РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)

ЛокоТех
группа компаний

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

ТРУДЫ
ТРЕТЬЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Москва
2018 г.

УДК 629.471
ББК 39.2
ISBN 978-5-9905057-5-9

Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы третьей международной научно-практической конференции. –М.: ООО «ЛокоТех», 2018 г. – 448 с.

В сборнике представлены материалы Третьей международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов», которая прошла 11 - 12 октября 2018 года в Event-Холл по адресу: г. Москва, 1-й Зачатьевский переулок д.4.

Конференция организована и проведена совместно Российским университетом транспорта (МИИТ) и группой компаний «Трансмашхолдинг», «Рослокомотив» и «ЛокоТех».

В работе конференции приняло участие 250 человек из 8 стран и 81-й организации. На конференции присутствовали заведующие и члены 14-и локомотивных кафедр из 11 вузов. Научный состав конференции: 16 докторов наук, 30 кандидатов наук. На конференции подведены итоги работы с момента проведения второй конференции, приняты решения, наметившие дальнейший порядок работы.

Сборник трудов конференции рассчитан на ученых и специалистов локомотиворемонтного комплекса, а также на специалистов в области сервисного обслуживания сложных технических систем. Будет интересен студентам и аспирантом железнодорожных вузов.

Общая редакция: исполнительный директор по автоматизированным системам управления и информационным технологиям Инжинирингового центра ООО «ЛокоТех», д.т.н., профессор И.К.Лакин.

Вёрстка: А.А.Баркунова, Е.А.Никишкина, А.В.Скребков, А.А.Аболмасов, А.И.Баранов, А.В.Гребенюк, А.А.Доронин, А.О.Касьянов, И.И.Лакин, И.В.Пустовой, А.А.Храпин, И.Ю.Хромов.

© Коллектив авторов, 2018
© ООО «ЛокоТех, 2018
© МИИТ, 2018



ЛИПА Кирилл Валерьевич
Генеральный директор
ЗАО «Трансмашхолдинг»



ДЕГТЯРЁВ
Юрий Станиславович
Генеральный директор
ЗАО «Рослокомотив»



МАВРИН
Александр Николаевич
Генеральный директор
ООО «ЛокоТех»

Обеспечение перевозочного процесса отечественных железных дорог надёжной и эффективной тягой поездов невозможно без комплексного управления жизненным циклом локомотивов. Эту задачу предстоит решать производителям локомотивов совместно с локомотиворемонтными заводами и сервисными компаниями, осуществляющими обслуживание и ремонт тягового подвижного состава. Решение этих задач невозможно без научно-обоснованных методических и организационных подходов, разработки перспективных технологических процессов производства, модернизации локомотивов предыдущих поколений, совершенствования конструкции новых.

В сборнике трудов приведены доклады пленарного заседания и статьи участников конференции. Материал представлен в авторском варианте: редакционная комиссия оставила за собой право форматировать статьи и исправить отдельные опечатки. Статьи приведены в алфавитном порядке по фамилии первого автора.

Группа компаний-организаторов научной конференции «Трансмашхолдинг», «Рослокомотив» и «ЛокоТех» надеется, что конференция позволит привлечь к инновационному развитию локомотивного комплекса новых участников, комплексно использовать существующий научный потенциал.

Встречающиеся в документе названия программных продуктов, оборудования, изделий, фирм и др. являются зарегистрированными товарными знаками соответствующих компаний.

При использовании настоящего материала ссылки на издание обязательны.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 9

Д.Г.ЕВСЕЕВ ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ 10

А.В.САВРУХИН ПРИВЕТСТВИЕ МИИТ УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ 12

В.И.КОЛЕСНИКОВ РОЛЬ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТА 18

Н.Л.МИХАЛЬЧУК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЯГИ ПОЕЗДОВ В ОАО «РЖД» 22

С.А.БОГИНСКИЙ ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОАО «РЖД» И СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЙ 33

К.Ю.НИКОЛЬСКИЙ О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ЛОКОМОТИВАМ 38

В.Н.ПУСТОВОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЛОКОТЕХ 47

В.В.АСАБИН, НАУЧНАЯ РАБОТА В САМГУПС 65

С.Г.ШАНТАРЕНКО ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ НОВЫХ СЕРИЙ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО 71

А.И.ОРЛЕНКО ОПЫТ КрИЖТ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ 81

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ 86

АБОЛМАСОВ А.А., ЛАКИН И.И., А.И.БАРАНОВ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДИКТИВНОГО РЕМОНТА 87

АБЛЯЛИМОВ О.С. ХИСМАТУЛИН М.И., СОТВОЛДИЕВ А.Р. О ТЯГОВОМ КАЧЕСТВЕ ПРОФИЛЯ ПУТИ УЧАСТКА МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН ПРИ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЯГЕ 94

АБЛЯЛИМОВ О.С., ХИСМАТУЛИН М.И., СОТВОЛДИЕВ А.Р. О ТЯГОВОМ КАЧЕСТВЕ ПРОФИЛЯ ПУТИ УЧАСТКА МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ 99

АБЛЯЛИМОВ О.С., ХИСМАТУЛИН М.И., СОТВОЛДИЕВ А.Р. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВОЗОВ 3ТЭ10М НА УЧАСТКЕ МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ 104

АБЛЯЛИМОВ О.С., ХИСМАТУЛИН М.И., СОТВОЛДИЕВ А.Р. К ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ *UzTE*16*M*3 НА УЧАСТКЕ МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ 109

БАБКОВ Ю.В., ПЕРФИЛЬЕВ К.С., ЕВСЕЕВ В.Ю. ГРАЧЕВ В.В., КУРИЛКИН Д.Н., МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕПЛОВОЗОВ И ЭЛЕКТРОВОЗОВ С ТЯГОВЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА 114

БАЛАБИН В.Н. ПИТ-СТОП ЮНИТ-МОДУЛЬНЫХ ЛОКОМОТИВОВ 121

БОГИНСКИЙ С.А. О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МСУ ЛОКОМОТИВОВ 126

БОГОСЛАВСКИЙ А.Е., ЗАРИФЬЯН А.А., КОРОТКОВ В.М., ТАЛАХАДЗЕ Т.З. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ ОАО «РЖД», НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ 130

БОЙКОВ Е.В., ИЛЬИН Е.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ОТ ФОРМЫ ПОДАЧИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА 134

ВОРОБЬЁВ А.А., ГОРСКИЙ А.В., КОЗЫРЕВ В.А. КАК ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИНФОРМАЦИЮ О НАДЁЖНОСТИ. 137

ГЛАДЫШЕВ А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ 141

ГОРДЕЕВ И.П., ШЕПЕЛИН П.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ЦЕПЯХ ЛОКОМОТИВОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА 145

ГРАЧЕВ В.В., ГРИЩЕНКО А.В., БАЗИЛЕВСКИЙ Ф.Ю., Ю.В.БАБКОВ, КИМ С.И., ПЕРФИЛЬЕВ К.С., ФЕДОТОВ М.В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОБОКСОВОЧНОЙ ЗАЩИТЫ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА 151

ГУБАРЕВ П.В., ВОРОНОВ Г.Н., ТЕПТИКОВ Н.Р. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ 157

ГУБАРЕВ П.В., ТЕПТИКОВ Н.Р., ШАПШАЛ А.С. ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ТЯГОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ 160

ДМИТРИЕВ С.А., ВАСИЛЬЕВ И.П., БЕЛОВА Е.Е. ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ 164

ДУДНИКОВ М.С., ДРУГОВ М.В., ЧИКАЛИН Е.Н., ЧИКАЛИНА С.Л. ВЛИЯНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЛОКОМОТИВА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ 168

ДУДНИКОВ М.С., ЧИКАЛИН Е.Н., ДРУГОВ М.В., ПОРТНОЙ А.Ю., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., ЛИНЬКОВ А.О. ИССЛЕДОВАНИЕ УСКОРЕНИЙ НЕОБРЕССОРЕННЫХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА СЕРИИ 3ЭС5К 172

ЕМЕЛЬЯНЕНКОВА Е.Л., ЧЕРЕМИСИН В. Т., ЭРБЕС В.В., ДЕНИСОВ И.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО ПЕСКА ДЛЯ ЭКИПИРОВКИ ЛОКОМОТИВОВ 178

КАБАЛЫК Ю.С. СНИЖЕНИЕ УГЛА ОТКРЫТИЯ ТИРИСТОРОВ ПРИ СЕТЕВОЙ КОММУТАЦИИ ЗА СЧЁТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВЫПРЯМИТЕЛЬНО-ИНВЕРТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 184

КИСЕЛЕВ В.И., СЛИВИНСКИЙ Е.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ УЗЛОВ ТЭД ЛОКОМОТИВОВ 188

КОЛЕСНИКОВ В.И., ВОРОПАЕВ А.И., КРАВЧЕНКО В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 193

КУЗНЕЦОВ А.А., ИЗМАЙЛОВ Р.Х., МОРОЗОВ О.Г. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИЗНОСА И ТЕМПЕРАТУРЫ ЩЕТОК ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 196

КУЛИЕВ Т.Ф., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., ЛИНЬКОВ А.О., ГРУЗИН Г.Г. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАПРАВКИ И СПОСОБА ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БУКС С ПОСТОЯННЫМ УРОВНЕМ СМАЗКИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 198

КУРШАКОВА Н.Б. СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ К РАЗВИТИЮ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 204

ЛАГЕРЕВ И.А., ЛАГЕРЕВ А.В. РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ТЯГОВЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 210

ЛАКИН И.К., АБОЛМАСОВ А.А., ЛАКИН И.И., ПУСТОВОЙ И.В., А.И.БАРАНОВ, А.А.ХРАПИН, А.В.ГРЕБЕНЮК АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЛОКОМОТИВОВ НА ЭТАПЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ 214

ЛАПИЦКАЯ Т.В., ЛАПИЦКИЙ В.А., ПРЕИМУЩЕСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ ПЕРЕД ИЗДЕЛИЯМИ ИЗ МЕТАЛЛОВ 234

ЛОБЫЦИН И.О., ДУЛЬСКИЙ Е.Ю., ХУДОНОГОВ А.М., ИВАНОВ П.Ю. ТЕРМОРАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАЛЬЦЕВ КРОНШТЕЙНО ЩЁТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ ТЭД ЛОКОМОТИВОВ 236

ЛЯШЕНКО В.В., МУРАТОВ А.В., ЦЕЛИКОВСКАЯ В.С. СМК КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО 241

МЕЛЬНИКОВ В.А., КАЗАКОВА Е.Е. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ 246

МЕЛЬНИЧЕНКО О.В. ЛИНЬКОВ А.О., БОНДАРИК В.Б. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКОМОТИВНОЙ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ КОНТРОЛЯ ЕЁ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ 251

НОСЫРЕВ Д.Я., БАЛАКИН А.Ю., АСАБИН В.В., ФУРМАН В.В. КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ 257

НОСЫРЕВ Д.Я., БАЛАКИН А.Ю., АСАБИН В.В., СТАНОВОВА Ю.Ю. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ 264

НОСЫРЕВ Д.Я., СВЕЧНИКОВ А.А., ФУРМАН В.В. (СамГУПС, г. Самара) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ НАДДУВА ТЕПЛОВОЗА, ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИКЛОНА-ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА НА ВХОДЕ В ТУРБИНУ 271

ОБУХОВ А.Д. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ РЕСУРСОВ НА ПОЛИГОНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С УЧЕТОМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА 276

ОРЛЕНКО А.И., ЮРЬЕВ А.В., ИЛЬИН Е.С., РАТУШНЯК В.С. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕРЕСАХ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ 281

ПАНОВ К. В. ПЕРСПЕКТИВНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА РЕМОНТ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ЛОКОМОТИВА 289

ПАНЧЕНКО М.Н., ГРАЧЕВ В.В., БАЗИЛЕВСКИЙ Ф.Ю., ГРИЩЕНКО А.В. (ПГУПС) ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ЦИЛИНДРАХ ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА ДАТЧИКА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 294

ПУДОВИКОВ О.Е., КИСЕЛЕВ М.Д. АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКОМОТИВОМ И ОЦЕНКА ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ВЫБОР СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ 298

ПУЗЫРЬ В.Г., ДАЦУН Ю.Н. ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВОВ 302

ПУЗЫРЬ В.Г., ДАЦУН Ю.Н., ПИВО В.В. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ В ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 307

РЯБИКОВ К.Е. , АЙМАКАЕВ Ж.А. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ ФИНАНСОВОЙ СИТУАЦИИ 309

РЯБЧЕНОК Н.Л., АЛЕКСЕЕВА Т.Л., МИХАЛЬЧУК Н.Л., АСТРАХАНЦЕВ Л.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРЕДЫДУЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ 314

САРКЕНОВ С.С. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 2ЭС6 В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ПАКЕТНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРОФИЛЯ 317

СВЕЧНИКОВ А. А. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО ПРИ РЕМОНТЕ ТЕПЛОВОЗОВ 321

СЕМЕНОВ А.П. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ 325

СЕМЕНОВ А.П. О ПОДХОДЕ К КОМПЛЕКСНОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ЛОКОМОТИВОВ 333

СЕМЧЕНКО В.В., МАЛЬЦЕВ Е.А., С.А.БОГИНСКИЙ РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80Р 336

СЕМЧЕНКО В.В., ЛАКИН И.К., МАЛЬЦЕВ Е.А. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80Р 345

СКРЕБКОВ А. В., БЕЗБОРОДОВ С. О. ПРИЧИНЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОЗГОРАНИЙ НА ЛОКОМОТИВАХ 351

СКРЕБКОВ А. В., ВОРОБЬЕВ А. А., БОДРИКОВ Д. И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ПОСТАНОВКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПЛАНОВЫЙ РЕМОНТ 353

СКРЕБКОВ А. В. КОЛЬЦОВ Ю. А. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММЫ ПАРАМЕТРА ПОТОКА ОТКАЗОВ 358

СМАЗНОВ П.П., НОВЫЙ ТОКОПРОВОДЯЩИЙ КОНТАКТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ЭПС И ТЕПЛОВОЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА 361

СМЕТАНИН Р.С. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЁСНЫХ ПАР НОВЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 364

СМИРНОВ В.А., ПАНОВ К.В. РОБОТОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА: ПРОБЛЕМЫ И ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ 365

ТАРМАЕВ А.А., ПЕТРОВ Г.И. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 371

ТЕПТИКОВ Н.Р., МУСТАФИН А.Ш., ШАПШАЛ А.С. СТАЦИОНАРНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....376

ТОРОПОВ М.Н., КРУГЛОВ В.М. КОКОТКИН В.З., СЕЛИВАНОВ А.С., ПЕРКОВ И.Е., ВАСИЛЬЕВ Н.В.. НОВЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ, ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И РЕСУРСА СИСТЕМ ВОДООХЛАЖДЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ, ВОДОПРОВОДНЫХ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....379

ТЭТТЭР В.Ю. ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....385

ХРАПИН А.А., ХРОМОВ И.Ю ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЛОКОМОТИВОВ.....387

ХРОМОВ И.Ю., БАРКУНОВА А.А., НИКИШКИНА Е.А. МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ.....391

ХУДОРОЖКО В.А., ВАСИЛЬЕВ А.В., ВАНИН И.В. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....396

ЧЕРЕМИСИН В.Т. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОВОЗОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....400

ЧЕРЕМИСИН В. Т., С. Г. ИСТОМИН РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ И МОТИВАЦИИ МАШИНИСТОВ К ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ РЕЖИМАМ ВОЖДЕНИЯ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ.....405

ЧЕРЕМИСИН В.Т., КОМЯКОВ А. А., ЭРБЕС В. В., ИВАНЧЕНКО В. И. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО СЕРВИСНОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЛОКОМОТИВОВ НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ «УМНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ».....413

ШАНТАРЕНКО С. Г., ЧЕРЕМИСИН В.Т., КАПУСТЬЯН М.Ф., СУПЧИНСКИЙ О.П. КАЧЕСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ.....418

ШАШЛЮК Ю.А. РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВНОГО ЦИФРОВОГО КОМПЛЕКСА СЕРИИ КВАРЦ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВОВ.....430

ЯГОВКИН Д.А., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., ЛИНЬКОВ А.О., ШРАМКО С.Г., ПОРТНОЙ А.Ю. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ВИП И ВУВ ЭЛЕКТРОВОЗА НА БАЗЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ В УСЛОВИЯХ У-УЛВРЗ.....433

ФОТОГАЛЕРЕЯ.....439

УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ.....446

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ





Д.Г.ЕВСЕЕВ
ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ



ЕВСЕЕВ Дмитрий Геннадьевич,
д.т.н., профессор,
президент института
Российского университета
транспорта РУТ (МИИТ),
ведущий (модератор) конференции

Уважаемые коллеги!

Сегодня мы начинаем работу третьей международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы третьей международной научно-практической конференции». Первые две конференции прошли подряд в 2014-м и 2015-м годах, но потом образовался небольшой перерыв. Но традиции соблюдаются, и мы проводим третью конференцию. Уверен, что будет и четвёртая, и пятая.

Организаторами конференции являются крупнейший отечественный производитель железнодорожного подвижного состава Трансмашхолдинг, крупнейшая отечественная группа компаний «ЛокоТех» по сервисному обслуживанию и ремонту локомотивов и Российский университет транспорта. Такое единение производства и науки очень важно! Именно так надо развивать сотрудничество, производить инновационное развитие отечественного транспорта.

На таких конференциях встречаются люди, работающие в одной области, но разных организациях. Это именно та площадка, где должны обсуждаться общие проблемы и задачи.

Наша конференция является представительной. Представлены 11 вузов, 7 НИИ. Участники конференции представляют 8 стран. Семь зарубежных стран представлено 12-ю компаниями и тремя вузами. В работе конференции принимают участие руководители и специалисты трёх крупнейших локомотивостроительных заводов России: Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ), Брянского машиностроительного завода (БМЗ) и старейшего Коломенского завода (КЗ). На конференции представлено 9 локомотиворемонтных завода городов Уссурийск, Улан-Удэ, Новосибирск, Челябинск, Оренбург, Ярославль, Воронеж, Ростов-на-Дону и Астрахань. Также участвует 81 коммерческая организация.

На конференции участвуют многие известные ученные, в т.ч. локомотивного комплекса страны. На конференции присутствуют 16 докторов наук, 30 кандидатов наук. Есть даже академик – действительный член Российской академии наук Колесников Владимир Иванович.

Отдельно хочу отметить, что на конференции удалось собрать абсолютное большинство локомотивных кафедр страны и ближнего зарубежья. На конференции представлено 14 локомотивных кафедр из 11 железнодорожных вузов: ДВГУПС (г. Хабаровск), ИрГУПС (г. Иркутск), КрИЖТ (г. Красноярск), ОмГУПС (г. Омск), СамГУПС (г. Самара), РГУПС (г. Ростов-на-Дону), ПГУПС (г. Санкт-Петербург), РУТ (МИИТ, г. Москва), УкрГУЖТ (г. Харьков), БелГУТ (г. Гомель), и ТашИИТ (г. Ташкент).

Всего в работе конференции участвует 250 человек, из них очно – 189 человек, подключены через Интернет в режиме online – 61 человек.

На конференции в первый день пройдут доклады для всех участников конференции. Одновременно во время перерывов будут проводиться стендовые доклады, общее число которых – 37. Для этого в фойе конференции развёрнута экспозиция. У каждого участника конференции есть возможность ознакомиться с докладами, задать вопросы и обсудить проблемы с авторами стендовых докладов.

Позвольте конференцию считать открытой.

А.В.САВРУХИН

ПРИВЕТСТВИЕ МИИТ УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ



САВРУХИН Андрей Викторович,
И.о. проректора Российского университета транспорта (РУТ, МИИТ, г. Москва) по научной работе, начальник управления научно-исследовательской работы РУТ, д.т.н.

Уважаемые участники конференции!

В майском Указе Президент Российской Федерации В.В.Путин сформулировал ряд ключевых задач по обеспечению интенсивного пути развития экономики страны. Среди них:

- ускорение технологического развития Российской Федерации, увеличение количества организаций, осуществляющих технологические инновации, до 50 процентов от их общего числа;
- обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере;
- вхождение Российской Федерации в число пяти крупнейших экономик мира, обеспечение темпов экономического роста выше мировых при сохранении макроэкономической стабильности, в том числе инфляции на уровне, не превышающем 4 процентов.

Исторический опыт индустриально развитых стран неоднократно доказывал ведущую роль железнодорожного транспорта как основного двигателя экономического роста.

Эффективное функционирование железнодорожного транспорта Российской Федерации играет исключительную роль в формировании платформы для перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста

национальной экономики. От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы дальнейшего социально-экономического развития, но также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, обеспечение потребности граждан в перевозках.

В этой связи вопросы, которые вынесены на обсуждение данной конференции, носят стратегический характер, так как посвящены обсуждению и решению таких важных проблем, а именно:

- повышение эффективности перспективной сервисной формы обслуживания и ремонта локомотивов;
- увеличение надежности локомотивов;
- комплексное управление техническим состоянием локомотивов на протяжении всего жизненного цикла;
- совершенствование и реинжиниринг технологических процессов;
- кадровое обеспечение и взаимодействие с вузами.

Поэтому, неслучайно, организаторами конференции выступают ООО «ЛокоТех» и «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)), а участниками – ряд других ведущих организаций железнодорожного транспорта.

Российский университет транспорта создан 23 мая 1896 года как Московское инженерное училище. Его главной задачей является подготовка инженеров путей сообщения для строительства и эксплуатации железных дорог, осуществление научно-технического сопровождения поступательного развития железных дорог, разработка перспективных технологий, образцов новой техники.

Первый выпуск инженеров-путейцев Императорского Московского инженерного училища состоялся в 1901 году.

Многие из выпускников впоследствии стали выдающимися организаторами строительства и эксплуатации российских железных дорог, авторами проектов крупнейших железнодорожных магистралей, мостов, тоннелей, основоположниками научных школ в области локомотиво- и вагоностроения.

Ученые и выпускники РУТ (МИИТ) были руководителями и главными участниками строительства и эксплуатации Транссиба и БАМа, внедрения на сети железных дорог тепловозной тяги и электроподвижного состава.

Разработки учёных университета стали важной составной частью «Транспортной Стратегии России до 2030 года», «Стратегии развития железнодорожного транспорта на период до 2030 года», эффективно используются при реализации приоритетных государственных проектов в сфере транспорта: высокоскоростное движение, модернизация Транссиба и БАМа, интеллектуальные транспортные системы и многих других.

За 122 года в РУТ (МИИТ) подготовлены около 650 тысяч высококвалифицированных специалистов с высшим и средним профессиональным образованием.

Сегодня университет является общепризнанным на российском и европейском уровне лидером в области подготовки и переподготовки кадров для транспорта, базовым центром научного сопровождения развития транспортного комплекса России, системным интегратором совместной деятельности ведущих вузов и НИИ транспорта стран Азии, Европы, СНГ, одним из ведущих центров реализации государственной доктрины по подготовке национальных кадров.

На 1 июля 2018 года общий контингент обучаемых составил более 88 тысяч человек.

РУТ (МИИТ) ведёт подготовку специалистов:

– с высшим образованием: по 11 специальностям, 34 направлениям бакалавриата, 20 направлениям магистратуры, 15 направлениям подготовки научно-педагогических кадров;

– по 18 специальностям со средним профессиональным образованием;

– по 62 программам подготовки рабочих и служащих.

Указом Президента Российской Федерации В. В. Путина от 13 апреля 2018 года № 156 университет вошёл в число высших учебных заведений, имеющих право самостоятельно разрабатывать и утверждать стандарты по всем уровням высшего образования, и я обращаю на это Ваше внимание.

Численность профессорско-преподавательского состава университетского комплекса РУТ (МИИТ) составляет около 2 000 человек, в том числе, 331 доктор наук и 1 123 кандидата наук.

В университете действуют 24, имеющие общероссийское и международное признание, научные школы, 115 кафедр, 8 диссертационных советов по 19 научным специальностям. РУТ (МИИТ) является обладателем 162 патентов, в том числе: 151 – Российская Федерация; 11 – зарубежных (в том числе 4 евразийских). В 2017 году общий объём выполненных научно-технических работ составил 872,5 млн. руб.

Университет является ведущим научным центром транспортной отрасли и осуществляет научную и инновационную деятельность по следующим основным направлениям, в том числе:

– подвижной состав железных дорог;

– автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте;

– электроснабжение железных дорог;

– путь и путевое хозяйство;

– цифровые технологии на транспорте;

– транспортное строительство;

– экология на транспорте и в городском хозяйстве.

В университете издаются научные журналы «Мир транспорта», «Наука и техника транспорта», «П.О.И.С.К.».

Крупными отечественными и зарубежными партнёрами вуза являются ОАО «РЖД», ЗАО «Трансмашхолдинг», Правительство Москвы, Комитеты Государственной Думы Российской Федерации по транспорту и образованию, Торгово-промышленная палата, ведущие железные дороги и университеты Азии и Европы.

Образовательный комплекс университета обладает современной учебно-научной и информационной базой, уникальными научно-образовательными центрами и лабораториями, оснащенными новейшими техническими средствами (в том числе не имеющими аналогов в других транспортных учебных заведениях), суперкомпьютером. В университете интенсивно развивается испытательный центр технических средств, имеющий государственную аккредитацию. В настоящее время этот центр обеспечивает реализацию всего спектра испытаний, в том числе сертификационных. Постоянное обновление и расширение парка испытательного оборудования позволяет университету расширять область аккредитации, проводить

испытания элементов пути, технических средств и элементов конструкций подвижного состава.

РУТ (МИИТ) гордится своими выпускниками – специалистами в области локомотивостроения. Многие из них стали ведущими учеными и организаторами транспортной отрасли. Результаты их деятельности нашли отражение в новых технических и организационных решениях в области тягового подвижного состава. Ученые университета постоянно принимают участие в развитии научно-технического прогресса в области локомотивостроения и локомотивного хозяйства, участвуют в решении актуальных задач. Только за последние 5 лет учеными университета выполнено научно-технических работ на сумму более 13 млн. руб.

Следует отметить, что учеными РУТ (МИИТ) проводились работы по всем направлениям научно-технической деятельности: фундаментальные и прикладные исследования, экспертные оценки и заключения, научно-техническое сопровождение.

Фундаментальные научные исследования выполнялись по таким важнейшим направлениям, как:

- методика оценки рисков в области функциональной безопасности движения поездов для Дирекции тяги;
- повышение безопасности движения длинносоставных тяжеловесных поездов применением интеллектуальной системы автоматического управления скоростью движения;
- создание системы защиты фидеров тяговой сети с однозначным определением рабочих и аварийных режимов на основе речевого анализатора токов и напряжений в реальном времени;
- анализ международного и российского опыта применения двигателей на постоянных магнитах на высокоскоростном подвижном составе для технико-экономического обоснования применения двигателей ДПМ на высокоскоростном подвижном составе для ВСМ 2.

Время доказало правильность принятого решения по организации тесного сотрудничества между РУТ (МИИТ) и группой компаний ЛокоТех-Сервис, являющейся одной из ведущих сервисных компаний мира, крупнейшей в локомотивном комплексе России. За последние 5 лет успешного сотрудничества:

- проведены первая и вторая международные научно-практические конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов» с изданием сборника трудов конференции (10 октября 2014 года и 14 октября 2015 года);
- выполнены работы по темам «Разработка математического аппарата и алгоритмов для анализа информации о процессе сервисного обслуживания локомотивов в рамках системы ЕСМТ» и «Разработка статистических методов управления надежностью локомотивов»;
- проведено обучение руководителей и специалистов ООО «ТМХ-Сервис» по программе дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) «Особенности организации системы эксплуатации и ремонта локомотивов» в объеме 80 часов;
- в 2014 году проведено обучение принимаемых на работу в ОАО «Желдорреммаш» офицеров военно-морского флота в отставке по программе профессиональной переподготовки «Стратегия и приоритетные направления развития локомотиворемонтного комплекса» в объеме 332 часа;
- в 2016 году проведено обучение директоров филиалов ООО ТМХ-Сервис» и локомотиворемонтных заводов по программе дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) «Современные подходы в управлении локомотиворемонтным предприятием» в объеме 82 часа;
- в 2018 году организована практика студентов специальности «Подвижной состав железных дорог» на предприятиях, входящих в группу компаний «ЛокоТех».

Уважаемые участники конференции. Сегодня вы имеете уникальную возможность поделиться со своими коллегами достигнутыми результатами, обсудить наиболее актуальные проблемы, определить пути дальнейшего сотрудничества и движения вперед. И хочется надеяться, что движение будет не поступательным, а прорывным. Не вызывает сомнений тот факт, что конференция пройдет в деловой конструктивной обстановке, а ее итоги придадут новый импульс научно-техническому развитию железнодорожного транспорта в области тягового подвижного состава.

В.И.КОЛЕСНИКОВ

РОЛЬ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТА



КОЛЕСНИКОВ Владимир Иванович,
д. т. н., профессор, академик РАН,
Президент Ростовского государственного университета путей сообщения
(РГУПС, г. Ростов-на-Дону)

Для преодоления экономического и технического отставания России от постиндустриальных держав необходимо в первую очередь создать условия для развития тех отраслей, которые в самые короткие сроки способны дать максимум эффективности. В этом смысле огромная территория и местоположение нашей страны как естественного моста между целыми континентами резко повышают значение железнодорожных путей сообщения.

В этой связи, когда речь идет о реальной разработке государственного курса на реализацию такого грандиозного проекта, как высокоскоростная компонента железнодорожных магистралей, необходимо появление соответствующих условий и технологий. В решении этих задач важная роль принадлежит высшей школе, обеспечивающей не только воспроизводство интеллектуального потенциала нации, но и в целом международную конкурентоспособность и национальную безопасность России. И здесь, конечно, важна мобилизация наших вузовских, отраслевых и академических ресурсов, которая может привести не только к повышению качества образования, но и развитию внутри страны высоких технологий, знаний и навыков.

