых руд и медистых песчаников, 45% – в месторождениях сульфидных медно-никелевых руд, 1,3% – в полиметаллических, 0,7% – в вольфрамовых и молибденовых и 0,6% – в оловянных. Около 1% запасов меди разведано в золоторудных и железорудных месторождениях.

В России основная доля добычи и обогащения медных руд приходится на 13 крупнейших горно-обогатительных и горнодобывающих предприятий. Лидирующие позиции занимает компания ПАО «Норильский Никель». На медно-никелевых месторождениях этого предприятия добывается 70-75 % меди. Далее с объемами добычи меди (25-27 %) следуют колчеданные медные и медно-цинковые руды уральских месторождений, которые разрабатываются на Урале (Свердловская, Оренбургская, Челябинская области и Республика Башкортостан) и на Северном Кавказе (Карачаево-Черкесия). Но более чем трехсотлетняя интенсивная разработка медных месторождений Урала привела к истощению минерально-сырьевой базы действующих предприятий, поэтому, активно ведется разработка новых месторождений.

На сегодняшний день самые крупные месторождения в России находятся в Таймырском АО: Талахнинское, Октябрьское, и Норильск-I, на них приходится две трети добычи. Октябрьское месторождение является безоговорочным лидером с добычей почти 57 % российской рудничной меди.

Несмотря на давние разработки месторождений, почти треть рудничной меди и сейчас добывается в Уральском меднорудном районе (Уральский и Приволжский федеральные округа); месторождения: Сибайское, Гайское, Учалинское, Сафьяновское, Узельгинское. Еще два крупных месторождения этого района пока не разрабатываются, Юбилейное готовится к разработке, а Подольское находится в Государственном резерве РФ.

Ближайшим к Быстринскому является крупнейшее месторождение медистых песчаников в Забайкальском крае – Удокан (14 млн. тонн), но оно пока не разрабатывается. Сдерживают его освоение отсутствие транспортной инфраструктуры и удаленность Забайкалья от перерабатывающих предприятий медной промышленности (Урал). Быстринское медно-железо-золоторудное

месторождение относится к самым перспективным активам «Норникеля» и обеспечивает рентабельность в 50 %, поэтому и было принято решение для создания необходимой инфраструктуры.

Далее представлен анализ возможных потребителей медной руды Быстринского ГОКа (см. рис.1).

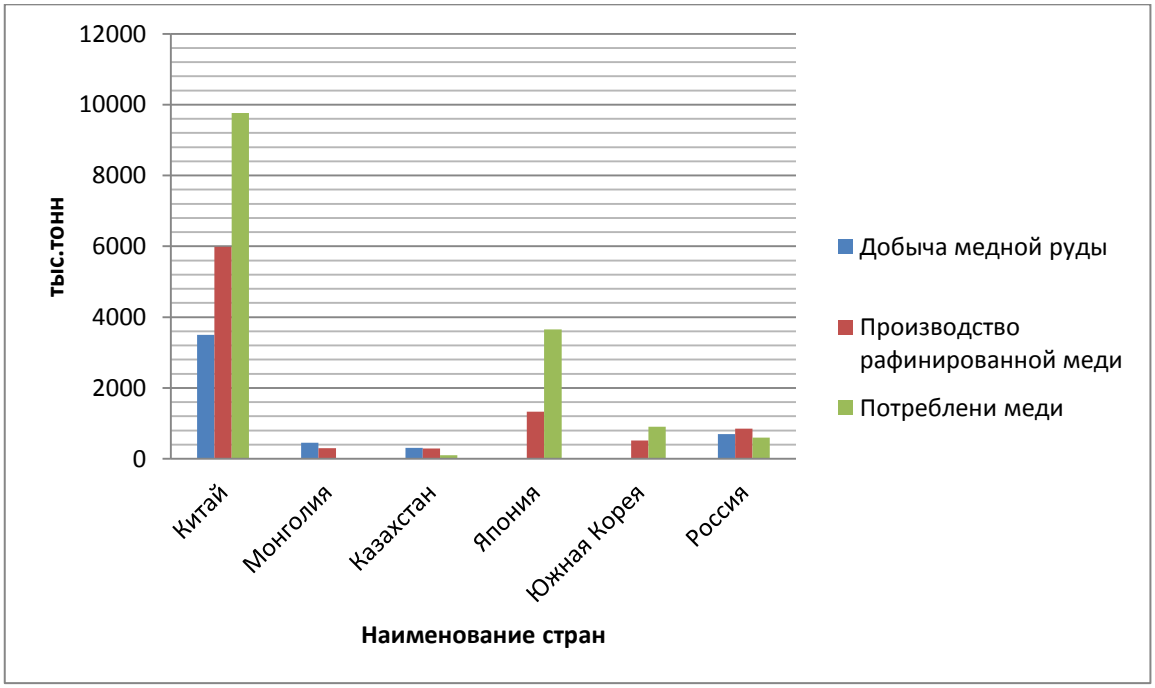


Рис. 1. Производственный баланс по меди в странах, географически близких к Быстринскому месторождению