Сегодня повсеместно признается, что наша традиционная система образования находится в состоянии реформирования. При этом очевидно, что трудности, которые переживает система образования, - лишь часть глобального

цивилизационного кризиса. Человечество вступило, по выражению Эрвин Ласло, в «эпоху бифуркаций, порожденную интерференцией многих циклических социокультурных процессов на неустойчивой границе самоистребления». Нынешний этап развития цивилизации характеризуется наличием ряда кризисов: экономического, экологического, энергетического, информационного, а также обострением социальных и национальных конфликтов.

Возможность успешного преодоления этих кризисов и конфликтов во многом определяется уровнем образованности и качеством образования.

Главное условие высокого качества образования, его краеугольный камень – фундаментальность, которая всегда была признанным достижением отечественной системы образования. Она и сегодня является основополагающим фактором его успешного развития в условиях научно-технологического прогресса. При этом приоритетное внимание университеты должны уделять естественнонаучной и математической подготовке, не умаляя значения гуманитарного цикла.

Современный уровень развития науки требует от образования преодоления разрыва между естественнонаучными и социально-гуманитарными областями знания. Междисциплинарность становится вторым важным фактором повышения качества образования. Междисциплинарные курсы должны стать обязательным элементом образовательных программ и учебных планов.

Необходимым условием повышения качества образования является эффективное использование новых средств обучения. Экспоненциальное развитие информационных технологий приводит к их массовому внедрению в образовательный процесс. Целенаправленное использование инновационных информационных технологий – императив современного образования.

И уже вслед за информационными технологиями появились нанотехнологии. Играя столь же важную надотраслевую роль, как информационные технологии, нанотехнологии, в отличие от первых, материальны, так как открывают принципиально новые возможности получения конструкционных, фрикционных и антифрикционных композиционных материалов.

В президентской инициативе развития нанотехнологий в Российской федерации речь идет о решении двух принципиальных задач. Первая задача состоит в совершенствовании технологий получения исключительно новых материалов путем атомно-молекулярного конструирования. Вторая, более

сложная задача - достичь в технологических приборах, того совершенства, которое заложено в человеческом организме. В основе этого подхода лежит сближение и взаимопроникновение «неорганики» и биоорганического мира живой природы, как наивысшего технологического достижения современности на основе нанобиотехнологий. Сама логика развития науки приводит нас к необходимости объединения наук физики, биологии, химии, математики и технических.

Необходимо при этом учитывать, что, даже имея самые технологически передовые электронные образовательные ресурсы, добиться повышения качества образования, мы не сможем без живого, непосредственного общения студента с преподавателем. Человеческий фактор в обучении незаменим, поэтому психолого-педагогическая подготовка в высшей школе – одна из насущных задач современности.

Помимо повышения качества образования, на Высшей транспортной школе лежит не менее важная задача – научить учиться студента всю жизнь, так как в сегодняшнем динамичном, быстро изменяющемся мире стоит на минуту остановиться и отстанешь на всю жизнь. Для решения этой задачи необходимы согласованные действия и координация усилий не только внутри вузовского сообщества, но и между академическими и отраслевыми школами.

Если говорить конкретно о таком сотрудничестве в создании прорывных технологий на железнодорожном транспорте, то здесь, на наш взгляд, крайне важно сосредоточить внимание на следующих моментах:

а) необходимость концентрации ресурсов на приоритетных направлениях развития железнодорожной техники и технологий. Следует четко определить приоритеты, расширить проектное финансирование научных исследований – причем, перейти от финансирования организаций к финансированию научных проектов, вести разработку крупных долгосрочных научно-технических программ.

б) создание на базе вузов научных центров по передовым для них направлениям для концентрации ресурсов и повышения эффективности вузовской науки.

в) интеграция вузов в области научной деятельности. Возможные формы – подготовка кадров высшей квалификации для других вузов согласно заявкам, введение в практику работы распределённых научных школ, не ограниченных территориальными рамками или интересами конкретной организации, на базе нескольких вузов и НИИ. Для реализации этих предложений сегодня, благодаря средствам телекоммуникаций, ресурсам и технологиям сети Интернет, созданы

хорошие предпосылки. Особенно важным является объединение потенциала вузов в области научно-лабораторной базы.

г) интеграция железнодорожных вузов с отраслевыми НИИ и академическими институтами. Это резерв, который не требует особых вложений, но может дать значительный эффект. Работу можно и нужно вести по таким направлениям, как:

- формирование базовых кафедр вузов в отраслевых институтах;
- возрождение отраслевых лабораторий в вузах, которые в прежние времена давали большой эффект, а в нынешних условиях на эти научно-исследовательские подразделения можно возложить, в том числе, решение задач по разработке критических транспортных технологий, финансируя их из бюджетных источников;
- реализация программ поддержки со стороны бизнеса молодежных исследовательских коллективов и студенческих конструкторских бюро в вузах с привлечением к их работе ведущих ученых вузов, академических и отраслевых НИИ;
- развитие системы подготовки кадров высшей квалификации для отраслевых НИИ через аспирантуры и докторантуры вузов. Интеграция с академической наукой предусматривает в первую очередь объединение ресурсов для решения фундаментальных задач.

д) подготовка специалистов нового формата. Для инновационного развития экономики необходимы четыре ключевых фактора: кадры для инновационной деятельности, идеи, составляющие ее основу и содержание, востребованность инновационных разработок экономикой, инновационная инфраструктура. Необходимо разграничить понятия «научный процесс создания инноваций» и «инновационный процесс» как таковой. Во втором случае речь идет о других инструментах и других принципах и основах, а также совершенно других людях. В связи с этим необходимо решить актуальный вопрос подготовки соответствующих кадров. Современную технику можно приобрести, но специалистов в области инновационного менеджмента необходимо вырастить и воспитать. Уже сегодня следует принять решения по организации подготовки кадров для управления процессами взаимодействия между бизнесом, с одной стороны, и научно-образовательными учреждениями – с другой. При этом бизнес, безусловно, должен принимать участие в формировании требуемых ему образовательных стандартов (через соответствующие учебно-методические организации).

Н.Л.МИХАЛЬЧУК

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЯГИ ПОЕЗДОВ В ОАО «РЖД»



Михальчук Николай Львович,
к.т.н., заместитель начальника
Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД»

Одним из стратегических приоритетов государственной бюджетной политики является повышение эффективности и снижение зависимости от субсидий ключевых государственных монополий. Для всех участников отрасли важно установление долгосрочных условий деятельности.

Повышение эффективности ОАО «РЖД» в рамках сформированной модели рынка грузовых перевозок возможно при условии устойчивости и обеспечении баланса интересов ее основных участников (Государство, ОАО «РЖД», Потребители услуг ж.д. транспорта, Производители подвижного состава, Операторы вагонного парка, Инвесторы в подвижной состав и инфраструктуру).



Рисунок 1 *– Обеспечение баланса интересов основных участников рынка грузовых железнодорожных перевозок*

Проведенными исследованиями, отмечено, что по локомотивному хозяйству приоритетными к реализации являются задачи повышения технологической эффективности использования всех ресурсов (повышение производительности), а также снижения стоимости их содержания. В этом плане Дирекция тяги, как филиал ОАО «РЖД» - балансодержатель парка тягового подвижного состава компании зависит от двух составляющих: объем грузовых перевозок и уровень развития технологий.



Рисунок 2 *– Перспективные полигоны обращения грузовых поездов*

Основные мероприятия по развитию сети железных дорог компании сформированы с учетом реализации программ: развития тяжеловесного движения; повышения скоростей движения поездов; развития скоростного и высокоскоростного пассажирского движения; комплексных инвестиционных проектов развития Восточного полигона; развития подходов к портам Юга и Северо-Запада России; электрификации и развития энергетического хозяйства ОАО «РЖД»; строительства новых железнодорожных линий, в т.ч. Северного широтного хода; обходов Краснодарского и Саратовского железнодорожных узлов; транспортных переходов через проливы Невельского, Керченский и др.

С целью оптимизации инвестиционных затрат и исключения капиталоемких мероприятий, сформированы основные направления обращения грузовых поездов повышенной массы, разработаны схемы по переключению поездопотоков между параллельными ходами на основе распределения провозных мощностей инфраструктуры.

В период до 2030 г., предусматривается строительство 5,4 тыс.км дополнительных главных путей, оборудование 2,1 тыс.км пути автоблокировкой, электрификация 5,5 тыс.км участков (включая направление

Ожерелье – Узловая – Ефремов, линии Таманского полуострова, линии Ртищево – Кочетовка, а также линии Трубная – Аксарайская, участков Байкало-Амурской магистрали).



Рисунок 3 *– Перспективные объёмы грузов*

Согласно прогнозам Института экономики и развития транспорта на период до 2025 года ожидается существенный рост грузопотоков в направлениях портов Северо-Запада России, Азово-Черноморского бассейна и Восточного полигона.

Таблица 1 *– Целевые показатели Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года*

Показатель	**Факт 2017 г.**, млрд. т-км брутто	**Факт 9 мес.2018 г.**, млрд. т-км брутто	**План 2025 г.**, млрд. т-км брутто	**Изменение** (2025/2017)
Объём работы (*в границах лок.бригад*), *млрд. т-км брутто*	3 793,5	**3 451,6**	6 253,4	+ 41%
Среднесуточная производительность локомотива рабочего парка, *тыс.ткм бр/сут*	2 135	**2 142**	2 395	+ 12,2%
Темп роста производительности труда	x	**105,2%**	105% *(ежегодно)*	+ 48,3%
Удельный расход: -электроэнергии на тягу поездов, *кВтч/изм.*	103,4	**102,3**	100,4	-2,9%
- топлива на тягу поездов, *кг у.т./изм.*	55,0	**55,0**	49,8	- 11,1%

В связи с этим Дирекция тяги прорабатывает оптимальные соотношения баланса локомотивного парка, распределения новых локомотивов и развитие деповской инфраструктуры ремонтного комплекса.

В соответствии с заданиями по повышению эффективности деятельности, поставленными Правительством Российской Федерации [1] перед нашей Компанией, и вошедшими в долгосрочный план развития ОАО «РЖД» до 2025 года нам необходимо существенно пересмотреть технологию работы локомотивного комплекса для достижения следующих ключевых параметров эффективности: увеличение производительности локомотива на 12,2% при росте объема работы на 41% и одновременном сокращении неэксплуатируемого парка на 1614 ед., что напрямую зависит организации системы ремонта локомотивов. Второе - ежегодное повышение на 5% производительности труда на перевозках с выходом к 2025 году на показатель +48% к уровню 2017 года.

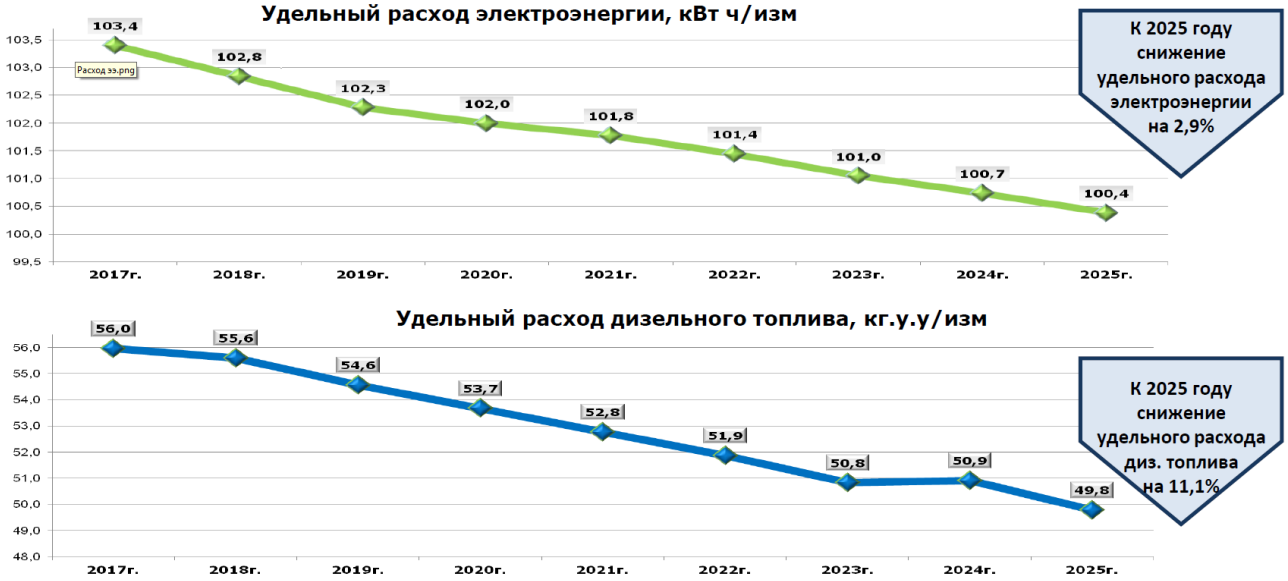


Рисунок 4 *– Основные задачи по повышению эффективности работы локомотивного комплекса, заложенные в долгосрочном плане развития до 2025г.*

Необходимо существенно снизить уровень энергоемкости перевозок: снизить удельный расход электроэнергии на 2,9 % (со 103,4 кВт·час на 10 тысяч тонно-километров брутто в 2017 году до 100,4 в 2025 году); снизить удельный расход дизельного топлива на 11,1% (с 56 кг. условного топлива на 10 тысяч тонно-километров брутто в 2017 году до 49,8 в 2025 году).

Достижение поставленных целей невозможно без инновационного развития, внедрения новых и совершенствования существующих технических средств и технологий.

С середины прошлого века началась массовая электрификация железных дорог, и была обусловлена экономическими эффектами. В настоящее время развернутая длина электрифицированных путей составляет 50,8% от эксплуатационной длины железных дорог.

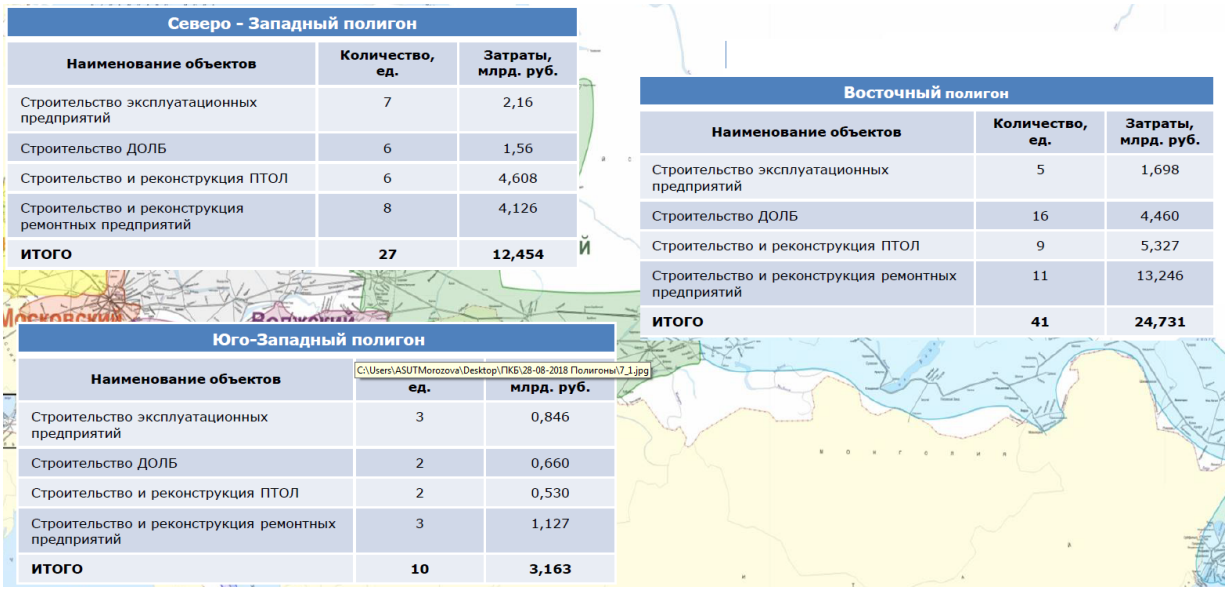
Таблица 2 *– Электрификация железнодорожных линий до 2025 г.*

Перспектива электрификации железнодорожных линий до 2025 года								
7	ОКТ	39	Котлы - Калище	Калище - Котлы	19,6	0,2	0,2
8	ОКТ	35	Веймарн - Ивангород-Нарв.	Веймарн - Ивангород-Нарвский	4,6	5,7	5,9
9	Ю-ВОСТ	262	Ртищево I - Кочетовка I	Ртищево (Ртищево I) - Тоновка	39,4	44,8	51
				Тоновка - Тамбов I	39,4	44,9	50,9
				Тамбов I - Мичуринск (Турмасово)	40,6	46,1	52,3
10	ПРИВ	52	Обход Саратовского узла	Липовский - Курдюм	2,0	59,9	52,6
				Татищево - Раз 33 км	0	18,3	19,2
				Курдюм - Раз.33 км	0	59,9	52,6
				Раз.33 км - Раз. 8 км	0	78,2	71,8
				Раз. 8 км - Ивановский	0	78,2	68,4
				Раз. 8км - Буркин	0	0	3,4
11	МОСК	306	Ожерелье - Узловая - Елец	Ожерелье - Венёв	12	14,9	32,1
				Венёв - Узловая (пост 205 км)	12	15	32,2
				Узловая (Узловая III) - Волово	14,1	13	14,7
				Волово - Ефремов	13,9	12,6	14,2
				Ефремов - Елец	12,8	12,3	13,7
12	Ю-ВОСТ	86	Стойленская - Сараевка	Стойленская (Стойленская парк "А") - Лебеди (Губкин)	6	7,1	7,8
				Лебеди (Губкин) - Сараевка	4,7	4,8	5,1
23	ДВОСТ	782	Волочаевка II - Советская Гавань-Сортировочная	Мылки - Волочаевка (Волочаевка II)	50,4	24,5	29,0
				Комсомольск-на-Амуре (Комсомольск-Сортировочный) - Мылки	25,5	24,9	29,4
				Селихин - Комсомольск-на-Амуре (Пивань)	24,9	42,8	64,4
				Высокогорная - Селихин		42,6	64,2
				Ванино (Дюанка) - Высокогорная	27,8	42,9	64,6



Рисунок 5 *– Основные задачи по повышению эффективности работы локомотивного комплекса, заложенные в долгосрочном плане развития до 2025 года*

При этом выбор между электро- и тепло- тягой поездов на конкретном участке сети обусловлен, прежде всего, технической возможностью электрификации и экономической эффективностью организации перевозок по типам тяги, а не неким трендам. Электротяга показывает значительные эффекты на высоконагруженных линиях, при этом на линиях где объем работы относительно незначительный оптимальным вариантом является использование тепловозов. Наряду с экономией топлива необходимо также решать и технологические задачи, которые позволят достичь поставленных стратегических целей ДПР.



Северо - Западный полигон

Наименование объектов	Количество, ед.	Затраты, млрд. руб.
Строительство эксплуатационных предприятий	7	2,16
Строительство ДОЛБ	6	1,56
Строительство и реконструкция ПТОЛ	6	4,608
Строительство и реконструкция ремонтных предприятий	8	4,126
ИТОГО	**27**	**12,454**

Восточный полигон

Наименование объектов	Количество, ед.	Затраты, млрд. руб.
Строительство эксплуатационных предприятий	5	1,698
Строительство ДОЛБ	16	4,460
Строительство и реконструкция ПТОЛ	9	5,327
Строительство и реконструкция ремонтных предприятий	11	13,246
ИТОГО	**41**	**24,731**

Юго-Западный полигон

Наименование объектов	ед.	млрд. руб.
Строительство эксплуатационных предприятий	3	0,846
Строительство ДОЛБ	2	0,660
Строительство и реконструкция ПТОЛ	2	0,530
Строительство и реконструкция ремонтных предприятий	3	1,127
ИТОГО	**10**	**3,163**

Рисунок 6 *– Реконструкция и обновление объектов инфраструктуры по основным направлениям*

Более подробно, инициативы раскрыты в соответствующих программах: обновление подвижного состава; развитие деповской инфраструктуры – строительство, реконструкция и оснащение объектов эксплуатационного комплекса, развитие ПТОЛ, обновление объектов локомотивного деповского хозяйства – всего более 160 объектов; перевод 10 982 человек на вождение поездов машинистом без помощника в грузовом движении.

В период до 2020 года инвестиционной программой Дирекции тяги учтено развитие и строительство 78 объектов на общую сумму более 40,348 млрд руб., в том числе: Восточный полигон – 41 объект на сумму 24,7 млрд руб.; Северо-Западный полигон – не включая, Северный широтный ход, 27 объектов на сумму 12,454 млрд руб.; Юго-Западный полигон – 10 объектов на сумму 3,1 млрд руб. Дополнительно ежегодно реализуются мероприятия по выполнению капитального ремонта объектов инфраструктуры, обновлению технологического оборудования. В результате нам важно заложить фундамент внедрения новейших разработок по диагностике локомотивов и его оборудования, что позволит перейти на предиктивную модель работы.

Новый подвижной состав и развитие эксплуатационной инфраструктуры обеспечат освоение возрастающих объемов перевозок. Необходимо продолжать работу над совершенствованием конструкции и технических характеристик поставляемых локомотивов. Для этого сформированы требования к новым локомотивам. Задача научного сообщества и изготовителей обеспечить надежность и энергоэффективность выпускаемой продукции с учетом стратегических целей ОАО «РЖД».



***Рисунок 7** – Современный формат технических требований к ТПС*

Определён базовый набор технических требований для поставляемых локомотивов. Основные заложенные принципы - это надежность,

эффективность и автоматизация. Реализация данных направлений должна повысить эффективность на 10-12% до 2025 года. 22.06.2018 в Дирекции тяги совместно с машиностроительными компаниями проведено заседание секции НТС, на которое все предъявляемые требования объединены в 3 основных группы с пятилетним горизонтом реализации.

Таблица 3 *– Целевые технологические индикаторы развития ТПС*

2020 год	2025 год	2030 год
Планово предупредительная система ремонта	Планово предупредительная система ремонта с адаптивным подходом к ремонту отдельных узлов	Обслуживание по техническому состоянию
Снижение трудозатрат на ремонт, демонтаж и монтаж оборудование на 15%	Снижение трудозатрат на ремонт, демонтаж и монтаж оборудование на 25%	Снижение трудозатрат на ремонт, демонтаж и монтаж оборудование на 25%. Обеспечение сменяемости оборудования по сроку службы без ремонта
Нагрузка на ось 25 тонн	Нагрузка на ось 27 тонн	Нагрузка на ось 30 тонн
Бесколлекторные или коллекторные тяговые электродвигатели	Бесколлекторные тяговые электродвигатели	
Управление в одно лицо	Машинист-оператор наблюдает за корректностью работы автоматической системы управления	Управление локомотивом без машиниста
Комплекс БЛОК-М для всех типов подвижного состава	Интеграция системы безопасности в многофункциональную систему управления.	Переход единой многофункциональной системы управления и обеспечения безопасности на требование SIL 4
Минимизация органов управления, оптимизация системы отображения информации	Приборы управления только для экстренных ситуаций Управление сводится к наблюдению за автоматическим ведением и диагностикой локомотива	Передвижение локомотивов отслеживается и управляется оператором со стационарного рабочего места

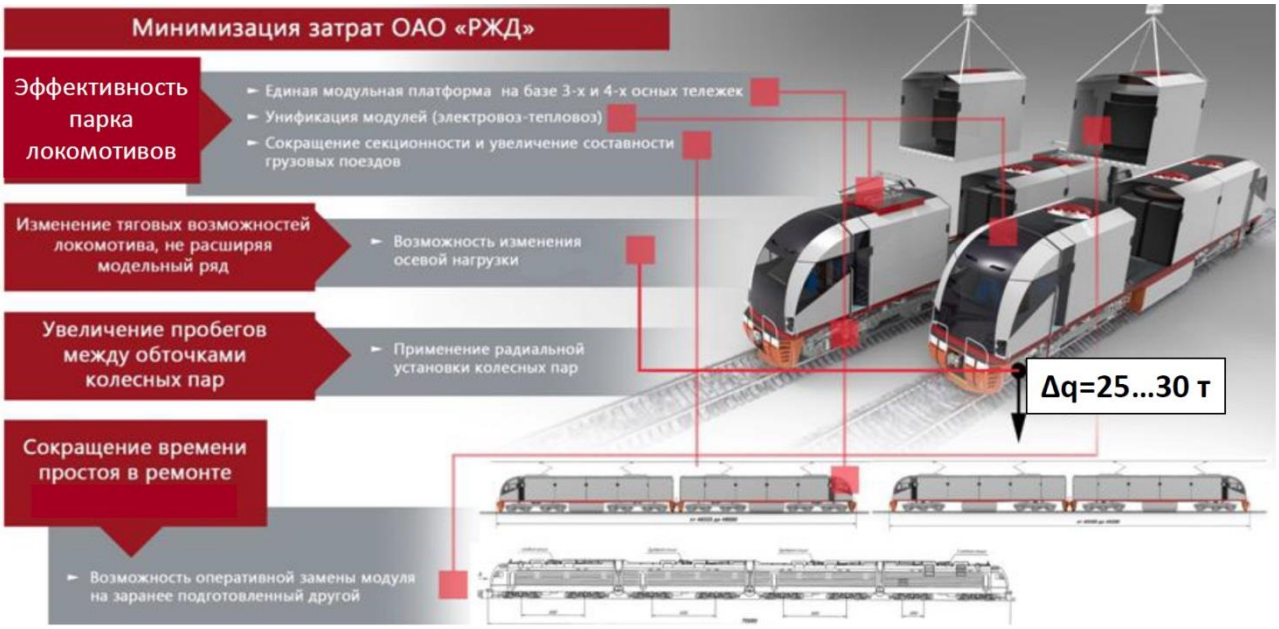


Рисунок 8 *– Концептуальная платформа тягового подвижного состава*

Рассматриваются три функциональных модели управления магистральным локомотивом: традиционная с машинистом и помощником машиниста локомотива; 2025 год - управление локомотивом в одно лицо (малолюдная модель) и планово-предупредительная система ремонта с адаптивным подходом к ремонту отдельных узлов - машинист-оператор наблюдает за корректностью работы автоматической системы управления; 2030

год - безлюдная с автоматическим/дистанционным управлением локомотивом и обслуживанием по техническому состоянию.

При разработке концептуальной платформы тягового подвижного состава компания исходит из принципа минимизации затрат на владение и использование локомотивного парка. Так, единая модульная платформа должна быть построена на базе 3-х и 4-х осных тележек. Так же должна быть предусмотрена унификация самих модулей (электровоз-тепловоз).

В итоге ОАО «РЖД» планирует получить сокращение секционности и увеличение составности грузовых поездов с возможностью дистанционного и автоматизированного управления локомотивом.

Основные цели проекта «Умный локомотив»:

1. Снижение содержания локомотивного парка ОАО "РЖД" за счет надежности и эффективности использования локомотивов.
2. Исключение ошибочных действий локомотивной бригады. Снижение потерь ОАО "РЖД" из-за сбоев/отказов локомотива.
3. Повышение производительности труда за счет автоведения и беспилотного вождения.

Задачи перед локомотивным комплексом стоят более чем амбициозные. Поэтому для их достижения жизненно необходимо наладить конструктивный, партнерский диалог между Дирекцией тяги, заводами – изготовителями, сервисными компаниями и отраслевыми университетами.



Рисунок 9 *– Организация научно-технического развития ОАО «РЖД»*

Основные цели создания «Умного локомотива»

1	Снижение содержания локомотивного парка ОАО "РЖД" за счет надежности и эффективности использования локомотивов
2	Исключение ошибочных действий локомотивной бригады. Снижение потерь ОАО "РЖД" из-за сбоев/отказов локомотива
3	Повышение производительности труда за счет автоведения и беспилотного вождения



Таблица 4 – Концепция «Умный локомотив»

1	*Управление распределенной тягой*	*Дистанционный мониторинг инфраструктуры для обеспечения безопасности при ведении поезда, контроля состояния подвижного состава, инфраструктуры (пути, контактной сети)*	3 *Управление локомотивом в одно лицо*
	Адаптивный выбор оптимально необходимого количества тяговых электродвигателей на тягу поездов		*Дистанционное управление автосцепными устройствами из кабины*
	Интеллектуальное управление энергетической эффективностью локомотива на стоянке	*Обеспечение взаимодействия с системами интервального регулирования движения поездов без светофоров с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала*	*Автоматическое опробование тормозов в пути следования*
2	*Информирование машиниста об условиях следования поезда и состояния основных систем*	*Алгоритмические защиты от недопустимых режимов эксплуатации*	*Дистанционное управление локомотивом. Следование локомотива с грузовым поездом без машиниста*
	Контроль состояния и параметров бортового оборудования без участия человека	*Дистанционная передача информации о работе локомотива и всех его систем в единое хранилище данных на сервер взаимодействия с подвижным составом*	*Управление автоматической сцепкой с составом*
	Прогноз остаточного ресурса или пробегов/часов эксплуатации комплектующего оборудования	*Информационная защита данных, безопасное взаимодействие с внешними системами*	*Автоматическая предрейсовая подготовка локомотива без машиниста*
	Управление движением поезда на основе спутниковых технологий и автоматической идентификации подвижного состава, с учетом информации полученной от систем диспетчерской централизации	*Автоматическая реконфигурация системы, исходя из общего состояния оборудования, с учетом информации о предотказных состояниях*	*Дистанционное управление локомотивом. Следование локомотива в автоматическом режиме под поезд без машиниста*

Ежегодно Дирекцией тяги направляются уведомления о приоритетных направлениях научно – исследовательских и опытно конструкторских работ.

Необходимо отметить, что в соответствии с нормативными требованиями исполнитель выбирается по результатам проведения конкурсных процедур (открытый конкурс, открытый аукцион, запрос котировок и т.д.).

В период с 2011 по 2017 г. реализовано по плану научно-технического развития Компании 9 работ, при этом необходимо отметить, что доля участия ВУЗов в научных работах по заказу Компании снижается.

Одной из причин можно отнести низкую активность участия университетов в открытых конкурсных процедурах.

Для дополнительного вовлечения университетов Дирекция тяги готова рассматривать направляемые заявки в течение года и инициировать их включение на разных стадиях реализации в план научно-технического развития Компании. Дополнительно, участие университетов к выполнению НИОКР возможно в рамках ежегодного конкурса на предоставление грантов для молодых ученых и молодежный конкурс проектов «Новое звено».