Проанализировав данные об объемах производства и потребления меди в этих странах, можно сделать вывод, что Казахстану для производства рафинированной меди вполне достаточно собственного рудного сырья, Монголия в импорте медного концентрата не нуждается. А вот России, Китаю, Японии и Южной Корее необходимы дополнительные поставки медного концентрата. Но, два последних государства получают медное сырье из Чили, Перу, Австралии и Индонезии, где низок уровень потребления меди и отсутствует развитое медерафинировочное производство, но существуют значительные запасы медной руды. К тому же права на разработку части месторождений в этих странах принадлежат японским и южнокорейским корпорациям, и они могут регулировать цены на концентрат. Еще одним фактором, влияющим на выбор поставщиков Японией и Южной Кореей является стоимость доставки сырья, дешевле принимать концентрат из этих стран морским транспортом, чем из

Быстринского ГОКа по железной дороге. Лидером в потреблении меди в настоящее время является Китай – около 40% мирового потребления металла.

Также необходимо отметить, что традиционно одним из главных импортеров медной руды являются страны Западной Европы, так как масштабы европейского потребления и переработки полезных ископаемых намного превышают ее удельную сырьевую обеспеченность.

Железные руды – природные минеральные образования, содержащие железо, причем его количество должно допускать экономически целесообразное промышленное извлечение. Железные руды различаются по содержанию железа, минеральному составу, наличию полезных и вредных примесей, условиям образования и промышленным свойствам. Содержание железа в промышленных рудах изменяется в широких пределах – от 16 до 70 %.

Месторождения железной руды сегодня выявлены в 98 странах, но запасы руды различного качества. Мировые запасы, по оценкам экспертов, составляют примерно 790 млрд. тонн, подтверждено лишь 464 млрд. тонн.

Более 87 % от общего количества разведанных запасов составляют руды низкие и средние по качеству. Они требуют дополнительного обогащения, так как содержат от 16 до 40 % железа. Их прямая переработка является нерентабельной.

Россия, являясь одной из пяти стран лидеров по добыче руды, добывает только 12 % руды высокого качества (т.е. с содержанием железа более 60 %).

На сегодняшний день месторождения железных руд разрабатываются более чем в пятидесяти странах мира. При этом страны лидеры – КНР, Бразилия, Россия, Австралия и Индия поставляют основную часть этого сырья (до 78%).

Возглавляет список стран лидеров по добычи железной руды – Китай. На втором месте идет Австралия. Об этом говорится в отчете Геологической службы США. На третьем месте – Бразилия. Четвертое и пятое место занимают Индия и Россия.

Наибольшее количество запасов железных руд разведано в России, это примерно 18 % всех мировых запасов. Из них не менее двух третей их находится в пределах Курской магнитной аномалии (КМА); месторождения Урала, Сибири и Дальнего Востока играют существенно меньшую роль.

В России практически всю добычу и производство железных руд обеспечивают шесть крупных компаний. 40 % запасов железных руд распределенного фонда недр приватизировала крупнейшая холдинговая компания «Металлоинвест» (ЗАО «ХК «Металлоинвест»»). Она занимает четвертое место в мире среди ведущих производителей железной руды после компаний Vale (Бразилия), BHP Billiton и Rio Tinto (Австралия). На долю ЗАО «ХК «Металлоинвест»» приходится почти 40 % суммарного объема добычи сырых железных руд в стране.

Еще 45 % товарных руд выпускают три компании: «Евраз Груп С.А.», ОАО «Новолипецкий МК» и ОАО «Северсталь» (см. рис.2).

География залежей железной руды также различна. Львиную долю (около 54,6 %) железной руды добывают в районе Курской магнитной аномалии, 18 % добычи приходится на Республику Карелия и Мурманскую область, ещё около 16 % железных руд получено на Гусевогорском месторождении в Свердловской области (ОАО «Качканарский ГОК-Ванадий»).