При формировании предложений приоритет отдается работам, ориентированным на достижение стратегических задач долгосрочной программы развития Дирекции, а именно:

- разработка и внедрение автоматических систем и высокопроизводительных технологий обеспечивающих повышение производительности труда;
- создание новых и совершенствование существующих моделей локомотивов с улучшенными тягово-энергетическими характеристиками;
- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов;
- разработка и внедрение цифровых технологий и информационно – управляющих систем в ТОиР тягового подвижного состава, стационарных и бортовых систем диагностики;
- разработка и внедрение технологии применения альтернативных источников энергии.

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.09.2018 № 2101-р. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года.

С.А.БОГИНСКИЙ

ЗАДАЧИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОАО «РЖД» И СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЙ



БОГИНСКИЙ Сергей Антонович,
заместитель начальника
Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД»

Более четырёх лет минуло с момента перевода локомотивов собственности ОАО «РЖД» на полное сервисное обслуживание. Такой срок позволяет оценить его качество для дальнейшего совершенствования взаимодействия между ОАО «РЖД» и сервисными компаниями, повышению уровня содержания локомотивов в эксплуатации и их надёжности.

Приведу некоторые показатели работы сервисных компаний, на которые обращу особое внимание представителей научных организаций.

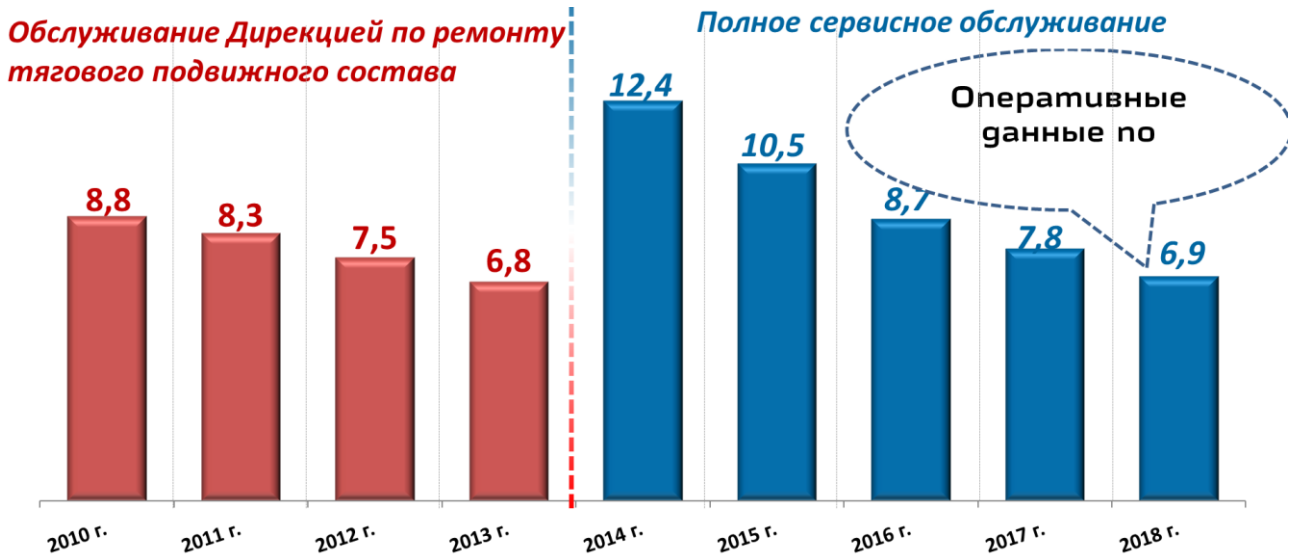
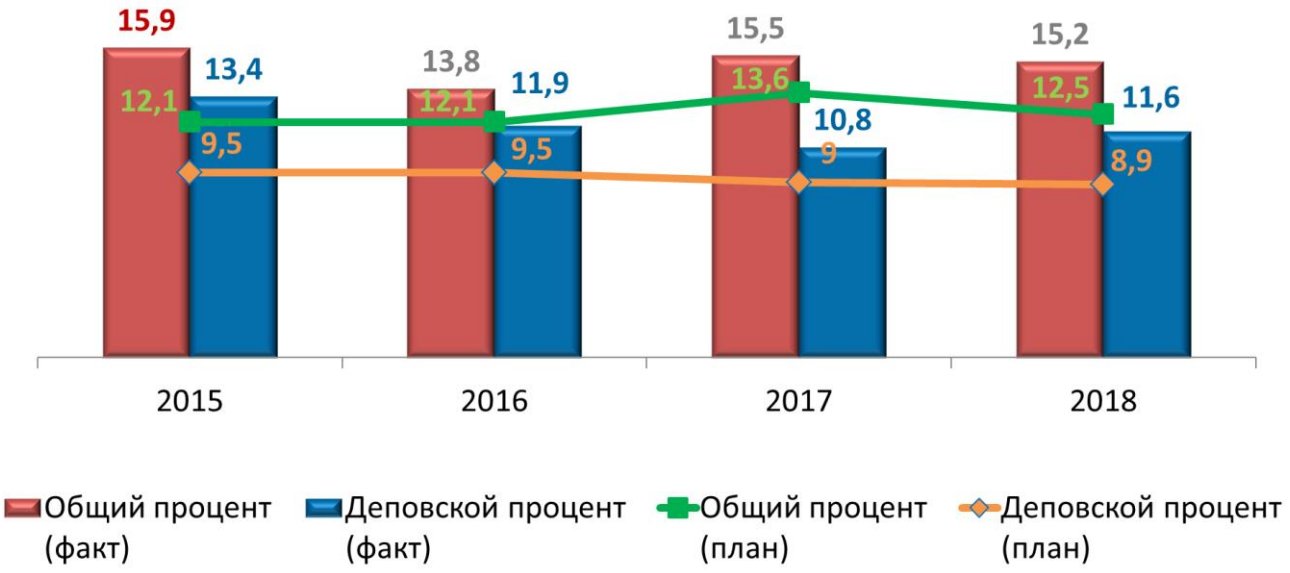


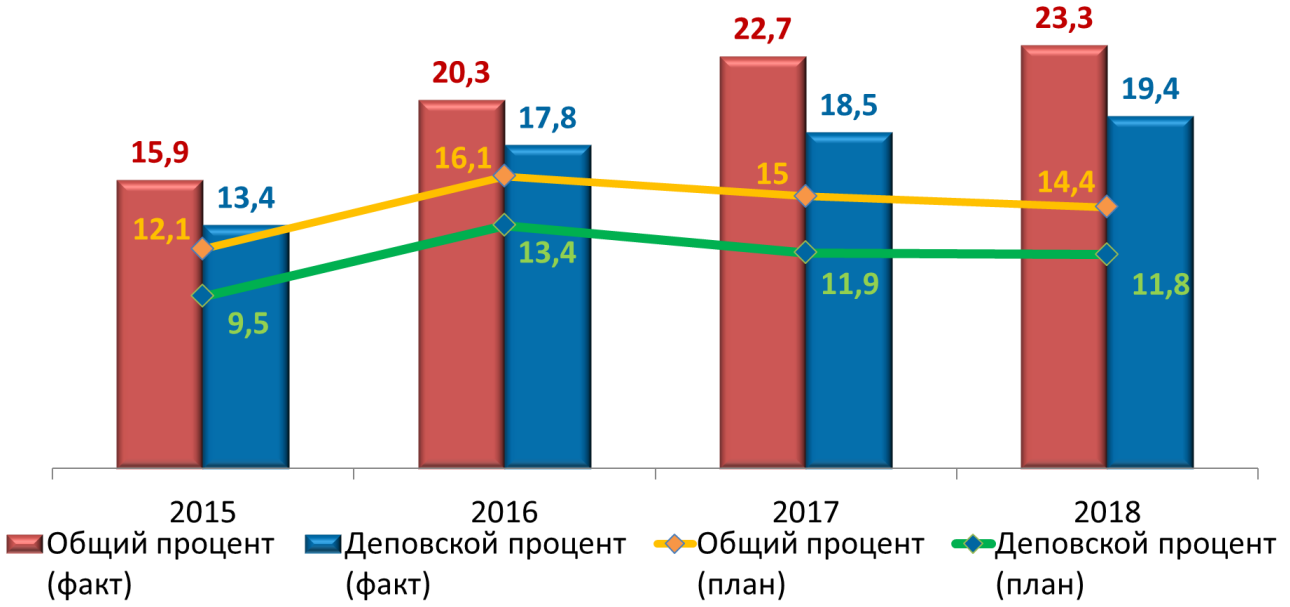
Рисунок 1 *– Распределение отказов 1, 2 категории в локомотивном комплексе в период 2010–2018 гг. на 1 млн км пробега по ответственности ЦТР и сервисных компаний*

Динамика изменения количества отказов локомотивов, приходящихся на 1 млн. км общего пробега по ответственности Дирекции по ремонту тягового подвижного состава и сервисных компаний с 2010 по 2018 год показывает, что до настоящего времени не достигнут показатель, от которого сервисные

компании «оттолкнулись» в 2014 году (6,9 отказа на 1 млн. км пробега против 6,8 в 2013 году). Необходимо отметить, что техническими условиями на новые локомотивы предусмотрено количество отказов 1 и 2 вида не более 2,0 на 1 млн. км общего пробега, или в 3,5 раза ниже достигнутого в 2018 году значения. На мой взгляд, это важнейший показатель работы сервисных компаний, на который следует обратить внимание нашей отраслевой науки, поскольку он «подтягивает» за собой все остальные качественные показатели, включая затраты ОАО «РЖД», и недополучение прибыли сервисными компаниями.



а *– электровозы*



б *- тепловозы*

Рисунок 2 *- Динамика процента неисправных 2015-2018 гг.*

Динамика изменения деповского и общего процента неисправных локомотивов не претерпела позитивных изменений с 2015 года: заданный процент неисправных не выполняется как по электровозам, так и по тепловозам, при этом по тепловозам допущен рост обоих показателей, а по электровозам динамика носит разнонаправленный несущественный характер. Следует понимать, что превышение деповского процента неисправных к плану требует пересодержания 178 электровозов и 234 тепловозов (в тяговых единицах). Потери ОАО «РЖД» на содержание данного количества локомотивов составляют 2,3 млрд рублей в год.

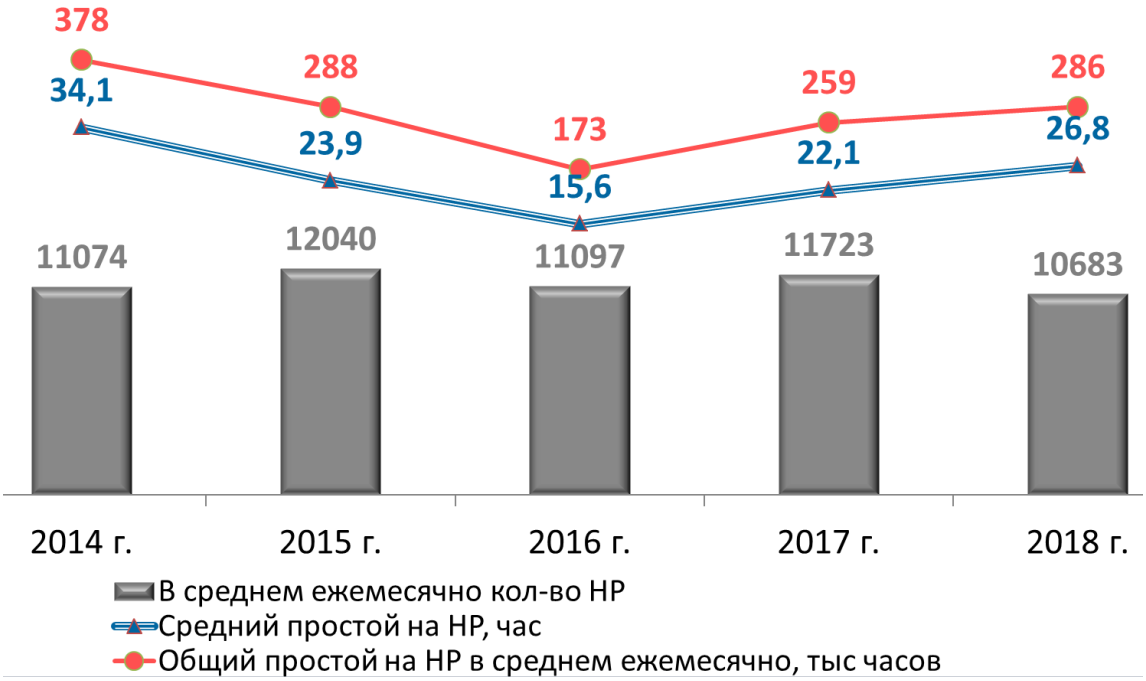


Рисунок 3 *– Динамика неплановых ремонтов за период с 2014 по 2018 года*

Несмотря на снижение количества неплановых ремонтов, общий простой локомотивов в них продолжает расти вследствие увеличения простоя: так, среднемесячное количество часов простоя в неплановых ремонтах в течение 2018 года составило 286 тыс. часов, и имеет перманентную тенденцию к росту, начиная с 2016 года. Локомотивы, находящиеся в неплановом ремонте, составляют большую часть в проценте неисправных.

Существуют проблемы с размещением локомотивов на заводские ремонты, которое ограничено производственными мощностями локомотиворемонтных заводов. В 2018 г. при потребности в заводских ремонтах 4052 конструктивных единицы, размещено 2049 конструктивных единиц. Необходимы научные разработки по увеличению производительности локомотиворемонтных заводов при одновременном повышении качества ремонтов.



Рисунок 4 *– Программа капитальных (КР) и средних (СР) ремонтов с учётом мощностей локомотиворемонтных заводов (констр. единиц)*

Коэффициент готовности локомотива к эксплуатации в период с 2015 по 2018 годы представлен на Рис.5: достижение целевых показателей коэффициента готовности к эксплуатации в период с 2019 по 2021 год в соответствии с дополнительным соглашением № 10 от 01.03.2018 (подписанным на основании решений, закреплённых в Меморандуме от 29 декабря 2017 г. №278 «О взаимном сотрудничестве ОАО «РЖД», АО «Желдорреммаш», ООО «ЛокоТех-Сервис» в области обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД») требует со стороны ООО «ЛокоТех-Сервис» высокой концентрации усилий.

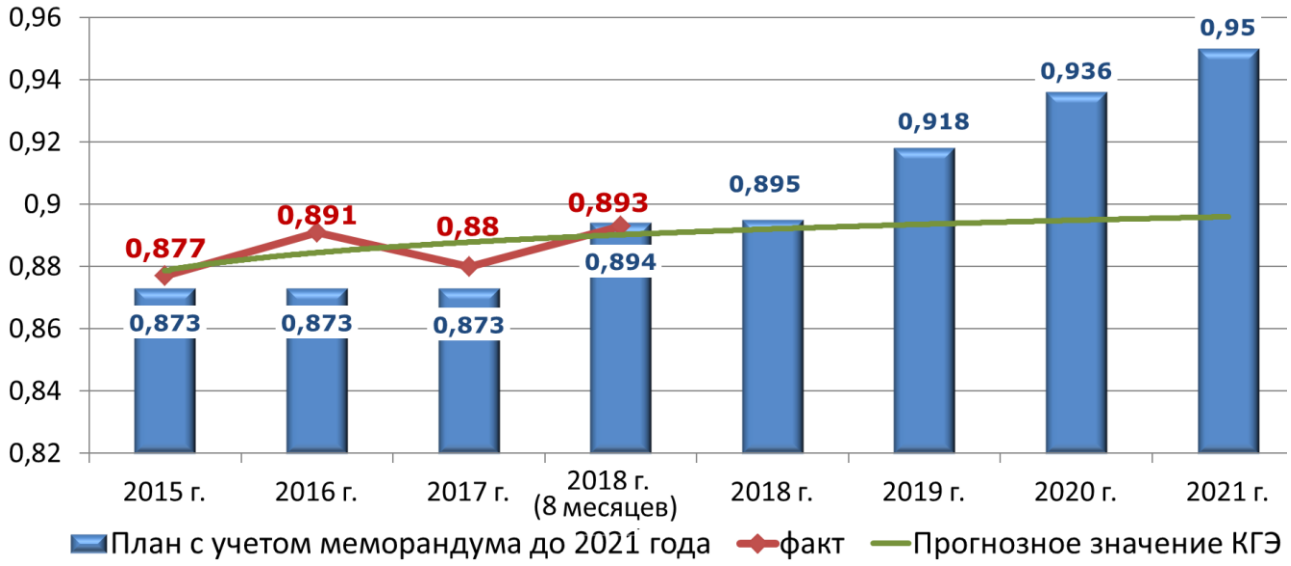


Рисунок 5 *- Динамика коэффициента готовности к эксплуатации по ООО «ЛокоТех-Сервис»*

В то же время, ОАО «РЖД» в полной мере обеспечивает свои обязательства перед сервисными компаниями. Оплата работ, выполненных в рамках сервисного обслуживания выполнена в установленные договором на сервисное обслуживание сроки; при этом стоимость выполненных работ в период с 2015 по 2018 г. возросла на 26,2% (с 68,3 до 86,2 млрд рублей в год). Дирекция тяги в полной мере обеспечивает выделение денежных средств на закупку линейного оборудования по обеим программам.

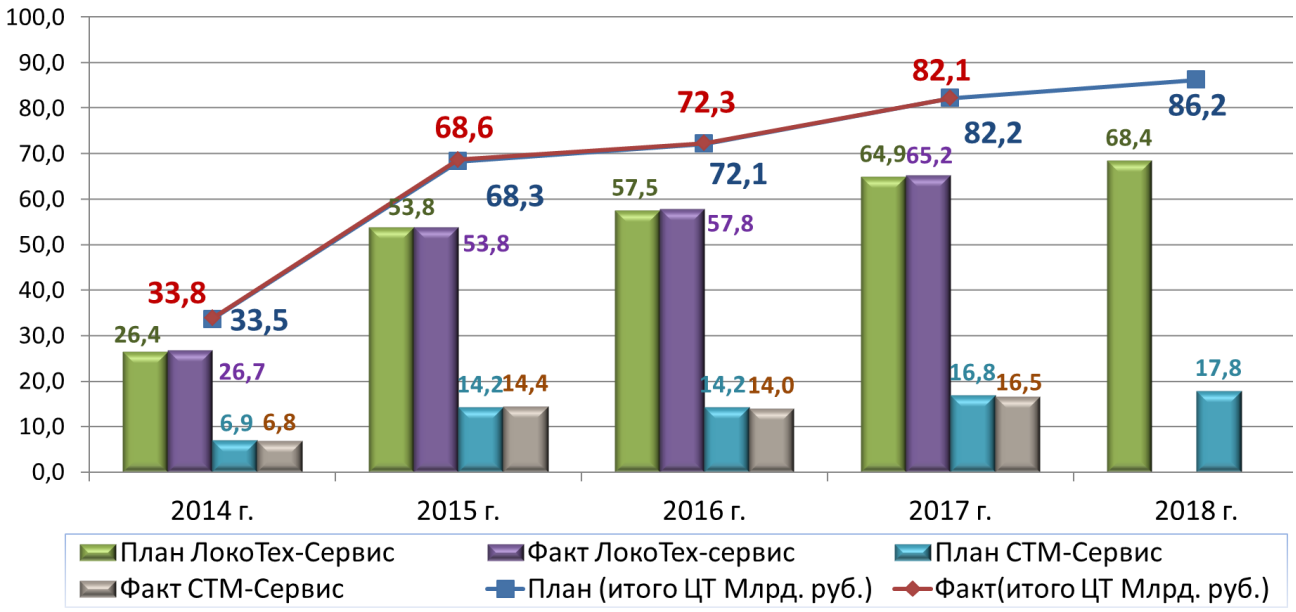


Рисунок 6 *- Динамика затрат на сервисное ТОиР локомотивов*

Существенное влияние на качество эксплуатационной работы оказывают проблемы локомотивов конструкционного характера. К числу проблемных локомотивов относятся тепловозы серии ТЭП70 с точки зрения повышения надёжности силового электрооборудования (главных генераторов), электровозы 2ЭС6 (моторно-осевые подшипники, тяговые электродвигатели), дизели Д49 (цилиндропоршневая группа, редуктор привода распределительных валов, выхлопные коллекторы, турбокомпрессоры), и ряд других моментов, которые будут озвучены в ходе конференции. Необходимо обратить внимание отраслевой науки на проблему взаимодействия колеса и рельса в части повышения ресурса бандажа, и, в первую очередь, на локомотивах 2ЭС10, 2ЭС6.

Надеюсь, что ответы на обозначенные мной вопросы, а также решение других проблем сервисного обслуживания локомотивов позволит получить третья международная научно-практическая конференция «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов».

К.Ю.НИКОЛЬСКИЙ

О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ЛОКОМОТИВАМ



НИКОЛЬСКИЙ Кирилл Юрьевич,
заместитель главного инженера
Дирекции тяги – филиала ОАО «РЖД»

Для выбора верной стратегии развития локомотиворемонтного комплекса важно знать: в каком направлении пойдут работы по созданию новых моделей локомотивов. Соответствующая работа проводится по руководством Дирекцией тяги и Департамента технической политики.

Ни для кого не секрет, что конструкция подавляющего большинства моделей локомотивов, которые сегодня выпускает наша промышленность уходят корнями в 60-е - 70-е годы XX века, когда модель эксплуатационной работы сети железных дорог была совсем не такой как сейчас. В связи с изменением модели эксплуатационной работы ОАО «РЖД» испытывает потребность в локомотивах, которые по своим характеристикам существенно отличаются от существующих моделей. Очевидна потребность в эффективных и достаточно надежных локомотивах для вождения составов массой 7100 тонн на полигоне БАМа и Транссиба, электровозов для скоростных контейнерных перевозок, надежном пассажирском тепловозе. Кроме того год от года наши коллеги и партнеры, являющиеся внутренним заказчиком перевозочного процесса, выдвигают специфические требования к локомотивам, как то:

- обеспечение энергоснабжением 3000 В составов пассажирских вагонов и электропоездов на неэлектрифицированных участках сети;
- обеспечение электроснабжением трехфазного тока напряжением 380 В от локомотива рефрижераторных контейнеров;
- увеличение скорости движения грузовых поездов до 140 км/час;
- сбор на локомотиве данных о перевозимом грузе.

В этой связи было решено разработать технические требования на перспективные локомотивы взяв за основу существующие и перспективные модели эксплуатационной работы того или иного локомотива и, исходя из них,

сформировать требования к функционалу локомотива и его основным конструктивным решениям.

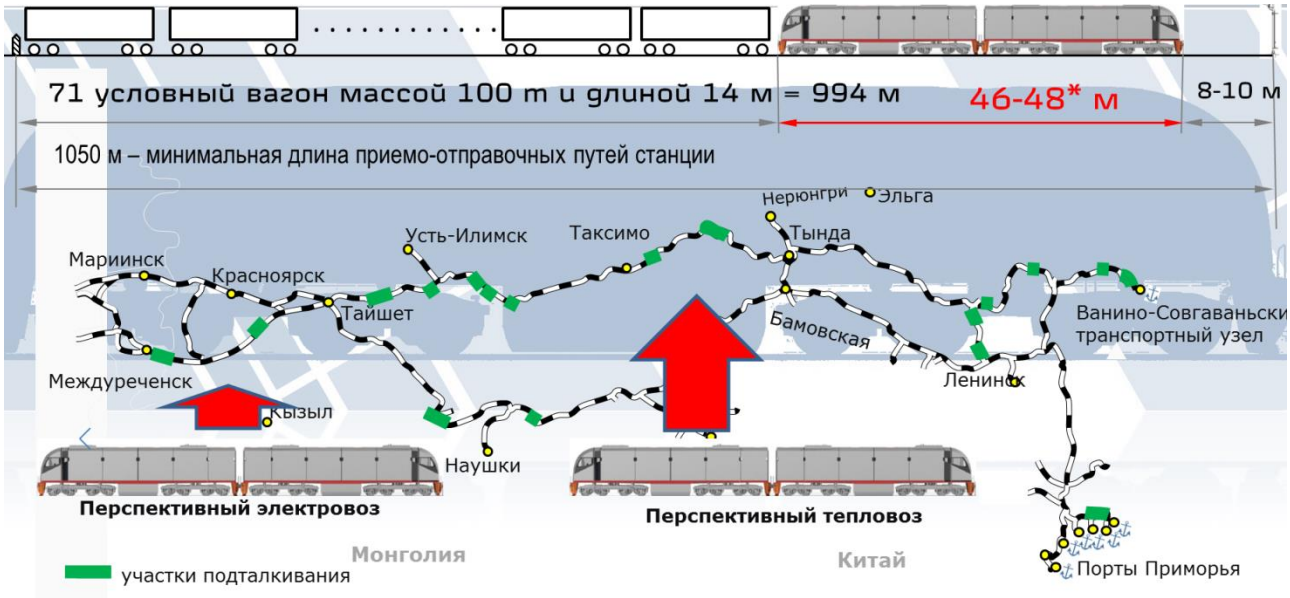


Рисунок 1 *– Основные эксплуатационные требования к перспективному тяговому подвижному для Восточного полигона*

Пример: из прогнозов ИЭРТ следует, что в обозримом будущем будет возиться на Восток преимущественно уголь. При перевозке угля максимальная масса вагона брутто составляет 100 тонн. Мы понимаем, что длина приемоотправочных путей станций Восточного полигона останется на уроне 1050 м, т.е. вместимость – 71 условный вагон. В этой связи видится сохранение на ближайшую перспективу весовой нормы на уровне 7100 т. При указанной полезной длине путей, на долю локомотива остаётся не более 48 метров. При этом для того чтобы развить необходимую силу тяги нужно 16 тяговых осей. Учитывая, эти обстоятельства сделан вывод, что локомотив должен быть двухсекционным с 8 тяговыми осями в секции, а, следовательно, располагать 4-х осными тележками. Именно эти параметры внесены в проект технических требований. В такой же логике принимались и другие решения.

Исходя из анализа существующих и перспективных технологий перевозок, решено сформировать технические требования к следующим типам перспективного тягового подвижного состава:

- к грузовым тепловозам и электровозам для вождения поездов различного веса распределенной тягой по системе многих единиц;
- к электровозам для вождения ускоренных контейнерных поездов;
- к тепловозам и электровозам пассажирским в четырехосном исполнении;
- к тепловозам маневровым с гибридной силовой установкой.

Рисунок 2 *– Эксплуатационные модели и технические требования к перспективному тяговому подвижному составу до 2025 года*

В рамках проекта цифровизации и автоматизации локомотивов нового поколения Дирекцию тяги как функционального заказчика интересуют следующие практические эффекты:

- сокращение трудовых затрат за счет ведения поезда «в одно лицо» или автоматического управления без участия машиниста;
- повышение пропускных способностей инфраструктуры за счет использования различных инновационных систем организации движения (системы автоведения по жестким ниткам графика, системы интервального регулирования с цифровым радиоканалом);
- сокращения неэксплуатируемого парка локомотивов за счет увеличения межсервисных интервалов, применения предиктивной диагностики для сокращения времени простоя локомотивов в ожидании ремонта, плановых и неплановых ремонтах;
- сокращение энергоёмкости перевозок за счет применение оборудования, обеспечивающего энергоэффективное вождение поездов, а также объективная оценка теплотехнического состояния конкретного локомотива.

Следует акцентировать Ваше внимание на внедрении на локомотивах новых систем и функций, в том числе связанных с диагностикой. Необходим баланс требований с позиций персонала, технологий, экономики, потребителей услуги локомотивной тяги и безопасности движения: стоимость внедрения новых технологических решений не должна превышать экономический эффект, приводить к росту трудовых затрат, и усложнению технологии у потребителей услуги. Например, внедрение системы автомашинист целесообразно только при стоимости системы и затрат на её обслуживание (включая штат операторов) менее фонд оплаты труда машиниста локомотива – около 10 млн. руб. в год. Таким образом, если мы хотим, чтобы локомотив окупился за 15 лет, стоимость оборудования, реализующего вышеперечисленный функционал не должна превышать 150 млн руб.

Следует выделить следующие этапы цифровизации локомотивов.

Существующее поколение локомотивов. Практически все выпускаемые в настоящее время локомотивы имеют на борту микропроцессорные системы управления и диагностики, которые помимо функций управления оборудованием локомотивов обладают функциями регистрации параметров работы основных узлов и оборудования. Например, современные электровозы, отслеживают более 400 параметров работы, способны формировать диагностические сообщения о неисправностях и передавать их в режиме реального времени в диспетчерский центр. Данная функция позволяет

сервисным компаниям организовать мониторинг технического состояния локомотивов, обеспечить более оперативное планирование работы по устранению неисправностей. Соответствующие диспетчерские центры уже функционируют в сервисных депо Москва-Сортировочная (электровоз ЭП20), Свердловск и Челябинск (электровозы 2ЭС6 и 2ЭС10). Кроме того заводы-изготовители своими силами осуществляют мониторинг гарантийных локомотивов. В настоящее время на многих локомотивах серий 2(3)ЭС5К, 2(3)ЭС4К, ЭП1в/и, 2ТЭ116в/и, 2ТЭ25КМ имеется техническая возможность передачи данных о техническом состоянии локомотива в СВПС.

Перспективное поколение локомотивов 2025 года. На сегодняшний день в проекты технических требований включены разделы, описывающие цифровые технологии, которые должны быть применены на этих локомотивах:

- применение единой микропроцессорной системы управления, диагностики и устройств безопасности.
- масштабируемость применяемых на локомотивах микропроцессорных устройств, то есть возможность расширения их функционала или увеличение вычислительной мощности путем добавления стандартных модулей;
- применение стандартных интерфейсов обмена данными;
- компьютерная диагностика оборудования.

Имеются требования по защите информации, соответствующие действующему законодательству и требования о наличии средств радиосвязи, в том числе цифровой, использующих все разрешенные на сегодняшний день каналы передачи информации.

В целом эти требования позволяют говорить о достаточном уровне автоматизации управления системами локомотива, использовании существующих технологий, призванных увеличить производительность труда (обслуживание одним машинистом, вождение тяжеловесных и длинносоставных поездов), а также оперативном мониторинге технического состояния локомотивов в эксплуатации и оптимизации временных затрат на планирование ремонтов и устранение неисправностей.