Ежегодно объемы производства железной руды увеличиваются. Не смотря на это, спрос на руду не только не ослабевает, но и можно сказать, на рынке присутствует дефицит. Причиной тому является динамично развивающееся сталелитейное производство в КНР. На китайских металлургических предприятиях полного цикла преобладают технологии, связанные с интенсивным использованием железной руды.

Рис. 2. Процентное соотношение долей добычи железной руды в России крупнейшими металлургическими компаниями

Оценивая внутренние потребности нашей страны в железной руде необходимо отметить, что во-первых, Россия занимает пятое место в мире по производству стали (сырьем для которой и является железная руда), загрузка мощностей – 79 %, выше, чем в среднем по миру без учета Китая (72 %), во-вторых, растет внутреннее потребление проката в РФ (CAGR12-20 – 5.2 %), в-третьих, в России – одна из самых низких себестоимостей производства стали в мире. Что позволяет сделать вывод о потенциальной необходимости металлургической промышленности страны в новых сырьевых источниках.

На азиатском сегменте рынка Япония является лидером группы стран-потребителей железной руды. 100% всей железной руды, используемой в японской промышленности, импортируется из заграницы.

Итак, исходя из всего вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: медный концентрат, который будет добыт на Быстринском месторождении, может поставляться, прежде всего, в Китай, на внутренний рынок, а также в страны западной Европы. Железорудный концентрат может быть реализован также на внутреннем рынке, поставлен в Китай или же в Японию.

К.С. Сивова, М.И.Коновалова
Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОННОГО СЕРВИСА КОМПЛЕКСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КЛИЕНТАМИ

Дано понятие клиентоориентированности, определены задачи развития сервиса транспортных услуг, представлен результат анкетирования клиентов, осуществляющих свою деятельность на Забайкальской железной дороге, представлены преимущества электронного сервиса комплексных транспортных .услуг

Ключевые слова: *электронный сервис комплексных транспортных услуг, клиентоорентированность, заявка на перевозку груза, респонденты, сайт*

Создание клиентоориентированной системы продаж услуг подразумевает создание доступной среды, простой и интуитивно понятный клиенту алгоритм получения услуги.

На сегодняшний день существует проблема – это отсутствие удобной системы оформления заявки на получение услуги по транспортно-экспедиционному обслуживанию от ОАО «РЖД» для привлечённых и потенциальных клиентов.

Главный критерий оценки уровня клиентоориентированности компании – это удовлетворение потребностей клиентов не только в качестве, но и в доступности, предлагаемых услуг. И это становится основным приоритетом развития холдинга «РЖД» на ближайшие годы, что подтверждается в части грузовых перевозок, привлечение на железную дорогу дополнительных грузов с других видов транспорта, в формировании новых логистических продуктов. Для этого грузоотправителям необходимы простота взаимодействия с РЖД, с точки зрения подачи заявок и оформления заказов, возможность получения информации о местонахождении грузов в режиме онлайн, доставка грузов в сроки по расписанию и многое другое.

Клиентоориентированность означает также взаимодействие с потенциальными клиентами – производителями продукции, которые зависят и от поставок сырья и комплектующих, и от транспортировки своего конечного продукта к рынкам сбыта. Здесь необходимо стремиться к организации всего комплекса логистических услуг.

Для решения задачи развития клиентоориентированности холдинга «РЖД», безусловно, необходимы меры стратегического характера, и сегодня они видятся в формировании корпоративной системы внутренней и внешней клиентоориентированности холдинга «РЖД».

В целях исследования потребностей клиентов и ОАО «РЖД» было произведено анкетирование, целью которого являлось выявление факторов, необходимых для повышения уровня погрузки грузов на Забайкальской железной дороге, введения дополнительных услуг, имеющих важность для грузоотправителей, а также определение уровня качества обслуживания партнеров ОАО «РЖД» по бизнесу.

В анкетировании приняли участие 75 респондентов. Результаты представлены на рис. 1.

Рис. 1. Результаты анкетирования клиентов, осуществляющих свою деятельность на Забайкальской железной дороге

По итогам анкетирования можно сделать следующие выводы, что значимыми факторами для повышения уровня сотрудничества с ОАО «РЖД» являются:

– стоимость перевозки, которая абсолютно важна для 69,3 % участников анкетирования;

– вторым по значимости является сохранность и гарантированность доставки грузов, которая важна для 53,5 % респондентов;

– третьим важным фактором в работе с ОАО «РЖД» являются стоимость дополнительных услуг, которая важна для 46,6 % респондентов;

– скорость доставки груза важна для 40,0 % респондентов;

Кроме этого, немаловажны для отправителей такие критерии как упрощение оформления перевозочных документов, гарантированность доставки грузов в срок, доступность подвижного состава. Наличие таких услуг как «одно окно», возможность доставки груза от двери до двери абсолютно важны для 26,6 % и 20 % респондентов соответственно.