Вместе с тем, прорывные технологии в области цифровизации и автоматизации локомотивной тяги в существующей версии технических требований учтены только с точки зрения готовности базовой платформы принять эти технологии в будущем: с позиции оптимизации системы ремонта и сокращения неэксплуатируемого парка локомотивов отсутствуют конкретные требования к системам диагностики. Как показал опыт обсуждения вопроса

технических требований с производителями локомотивов, они настроены достаточно консервативно. Вместе с тем, очевидно, что прорыв в области предиктивной диагностики невозможен без существенного развития бортовых измерительных систем. Например, мне совершенно непонятно как можно организовать ремонт тепловозов по фактическому состоянию, не видя в реальном времени состояния моторного масла, или электровозов, не имея средств мониторинга состояния щеточно-коллекторного аппарата тяговых электродвигателей.

Предлагается специалистам ООО «ЛокоТех» сформулировать свои требования к системам диагностики локомотивов, которые позволят существенно сократить затраты на ремонт и техническое обслуживание. При этом прошу не забывать про сбалансированность показателей: стоимость жизненного цикла локомотива не должна возрасти, в противном случае эти усложнения конструкции будут бессмысленны.

С позиции повышения производительности труда Дирекция тяги видит следующие инновационные решения в технологии локомотивной тяги, которые следует учесть в рамках доработки технических требований:

- на горизонте 2025 г.: вождение соединенных поездов одной локомотивной бригадой. В настоящее время в рамках плана НТР разрабатываем отдельные технические требования, которые будут интегрированы в технические требования на локомотивы в целом;
- вождение одним машинистом в технических требованиях эта функция отражена частично, поскольку на текущий момент нет внятного понимания порядка закрепления состава в аварийной ситуации.

Третий этап цифровизации – реализация проекта «Умный локомотив» в перспективе до 2030 года. Источником экономического эффекта от цифровизации локомотива для Дирекции тяги, в конечном счете, является рост производительности труда локомотивной бригады, производительности локомотива и сокращение стоимости жизненного цикла локомотива.

Возможности увеличения производительности локомотива не безграничны. Они сдерживаются максимальной массой поезда, которая, в свою очередь, лимитирована инфраструктурой (ограничение по нагрузке на ось, ограничение по вместимости приемо-отправочных путей), габаритом вагона (этим ограничивается объем груза, а, следовательно, и его масса). Время нахождения локомотива в рабочем парке и в движении в настоящее время уже не лимитируется конструкцией локомотива – технические решения, позволяющие увеличить межсервисные интервалы до 10 суток или 15 тыс. км.

пробега уже реализуются на локомотивах существующего поколения. Эти интервалы вряд ли могут быть существенно увеличены ввиду объективных законов физики. Таким образом, основным направлением работы по интенсификации эксплуатации локомотива остается переход на автоматическое, без участия машиниста, управления и автоматическое планирование работы локомотивного парка.

Очевидно, что автоматический локомотив не может быть автономным и работать в отрыве от напольных систем управления. Пока такие системы существуют только в виде опытных образцов (МАЛС БМ, MSR-32, системы оптического распознавания объектов). В этой связи требования к бортовой сети будут неразрывно связаны техническими характеристиками управляющей напольной системы, которая пока ещё не создана.

Вместе с тем, есть функциональные требования, которые, по нашему мнению, должны быть реализованы на беспилотном локомотиве независимо от того, какая внешняя система им управляет. С целью разработки таких функциональных требований Дирекцией тяги разрабатывается технические требования к «умному» или «цифровому» локомотиву.

В основе требований лежит матрица функционала, описывающая действия, которые «умный» локомотив должен совершать в процессе работы при условии отсутствия обслуживающего персонала. Фактически, единственной операцией, не поддающейся автоматизации, является объединение тормозных рукавов.

Основные операции, предусмотренные в матрице функционала требований это:

- самодиагностика и самоидентификация локомотива;
- проверка состояния экипажной части и наличия габарита;
- проверка пневматической тормозной системы и системы пескоподачи;
- самооценка сэкипированности локомотива;
- проверка силовой цепи и автотормозов с приведением локомотива в движение;
- получение задания на поездку;
- получение плана маневровых передвижений;
- заезд и прицепка к составу в автоматическом режиме;
- выполнение в автоматическом режиме операций по контролю сцепления с составом и опробованию автотормозов на стоянке;
- получение плана на поездку и выполнение её в автономном режиме.

Рисунок 3 – *Концепция «Умный локомотив»*

Необходимо акцентировать внимание на том, что в процессе поездки роль «умного» оборудования локомотива заключается в выявлении нештатных ситуаций на локомотиве, в составе, на инфраструктуре, адекватное реагирование и передача информации в диспетчерский центр.

С точки зрения ремонта функционал «умного локомотива» должен быть развитием технологий предиктивной диагностики. Первым и главным критерием для формирования требований к самооценке технического состояния локомотива должно стать понимание того, что машиниста на локомотиве нет, и предотвратить появление и развитие аварийных ситуаций может только автоматика. Следовательно, к ней должны применяться соответствующие требования.

Необходимо оптимизировать трудовые затраты на собственно ремонт и обслуживание локомотивов, увязать возможности бортовых систем с возможностями оборудования, находящегося в ремонтном цехе или на экипировке. С нашей точки зрения первыми «кандидатами» на автоматизацию являются учетные операции с деталями и сборочными единицами, учетные операции при экипировке.

Общий принцип разрабатываемых технических требований предполагает перспективный локомотив как модульную конструкцию. В этой связи технология крупноузлового ремонта должна стать повсеместной и приоритетной.

Подводя итог своего доклада, еще раз хочу заострить внимание на тех вопросах, которые должны быть решены нами совместно с сервисными компаниями в рамках разработки новых локомотивов:

1. Максимальное использование и накопление диагностической информации от существующего парка локомотивов:
2. Формирование технических требований к системам диагностики локомотивов нового поколения, дающим реальный экономический эффект в ремонте и эксплуатации;
3. Формирование технических требований к системе диагностики и системе технического обслуживания и ремонта «умного локомотива» с позиции применения малолюдных и безлюдных технологий;
4. Все разрабатываемые технические требования должны быть сбалансированы и не должны приводить к увеличению стоимости жизненного цикла локомотива.

В.Н.ПУСТОВОЙ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЛОКОТЕХ



ПУСТОВОЙ Владимир Николаевич

Заместитель генерального директора ООО «ЛокоТех» по технологиям.

Группа компаний «ЛокоТех» - крупнейшая в России и Европе сервисная группа по техническому обслуживанию и ремонту локомотивов (ТОиР).

В периметр группы входят компании, обеспечивающие полное обслуживание, ремонт и модернизацию тягового подвижного состава по системе контракта жизненного цикла, передачу локомотивов в лизинг, производство узлов и деталей для предприятий тяжелого машиностроения.

Группа компаний развивалась очень бурно. Начало – 2009-й год.

2009 г.: ОАО «РЖД» утверждает концепцию развития независимой локомотиво ремонтной отрасли;

2010 г.: Учреждается ООО «ТМХ-Сервис». ОАО «РЖД» реализует пилотный проект сервисного обслуживания и заключает договор с ООО «ТМХ-Сервис» на обслуживание 187 локомотивов;

2011 г.: ООО «ТМХ-Сервис» выигрывает тендер на заключение годового контракта на сервисное обслуживание 1 236 секций локомотивов;

2012 г.: ООО «ТМХ-Сервис» заключает летний контракт на сервисное обслуживание 5046 секций локомотивов; ООО «ТМХ-Сервис» выигрывает тендер на приобретение 75% акций ОАО «Желдорреммаш», создаются ООО УК Локомотивные технологии», ООО «Торговый дом ТМХС» и «ТМХС-Лизинг»; Заключен договор №947.

2013 г.: ОАО «РЖД» запускает эксперимент по полному сервисному обслуживанию (ПСО) локомотивов. Для его обеспечения «ТМХ-Сервис» передано в эксплуатацию сервисное депо и его персонал в Вихоревке; «РЖД» признает проект ПСО успешным и расширяет его, передав в эксплуатацию «ТМХ-Сервис» еще 5 сервисных депо вместе с персоналом;

2014 г.: 30 апреля ОАО «РЖД» заключает договор №285 с ООО «ТМХ-Сервис» на полное сервисное обслуживание 14 799 локомотивов. Более 65 000 работников в штате компании; Проведена первая научно-практическая конференция ТМХ-Сервис и МИИТ.

2015 г.: Объединение компаний «Локомотивные технологии», ТМХ-Сервис и ЖДРМ в группу компаний ЛокоТех. Группа «ЛокоТех» заняла 139 позицию в рейтинге 400 крупнейших российских компаний; Проведена вторая научно-практическая конференция ТМХ-Сервис и МИИТ.

2017 г.: С 29 сентября 2017 года в рамках консолидации управляемых ООО «Локомотивные технологии» активов под единым брендом ООО «ТМХ-Сервис» изменило наименование на ООО «Локотех-Сервис»; 29 декабря заключен договор № 2717837 на выполнение работ по ремонту и модернизации тягового подвижного состава;

2018 г.: АО «Трансмашхолдинг» и ООО «ЛокоТех-Сервис» объединили свои вложения и совместно стали акционерами 100% акций – АО «Трансмашхолдинг» и ООО «ЛокоТех-Сервис» (4-й в мире среди локомотивных компаний); 01.08.2018 заключен договор сервисного обслуживания на период жизненного цикла 43/18РЛ. Группа компаний «ЛокоТех» открыла в Барнауле Общий центр обслуживания (ОЦО) «ЛокоТех Эксперт». Проведена третья научно-практическая конференция ТМХ-Сервис и МИИТ.

2019 г.: Переход на сервисное обслуживание новых локомотивов по контракту жизненного цикла (КЖЦ).

Всего в активе группы компаний ЛокоТех более 250 производственных площадок. Средний, капитальный ремонт и модернизация локомотивов, а также производство запасных частей осуществляется на базе 9 локомотиворемонтных заводов. Техническое обслуживание и текущий ремонт (ТОиР) локомотивов - на базе 92 сервисных депо (198 объектов, включая сервисные участки и отделения). Дополнительно к производственным создан ряд предприятий:

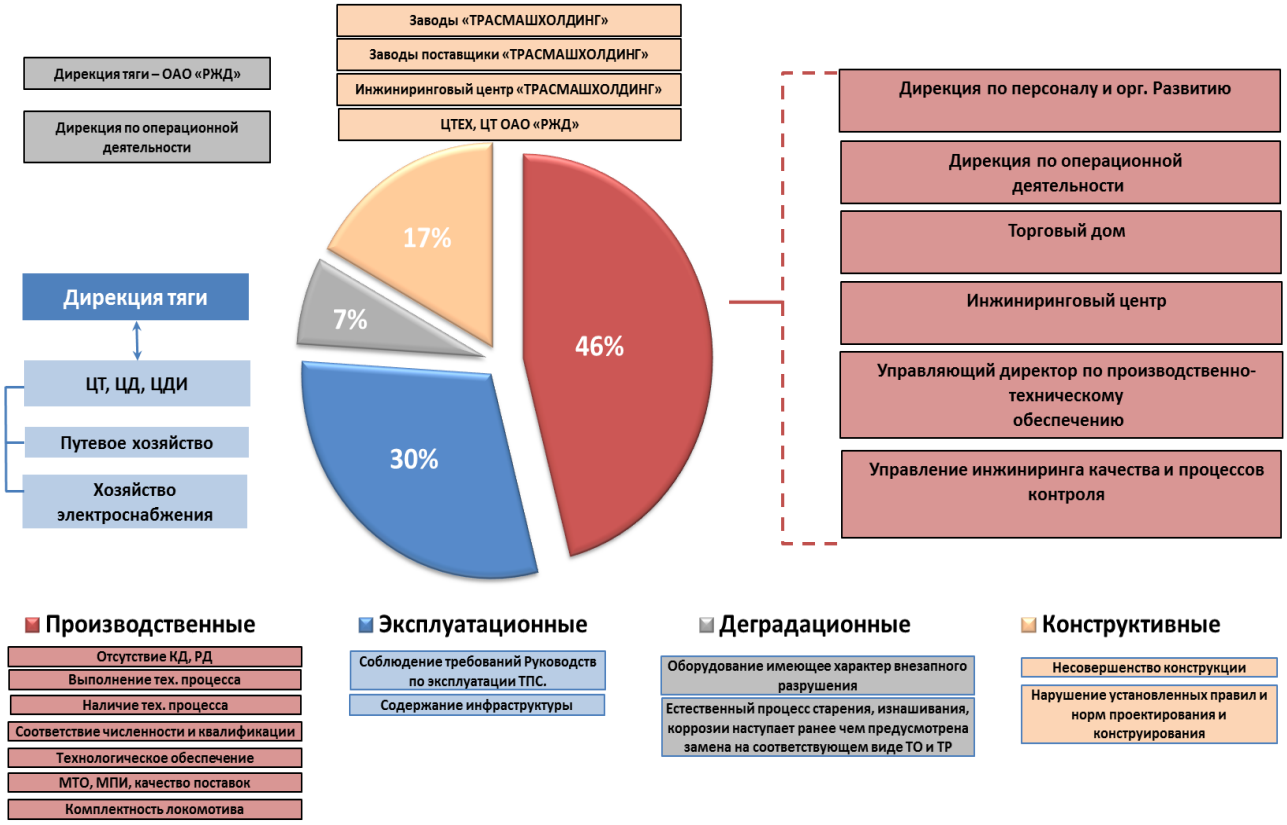
Торговый Дом, Локотех Лизинг, ЛокоТех-Сигнал и многие другие. При этом начато формирование дивизионной структуры: Дизельный, Электромашинный, Механический, Литейный, Моторвагонного подвижного состава.

Задача конференции – сакумуллировать все имеющиеся разработки, вместе искать пути выхода из тех проблем, которые накопились в сервсном техническом обслуживании и ремонте (ТОиР). Заказчиком сервисного обслуживания – Дирекцией тяги и ОАО «РЖД» в целом поставлены очень серьёзные задачи и цели в плане повышения производительности локомотивов, повышения надёжности локомотивов, снижения эксплуатационных расходов. Всё это накладывает очень серьёзные требования как локомотивостроительным заводам, так и к сервисным компаниям.

Главная задача сервиса – обеспечить надёжную работу локомотивов. К сожалению, не все локомотивы отвечают заявленному заводами-изготовителями уровню надёжности. Остаются проблемы и с локомотивами старых серий локомотивов. Данные приведены в динамике в сравнении 2017-го и 2018 годов. Необходимо решать очень серьёзные проблемы с надёжностью локомотивов.

Классификация неисправностей локомотивов с распределением ответственности по функциональным блокам для новых и старых серий приведена на Рис.1. На первом месте причин низкой надёжности локомотивов находятся Производственные причины: отсутствие технической и технологической документации, невыполнение технологических процессов, неудовлетворительное обеспечение ресурсами, низкая квалификация и др. На втором месте – Эксплуатационные причины: несоблюдение режимов эксплуатации локомотивов, низкое качество инфраструктуры, несвоевременная постановка на ремонт. Не малая доля причин отказов приходится и на конструкцию локомотива. Практически все участники процесса тяги поездов вносят свою долю в низкую надёжность локомотивов.

НЭВЗ наладил производство новых серий грузовых электровозов: постоянного тока 2/3ЭС4К «Дончак» и переменного тока 2/3/4ЭС5К «Ермак». Имеются проблемы с отдельными видами оборудования. Прежде всего – это преобразователи собственных нужд (ПСН). Есть проблемы и качеством тяговых электродвигателей (ТЭД), с пакетными выключателями и другими видами оборудования.



а *– Новые серии*



б *– Старые серии*

Рисунок 1 *– Классификация неисправностей локомотивов с распределением ответственности по функциональным блокам*

Единственная серия локомотив, которая в настоящее время соответствует заданному уровню надёжности – это пассажирский электровоз постоянного тока серии ЭП2К производства Коломенского завода (КЗ). Его высокая надёжность – результат большой работы, проделанной совместно Коломенским заводом, НЭВЗ, заводами-поставщиками оборудования и ЛокоТех. Особо следует отметить заслуги руководителей и специалистов сервисного локомотивного депо «Барабинск», чьими усилиями серия была доведена «до ума». В настоящее время серия имеет 5 отказов на млн км при заданном показателе в 10 отказов на млн км.

Самой проблемной следует признать серию тепловозов ТЭП70 производства КЗ. Главная проблема с дизелем и дизельным оборудованием. Необходимо решить целый комплекс проблем.

Брянский машиностроительный завод осваивает новую серию грузовых тепловозов 2/3ТЭ25КМ, которые пока не соответствуют требованиям ТУ по надёжности. Имеются очень серьёзные проблемы с турбокомпрессорами на этих локомотивах, с другим оборудованием. Необходимо привлекать научные организации, в т.ч. Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос».

На сегодняшний день разработана комплексная программа повышения надёжности отечественных локомотивов, которая предусматривает не только доработку конструкции локомотива, но и совершенствование технической оснащённости сервисных локомотивных депо и локомотиворемонтных заводов. Анализируются и режимы эксплуатации локомотивов, влияние инфраструктуры на надёжность локомотивов. Эта программа будет доработана до конца 2018 года и утверждена Заказчиком – ОАО «РЖД».

Современные и модернизированные локомотивы имеют микропроцессорные системы управления (МСУ), которые в процессе управления приводом опрашивают установленные на локомотиве датчики тока, напряжения, давления, температуры, частоты вращения и др. В результате в бортовом компьютере формируется диагностическая база данных, которая позволяет принципиально поменять подход к организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов. По решению руководства ЛокоТех в сервисных локомотивных депо сверх штата были созданы группы диагностики, как правило, состоящие из трёх человек: старший диагност и два

сменных диагноста. Задача групп – считывание с бортовых МСУ диагностических данных (как правило, с помощью Flash-накопителей) и анализ этих данных с целью выявления отказов и предотказных состояний (система работоспособна, но неисправна) для дальнейшего формирования объёма ТОиР при очередной заходе локомотива в депо.

Работа групп диагностики оказалась очень эффективной. Их работа позволила наладить ещё одно очень важное направление работ – мониторинг нарушений режимов эксплуатации локомотивов, которые, к сожалению, носят массовый характер, существенно снижая надёжность локомотивов (Рис.2).

Причём нарушения наблюдались как по вине машинистов (отсутствие прогрева дизеля при запуске и охлаждения при остановке, превышение допустимых токов, выключение мотор-вентиляторов на выбеге и др.), так и по вине инфраструктуры (превышение допустимого напряжения в контактной сети, повышенное динамическое воздействие на локомотив со стороны пути). Имеются нарушения со стороны машинистов, спровоцированные не правильной организацией движения (превышение весовой нормы поезда, ограничение скорости перед руководящим подъёмом и др.).

Совместные исследования Восточно-Сибирского филиала ЛокоТех-Сервис совместно с учеными ИрГУПС и других организаций показали, что динамическое воздействие на локомотив на Восточном полигоне превышает допустимое в 15 раз! Это, безусловно, приводит к снижению надёжности механического оборудования локомотива, в т.ч. колёсно-моторных блоков. В тоже время, надо предъявлять новые требования к локомотивам, учитывающие реальные условия их эксплуатации. Такая работа уже начата.

Работа по недопущению режимов эксплуатации активно ведётся в ЛокоТех совместно с Дирекцией тяги. Разработан и согласован классификатор нарушений режимов эксплуатации и возможных в последствии отказов. По мере накопления опыта классификатор расширяется. Для выявления причинно-следственных связей нужна помощь науки.

От профилактической работы по недопущению нарушений режимов эксплуатации уже есть эффект. Так, на полигоне Байкало-Амурской магистрали (северного широтного хода Восточного полигона, существенно снижено число нарушений по работе дизеля и дизельного оборудования.

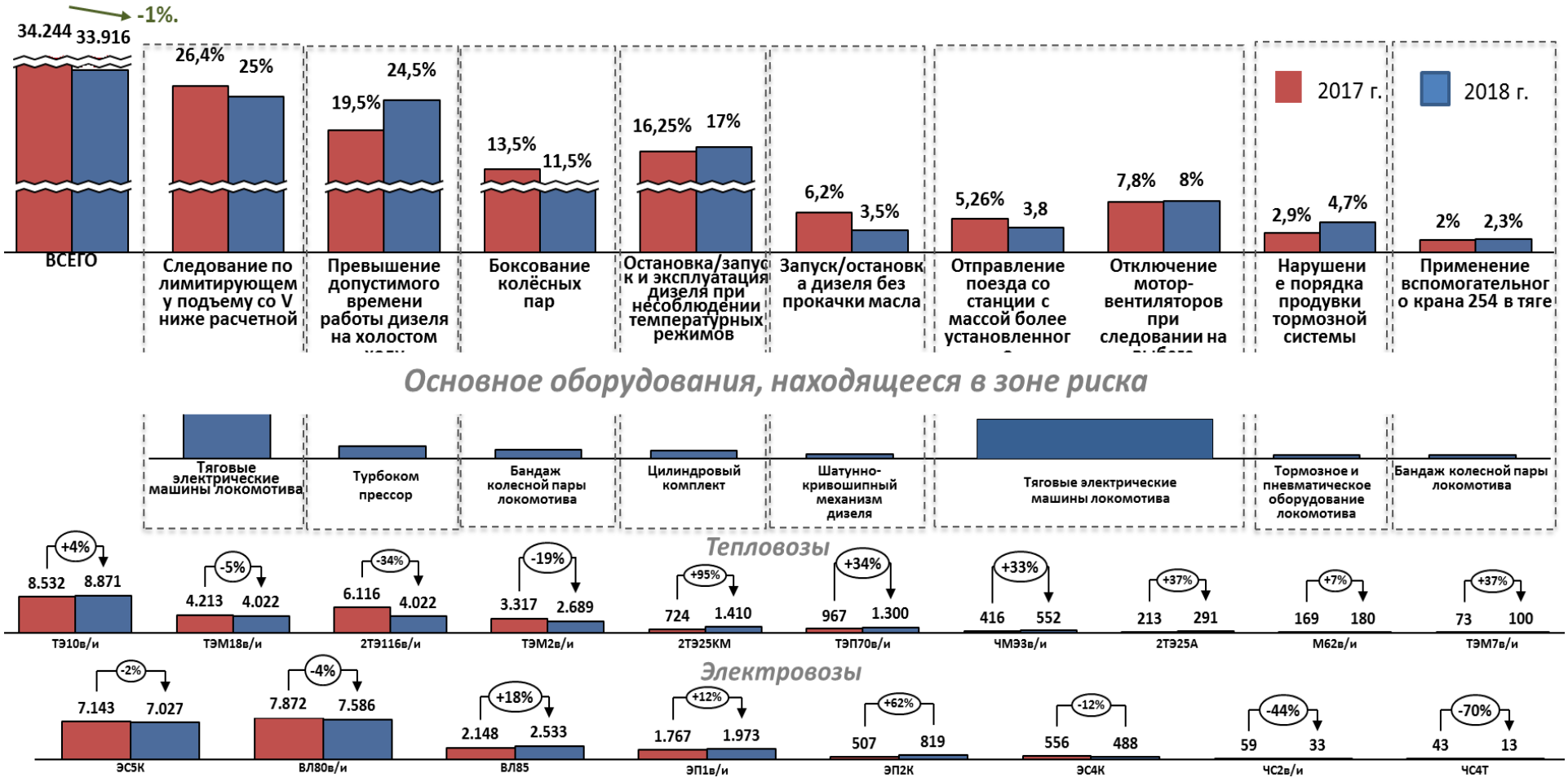


***Рисунок 2** – Основные виды нарушений режимов эксплуатации локомотивов*

Особое внимание к режимам эксплуатации следует обратить на Восточном полигоне, где масса поезда с 5800 т увеличена до 6300, а в ближайшем будущем ожидается 7100 т. При этом 47% локомотивов – это локомотивы старых серий: ВЛ80с, ВЛ80р, ВЛ85, выпущенные 30 – 40 лет назад. Анализ показывает, что поезда с массой 6300 т водятся с массовыми нарушениями режимов эксплуатации, что приводит к многочисленным отказов тяговых электродвигателей по причине их перегрева с дальнейшим пробоем изоляции. Наблюдается повышенный износ других видов оборудования. При этом доход сервисных компаний уменьшается, т.к. оплачивается только полезный пробег локомотива без учёта массы поезда.

Для дальнейшей профилактики нарушений режимов эксплуатации в ЛокоТех совместно с Дирекцией Тяги ОАО «РЖД» и с привлечением НИИ и вузов ведётся поиск новых решений. Одно из них – это автоматическая или автоматизированная передача данных о нарушениях, продиагностированных по данным МСУ, в информационную систему ОАО «РЖД» АСУТ НБД-2, в которой уже фиксируются нарушения со стороны машиниста (т.н. электронный журнал формы ТУ-133, часть 4). Предлагается создать в системе новый электронный журнал ТУ-133, часть 5. Для этого в АСУ НБД 2 уже введены новые коды нарушений.

В рамках работ по подключению к АСУТ НБД-2 проводятся работы совместно с компанией ВидеТехСтронг (генеральный директор д.т.н. Ю.А.Шашлюк, участвующий в работе конференции), разрабатывающей для локомотивов Комплексную систему видео и аудио наблюдения цифровую (КВАРЦ). Совместный проект предусматривает подключение КВАРЦ к МСУ и передачу по каналам КВАРЦ диагностических данных в АСУТ-В с дальнейшей их расшифровкой и передачей в АСУТ НБД 2. Это позволит более оперативно реагировать на все несоответствия, причём в установленном в ОАО «РЖД» порядке. Опытные работы уже ведутся на базе эксплуатационного локомотивного депо «Туапсе» и сервисного локомотивного депо «Туапсе-Пассажирское».

Следующее важное научно-практическое направление работ по недопущению нарушений режимов эксплуатации и повышению надёжности локомотивов – это разработка алгоритмических защит: предлагается в программном обеспечении бортовых МСУ локомотивов предусматривать специальные алгоритмы, которые не позволят эксплуатировать локомотив в

опасных для его надёжности режимах. В этом направлении работ накоплен большой положительный опыт. При этом надо отметить, что это эффективный способ повысить надёжность локомотивов с минимальными затратами на их модернизацию: надо только перепрограммировать МСУ.

Приведём пример. На электровозах переменного тока с ВИП круговой огонь по коллектору ТЭД НБ-514 носил массовых характер. Анализ данных МСУ показал, что круговой огонь возникал при напряжении на ТЭД 1050 – 1000 В. Установка защиты от превышения 1000 В (аналогично ТЭД НБ-418К6) позволил практически исключить этот опасный отказ.

Аналогично можно исключить работу дизеля на силовых позициях, если дизель не прогрет, его остановку, если температура недопустимо высокая, снижать мощность ТЭД при боксовании или при перегреве, не допускать отключение мотор-вентиляторов на выбеге, блокировать отключение бортового информационного компьютера, в котором хранятся диагностические данные. По мере накопления опыта число алгоритмических защит можно увеличивать, и тут нужна помощь науки. Важное направление – выбор и установка новых датчиков. Для подключения вузов к работе над оптимизацией режимов эксплуатации локомотива, улучшения алгоритмов управления приводом предлагается вузам и НИИ подключиться к анализу диагностических данных МСУ.

В ЛокоТех алгоритмические защиты совместно с ЛЭС (г. Новочеркасск) и ВНИКТИ (г. Коломна) разрабатываются для локомотивов серий 2/3/4ЭС5К, 2/3ЭС4К, ВЛ80р, ЭП1М, ЭП2К, ТЭП70БС, 2ТЭ25КМ, 2ТЭ116У, 2/3ТЭ10МК. Опыт можно считать успешным.

Для расширения использования диагностических данных МСУ при ТОиР необходимо наличие самих МСУ на локомотиве. В компании «АВП Технология» подготовили проект модернизации парка локомотивов микропроцессорными системами автоведения, которые могли бы взять на себя как функцию управления расходом топлива и электроэнергии, так и функции диагностирования и алгоритмических защит. Требуется 9 млрд руб. Это много, но задачу надо решать.

Следующая проблема – деградационный износ линейного оборудования локомотивов, компонентов и узлов (Рис.3). Общее количество линейного оборудования, требующего замены в 2018 году, составило 704 тыс. единиц, из

них с истекшим сроком службы – 317 тыс. единиц (45% от общего числа), которое запрещается устанавливать на железнодорожный подвижной состав. В качестве решения проблемы возможны как замена оборудования на новое, так и его ремонт, выполняемый на основании экспертного технического заключения по итогам проведения ресурсных испытаний, с целью восстановления ресурса до очередного ремонта (обследования) или до списания. Для этого необходима разработка ГОСТ Р «Управления ресурсом на стадиях Жизненного цикла», разработка методики установления нового срока службы локомотивов и технических условий (ТУ) на продление срока службы линейного оборудования.

Совместно с Дирекцией тяги ОАО «РЖД» разработан порядок решения проблемы. Необходимо определить остаточный ресурс оборудования локомотивов, наметить мероприятия по продлению срока службы. В этой работе нужна помощь науки. При фактическом отсутствии остаточного ресурса оборудование необходимо заменять. Для решения проблемы на базе ТМХ создан центр ресурсных испытаний. Такой же Центр создан в ЛокоТех на базе Инжинирингового центра, утверждена соответствующая организационно-штатная структура.

Следующая важная задача – приведение надёжности локомотивов старых серий до требуемого уровня, до технических условий заводов изготовителей. При этом существенно изменились межремонтные пробеги. Например, в депо «Карасук» при поступлении новых локомотивов серии ВЛ80 их пробег между ремонтами объёма ТР-1 был 15 тыс. км. Спустя 30 лет у этих локомотивов пробег увеличен до 50 тыс. км. Возросла и масса поездов. Дирекция тяги предъявляет жёсткие требования к надёжности локомотивов и это отразиться на финансовых взаимоотношения ОАО «РЖД» и сервисных компаний.

Для повышения надёжности локомотивов старых серий ведётся целенаправленная работа. Разработаны новые технологические процессы ремонта локомотивов, которые будут апробированы на 10 опытных локомотивах электровозов серии ВЛ80 и тепловозов серии ТЭП70. По результатам будет определён дальнейший порядок действий.

В 2018 году Инжиниринговый центр «ЛокоТех» приступил к развёртыванию программного обеспечения АСТПП «Вертикаль» и разработке технологических процессов в едином информационном пространстве. Программное обеспечение «Вертикаль» позволяет выполнить интеграцию с

другими производственными и информационными системами, что сформирует эффективный механизм управления затратами на основе ресурсов, заложенных в технологических процессах ремонта локомотивов и автоматизировать производство. Общая потребность в разработке технологических процессов в ПО «Вертикаль» в соответствии с ЕСТД, ГОСТ в рамках ЕЦО – 19 тыс., из них: по заводам – 10 тыс.; по депо – 9 тыс. (Рис.4). Запланирована работа по приведению технологических процессов к требованиям стандартов с целью выстраивания единой технологии ремонта и подготовки производства к автоматизации учёта ресурсов в программе «1С: Производство» на локомотиворемонтных предприятиях «ЛокоТех».

Вся технологическая документация будет представлена в электронном виде, доступном с терминалов непосредственно в депо и на заводах. В процессе запуска электронного документооборота будут автоматически фиксироваться имеющие место несоответствия, которые будут устраняться по принципу постоянного улучшения (циклу PDCA). Закончить работу планируется в 2019 г.

Следующая важная задача – создание центров технологической ответственности (ЕЦТО) по каждой серии локомотива и по каждому виду оборудования. В рамках перехода на полигонную систему Инжиниринговый Центр «ЛокоТех» приступил к реализации проекта организации Конструкторско-Технологического Центра (КТЦ) в рамках ЕЦТО для выстраивания сквозной вертикали управления конструкторско-технологическими блоками локомотиворемонтных предприятий «ЛокоТех».

На Рис.5 приведён пример ЕЦТО Восточного полигона на базе локомотиворемонтного завода в Улан-Удэ. Аналогичные ЕЦТО планируется создать на базе заводов ЖДРМ в Челябинске (2(3)ЭС4К; ВЛ10; ВЛ15), Уссурийске (2ТЭ25в/и, ТЭ10 в/и), Ростове-на-Дону (ВЛ80С, ВЛ80Т), Воронеже (2ТЭ116 в/и; ТЭП70 в/и) и Ярославле (ЭП2К). Важно отметить, что завод будет нести ответственность за надёжность локомотива от капитального до капитального ремонта, а не как раньше – только в гарантийный период. При этом технология ТОиР в сервисных локомотивных депо также будет контролироваться заводом. Это накладывает на завод большую ответственность, требуется научная проработка задачи. Важная роль отводиться Инжиниринговому центру «ЛокоТех» как ответственному за разработку технологической документации.

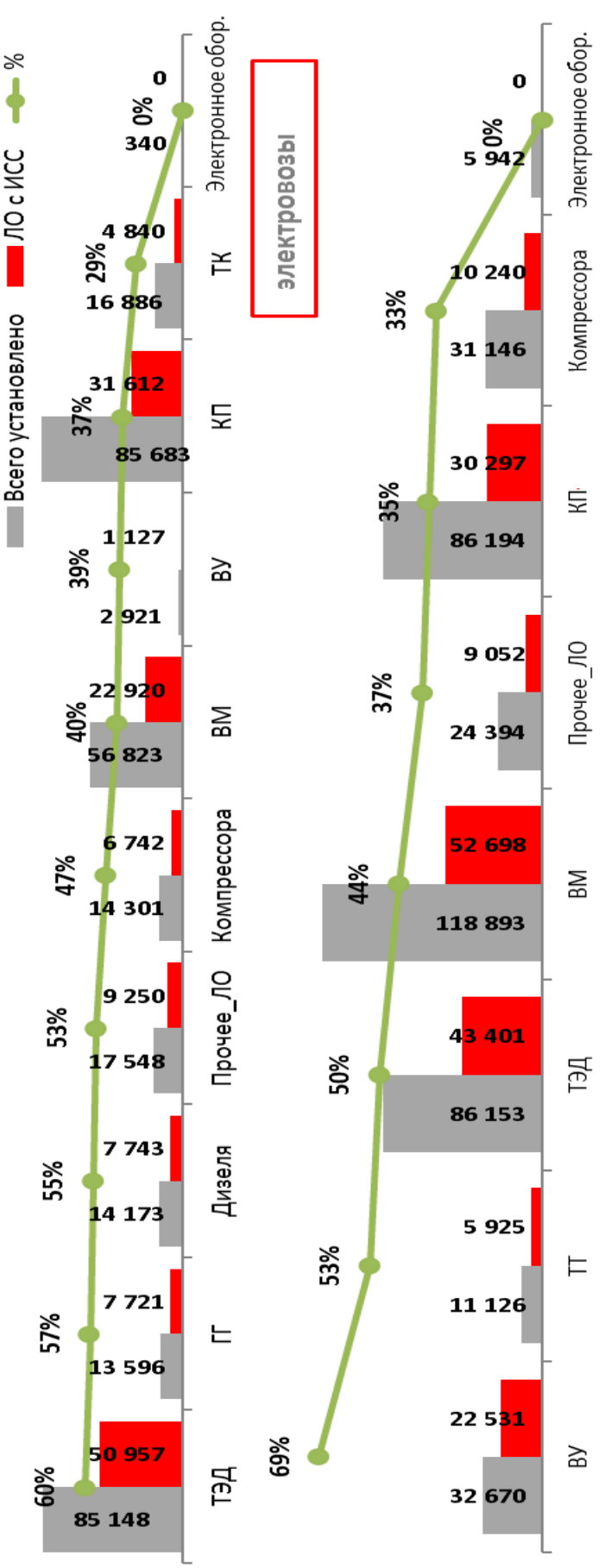


Рисунок 3 *– Деградационные несоответствия (линейное оборудование с истекшим сроком службы)*

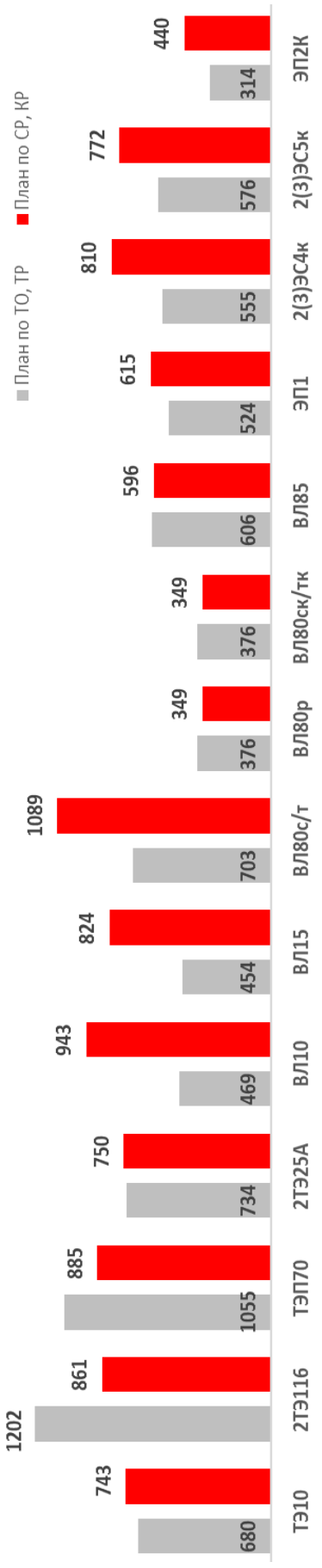


Рисунок 4 *– Потребность в разработке технологических процессов*

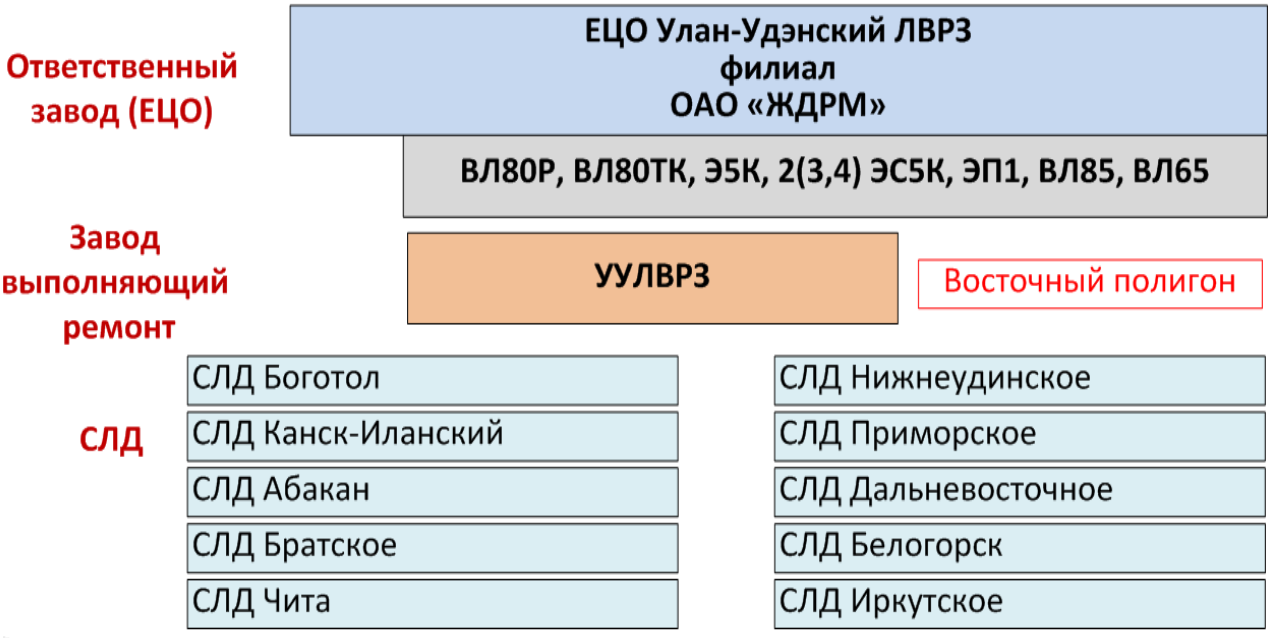


Рисунок 5 *– Структура Единого Центра Технологической Ответственности (ЕЦТО) по электровозам переменного тока с ВИП на базе Улан-Удэнского локомотиворемонтного завода (ЛВРЗ) - филиала ОАО «ЖДРМ»*

При решении стоящих перед «ЛокоТех» задач возникает проблема с кадрами. Нужна помощь отраслевых вузов. В «ЛокоТех» создан корпоративный университет на базе Уссурийского тепловозоремонтного завода (Рис.6).



Рисунок 6 *– Корпоративный университет «ЛокоТех»*

Университет должен обеспечить кадрами все локомотиворемонтные заводы: инженерами, технологами, другими специалистами. И здесь необходимо выйти на качественно новый уровень взаимодействия с вузами. Необходимо дипломное проектирование по практически значимым темам, научная работа аспирантов и докторантов по проблематике сервисного ТОиР. «ЛокоТех» готов оказывать помощь в организации этой работы в вузах. Это, собственно, одна из целей проводимой конференции.

Большое внимание уделяется переводу работы ремонтных предприятий согласно международным стандартам менеджмента качества. Необходим переход заводов АО «Желдорреммаш» на ISO/TS 22163:2017, а сервисных локомотивных депо – на ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Обязательные процессы стандартов должны быть интегрированы в процессную модель системы менеджмента бизнеса группы компаний «ЛокоТех».

Одна из проблем внедрения стандартов качества – оторванность структуры ремонтных предприятий от новых требований. Необходимо приводить структуру в соответствие с новыми требованиями.

Безусловно, очень важно следующее направление работ – «Встроенная система качества» (Рис.7).

Встроенная система управления качеством включает в себя комплекс мероприятий: внедрение в технологические процессы принципов невозможности выполнения операций с отклонениями от технологического процесса, принципов исключения человеческого фактора со встроенными техническими средствами объективного контроля, принципов само завершённости процессов, встроенных контрольных операций ОТК, внедрение в процесс планирования автоматизированного контроля достаточности ресурсов для выполнения технологических процессов, внедрение входного контроля поступающей продукции, автоматизированных процессов контроля устранения несоответствий технологического процесса.

Реализация системы встроенного качества возможно только при внедрении автоматизированных систем управления технологическими процессами ТОиР, электронного документооборота. Для этого во всех сервисных локомотивных депо внедряется АСУ «Сетевой график» на базе 1С:УПП, на заводах ЖДРМ – информационная система «Оперативное управление производством (ОУП) совместно с электронным паспортом производства (ЭПП).

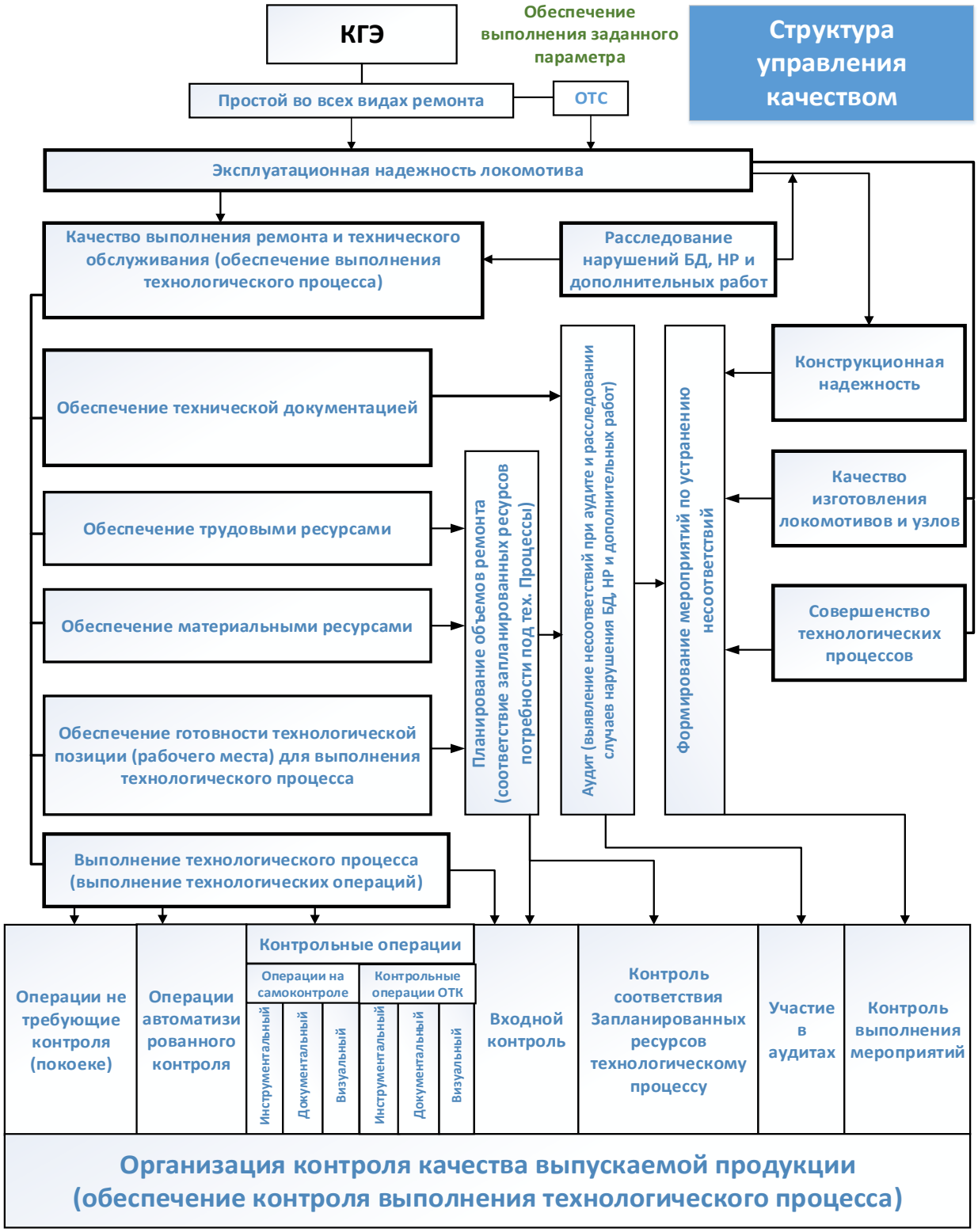


Рисунок 7 *– Встроенная система управления качеством «ЛокоТех»*

Необходима реализация инвестиционных программ дооснащения технологическим оборудованием заводов ОАО ЖДРМ и Сервисных локомотивных депо. Без этого не удастся обеспечить качество ТОиР и надёжность локомотивов.

Все вновь поступающие в ОАО «РЖД» локомотивы новых серий (2/3ЭС4К, 2/3/4ЭС5К, 2ТЭ25КМ, 2ТЭ25К2Мб ТЭП70БС, ТЭМ14, ЭП1М,

ЭП2К, ТЭМ18ДМ) будут обслуживаться по контракту жизненного цикла (КЖЦ), что предъявляет повышенные требования к сервисным компаниям. Реализуется комплексная программа подготовки сервисных локомотивных депо к обслуживанию новых серий локомотивов. Необходимо:

- рассчитать программу сервисного обслуживания локомотивов;
- сформировать линейные графики, исходя из расчета нормы простоя на плановый коэффициент технической готовности;
- проанализировать несоответствия выполнения линейного графика с учетом особенностей и фактического состояния инфраструктуры;
- разработать технологические проекты подготовки производства с учетом местных условий;
- сформировать и согласовать с региональными дирекциями тяги программы реконструкции и капитального ремонта инфраструктуры депо;
- разработать технологические процессы сервисного обслуживания новых серий локомотивов, расчетно-нормировочные карты и нормы списания и содержания ТМЦ и МПИ;
- определить встроенные в техпроцесс контрольные точки качества;
- сформировать программы дооснащения технологическим оборудованием, оснасткой и инструментом – подготовить ТЗ;
- выполнить расчет потребной численности персонала;
- привести фактическую численность в соответствие;
- подготовить программу обучения персонала и организовать процесс обучения;
- рассчитать нормативы содержания неснижаемого запаса и программу ремонта линейного оборудования;
- организовать своевременные поставки ТМЦ и МПИ, определить страховой запас по позициям на складах СЛД;
- подготовить обоснования увеличения бюджета по статьям затрат и источникам финансирования;
- определить ответственных лиц по функциональным блокам для реализации комплексной программы.

Следующая задача сервисного ТОиР – комплексное оснащение сервисных локомотивных депо диагностическим оборудованием, прежде всего – автоматизированными системами технического диагностирования (АСТД) с автоматической передачей данных о техническом состоянии локомотива в информационно-управляющую систему депо (АСУ «Сетевой график»). Под эту

программу в ОАО «РЖД» предусмотрены инвестиции в объеме 24 млрд руб., из них 14 млрд руб. войдёт в ставку жизненного цикла. План реализации комплексного подхода предусматривает разработку технического задания и изготовление опытных образцов до конца года.

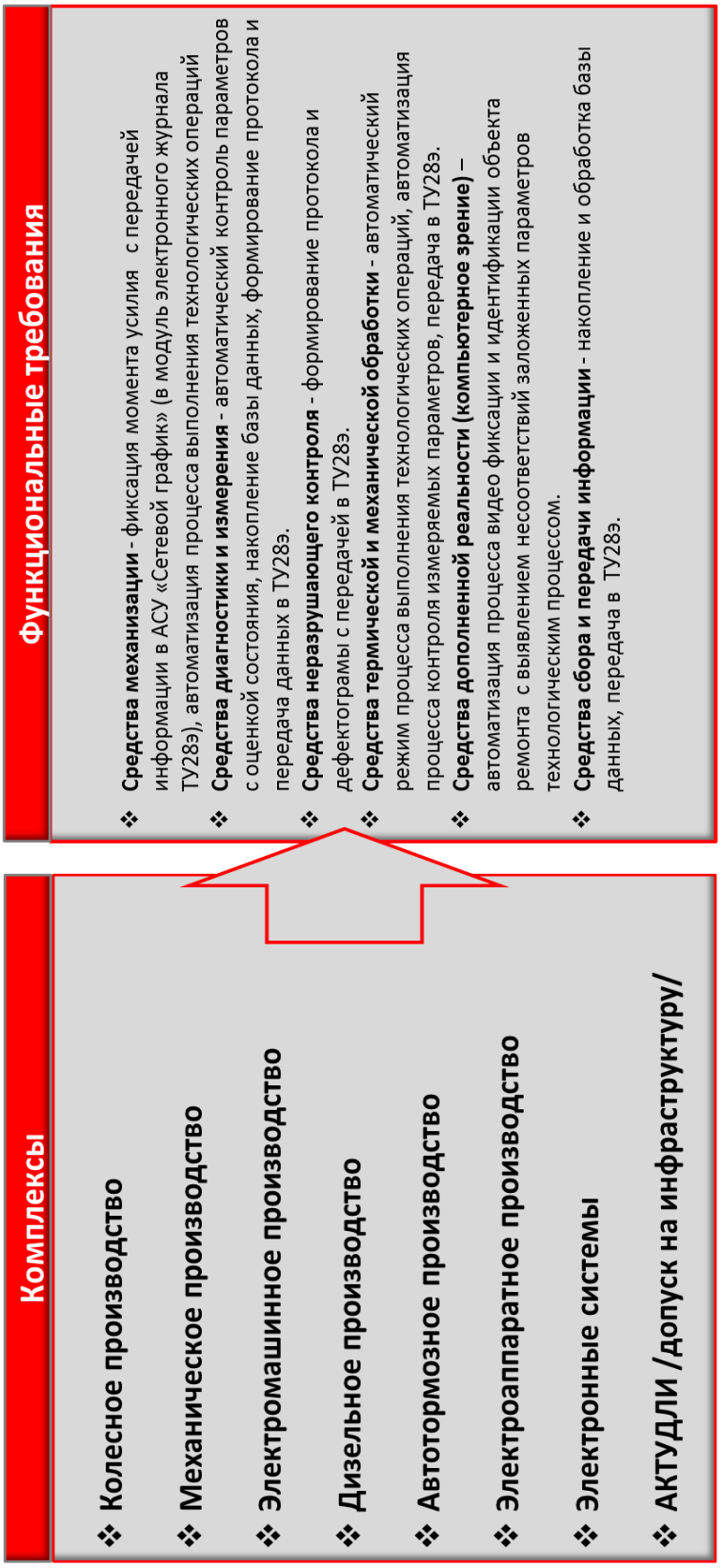


Рисунок 8 *– Комплексный подход при оснащении производства диагностическим и технологическим оборудованием*

Конференция показала, что со стороны вузов, НИИ и коммерческих организаций есть хорошие предложения по совершенствованию конструкции локомотива, его диагностированию и техническому обслуживанию. Предлагаемые разработки, безусловно, надо рассматривать на предмет их внедрения.

Начиная с 2018 года для реализации научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) с вузами создан специальный фонд. Все локомотивные кафедры должны принять участие в этой работе в рамках накопленной компетенции, созданных научных школ. Но с учётом задач сервисного ТОиР, требующих своего решения. Работа уже начата. Например, с ОмГУПС (г. Омск) ведётся разработка паспорта сервисного локомотивного депо. С КРИЖТ (г. Красноярск – филиал ИрГУПС) - разработка программного обеспечения с использованием технологий «дополненной и виртуальной реальности» для повышения качества информационного сервиса сервисных локомотивных депо. ПГУПС и СамГУПС осуществляют научное сопровождение внедрения АСУ «Сетевой график» в своих регионах. По итогам конференции все локомотивные кафедры должны найти своё место в инновационном развитии «ЛокоТех». При этом приоритетными направлениями взаимодействия должны стать:

- надёжность локомотивов и организация процесса ТОиР;
- подготовка производства и технической документации;
- подготовка кадров и обучение (производственная практика, дипломная практика, наставничество);
- снижение расходов топливо-энергетических ресурсов. Повышение энергоэффективности предприятия;
- увеличение пробегов между ТО-2 при внедрении технологии работы полигонов;
- повышение надежности узлов и оборудования локомотивов (дизель, тяговые электрические машины, электронное оборудование и др.);
- выявление причинно-следственных связей между нарушением режимов эксплуатации и риском отказа (увеличения стоимости ТОиР);
- разработка алгоритмов для обнаружения предотказных состояний по данным бортовых МСУ.

В.В.АСАБИН,

НАУЧНАЯ РАБОТА В САМГУПС



АСАБИН Виталий Викторович,
к.т.н. , первый проректор СамГУПС
(г. Самара)

В рамках озвученных проблем сервисного обслуживания локомотивов (ТОР-100) наш университет предлагает тесное сотрудничество по следующим научно-практическим направлениям исследований для повышения эффективности сервисного обслуживания локомотивов:

- оптимизация системы топливоподачи дизелей тепловозов с целью перевода дизелей тепловозов на работу по газодизельному циклу и как следствие повышение топливной экономичности и экологической безопасности локомотивов;
- оптимизация системы смазки дизелей тепловозов с целью исключения эксплуатационных отказов, а также конструкционных и эксплуатационных недостатков системы смазки дизелей локомотивов;
- оптимизация системы воздухоснабжения с целью исключения эксплуатационных отказов, а также конструкционных и эксплуатационных недостатков системой воздухоснабжения дизелей локомотивов;
- повышение надежности изоляции обмоток тяговых электрических машин;
- разработка и изготовление устройств определения мест корпусных и витковых замыканий в обмотках тяговых электрических машин с защитой их от коротких замыканий на корпус;
- снижение эксплуатационных рабочих напряжений в силовых цепях локомотивов;
- измерение уровня топлива и контроль расхода в эксплуатации.

Оптимизация системы топливоподачи с целью перевод тягового автономного подвижного состава на газомоторное топливо является одной из приоритетных и актуальных задач. Это мероприятие преследует несколько целей: экономию средств на приобретение топлива, поскольку цена

эквивалентного количества газа значительно до (50%) ниже, чем дизельного топлива; снижение вредных выбросов в атмосферу с выпускными газами дизелей, так как при работе на природном газе их токсичность значительно ниже, чем при работе на дизельном топливе, а дымность (сажа) меньше на порядок; обеспечение устойчивого топливоснабжения тепловозов в перспективе (Рис.1).



Рисунок 1 – Оптимизация системы топливоподачи дизелей тепловозов

Использование альтернативных видов топлива может быть организованы разным способом. Это работа дизеля по газодизельному циклу с использованием электрогазовых клапанов, насыщение дизельного топлива водородсодержащими газами, добавка водородсодержащих газов к воздушному заряду, подаваемому в цилиндр (Рис.2).



Рисунок 2 – Оптимизация системы топливоподачи дизеля тепловоза

Научно-исследовательская работа по данному направлению силами ученых СамГУПС ведется с 2005 года. За этот период проведено ряд экспериментальных, расчетно-экспериментальных исследований.

Для оценки влияния подачи сжиженного нефтяного газа и водорода в цилиндры тепловозного дизеля были проведены испытания тепловоза ЧМЭ3 при работе на дизельном топливе, а также с добавками сжиженного газа и водорода на вход воздушного ресивера в условиях станции реостатных испытаний и пункта экологического контроля локомотивного депо Самара, Оренбург, Сакмарская.

С целью проведения научно-экспериментальных исследований на базе САМГУПС была создана Научно-Исследовательская лаборатория «Локомотивные энергетические установки». Лаборатория оборудована двумя дизель-генераторными установками с дизелем воздушного охлаждения 4ВД12,5/9) и дизелем с водяной системой охлаждения Д242. Дизель-генераторы оборудованы измерителями расхода воздуха и топлива, системой запуска, дистанционной системой регулирования нагрузки.

Для выявления экологических и экономических характеристик были проведены испытания тракторного дизеля Д-242 при работе на дизельном топливе, а также на топливе, насыщенном водородом, природным газом.

Оптимизация системы смазки дизелей тепловозов является одной из приоритетных и актуальных задач в области энергосбережения и экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Современная философия энергосбережения должна включать в себя все многообразие подходов и технологий экономии ТЭР, и в первую очередь за счет внедрения инновационных решений в этой области. Комплексное решение данной проблемы может быть решено следующим образом. Применение усовершенствованных средств очистки моторного масла для обеспечения ускорения процесса фильтрации за счет усиления эффекта центробежной силы, применение гидротеплоаккумулятора с высокой теплоаккумулирующей способностью для длительного времени сохранения рабочей температуры масла, а также устройств для подачи присадок с учетом температуры, давления и вязкости моторного масла, для обеспечения поддерживающая его физико-химического состояния в процессе эксплуатации (Рис. 3). Научно-технический задел в данной области исследования представлен запатентованными и реализованными разработками.

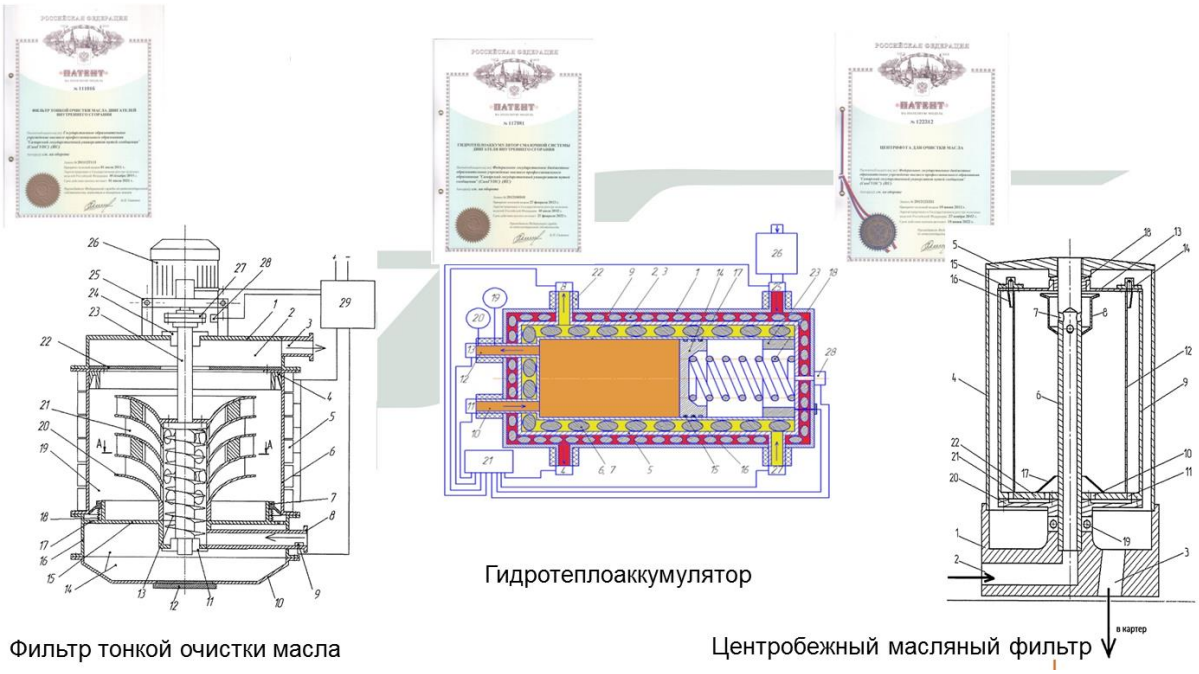


Рисунок 3 – Оптимизация системы смазки дизелей

Решаемые проблемы:

Разработка стенда для контроля и диагностирования технического состояния ТК после ремонта;

Повышение эффективности работы системы воздухоснабжения тепловозного дизеля на переходных и неустановившихся режимах.