Исходя из принципов клиентоориентированности, стандартизирована и каталогизирована должна быть каждая услуга во всех видах бизнеса холдинга «РЖД». По каждому виду бизнеса запланирована разработка стандартов качества услуг и оценки уровня удовлетворенности клиентов, определяющих основные унифицированные требования к набору, качеству и потребительским характеристикам услуг, отражающих специфику и отличительные особенности каждой отдельной услуги, предоставляемой под брендом Холдинга.

Одним из методов совершенствования процесса организации перевозок, повышения клиентоориентированности, а также обеспечения конкурентоспособности железнодорожного транспорта является

разработка электронного сервиса комплексных транспортных услуг (ЭСКТУ). По сути дела, это простой и удобный сайт, который доступен для любого клиента, имеющий корпоративный дизайн и удобный интерфейс. Клиент может воспользоваться ЭСКТУ путем регистрации, а также без нее.

Без регистрации у клиента есть возможность рассчитать провозную плату и срок доставки и подать предварительную заявку, посмотреть нормативные документы, ознакомиться с работой сайта (табл. 1).

Таблица 1

Вкладки главной страницы для незарегистрированного пользователя

Наименование модуля	**Описание**
Правила пользования сайтом	Основные принципы работы сайта и инструкция пользователя
Нормативная документация	Устав железнодорожного транспорта, Прейскурант 10-01, Тарифное руководство, ППГ
Информация для грузоотправителя	Список документов для оформления перевозки, список документов для получения паспорта клиента
Как получить ЕЛС	Список документов для оформления ЕЛС и порядок оформления
Предоставляемые услуги	Какие услуги может предоставить участники перевозочного процесса
Рассчитать тариф	Нажав на вкладку появляется окно, в котором видны позиции, обязательные для заполнения, необходимые для расчета провозной платы: станция отправления, станция назначения, груз, вес, род вагона. После заполнения всех позиций нажав кнопку рассчитать тариф, тариф автоматически считается в программе ЭТРАН и результаты расчета появляются на экране ПК клиента.
Поиск	Поиск по сайту и нормативной документации сайта.
Ознакомиться с договором оферты	Предложение одного лица заключить договор о пользовании услугами сайта адресованное другому лицу
Отзывы и предложения	Отзывы клиентов (пользователей) о работе сервиса
Окно регистрации	Регистрация пользователя для получения полного доступа ко всем возможностям сайта.
Подать предварительную заявку	Возможность клиента подать заявку на перевозку без регистрации для разового пользования, такая подача упрощает процесс и подразумевается привлечение разового клиента

Зарегистрироваться может как физическое, так и юридическое лицо. Для регистрации физического лица обязательны для заполнения следующие «окна»: ФИО физического лица, физический адрес, телефон, адрес электронной почты (табл. 2).

Таблица 2

Личный кабинет зарегистрированного пользователя

Наименование вкладки	Описание
Подать заявку	Для подачи предварительной заявки требуются следующие данные, обязательные для заполнения: станция отправления, станция назначения, груз (ЕТСНГ), вес в тоннах, род вагона. Дополнительные данные: забор со склада, погрузка силами ОАО «РЖД», вывоз груза со склада по адресу, доставка груза до склада по адресу, дополнительная информация.
Пройти тест на правила размещения груза	Обучающая программа и тренировочный вариант теста на правила размещения груза
Заказ схемы крепления	При перевозке грузов, схемы крепления, которых нет в ТУ, разрабатывается индивидуальная схема крепления (ДМ).
Консультация агента ТЦФТО	Агент ТЦФТО может посоветовать оператора ПС или транспортную компанию, предложить лучший вариант доставки
Мои заявки	Клиент может через данный модуль просматривать все поданные заявки, видеть статус обработки оператором
Личные параметры	Личные данные пользователя с возможностью их редактирования

Через программу ЭСКТУ, с помощью личного кабинета, у клиента появляется возможность, не выходя из дома получить всю необходимую информацию по организации перевозочного процесса и подать предварительную заявку.

Заявки, отправляемые грузоотправителем, поступают в личный кабинет оператора ПК, который в дальнейшем занимается оформлением перевозки для данного клиента.