Предлагаемые пути их решения:

Создание действующего стенда, разработка технологии контроля



Создание привода турбокомпрессора с подкруткой газовой турбиной

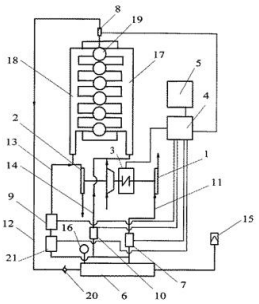


Рисунок 4 – Оптимизация системы воздухоснабжения дизелей

В лаборатории «Локомотивные энергетические установки» проведен ряд экспериментальных, расчетно-экспериментальных исследований, которые говорят о возможности:

1. Продления срока службы моторных масел (в 2 раза),
2. Снижения расхода масла (на 10-15%),
3. Снижения минимальных потерь на трение (снижение коэффициента трения в 1,5 раза),
4. Увеличения пробега тепловозов (100-150 тыс.км), 5. срока службы фильтрующих элементов в течение пробега 75-100 тыс.км.

Так же на базе СамГУПС, на кафедре «Электрический транспорт» разработаны, апробированы и готовы к внедрению на производстве следующие устройства и способы повышения надежности работы тяговых электрических машин и силовых цепей.

Разработанный в СамГУПС способ контроля качества изоляции электротехнических изделий может использоваться при пропитке и сушке обмоток электрических машин подвижного состава. Технический результат: Повышение надежности (ресурса) изоляции обмоток электрических машин в эксплуатации. Сущность: Способ заключается в измерении активной и реактивной составляющих тока утечки изоляции обмоток ТЭМ, с построением кривых ионизации до и после пропитки и сушки, и сравнением их ординат. Способ дополнительно позволяет не только оценить качество пропитки, и сушки, но и выбрать оптимальный (вакуумно-нагнетательный или ультразвуковой, окунанием).

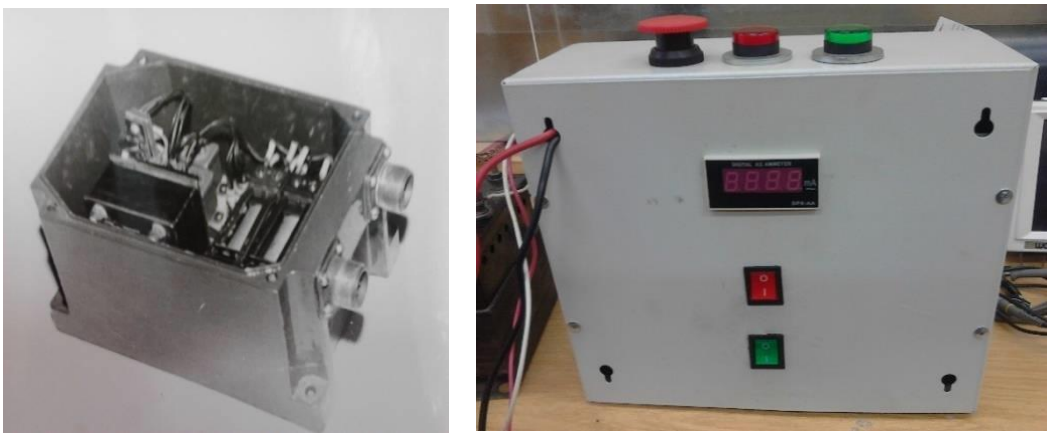
Разработанный в СамГУПС переносной прибор для определения витковых замыканий в обмотках электрических машин постоянного тока предназначен для определения наличия короткозамкнутых витков в якорях электрических машин. Отличительной чертой является универсальность и высокая разрешающая способность. При витковом замыкании в обмотке якоря или его коллекторе индикатор прибора однозначно указывает на две соседние пластины коллектора, в цепи которых произошло витковое замыкание. В этой модификации индикатором прибора является микроамперметр с пределом измерения 100 μA, стрелка которого при отсутствии витковых замыканий отклоняется на 8 - 10 делений, а при наличии замыкания на всю шкалу (90-100μA). Аналогов нет.



Рисунок 5 – Переносной прибор для определения витковых замыканий в обмотках электрических машин постоянного тока

Устройства для защиты электрических силовых цепей от коротких замыканий на корпус предназначены для защиты силовых цепей локомотивов. Принцип действия основан на том, что при ухудшении качества корпусной

изоляции цепи при перегревах, увлажнении или старении уменьшается ее комплексное сопротивление. Используя это, исполнительное реле устройств запитываются при исправном состоянии изоляции защищаемой силовой цепи и самого устройства и поочередно или одновременно обесточиваются в случае корпусных замыканий в плюсовой, минусовой или одновременно в обоих частях тех же цепей, либо при неисправности самого устройства. Применение указанных устройств позволяет снизить действующее напряжение в силовых цепях тепловозов и электровозов в 3 и более раз. Это, в свою очередь, увеличивает ресурс изоляции более чем на 100000 км.



а - для защиты электрических силовых цепей от коротких замыканий на корпус



б - для измерения уровня топлива, двух канальный программируемый ПИУТ
Рисунок 6 – Устройства, разработанные в СамГУПС

Разработанный в СамГУПС прибор для измерения уровня топлива, двух канальный программируемый ПИУТ предназначен для автоматического измерения уровня топлива по одному или двум каналам измерения методом обработки данных, поступающих от датчиков емкостного типа находящихся в контролируемом объеме топлива. Точность измерения на порядок выше существующих приборов.

С.Г.ШАНТАРЕНКО

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ НОВЫХ СЕРИЙ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО



Шантаренко Сергей Георгиевич,
д.т.н., профессор.
проректор по научной работе ОмГУПС

В настоящее время в связи с ростом скоростей, повышением весовых норм и требований к безопасности движения поездов существенно возрастает значение эксплуатационной надеж-ности тягового подвижного состава.

Надежность локомотивов в эксплуатации в основном обеспечивается своевременными и качественными техническими обслуживаниями, и ремонтами, что во многом зависит от уровня технологической готовности локомотиворемонтного производства. Особенно актуальной проблема организации ремонта становится при обновлении локомотивного парка, когда на смену старым машинам приходят локомотивы новых серий с современными системами управления, электрической аппаратурой и новыми конструкциями механической части и тягового привода.

В общем случае в комплексе вопросов организации ремонта локомотивов можно выделить следующие основные направления:

- технологическая подготовка производства;
- технологическое оснащение рабочих мест и участков;
- укомплектованность цехов и отделений ремонтным персоналом соответствующей квалификации;
- наличие необходимых производственных площадей;
- материально-техническое снабжение.

Технологическая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску локомотивов из ремонта при установленных сроках, объеме выпуска, материальных и трудовых затратах.

Она осуществляется в соответствии с требованиями Единой системы технологической подготовки производства и, в общем случае, включает решение следующих основных задач: проектирование и применение технологических процессов; проектирование и применение средств технологического оснащения; метрологическое обеспечение; инструментальная подготовка; обеспечение средствами транспортировки и складирования сырья, материалов и готовой продукции; разработка форм и методов организации производственных процессов и методов технического контроля; применение технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ.

При подготовке локомотивных депо к техническому обслуживанию и ремонту локомотивов новых серий проектирование технологических процессов занимает ключевую позицию, поскольку подготовленная согласно требованиям ГОСТ технологическая документация содержит исчерпывающую информацию о необходимом технологическом оборудовании, инструменте для выполнения операций, а также нормы времени на их выполнения. В результате можно оценить реальную потребность в ресурсах (кадровых, временных и др.), определить будущую планировку участков.

На этом этапе основными задачами являются:

- разработка технологических процессов;
- календарное планирование;
- обеспечение соответствия технологической документации требованиям ГОСТ ЕСТД.
- Для проектирования технологических процессов необходимы следующие исходные данные:
- конструкторская документация на локомотив;
- руководство по эксплуатации локомотива;
- руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

В Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС) создана методика разработки технологических процессов, основанная на общемашиностроительном подходе с использованием групповых технологий и конструкторско-технологической подготовки производства. Предложен типовой перечень технологической документации, необходимой для организации технического обслуживания и ремонта локомотивов в условиях депо, включающий:

- титульный лист;

– ведомость технологической документации;
– карты технологического процесса на маршрутных картах форм 1 и 1б;
– карты эскизов.

В Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС) на кафедре «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» разработано программное обеспечение по сетевому планированию ремонтного производства на основе обработки данных от пользователя (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008616475) [1]. Исходные данные находятся в шаблонных файлах Microsoft Office Excel, которые содержат номера событий (начальное, конечное, критическое), суть работы (текстовая строка, описывающая производимые на данном этапе работы), трудоемкость, измеряемую в человеко-часах, количество занятых работников с указанием их специальностей. В результате расчетов и преобразований, программа присваивает каждой выполняемой работе код, рассчитывает раннее и позднее начало и окончание работ, а также резерв времени выполнения каждой работы (Рис. 1).

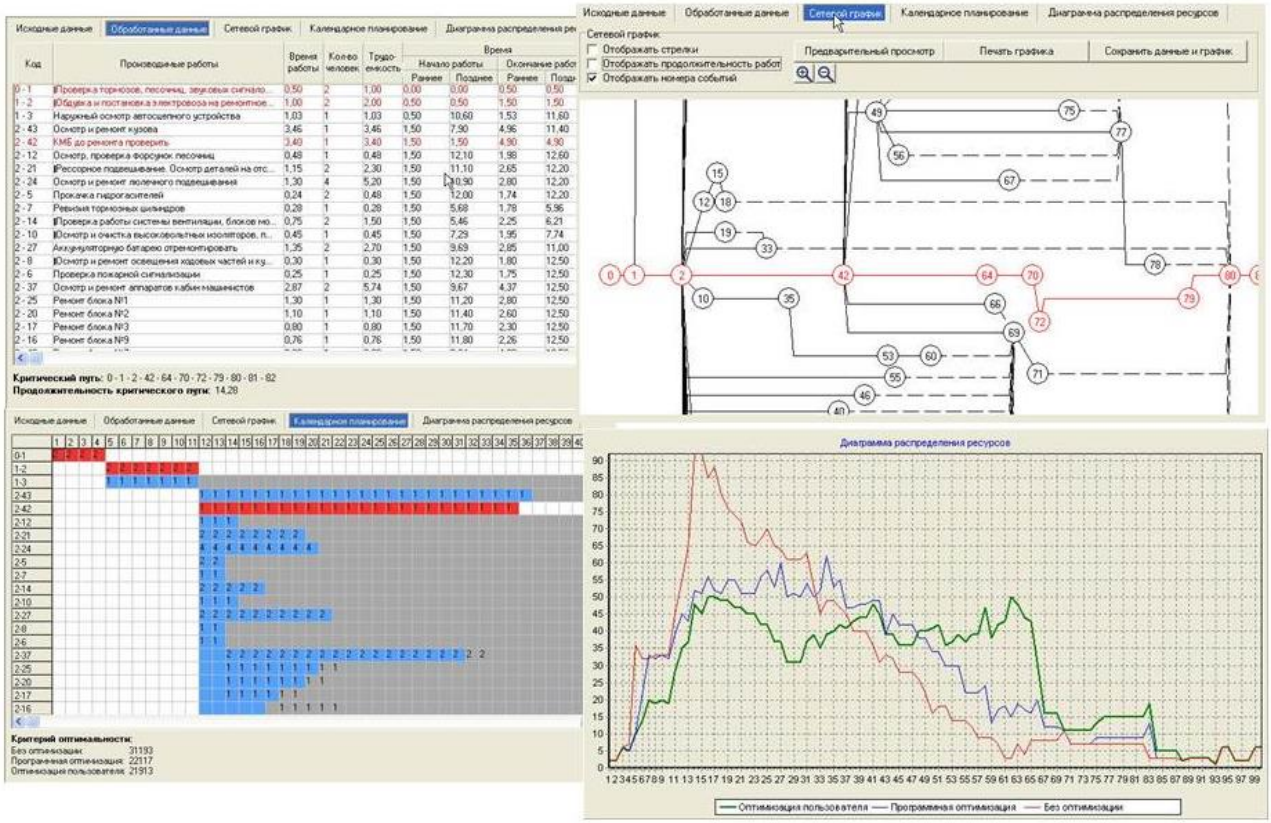


Рисунок 1 *– Автоматизация сетевого планирования в ремонтном производстве*

В программе «Сетевое планирование» все расчеты времени ведутся от абсолютного нуля, но для реального производства необходима привязка

выполнения конкретных видов работ к определенной дате и времени. Для этого данные экспортируются в Microsoft Office Excel, чтобы по ним составить точный календарный план проекта. Разработанные алгоритмы, использующие стандартные функции Microsoft Excel, позволяют определить даты и время начала и окончания всех работ с учетом выходных и праздничных дней.

Получив календарные даты и точное время начала и окончания всех работ, для календарного планирования можно воспользоваться любым из уже существующих приложений программного обеспечения по планированию на основе диаграммы Ганта, например, Битрикс24.

«Битрикс24» – корпоративный портал, реализованный в виде облачного сервиса, одной из главных целей которого является управление задачами. Данная программа позволяет ставить и контролировать индивидуальные и групповые задачи, как руководителю, так и исполнителю. С помощью базовых инструментов, таких как диаграмма Ганта можно быстро оценить загруженность сотрудников. Одно из главных преимуществ данной программы это отсутствие издержек на использование программного обеспечения, ввиду возможности использования прямо с сервера разработчика, без установки на рабочее место и доступу к аккаунту с любого компьютера.

Комплект замкнутого цикла программного обеспечения «Сетевое планирование» – «Microsoft Excel» – «Битрикс24» является эффективным инструментом планирования, который не требует больших финансовых затрат.

Данный комплекс программ позволяет осуществлять планирование работ любого объема и сложности, осуществлять оперативный контроль над ходом исполнения работ в реальном времени, а также отслеживать загруженность оборудования и персонала.

Таким образом, использование предложенного подхода позволит:

- разбить сложную задачу на несколько подзадач, что позволит привлекать к организации производственного процесса специалистов в конкретных направлениях технологического проектирования;
- разработанные сетевые графики можно откорректировать отдельно от технологии, диспетчеру нет необходимости вникать в результаты изменений технологического процесса, а достаточно просто ввести новые данные;
- использование стандартных пакетов программного обеспечения и простых приложений не требуют дополнительного обучения персонала.

Предлагаемый подход позволяет также сконцентрировать внимание руководителей на работах, лежащих на критическом пути. Практически реализуется принцип непрерывности планирования хода работ и управления им. Обеспечивается возможность применения компьютера та, где до сих пор вопросы решались только на основе опыта и интуиции руководителей.

ОмГУПС имеет определенный опыт по разработке технологической документации. По заданиям ОАО «РЖД» нами разработаны типовые технологические процессы текущего ремонта электровозов ВЛ10, ВЛ80, ЭП-1, 2ЭС5К, спроектированы и внедрены технологические процессы ремонта и технического обслуживания локомотивов в ряде базовых локомотивных депо Боготол – Сибирский, Канск-Иланский Красн.ж.д., Зиминское ВСиб ж.д. и др.

Необходимо привести технологическую документацию в соответствие, прежде всего, с выполняемым технологическим процессом и требованиями ГОСТ. В противном случае она превращается из эффективного инструмента управления производством в отчетную документацию для проверяющих, пропадает стремление технологов к актуализации технологической документации. При проектировании технологических процессов следует обращать особое внимание на последовательность операций, строгое соблюдение маршрутной технологии, исключение вариативности выполнения технологических операций, пооперационный контроль.

Оснащение производственных процессов технического обслуживания и ремонта локомотивов нестандартным и диагностическим оборудованием является необходимым условием технологической готовности ремонтного производства. Применение специализированного технологического оборудования повышает качество ремонта, а значит и эксплуатационную надежность локомотивов.

Задачами технологического оснащения являются:

- разработка нестандартного технологического оборудования для механизации ремонтных операций;
- внедрение в технологические процессы современных средств диагностирования для объективной оценки технического состояния деталей и узлов и качества их ремонта; возможности ремонта деталей, узлов и сборочных единиц по их фактическому техническому состоянию;
- обеспечение специализированным инструментом и средствами малой механизации.

Для успешного выполнения этих задач необходимо иметь:

– технологические процессы на все виды ремонта, планируемые в депо по сериям локомотивов;
– конструкторскую документацию на соответствующие детали, узлы и сборочные единицы локомотива;
– образцы деталей, узлов и сборочных единиц на стадии испытаний и доводки разработанного оборудования;
– планировочные решения по размещению оборудования.

Омский государственный университет имеет многолетний опыт по созданию и внедрению нестандартного технологического и диагностического оборудования. За последние годы в университете разработано более ста наименований средств технологического оснащения для локомотивного хозяйства (Рис.2), большинство которых внедрено в более чем 30 локомотивных депо сети железных дорог России.



Автоматизированный комплекс для проверки полупроводниковых приборов



Технологическая позиция разборки КМБ

Рисунок 2 *– Примеры разработанного и внедренного оборудования ОмГУПС*

Работы по технологическому оснащению ремонтного производства выполняются «под ключ» и включают этапы разработки, изготовления, пуско-наладки, обучения персонала и гарантийного обслуживания.

Наличие в университете конструкторского бюро и производственного участка позволяет осуществлять проектирование и изготовление практически любого нестандартного и диагностического оборудования по заказу производства.

В ОмГУПС создан инновационный сервисный центр, который выполняет как гарантийное, так и послегарантийное обслуживание и ремонт разрабатываемого и внедряемого технологического оборудования.

Новые конструктивные решения узлов и сборочных единиц в локомотивах новых серий требуют создания и нового нестандартного технологического оборудования для осуществления их текущих и неплановых ремонтов.

Например, конструкции колесно-моторных блоков (КМБ) электровозов ЭП2К и 2ЭС6 имеют существенные отличия от КМБ электровозов прежних серий и для их разборки и сборки требуется новое специализированное нестандартное оборудование. В университете проведена предварительная проработка и подготовлены конструктивные решения по такому оборудованию, техническая новизна которых подтверждена полученными патентами.

Необходимо пересмотреть регламенты технологического оснащения локомотивных депо в сторону увеличения ремонтных позиций, современного диагностического оборудования, средств малой механизации. При этом следует планировать сервисное (послегарантийное) обслуживание технологического оборудования, в том числе и нестандартного, установленного в цехах локомотивных депо.

Для повышения эффективности контроля технического состояния деталей и узлов локомотивов, качества выполняемых ремонтных работ требуется замена морально и физически устаревших, а также внедрение современных средств технического диагностирования [2].

Важнейшим аспектом готовности депо для осуществления ремонтов локомотивов новых серий является укомплектованность цехов и отделений квалифицированным ремонтным и инженерным персоналом. Квалификация работников позволяет успешно решать такие задачи как:

- обеспечение качества ремонта;
- гарантированное выполнение требований технологической документации;
- эффективность применения нестандартного и диагностического оборудования, поддержание его в работоспособном состоянии.

Для решения вопросов кадрового обеспечения производственных процессов ремонта локомотивов новых серий ОмГУПС ведет подготовку специалистов с высшим профессиональным образованием по специальности «Подвижной состав железных дорог» со специализациями «Локомотивы», «Электрический транспорт железных дорог» и «Технология производства и ремонта подвижного состава». Используются такие формы подготовки как:

– целевая подготовка специалистов с высшим образованием в ОмГУПС, в том числе и для кадрового сопровождения разработанного нестандартного технологического оборудования;
– повышение квалификации инженеров-технологов и мастеров ремонтных цехов.

Одной из важных задач технологической подготовки производства при организации ремонта локомотивов новых серий является установление норм расхода запасных частей и материалов. Это связано с определением объемов ремонтного фонда деталей и масштабов окончательного выхода их из строя, что в свою очередь определяет необходимость расчета коэффициентов годности, восстановления и сменяемости деталей с учетом возможности их восстановления.

Для разработки норм расхода материала используется расчетно-аналитический и опытный методы.

При расчетно-аналитическом методе нормы расхода материала разрабатываются на основе прогрессивных показателей использования материала. Полезный расход, принимаемый за основу при расчете, устанавливают по номинальным размерам детали с учетом средней величины допуска на размер.

Основной исходной информацией при расчете норм расхода материалов являются:

– чертежи деталей, сборочных единиц, спецификации;
– технологические документы;
– нормативы расхода материалов на единицу обрабатываемой поверхности, длины, массы или других параметров;
– нормативы отходов и потерь.

Опытный метод разработки норм расхода заключается в определении затрат материалов, необходимых для производства изделий, на основе данных измерений полезного расхода, технологических отходов и потерь, определяемых в лабораторных условиях или непосредственно в условиях производства. Так как расход материалов зависит от небольшого количества факторов, то в ряде случаев при нормировании можно использовать комбинированный метод, т.е. применяя расчетно-аналитический или опытный метод совместно со статистическим.

Примером комбинированного метода является вариант, при котором определяются индивидуальные нормы расхода:

$$H_{ij} = \sum_{ij}^{n} H_{ij}^{n} \lambda q_j p_j, \quad (1)$$

$$H_{ij}^{n} = m_{ij}^{\text{ч}} \left(\frac{m_{ij}^{0}}{m_{ij}^{\text{ч}}}\right) - m_{ij}^{\text{в}}, \quad (2)$$

где H_{ij} – индивидуальная норма расхода i-го материала или запасной части при капитальном, среднем, текущем ремонтах на j-ый объект;

H_{ij}^{n} – подетально-узловая норма расхода i -го материала или запасной части на ремонт, определяемая опытным методом на базе соотношения (1);

m_{ij}^{0} – черный вес i-го заменяемого материала или запасной части в j-м узле (детали);

$m_{ij}^{\text{ч}}$ – чистый вес i-го заменяемого материала или запасной части в j-ом узле (детали);

$m_{ij}^{\text{в}}$ – вес i-го материала или запасной части, который может быть использован вторично при ремонте узла. При отсутствии вторичного использования материала;

λ – количество отказов в расчете на год, требующих определенного

вида ремонта;

q_j – количество одноименных j-ых узлов (деталей);

p_j – вероятность того, что при данном отказе будут подвергаться ремонту определенного вида j-е узлы (детали).

Другим вариантом является случай, когда определяется суммарная норма расхода материалов или запасных частей на основе фактических данных о параметрах потока отказов и количестве материала или запасных частей, необходимом для ликвидации одного отказа.

Норма расхода по объектам для каждого наименования материала или запасных частей

$$H_i = W_i q_i, \quad (3)$$

где W_i – параметр потока отказов;

q_i – количество i-го материала или запасной части, необходимого для ликвидации одного отказа.

Параметр отказов

$$W_i = \frac{h_i(\tau)}{h_{\text{об}}(\tau)}, \quad (4)$$

где τ – длительность наблюдаемого периода (лет);

$h_{\text{об}}(\tau)$ – число единиц наблюдаемого за этот период оборудования;

$h_i(\tau)$ – число отказов наблюдаемого оборудования в анализируемом периоде, требующих восстановления расхода i-го материала или запасной части.

Количество материала, необходимого для ликвидации одного отказа,

$$q_i = \bar{q}_i \sigma_{q(i)}, \quad (5)$$

$$\sigma_{q(i)} = \sqrt{\frac{\left[\sum_{m=1}^{m(\tau)} (q_{im} - \bar{q}_i)^2\right]}{[h_i(\tau) - 1]}}, \quad (6)$$

где $\bar{q}_i$ – среднее значение расхода i-го материала или запасной части для ликвидации одного отказа;

$\sigma_{q(i)}$ – среднеквадратичное отклонение значения;

q_{im} – фактический расход i-го материала или запасной части для ликвидации m-го отказа.

Разработанные нормы позволяют определять:

- величину необходимого ремонтного запаса;
- необходимость внедрения прогрессивных технологий, в том числе безотходных и малоотходных технологических процессов;
- необходимое количество складских помещений и периодичность поставки запасных частей и материалов.

Таким образом, разработанные нормы расходов должны привести к повышению эффективности организации и технологической готовности производства при ремонте локомотивов новых серий.

В целом все эти показатели в конечном итоге воздействуют на снижение себестоимости и повышение качества ремонта локомотивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Капустьян, М.Ф. Комплексный подход при организации и планировании производственных процессов на основе сетевого планирования и «облачных технологий» [Текст] / М.Ф.Капустьян, О.П.Супчинский // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии: Науч. журнал / Омский гос. технич. ун-т. Омск, 2014. № 3 (133). С. 138-142.

2. Шантаренко, С.Г. Качество ремонта и энергоэффективность электровозов [Текст] / С.Г.Шантаренко, М.Ф.Капустьян, О.П.Супчинский // Вестник РГУПС. Науч. журнал / РГУПС. Ростов-на-Дону, 2015. № 1 (57). С. 46 – 53.

А.И.ОРЛЕНКО

ОПЫТ КрИЖТ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ



ОРЛЕНКО Алексей Иванович,
к.т.н.,
Директор КрИЖТ ИрГУПС (г. Красноярск)

Красноярский институт железнодорожного транспорта одним из первых начал применять трехмерную интерактивную графику с элементами дополненной и виртуальной реальности при создании обучающих программ.

Первые разработки в данной области были начаты еще в 2007 году под руководством доктора технических наук, профессора Игоря Капитоновича Лакина, который в то время являлся заместителем директора КрИЖТ по научной работе.

В своих разработках [1] мы опираемся на исследования в области когнитивной психологии и педагогики. Известно, что мышление человека оперирует образами, а значит, наиболее эффективным для понимания, является работа напрямую с образом объекта, а не с его описанием.

Основная задача, которую мы решали – это создание готовых для запоминания, ярких и уникальных образов и формирование устойчивых связей между ними.

Рассмотрим простой пример. На рисунке 1 изображен разворот учебника «Конструкция вагонов». Изучая представленные страницы, студент должен ориентируясь на сноски и указатели сопоставить названия узлов с соответствующими элементами рисунка. Студент не может точно определить границы того или иного элемента, не может получить полное представление о геометрической форме, материале, цвете объекта, а соответственно знание будет в лучшем случае не полном, в худшем – ошибочным.

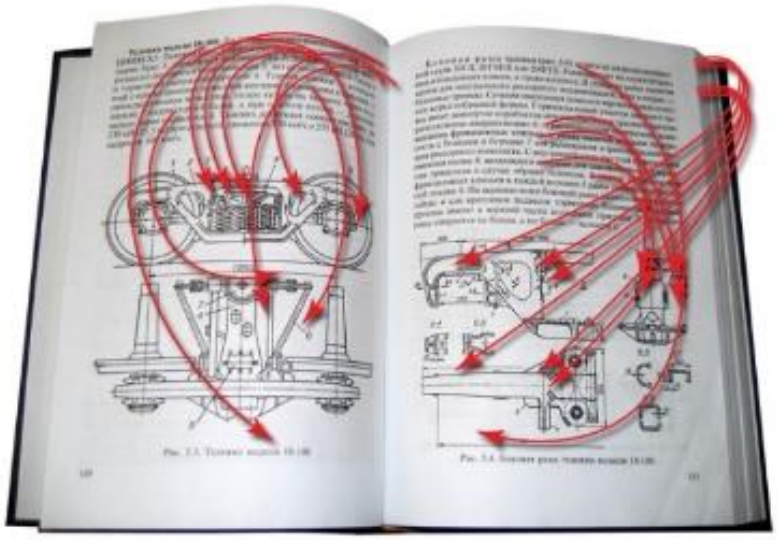


Рисунок 1 - Учебник

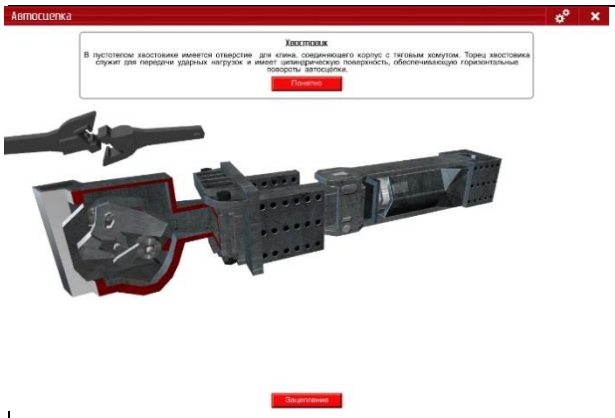
Каждая стрелка на рисунке это физическая и умственная работа ученика, затраченная не на получение новой информации, а на борьбу с интерфейсом учебника.

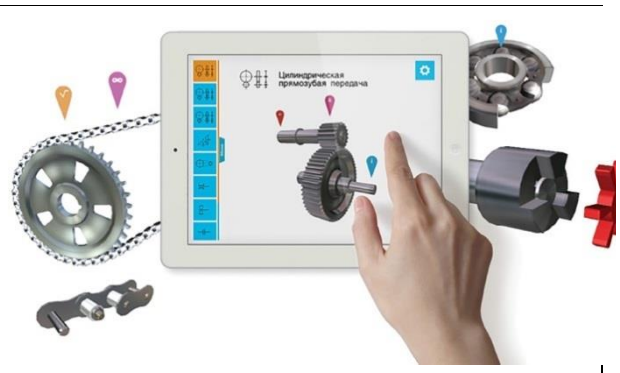
Для дисциплин, изучающих реальные объекты, целесообразно разрабатывать электронные учебники с использованием трехмерной графики в режиме реального времени. Данная технология позволяет пользователю взаимодействовать с трехмерными моделями. Учащийся может самостоятельно выбирать ракурс обзора объектов и темп их изучения, что вызывает живой интерес исследователя и практически исключает неправильное понимание материала, поскольку представляет объект изучения, таким как он есть.