Создание электронной площадки в современном мире важный этап для предоставления качественных услуг быстро.

Еще одним, немаловажным и очень значимым преимуществом ЭСКТУ является экономический эффект. Он заключается в уменьшении

расходов на заключение договоров ТЭО, оформление первичной учетной документации, в повышении доходов от рекламы и привлечения клиентов.

Таким образом, электронный сервис комплексных транспортных услуг повышает привлекательность ОАО «РЖД» для пользователей услугами железнодорожного транспорта. В настоящее время система внедрена на рабочих местах сотрудников ТЦФТО, непосредственно взаимодействующих с клиентами.

Список литературы

1. Коновалова М. И., Растопша И. А. «Формирование корпоративной системы развития клиентоориентированности ОАО «РЖД»». «Транссиб: на острие реформ»: материалы международной научно-практической конференции / отв. ред. Е.В. Ярилов. Чита: ЗабИЖТ, 2017. С 54-59

2. Раевская П. Е., Кривоносенко Д. А. «Влияние электронного сервиса компаний-перевозчиков на оказание транспортных услуг». «Транссиб: на острие реформ»: материалы международной научно-практической конференции / отв. ред. Е.В. Ярилов. Чита: ЗабИЖТ, 2017. С 65-69.

3. Коновалова М. И., Сивова К. С. «Анализ документооборота и структуры взаимодействия участников перевозочного процесса». «Транссиб: на острие реформ»: материалы международной научно-практической конференции / отв. ред. Е. В. Ярилов. Чита: ЗабИЖТ, 2017. С 70-76.

И.А. Чубарова
Иркутский государственный университет путей сообщения,
г. Иркутск, Россия

ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассмотрен вопрос внедрения ресурсосберегающих технологий на Забайкальской железной дороге. Дана характеристика вокзального комплекса Забайкальского филиала ОАО «ФПК». Проведен анализ применения в России современных технологий энергосбережения: питание от солнечных батарей, внедрение ветрогенераторов. Предлагается

в рамках проекта "умный" вокзал, ввести в эксплуатацию ветрогенератор на железнодорожном вокзале Чита-2, что позволит сократить затраты на электроэнергию и сэкономленные средства направить на реализацию развития вокзального комплекса.

Ключевые слова: *ресурсосберегающие технологии, железнодорожный вокзал Чита-2, ветрогенераторная установка*

Забайкальский филиал ОАО "Федеральная пассажирская компания" осуществляет следующие виды деятельности:

- перевозку пассажиров в поездах дальнего следования во внутригосударственном и межгосударственном сообщениях;
- перевозку багажа и грузобагажа в дальнем следовании;
- обслуживание пассажиров;
- техническое обслуживание и ремонт подвижного состава;
- прочие виды деятельности.

Забайкальский филиал обеспечивает организацию перевозок пассажиров двух субъектов Российской Федерации: Забайкальского края и Амурской области. В Забайкальском крае расположено десять городов. Численность населения крупных городов составляет: Чита – 335,7 тыс. чел., Краснокаменск – 54,7 тыс. чел, Борзя – 29,8 тыс. чел., Забайкальск 12,6 тыс. чел., Приаргунск 7,4 тыс. чел.

В городе Чита имеются: крупные заводы, такие как Читинский авиационный завод, Читинский станкостроительный завод, две кондитерские фабрики, швейная фабрика, более 10 высших учебных заведений, колледжи и профессиональные лицеи; больницы – Краевая клиническая больница, Краевой онкодиспансер, Институт ортопедии.

Железнодорожный вокзал станции «Чита-2» является крупнейшим пассажирским вокзалом на Забайкальской магистрали, расположен на живописном берегу красавицы реки Читинки в областном центре города Чита Забайкальского края. Расчетная вместимость вокзала Чита-2 составляет 2000 пассажиров.

Назначение вокзала – это круглосуточное обеспечение безопасного, быстрого и удобного массового обслуживания пассажиров при приеме и отправлении их со станции, предоставление разнообразных услуг, обеспечение кратковременного отдыха, досуга и питания в периоды ожидания поезда, обеспечение комфортных условий для встречи и отправления пассажиров и сопровождающих их лиц.

Железнодорожный вокзал станции «Чита-2» 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.

Вокзал Чита-2, как архитектурно-планировочный объект, включает в себя: старое пассажирское здание оригинального архитектурно-планировочного решения 1902 года постройки; новое здание 1975 года постройки; две низкие пассажирские платформы; благоустроенную привокзальную площадь; здание наружного туалета; подъездные пути городского автотранспорта; фонтан на привокзальной площади. Вокзал имеет специальный штат сотрудников в количестве 111 штатных единиц и единый экономико-хозяйственный механизм организации производственной деятельности.