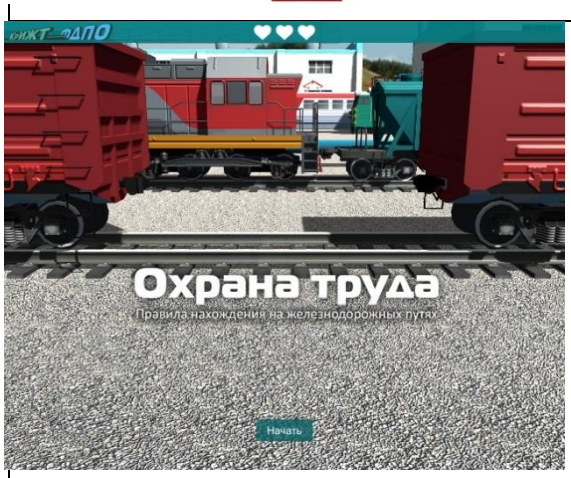
Непременным условием успешности всех познавательных действий является концентрация внимания. Внимание – это ресурс, и, направляя этот ресурс в нужном направлении, можно запускать необходимые процессы. Самый простой способ – это интерес: делая обучающие программы интерактивными, живыми и яркими мы существенно ускоряем процессы получения и обработки учащимся новой информации. В своих обучающих программах (таблица 1) мы используем трехмерную графику в режиме реального времени. Все предметы в такой среде могут наблюдаться под любым углом и в любом масштабе. В отличие от видео, ученику не нужно ждать пока оператор найдет нужный ракурс, он может выбрать его сам.

По сути, появилась возможность личного наблюдения объекта учеником. Возможные ошибки в правильном понимании иллюстраций также исключены, поскольку ученик видит объект таким, какой он есть, а соответственно верно формируется и его образ. Данная технология позволяет более качественно реализовать не только требование наглядности, но и научности учебного материала.

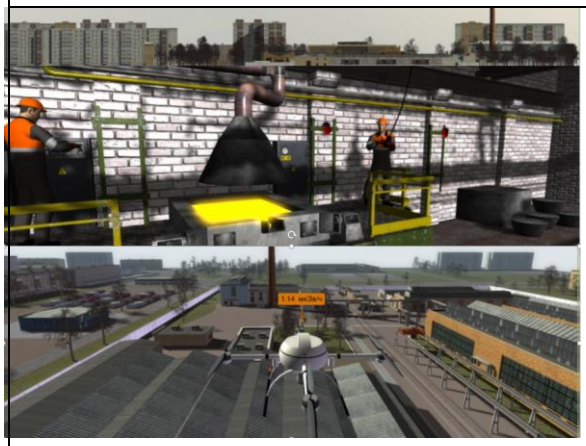
Таблица 1 - *Примеры интерактивных обучающих программ*

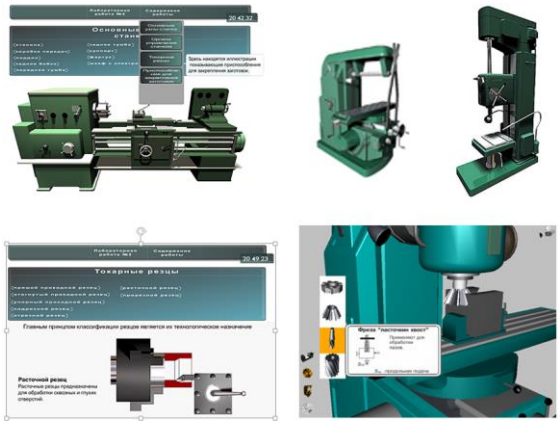




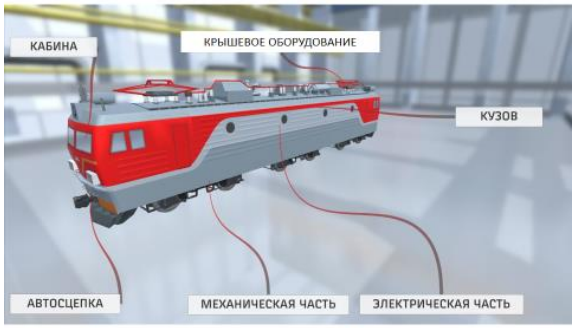












Главным преимуществом такого способа подачи информации является не только его удобство, но и сама механика процесса. Знание формируется на лету, самим пользователем непосредственно в ответ на его действия. В отличие от видеоматериалов широко распространенных в обучении, ученик не является пассивным зрителем, а активно участвует в формировании того, что происходит на экране.

Интерактивность и динамика трехмерных моделей в совокупности с активностью пользователя в полной мере реализует соответствующие требования.

Таким образом, процесс изучения материала с помощью трехмерных интерактивных обучающих программ имеет целый ряд преимуществ:

1. Учащийся активно участвует в процессе получения новой информации, сам выбирает направление и темп обучения.
2. Внимание ученика направлено на изучаемый элемент, ученик готов к получению новой информации, поскольку сам активирует объекты.
3. Формируются прочные и однозначные связи между составляющими образа.
4. Вырабатываются моторика и последовательность действий, необходимые при работе с реальным объектом.

Красноярский институт железнодорожного транспорта продолжает идти в ногу со временем [2-6] и активно изучает возможности применения инструментов дополненной и виртуальной реальности. Все созданные нами учебники можно запустить в режиме виртуальной реальности.

Но, несмотря на видимую эффектность и эффективность решений, есть немало проблем. Во-первых – стоимость оборудования для виртуальной реальности и физические неудобства его длительного использования (головокружение, усталость). Что касается дополненной реальности – не всегда удобно каждый раз наводить гаджет на маркер и держать его продолжительное время. Сейчас дополненная и виртуальная реальность находится на стадии избавления от иллюзий: выявляются недостатки технологии, восторженных публикаций становится меньше, зато начинается работа над ошибками, появляются разработки, где данные решения действительны необходимы.

На наш взгляд более перспективным направлением на данном этапе развития технологий является разработка мобильных обучающих приложений, то есть программ, работающих на смартфонах и планшетах локально либо по сети. Доступ к учебнику без дорогого компьютера и ноутбука в любом удобном

для пользователя месте позволит сделать обучение проще и доступнее. Использование мобильных приложений позволит мгновенно получать отчетность и статистику о результатах обучения и упростит идентификацию пользователя. Кроме того, мобильные приложения делают доступнее и виртуальную реальность за счет использования VR-боксов, цена которых начинается от 500 рублей.

Представленные обучающие программы являются частью учебно-методических комплексов дисциплин, используются для подготовки студентов СПО, ВО, курсов повышения квалификации и подготовки рабочих кадров, как для самостоятельного обучения, так и при проведении очных занятий.

ВЫВОД: имеющийся у коллектива института многолетний опыт создания уникального по эффективности программного обеспечения, дает широкие возможности для сотрудничества с промышленными предприятиями в части разработки современных учебных материалов для подготовки рабочих кадров и специалистов транспортной отрасли. В частности, письмом от 8 октября 2018 года № ИСХ-4978/ЦКАДР заместителя начальника департамента управления персоналом ОАО «РЖД» Игоря Петровича Чирвы начато взаимодействие по данной тематике с Корпоративным центром развития профессионального обучения персонала ОАО «РЖД».

ЛИТЕРАТУРА:

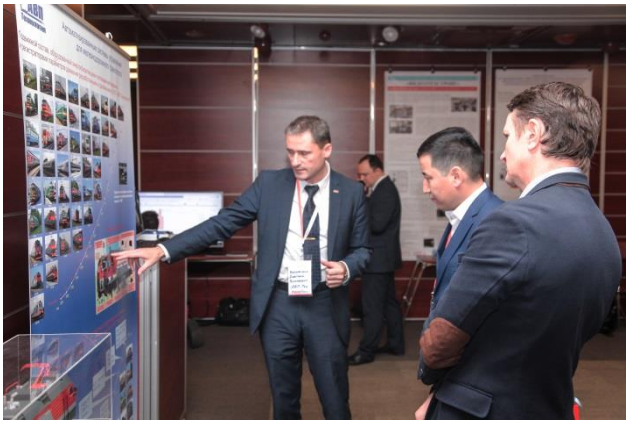
1. Объектно-Ориентированный Подход К Созданию Электронных Учебников / Бойков Е.В. // Культура. Наука. Образование. – 2011, № 1. С. 123-133.
2. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642.
3. Указ Президента Российской Федерации «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» от 9 мая 2017 года № 2013.
4. Указ Президента Российской Федерации «О стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» от 13 мая 2017 года № 208.
5. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» №1285 от 05.12.2017.
6. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. Дата официального опубликования 16.04.2014.

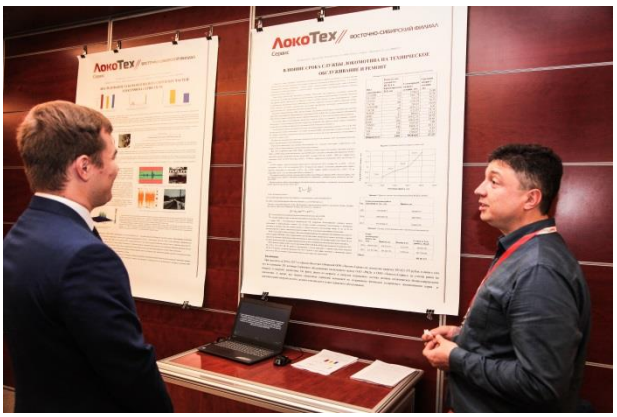
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ



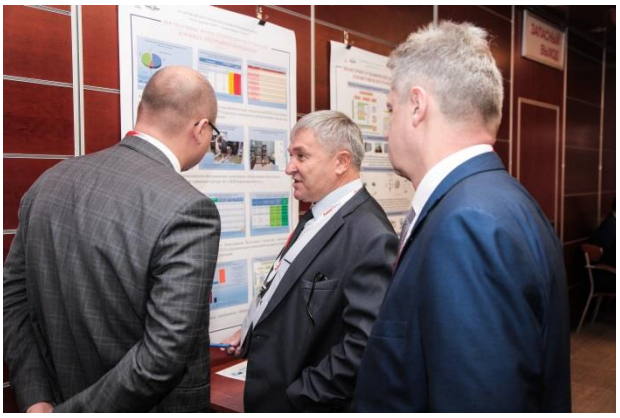














АБОЛМАСОВ А.А., к.т.н., ЛАКИН И.И., к.т.н., А.И.БАРАНОВ
(Инжиниринговый центр ЛокоТех, г. Москва)

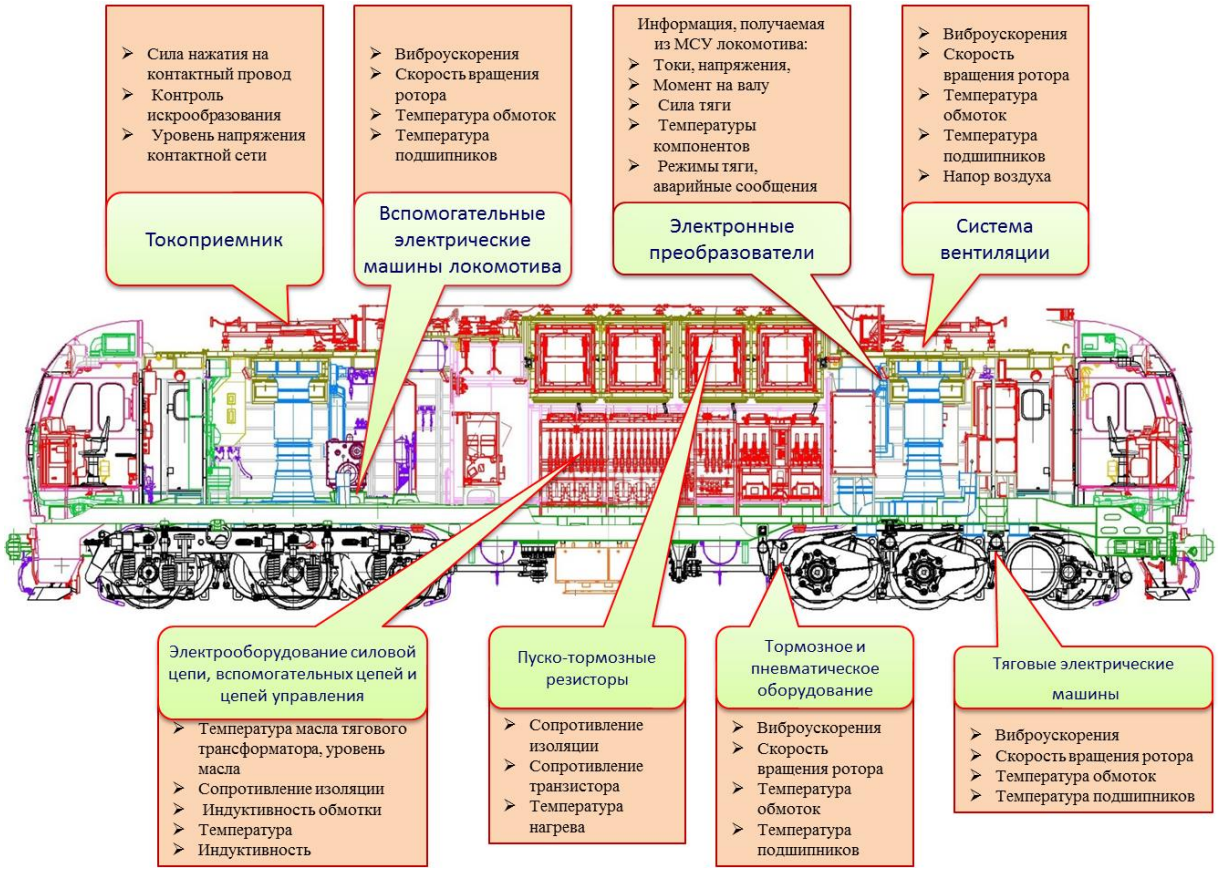
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДИКТИВНОГО РЕМОНТА

В настоящее время популярной стала тема перехода на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) локомотивов по фактическому техническому состоянию с использованием диагностических данных бортовых микропроцессорных систем управления. При этом обычно используется термин «Предиктивный ремонт». Даже называются сроки перехода на такую форму обслуживания – обычно в ближайшие 10 лет. Авторами статьи выполнен комплексный анализ реальных возможностей перехода от планово-предупредительной формы ремонта к предиктивной. Показано, что ожидания явно завышены.

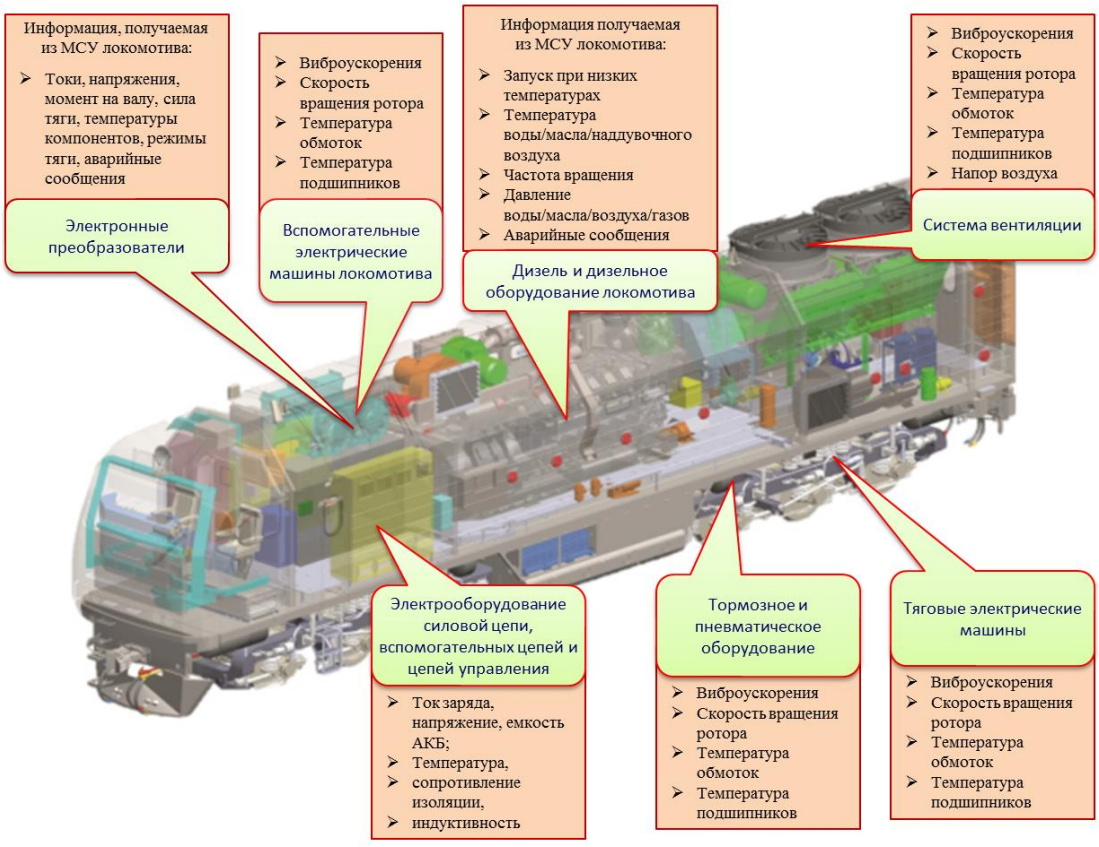
БОРТОВЫЕ МСУ ЛОКОМОТИВОВ

Современные локомотивы имеют в основе системы управления приводом МСУ [1]. Локомотивы старых серий модернизируются специализированными МСУ для учёта топлива и реализации функции автоведения. На борту имеются приборы безопасности, также являющиеся разновидностью МСУ. Большинство МСУ имеют два важных для предиктивного ремонта свойства: в их состав входят датчики (сенсоры), устанавливаемые в оборудовании локомотива для измерения параметров оборудования (Рис.1). Датчики нужны, прежде всего, для автоматического управления приводом локомотива. Но, благодаря второму свойству МСУ, важны и для задач ТОиР: диагностическая информация с датчиков сохраняется в энергонезависимой памяти локомотива. Как правило, на жёстком диске бортового компьютера, устанавливаемого в кабине машиниста. Таким образом, имеются предпосылки для предиктивного ремонта.

Аналоговые датчики локомотива (сигнал с которых поступает на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) МСУ) позволяют контролировать напряжения и токи тяговых электродвигателей (ТЭД) и главного генератора, напряжения и токи в управляющих цепях (в т.ч. на аккумуляторе), давление и температуру воздуха (в т.ч. выхлопных газов цилиндров дизеля), воды и масла, частоту вращения оборудования и скорость локомотива в целом. Также имеются бинарные датчики, контролирующие работу оборудования по принципу «включён/отключён», которые устанавливаются как в электрических цепях для контроля срабатывания оборудования, так и в механических и пневматических цепях. Всего на современных отечественных локомотивах имеется 100 – 300 датчиков.



а *– Электровозы*



б *– Тепловозы*

Рисунок 1 *– Перспективные и существующие диагностические возможности МСУ отечественных локомотивов*

МИРОВОЙ ОПЫТ ПРЕДИКТИВНОГО РЕМОНТА

Анализ зарубежного опыта свидетельствует о широком использовании бортовой диагностики для управления ТОиР [2-7]. Наиболее интересен опыт компании General Electric (GE), где на базе завода изготовителя тепловозов (г. Эри, США) создан центр мониторинга, куда по каналам GPRS через бортовую систему Bright Star поступает информация о дислокации локомотива, основных параметрах его движения и код ошибки (всего около 10 тыс. кодов, соответствующих тем или иным отклонениям от нормальной эксплуатации тепловоза - инциденты). С использованием статистики отказов в ситуационном центре определяются возможные причины (неисправности) инцидентов. По заранее разработанным технологическим картам предлагается выполнить ТОиР плюс (!!!) к предусмотренному планово-предупредительной системой ремонта.

Аналогичный подход применен и компанией Siemens для ТОиР скоростных поездов ICE, включая адаптированные для российских железных дорог (РЖД) электропоездов «Сапсан». Главное отличие систем бортового диагностирования друг от друга – это место постановки диагноза: на борту с дальнейшей передачей кода инцидента, в стационарной системе по поступившим полным диагностическим данным (например, на локомотивах фирмы Bombardier и Alstom), смешанная система. Но важно отметить, что нигде бортовая диагностика не отменяет предусмотренную жизненным циклом планово-предупредительную систему ремонта, а комплексно её дополняет.

БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Возможности диагностирования локомотивов ограничены возможностями самих МСУ — числом датчиков, частотой их опроса, объёмом памяти для хранения информации [1, 2-7]. Также ограничением может выступать алгоритм сохранения данных. Например, в сервисном локомотивном депо «Барабинск» разработана технология диагностирования отказов электрических аппаратов по времени их срабатывания (< 200 мс – норма, > 500 мс – отказ). Но применение аналогичной диагностики на тепловозах не возможно, т.к. частота опроса датчиков – 500 мс.

Одним из самых информативных следует считать МСУ тепловозов серий 2ТЭ116У, ТЭП70БС и 2ТЭ25КМ и электровозов 2/3/4ЭС5К и 2/3ЭС4К. В настоящее время реально использовать данные бортовых систем для диагностирования работоспособности локомотивов, выявления предотказных состояний (локомотив работоспособен, но не исправен), даже контролировать режимы эксплуатации.

ОПЫТ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛОКОТЕХ

Для использования диагностических данных бортовых МСУ для организации сервисного ТОиР в группе компаний «ЛокоТех» в период с 2012-го по 2015-й в сервисных локомотивных депо сверх установленного штата были созданы группы диагностики, как правило, из трёх человек: старший диагност и два сменных диагноста.

В задачи групп диагностики входит считывание информации с бортовых МСУ (с помощью flash-накопителей, по каналам Wi-Fi и GPRS), ввод информации в стационарный компьютер и расшифровка данных с помощь специализированных программ – Автоматизированного рабочего места диагностирования (АРМ МСУ).

В качестве АРМ МСУ в «ЛокоТех» используются программы просмотра данных МСУ [1], разработанные производителями МСУ – АРМ МСУД компании ЛЭС (г. Новочеркасск), «Осциллограф» НИИТКД (г. Коломна), АРМ МСУЭ компании «ДЦВ Красноярской ж.д.», АРМ РПДА компании «АВП Технология», АРМ БОРТ НИИТКД (г. Омск) и др. АРМ МСУ были доработаны по заданию ЛокоТех для автоматизации поиска инцидентов. В настоящее время также по заданию ЛокоТех в компании «Кловер Групп» идёт разработка единого для всех МСУ АРМ «Умный локомотив», на который в перспективе предполагается перевести все группы диагностики. Все работы выполняются под руководством заместителя генерального директора «ЛокоТех» по технологиям В.Н.Пустового в дирекции Инжинирингового Центра по АСУ и ИТ (исполнительный директор – д.т.н., профессор И.К.Лакин).

Опыт, накопленный группами диагностики, оказался уникальным [5-7]. Во первых, удалось выявить массовые нарушения режимов эксплуатации локомотивов со стороны машинистов, составить классификатор этих нарушений с указанием рисков отказа оборудования. В результате совместно с Дирекцией Тяги начата планомерная работа по исключению нарушений. Во вторых, удалось разработать комплексную систему Мониторинга технического состояния локомотивов по данным бортовых МСУ: выявляемых в процессе мониторинга отказы, предотказы передаются в электронную диагностическую карту автоматизированной системы управления технологическим процессами ТОиР АСУ «Сетевой график». На основании этих данных автоматизировано назначаются сверхцикловые работы (плюс к цикловым работам, предусмотренным шаблонами планово-предупредительных работ). Таким образом, реализована система предиктивного ремонта, предполагающая устранение отказов на этапе предотказа во время планового захода локомотива в сервисное депо.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДИКТИВНОГО РЕМОНТА

Все сверхцикловые работы в АСУ «Сетевой график» могут быть назначены при наличии соответствующих замечаний, фиксируемых в электронной диагностической карте. Основные источники информации приведены на Рис.2. При этом фиксируется источник информации, что позволяет оценить информативность существующих МСУ.



***Рисунок 2** – Источники информации для предиктивного ремонта*

За сентябрь 2018 года в ЛокоТех выявлено и занесено в закладку «Замечания» диагностической карты АСУ «Сетевой график» около 203 тыс. замечаний по техническому состояния локомотивов. Из них по данным МСУ – 20,5 тыс. Таким образом, МСУ составляют только 10% всей информации о техническом состоянии локомотива. При этом объём выполненных работ ещё меньше – 4%. Основным источником информации на сегодня является бортовой журнал замечаний формы ТУ-152, замечания, выявляемые мастером во время ТОиР и визуальная приёмка локомотива на ТОиР. Если учесть, что только треть локомотивов имеют МСУ, то можно говорить, что МСУ могут давать до 30% информации о техническом состоянии локомотива.

В ЛокоТех выполнен анализ состава планово-предупредительных работ. Например, в результате анализа ТР-1 по электровозам серии 2/3ЭС5К (123,527 нормо-часов) установлено, что с использованием систем диагностики можно сократить нормативное время всего лишь на 2,21 ч. Работы, общей продолжительностью 14,97 часов можно частично сократить (например «Выключатель быстродействующий ВБ-8 осмотреть, отремонтировать»). При модернизации локомотивов и установке дополнительных датчиков можно

частично сократить продолжительность простоя, но не более чем на 69,1ч. Однако цикловые работы в объёме 90,678 часов (73%) изменить с помощью оснащения локомотива датчиками не представляется возможным («Коллектор якоря тягового электродвигателя отшлифовать», «Механическое оборудование электровоза после ремонта отрегулировать», «Крышевое оборудование осмотреть, отремонтировать»).

В Табл.1 приведены статистические данные об оборудовании, по которому удаётся выявлять предотказы по данным МСУ. А в Табл.2 разложены предотказы по дизельному оборудованию (в сумме – 34,2%), диагностирование которого по данным МСУ можно считать наиболее эффективным.

Таблица 1 *– Выявление предотказов по данным МСУ по видам оборудования*

Тип оборудования	**%**
Дизель и дизельное оборудование локомотива	34,2
Тяговые электрические машины локомотива	23,7
МСУ и РТС	20,1
Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива	13,4
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива	2,9
Экипажная часть и механическое оборудование локомотива	2,7
Приборы безопасности локомотива	1,7
Система вентиляции локомотива	1,3

Таблица 2 *– Предотказы по дизельному оборудованию*

Наименование предотказных состояний	**%**
Занижена температура выхлопных газов	8,2
Завышена температура выхлопных газов	7,4
Перепад давления масла по фильтру грубой очистки	6,1
Перепад давления топлива по фильтру тонкой очистки	4,2
Малая мощность ДГУ	2,8
Увеличенное значение разряжения воздуха на входе в турбокомпрессор	2,2
Завышен выход рейки ТНВД	0,8
Занижен выход рейки ТНВД	0,8
Завышены обороты дизеля по позициям	0,62
Малое давление наддува	0,6
Неисправность датчиков	0,48

Следует отметить, что в большинстве случаев МСУ позволяют проверить работоспособность локомотива, т.е. соответствие внешним характеристикам. А при малом диапазоне наблюдения (сутки – двое) – только правильность функционирования, т.к. за это время локомотив может не работать в тех или иных режимах, более того, могли не срабатывать защиты. Поэтому исправность

оборудования остаётся не проверенной. Планово-предупредительная система ТОиР, в свою очередь, позволяет проверить именно исправность оборудования. Таким образом, МСУ не могут заменить существующую систему ТОиР, но могут существенно повысить её эффективность.

ВЫВОДЫ

1. Предиктивный ремонт в основном решает задачи выявления предотказных состояний и прогнозирования их появления по наличию трендов параметров оборудования. При этом не происходит отказа от существующей планово-предупредительной системы ремонта.
2. Эффект от Предиктивного ремонта заключается в сокращении дорогих неплановых ремонтов и отказов локомотивов во время эксплуатации. При этом стоимость планового ТОиР остаётся на прежнем уровне.
3. В настоящее время МСУ могут дать до 30% информации о техническом состоянии локомотивов, которое при оборудовании локомотива дополнительными датчиками и специальными диагностическим алгоритмами может быть увеличено до 60-70% (экспертная оценка авторов статьи по результатам анализа набора работ планового ТОиР).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика [Текст] / К.В.Липа, А.А.Белинский, В.Н.Пустовой, С.Л.Лянгасов, И.К.Лакин, А.А.Аболмасов, и др.– М.: ООО «Локомотивные Технологии», 2015. – 212 с.
2. Пат. 2593729 Российская Федерация, МПК[7] B 61 L 27/00, 2006.01. Способ контроля режимов эксплуатации локомотивов / К.В.Липа, В.И.Гриненко, С.Л.Лянгасов С. Л., Лакин И. К., Аболмасов А. А., Мельников В. А., Баркунова; заявитель и патентообладатель ООО «ТМХ-Сервис» - № 2015101911/11; заявл. 22.01.15; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. – 4 с. : ил.
3. Модель управления рисками отказов локомотивов [Текст] / И.К.Лакин, А.А.Аболмасов, В.А.Мельников // Мир транспорта.– 2013.– № 4. –С.130–136.
4. Семченко, В.В. Диагностирование систем управления электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями. Диссертация на соискание степени к.т.н. – Иркутск: ИрГУПС, 2010 – 199 с.
5. Лакин, И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: Диссертация на соискание степени к.т.н. – М., МИИТ, 2016 – 195 с.
6. Аболмасов А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания. Диссертация на соискание степени к.т.н. – М.: МИИТ, 2017 г. – 180 с.
7. Пустовой И.В. Разработка информационно-динамической модели управления сервисным техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов. Диссертация на соискание степени к.т.н. – Омск: ОмГУПС, 2018 г. – 183 с.