Вокзал Чита-2 расположен в центре города, куда ведут все транспортные магистрали. Проложены троллейбусные линии, маршруты которых обеспечивают доставку пассажиров во все районы города. Вокзал Чита-2 – многофункциональный комплекс, где предоставляется необходимый пакет услуг и широкий спектр дополнительных услуг пассажирам, прибывающим, отправляющимся и транзитным, в т.ч. при пересадке между железнодорожным и другими видами транспорта.

В настоящее время большое значение уделяется проектам "умных" вокзалов, в которых заложены самые современные технологии энергосбережения: питание от солнечных батарей, светодиодная техника, кондиционирование воздуха за счет использования энергии моря, внедрение ветрогенераторов. Сочетание солнечных батарей и ветрогенератора может сделать вокзал полностью независимым от внешних источников питания и днем и ночью.

В России железнодорожный вокзал в Анапе стал первым из так называемых "умных" вокзалов. На крыше здания вокзала размещено 560 солнечных модулей, суммарная мощность которых составляет 70 кВт. Инвестиции в проект составили около 13 млн руб., а примерный срок службы солнечных батарей – 20 лет. Применение системы солнечных батарей позволяет вокзалу экономить на электроэнергии 1,6 млн руб. в год.

В настоящее время вокзальный комплекс станции Чита-2 обслуживает энергетическая компания «Сибирь». Ежегодное потребление вокзалом электроэнергии составляет 105 000 кВт. Стоимость 1 кВт для юридических лиц в рассматриваемом регионе равна 5 рублей 17 копеек. Годовые затраты на электроэнергию составляют 542 850 рублей. Для сокращения затрат на электроэнергию в продолжение проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» рассмотрено предложение о вводе в эксплуатацию ветрогенератора на железнодорожном вокзале Чита-2.

Ветрогенераторная установка преобразует энергию ветра в механическую, а затем в электрическую энергию. Она предназначена для автономного электроснабжения потребителей переменным током. Получение электрической энергии с помощью ветрогенератора имеет весомые преимущества: не требует топлива, отсутствуют загрязнения, нет шума. Ветрогенератор должен быть установлен так, чтобы в полной мере использовать силу ветра.

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что внедрение ветрогенератора на вокзале Чита-2 потребует затрат на приобретение, монтаж, эксплуатацию в размере пяти миллионов рублей, а срок окупаемости составит шесть лет.

С 2023 года вокзальный комплекс станция Чита-2 получит возможность ежегодно получать прибыль в размере 897 000 рублей за счёт перехода на автономное обслуживание энергосети. В связи с этим сэкономленные средства могут быть направлены на реализацию развития вокзального комплекса.

Таким образом, чтобы сохранить экологию нашей планеты, жить в прекрасном настоящем и планировать свое счастливое будущее, нам нужно задуматься о себе и наших возрастающих потребностях уже сейчас, и правильно распределить силы, время и возможности человечества по пути к самосохранению. Один из этих путей – ветроэнергетика. На сегодняшний день эта проблема должна стать для нас одной из первостепенных по своей значимости.

Список литературы

1. Ветроэнергетические установки [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.electroveter.com.

2. Договор «Об оказании услуг по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования между ОАО «Российские железные дороги» и ОАО «Федеральной пассажирской компанией» от 31.03.2010г №252.

3. Официальный сайт ОАО РЖД [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.rzd.ru

4. Распоряжение ОАО «РЖД» от 28.04.2008 г. №896р «Регламент взаимодействия дирекции железнодорожных вокзалов с Федеральной пассажирской дирекцией, железными дорогами, главным вычислительным центром и перевозчиками».

5. Технологический процесс организации работы вокзала Чита-2, 2013. 275 с.

Научное издание

115 ЛЕТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ЗАБАЙКАЛЬЕ: ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО

Материалы Всероссийской
научно – практической конференции
(г. Чита, 7 декабря 2017г.)

Том 1

Редактор Н.А. Старицына
Технический редактор Н. А. Старицына
Компьютерная верстка Я.В. Мерзлякова

Подписано в печать 26.12.2017г. Печать офсетная. Бумага тип. № 2.
Формат 60x84/16. Печ.л. 16,03. Тираж 300 экз.

***

672040, г. Чита, ул. Магистральная, 11, ЗабИЖТ