УДК 629.42:629.4.054

АБЛЯЛИМОВ О.С. к.т.н., ХИСМАТУЛИН М.И. магистр,
СОТВОЛДИЕВ А.Р. бакалавр (ТашИИТ, Узбекистан)

О ТЯГОВОМ КАЧЕСТВЕ ПРОФИЛЯ ПУТИ УЧАСТКА МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН ПРИ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЯГЕ

Устойчивая, ритмичная и безотказная работа железнодорожного транспорта Узбекистана во многом обусловлена надёжностью тягового подвижного состава, в том числе дизельного и эффективностью его использования в различных условиях эксплуатационной деятельности узбекских железных дорог.

В этой связи, важнейшей задачей локомотивного комплекса является не только улучшение технического состояния и обеспечение высокой эксплуатационной надёжности тягового дизельного подвижного состава за счёт совершенствования и повышения качества всех видов технического обслуживания и ремонта, но и обоснование тягового качества и свойства () профиля пути железнодорожных участков.

На трудность и сложность участков железных дорог, в том числе узбекских, существенное влияние оказывает разное сочетание и последовательность расположения элементов профиля пути, отличающиеся между собой структурой (подъёмы, спуски, площадки) и содержанием (протяжённость, кривые – радиус, длина) [1], в зависимости от которых различают равнинные, холмистые, холмисто – горные и горные железнодорожные участки.

Данные исследования направлены на обоснование тяговых качеств и свойств перегонов профиля пути одного из реальных участков узбекских железных дорог, принимая во внимание параметры основных показателей топливно-энергетической эффективности магистральных (поездных) грузовых локомотивов в разном секционном исполнении.

Объект исследования - трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы серии *UzTE*16*M*3 и спрямлённый профиль пути участка Мароканд – Каттакурган холмисто – горного направления Самарканд – Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Предмет исследования составили кинематические параметры движения грузового поезда унифицированной массы состава и параметры показателей энергетической эффективности исследуемых тепловозов *UzTE*16*M*3 на заданном участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги.

Аналогично [2] и работ [3,4], методика исследования предусматривала сравнивать разные тяговые качества и свойства профиля пути по критерию

трудности (сложности) каждого из перегонов заданного участка Мароканд - Каттакурган при различных вариантах движения грузовых поездов.

Приведённые значения общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов были приняты за критерий
такой оценки [5]. Он характеризуется распределённым на единицу времени работы силовых энергетических установок локомотива в режиме тяги количеством израсходованного натурного дизельного топлива тепловозом в реальных условиях организации железнодорожных перевозок грузов.

В табл. 1 и табл. 2 приведены кинематические параметры движения грузового поезда с унифицированной массой состава Q=3000 т (число осей m=200 осей) и расходы натурного дизельного топлива магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 на каждом перегоне заданного участка Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари».

На рис. 1 и рис. 2 показаны графики распределения общего и удельного расхода натурного дизельного топлива магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 по перегонам участка Мароканд – Каттакурган при движении грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах и показателя трудности (сложности) профиля пути этого участка.

Значения расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов отложены по оси ординат, где: E, e – соответственно, общий (полный) и удельный, а E^*, e^* – соответственно, приведённые общий (полный) и удельный. На рис. 1 и рис. 2 значения критерия оценки тягового качества и свойства E^* и e^* профиля пути увеличены, соответственно, в 8 раз и 20 раз. Значения общего (полного) E расхода натурного дизельного топлива на рис. 1 и рис. 2 уменьшены, соответственно, в 1,2 раза и 2 раза.

Из анализа данных табл. 1 и работ [3,4] вытекает, что движение грузовых поездов на упомянутом выше участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги, организованное без остановок на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, обеспечивает:

- уменьшение времени хода поезда на 8,05 мин и увеличение технической скорости движения на 9,75 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку приблизительно в 2,68 минуты;

- доли движения на режимах тяги в 26,72 процента, а холостого хода и торможения в 73,28 процента;

- уменьшение доли движения в режиме тяги и её увеличение в режиме холостого хода и торможения на 5,13 процента по сравнению с движением грузового поезда с остановками на промежуточных станциях и разъездах.

Таблица 1 *- Кинематические параметры движения грузового поезда по перегонам участка Мароканд – Каттакурган, движение с остановками*

№ п/п	Перегоны	Техни-ческая скорость движения $V_т$, км/ч	Время хода поезда, мин		
			по перего-ну	в режиме	
				тяги	холостого хода и торможения
1	Мароканд – Джума	56,84	9,60	4,40	5,20
2	Джума - Нурбулак	66,83	25,60	8,15	17,45
3	Нурбулак - Каттакурган	59,64	24,30	6,40	17,90
4	Мароканд – Каттакурган	62,28	59,50	18,95	40,55

Таблица 2 *- Расход натурного дизельного топлива тепловозами UzTE16M3 при движении грузового поезда по участку Мароканд – Каттакурган*

№ п/п	Перегоны	Общий по перегонам и участку *E*, кг Удельный по перегонам и участку *e*, кг/10^4ткм	
		без остановок	с остановками
1	Мароканд – Джума	101,97 / 37,37	103,25 / 37,84
2	Джума - Нурбулак	121,89 / 14,24	196,64 / 22,99
3	Нурбулак - Каттакурган	113,59 / 15,67	157,31 / 21,70
4	Мароканд – Каттакурган	337,45 / 18,21	457,20 / 24,67

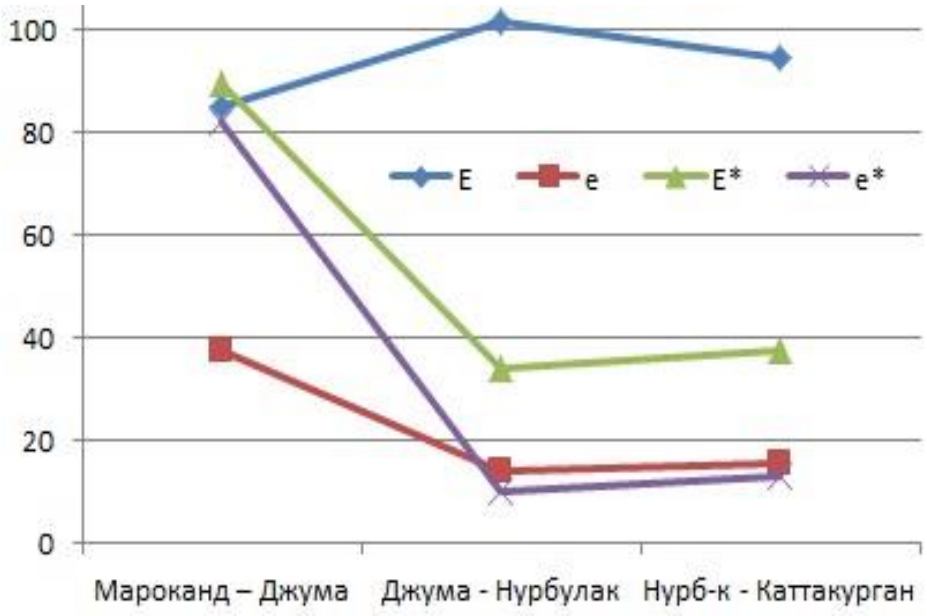


Рисунок 1. *Графики расхода натурного дизельного топлива тепловозами UzTE16M3 на участке Каттакурган - Навои, движение без остановок*

Анализ результата настоящих исследований и данных по работам [3,4] позволяет обозначить следующие обобщающие выводы.

1. Значения основных показателей перевозочной работы упомянутых тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Мароканд – Каттакурган:

- среднее расчётное время хода грузового поезда по перегонам с остановками по промежуточным станциям, раздельным пунктам и разъездам и на разгон – замедление составляет 19,83 мин, 1,35 и 1,78 минуты;

- среднее расчётное время хода грузового поезда по перегонам без остановок на промежуточных станциях, раздельных пунктах и разъездах составляет приблизительно 17,15 минуты;

- вождение грузовых поездов без остановок на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах по сравнению с вождением их с остановками на них способствует снижению общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива, в среднем, приблизительно на 26,19 процента;

- расход натурного дизельного топлива для одной остановки на промежуточной станции, раздельных пунктах и разъездах составляет 59,87 кг, а на один разгон - замедление этот расход соответствует 31,80 кг/ост.

2. Величина приведённого расхода натурного дизельного топлива общего (*E**, кг / км) и удельного (*e**, кг / 104 ткм брутто: км) по каждому перегону холмисто – горного участка Мароканд – Каттакурган составляет:

- на перегоне Мароканд – Джума - 11,212 / 4,109 единиц – движение без остановок и 11,352 / 4,160 единиц – движение с остановками на разъездах, промежуточных станциях и раздельных пунктах;

- по перегону Джума - Нурбулак – 4,275 / 0,499 и 6,896 / 0,806 единиц, соответственно, при движении без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и промежуточных пунктах;

- на перегоне Нурбулак – Каттакурган - 4,702 / 0,649 единиц – движение без остановок и 6,512 / 0,898 единиц - движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

Следовательно, анализ и оценка сложности и трудности профиля пути железнодорожного участка Мароканд - Каттакурган холмисто – горного направления Самарканд – Навои – Бухара показали, что перегон Мароканд – Джума является трудным, а два других перегона Джума - Нурбулак и Нурбулак – Каттакурган – условно лёгкие.

Результаты проведённых исследований рекомендуются машинистам – инструкторам по теплотехнике для разработки режимных карт вождения грузовых и пассажирских поездов и, несомненно, будут полезны специалистам цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара, профессиональная и производственная деятельности которых напрямую связаны с оценкой тягового

качества и свойства профиля пути и трассы железнодорожной линии (направления) Самарканд – Навои - Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

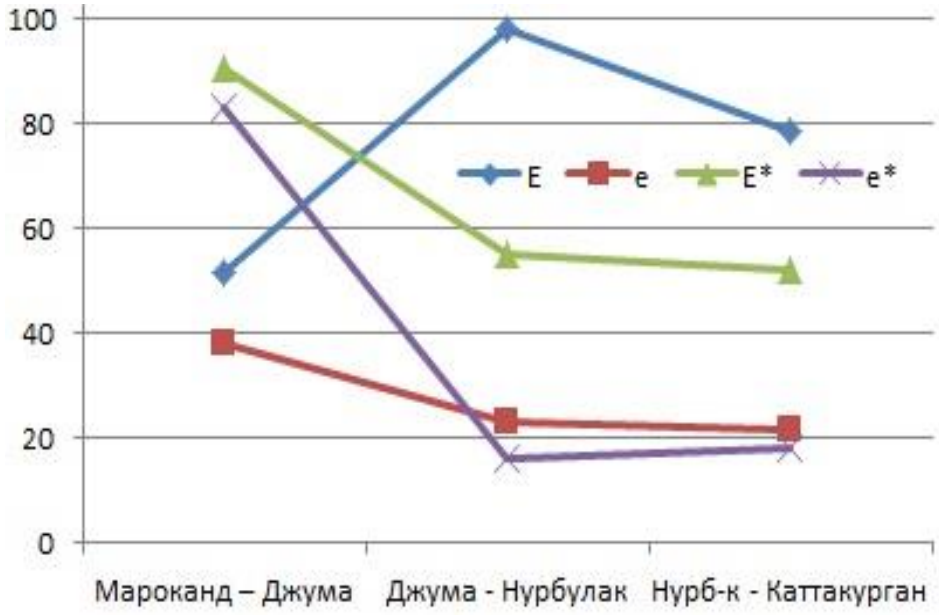


Рисунок 2. *Графики расхода натурного дизельного топлива тепловозами UzTE16M3 на участке Каттакурган - Навои, движение с остановками*

Список литературы

1. Аблялимов О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «*Davr*», 2012. – 392 с.

2. Аблялимов О. С. Оценка эффективности использования дизельного тягового подвижного состава на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О. С. Аблялимов // Научный журнал «Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона» / Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения. – Хабаровск, 2017. № 3 (12). – С. 6 – 11.

3. Аблялимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов *UzTE*16*M*3 на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О.С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2016. № 3 (57). – С. 17 – 24.

4. Аблялимов О. С. К вопросу эксплуатации тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» / Иркутский филиал Московского гос. тех. ун-та гражданской авиации. – Иркутск, 2017. № 3. – С. 27 – 34.

5. Аблялимов О. С. Исследование эффективности использования локомотивов дизельной тяги на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2016. № 5 (59). – С. 17 – 24.

УДК 629.42:629.4.054

АБЛЯЛИМОВ О.С. к.т.н., ХИСМАТУЛИН М.И. магистр,
СОТВОЛДИЕВ А.Р. бакалавр (ТашИИТ, Узбекистан)

О ТЯГОВОМ КАЧЕСТВЕ ПРОФИЛЯ ПУТИ УЧАСТКА МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ

В последнее время, сотрудники кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» совместно со специалистами линейных предприятий локомотивного комплекса с огромным пониманием и пиететом относятся к проведению теоретических и экспериментальных исследований по анализу и оценке эффективности перевозочной работы разных типов и различных серий тягового электрического подвижного состава на разнообразных по степени трудности и сложности железнодорожных линиях и участках узбекских железных дорог.

Известно [1], что в зависимости от сочетания крутизны, протяжённости и последовательности расположения элементов профиля пути участки железных дорог разделяются: на равнинный, холмистый, холмисто – горный и горный, каждый из которых существенно влияет на технологический процесс движения (ведения) грузовых и пассажирских поездов, работу силовых энергетических установок и эффективность тягово - энергетических характеристик локомотивов.

Настоящие исследования являются логическим продолжением работ [2,3] и поэтому проводятся с целью обоснования тягового качества и свойства (трудности, сложности) перегонов профиля пути на одном из реальных участков узбекских железных дорог, используя параметры основных показателей эффективности перевозочной работы магистральных (поездных) грузовых локомотивов.

Объект исследования составляют трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы серии 3ВЛ80^{С} и спрямлённый профиль пути участка Мароканд - Каттакурган холмисто – горного направления Самарканд – Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Предметом исследования являются кинематические параметры движения грузового поезда унифицированной массы состава и параметры показателей тягово-энергетической эффективности исследуемых электровозов 3ВЛ80^{С} на заданном участке Мароканд - Каттакурган Узбекской железной дороги.

Опираясь на [3] и результаты работы [4], методика исследований предусматривала анализ и оценку тягового качества и свойства (трудности и сложности) между перегонами профиля пути исследуемого участка Мароканд - Каттакурган в процессе движения грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

В качестве критерия анализа и оценки приняты приведённые значения общего (полного) и удельного расхода электрической энергии на тягу поездов [5], которые соответствуют распределённой на единицу времени работы силовых энергетических установок локомотива в режиме тяги величине расхода электрической энергии исследуемого электровоза в реальных условиях организации и реализации грузовых железнодорожных перевозок.

В табл. 1 и табл. 2 обозначены, соответственно, кинематические параметры движения грузового поезда с унифицированной массой состава Q=3000 т (число осей m=200 осей) и вышеназванные расходы электрической энергии магистральными (поездными) грузовыми электровозами 3ВЛ80^{С} по перегонам принятого (заданного) холмисто – горного участка Мароканд - Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Динамика изменения общего и удельного расхода электрической энергии магистральными (поездными) грузовыми электровозами 3ВЛ80^{С} по каждому перегону участка Мароканд - Каттакурган в процессе движения грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, и показателя трудности профиля пути этого участка показаны на рис. 1 и рис. 2. По оси ординат отложены расходы электрической энергии на тягу поездов, а именно: A, a – соответственно, общий (полный) и удельный, и A*, a* – соответственно, приведённые общий (полный) и удельный

Таблица 1 *- Кинематические параметры движения грузового поезда по перегонам участка Мароканд - Каттакурган, движение без остановок*

№ п/п	Перегоны	Техни-ческая скорость движения $V_т$, км/ч	Время хода поезда без остановок, мин		
			по перего-ну	в режиме	
				тяги	холостого хода и торможения
1	Мароканд – Джума	69,76	7,50	2,85	4,65
2	Джума - Нурбулак	74,87	22,85	2,70	20,15
3	Нурбулак - Каттакурган	79,00	18,30	3,05	15,25
4	Мароканд – Каттакурган	75,64	48,65	8,60	40,05

На рис. 1 и рис. 2 значения удельного расхода a электрической энергии на тягу поездов, величин критерия оценки A* и a* тягового качества и свойства перегонов профиля пути увеличены, соответственно, в 20, 10 и 300 раз. Значения общего (полного) расхода электрической энергии A на тягу поездов на рис. 2 уменьшены в два раза.

Таблица 2 *- Расход электрической энергии электровозами 3ВЛ80^{С} при движении грузового поезда по участку Мароканд – Каттакурган*

№ п/п	Перегоны	Общий по перегонам и участку *А*, кВт-ч Удельный по перегонам и участку *а*, Вт - ч/т км брутто	
		без остановок	с остановками
1	Мароканд – Джума	363,29 / 13,89	372,04 / 14,22
2	Джума - Нурбулак	487,54 / 5,70	798,18 / 9,33
3	Нурбулак - Каттакурган	496,63 / 6,87	654,31 / 9,05
4	Мароканд – Каттакурган	1347,46 / 7,32	1824,53 / 9,92

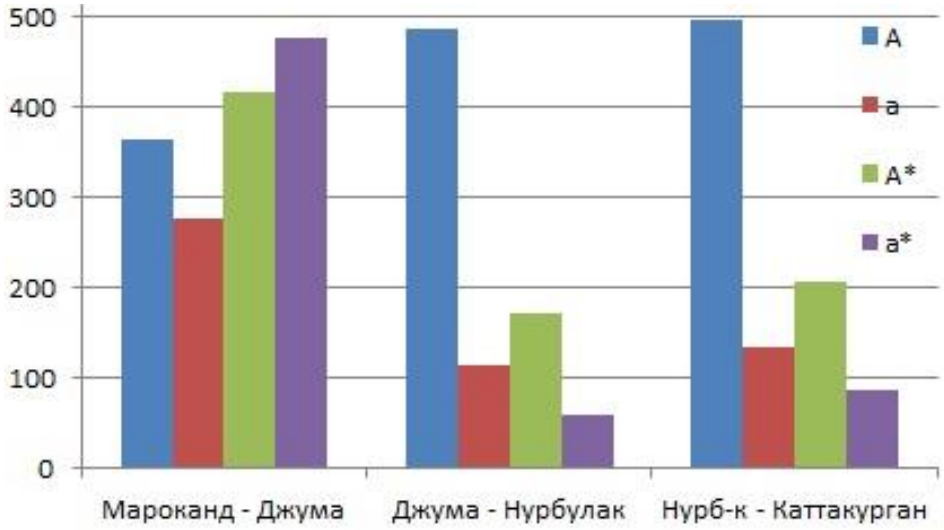


Рисунок 1. *Гистограмма расхода электрической энергии электровозами 3ВЛ80^{С}по перегонам участка Мароканд - Каттакурган, движение без остановок*

Анализ значений табл. 1 и результата исследований [3,4] свидетельствует о том, что движение грузовых поездов на упомянутом участке Мароканд - Каттакурган, организованное с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, способствует:

- увеличению времени хода поезда на 4,45 мин и уменьшению технической скорости движения на 6,34 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку приблизительно в 2,22 минуты;

- долям движения на режимах тяги в 18,93 процента, а холостого хода и торможения в 81,07 процента;

- увеличению доли движения в режиме тяги и её уменьшению в режиме холостого хода и торможения на 1,25 процента по сравнению с движением грузового поезда без остановок на промежуточных станциях, раздельных пунктах и разъездах.

Опираясь на анализ результата проведённых исследований и данные по работам [4,5], обозначим следующие обобщающие выводы.

1. Значения некоторых основных показателей перевозочной работы упомянутых электровозов 3ВЛ80^{С} на участке Мароканд – Каттакурган:

- среднее время движения грузового поезда по перегонам с остановками по промежуточным станциям, раздельным пунктам и разъездам и на разгон – замедление составляет, соответственно, 17,70 мин, 1,14 и 1,22 минуты;

- среднее время движения грузового поезда по перегонам без остановок на промежуточной станции, раздельных пунктах и разъездах – это 16,22 минуты;

- движение грузовых поездов без остановок на раздельных пунктах промежуточных станциях и разъездах по сравнению с движением их с остановками на них способствует снижению общего (полного) и удельного расхода электрической энергии, соответственно, на 26,15 и 26,21 процента;

- расход электрической энергии для одной остановки на промежуточных станциях, раздельных пунктах и разъездах составляет 238,53 кВт, а на один разгон - замедление этот расход, в среднем, соответствует 159,02 кВт.

2. Величина приведённого расхода электрической энергии общего (*A**, кВт / км) и удельного (*a**, Вт-ч / т км брутто: км) по перегонам холмисто – горного участка Мароканд - Каттакурган составляет:

- на перегоне Мароканд – Джума - 41,662 / 1,593 единиц – движение без остановок и 42,665 / 1,631 единиц – движение с остановками на разъездах, промежуточных станциях и раздельных пунктах;

- по перегону Джума - Нурбулак – 17,098 / 0,200 и 27,992 / 0,327 единиц, соответственно, при движении без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и промежуточных пунктах;

- на перегоне Нурбулак – Каттакурган - 20,611 / 0,285 единиц – движение без остановок и 27,154 / 0,376 единиц - движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

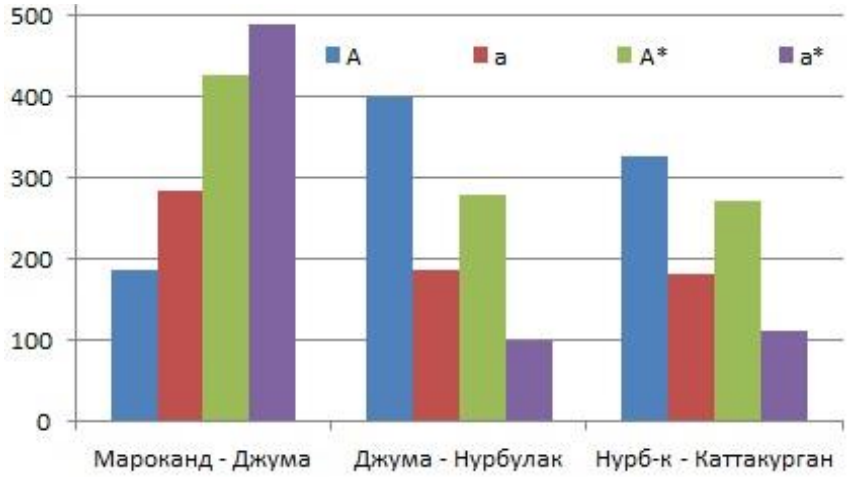


Рисунок 2. *Гистограмма расхода электрической энергии электровозами 3ВЛ80^{С} по перегонам участка Мароканд - Каттакурган, движение с остановками*

В этой связи, анализ и оценка сложности (трудности) профиля пути железнодорожного участка Мароканд - Каттакурган холмисто – горного направления Самарканд – Навои – Бухара показала, что перегон Мароканд – Джума является трудным, а два других перегона Джума - Нурбулак и Нурбулак – Каттакурган – условно лёгкие.

Результаты проведённых исследований рекомендуются машинистам – инструкторам по теплотехнике для разработки дифференцированных норм расхода электрической энергии на тягу поездов и, однозначно, будут весьма кстати тем специалистам локомотивного комплекса узбекских железных дорог, производственная сфера которых сопряжена с оценкой трудности и сложности перегонов профиля пути и трассы железнодорожной линии (направления) Самарканд – Навои - Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Список литературы

1. Аблялимов О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «*Davr*», 2012. – 392 с.

2. Аблялимов О. С. К эффективности использования электровозов 3ВЛ80^{С} на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О. С. Аблялимов, З. З. Ергашев, Т. М. Турсунов // Вторая международная научно – практическая конференция «Повышение энергетической эффективности наземных транспортных систем» / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. – С. 17 – 24.

3. Аблялимов О.С. Исследование перевозочной работы электровозов 3ВЛ80^{С} на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2016. № 5 (59) – С. 16 – 22.

4. Аблялимов О.С. Оценка эффективности перевозочной работы электрического тягового подвижного состава на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О.С. Аблялимов // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» / Иркутский филиал Московского гос. тех. ун-та гражданской авиации. – Иркутск, 2017. № 4. – С. 54 – 69.

5. Аблялимов О.С. Исследование эффективности использования электрического тягового подвижного состава на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О.С. Аблялимов // Научный журнал «Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона» / Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения. – Хабаровск, 2017. № 2 (11). – С. 6 – 10.

УДК 629.42:629.4.054

АБЛЯЛИМОВ О.С. к.т.н., ХИСМАТУЛИН М.И. магистр,
СОТВОЛДИЕВ А.Р. бакалавр (ТашИИТ, Узбекистан)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВОЗОВ 3ТЭ10М НА УЧАСТКЕ МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В результате успешного решения актуальных транспортных задач в области тепловозной тяги будут намечены дальнейшие пути, позволяющие повысить эффективность использования тягового дизельного подвижного состава АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Это касается исследований, которые напрямую связаны с разработкой практических рекомендаций и мероприятий по реализации железнодорожных перевозок грузов разных по структуре и содержанию магистральными (поездными) тепловозами на различных участках узбекских железных дорог.

Настоящие исследования продолжают работы [1,2] и посвящены обоснованию кинематических параметров движения грузовых поездов и параметров основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган холмисто – горного железнодорожного направления Самарканд – Навои – Бухара Узбекской железной дороги. Вождение грузовых поездов с унифицированной массой состава Q = 3000 т и числом осей в составе m = 200 осей упомянутые тепловозы 3ТЭ10М осуществляли без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

Поставленная цель исследований была реализована выполнением серии тягового расчёта [3], используя при этом номинальную позицию контроллера машиниста исследуемого тепловоза в сочетании с режимами холостого хода и торможения, а также исходные данные работ [1,3] и рекомендации [4] теории локомотивной тяги.

В табл. 1 и табл. 2 приведены значения некоторых кинематических параметров движения грузовых поездов по каждому перегону участка Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги. При этом, трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы 3ТЭ10М реализовывали движение, используя максимально возможные мощности силовых энергетических установок и тяговые качества (свойства) локомотива, и наибольшую кинетическую энергию поезда на каждом, конкретном, элементе профиля пути.

Анализ данных табл. 1 и табл. 2 и работы [3] свидетельствует о том, что движение грузовых поездов на исследуемом участке железной дороги, организованное без остановок на промежуточных станциях, разъездах и

раздельных пунктах по отношению к аналогичному движению с остановками на них, обеспечивает:

- уменьшение общего времени хода поезда на 8,05 мин с увеличением технической скорости движения на 9,75 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку, приблизительно, в 2,68 минуты;

- значения долей движения на режимах тяги в 26,73 процента, а холостого хода и торможения в 73,27 процента;

- уменьшение доли движения в режиме тяги и увеличение её в режиме холостого хода и торможения, приблизительно, на 5,12 процента.

Таблица 1 *- Время хода грузового поезда по перегонам на проход, а по разъездам, промежуточным станциям и раздельным пунктам на замедление – разгон*

№ п/п	Промежуточные станции	Рассстояние, км	Время хода, мин	Время на замедление/ разгон, мин
1	Мароканд	-	-	-/2,00
2	Джума	8,75	7,75	1,70/1,50
3	Нурбулак	29,00	22,30	1,85/1,00
4	Каттакурган	24,00	21,40	1,80/0,90
5	Мароканд - Каттакурган	61,75	51,45	1,78/1,35

Таблица 2 *- Время хода грузового поезда при движении тепловозов 3ТЭ10М по перегонам участка Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги*

№ п/п	Перегоны	Время хода поезда - движение с остановками, мин		
		по перегону	в режиме	
			тяги	холостого хода и торможения
1	Мароканд – Джума	9,60	4,40	5,20
2	Джума - Нурбулак	25,60	8,15	17,45
3	Нурбулак - Каттакурган	24,30	6,40	17,90
4	Мароканд – Каттакурган	59,50	18,95	40,55

В табл. 3 приведены значения общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами 3ТЭ10М в процессе организации движения с остановками на участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги.

Значения общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива были вычислены по известным аналитическим зависимостям [5], опираясь на уже построенные кривые скорости движения V(S) и времени хода t(S) поезда для трёхсекционного магистрального (поездного) грузовыми

тепловоза 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Таблица 3 *- Расход натурного дизельного топлива тепловозами 3ТЭ10М при движении грузового поезда по участку Мароканд – Каттакурган с остановками*

№ п/п	Перегоны	Общий по перегонам и участку Е, кг Удельный по перегонам и участку е, кг / 10^4 т км брутто
1	Мароканд – Джума	116,81 / 42,81
2	Джума - Нурбулак	225,27 / 26,33
3	Нурбулак - Каттакурган	181,69 / 25,07
4	Мароканд – Каттакурган	523,77 / 28,27

Динамика времени хода грузового поезда, а также общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива, потребляемого трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами 3ТЭ10М за поездку по каждому перегону участка Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари» на различных режимах работы их силовых энергетических установок, соответственно, показаны на рис. 1 и рис. 2. Движение было организовано без остановок и с остановками на промежуточных станциях, раздельных пунктах и разъездах.

На рис. 1 и рис. 2 по оси ординат обозначено: время хода поезда без остановок и с остановками, соответственно, общее по перегонам участка $t_{п}$, $t^*_{п}$, в режиме тяги $t_{т}$, $t^*_{т,}$ а в режиме холостого хода и торможения $t_{хх,т}$, $t^*_{хх,т}$. а также, расход натурного дизельного топлива за поездку без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, соответственно, общий (полный) *E*, *E** и удельный *e*, *e**. Значения времени хода поезда $t_{хх,т}$ в режиме холостого хода и торможения на рис. 1 уменьшены в 1,2 раза, а на рис. 2 значения расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов общего (полного) *E** уменьшены и удельного *e** увеличены в 2 раза.

В результате проведённых исследований получены такие значения параметров некоторых основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги:

- среднее расчётное чистое время хода грузового поезда по перегонам и суммарное на разгон-замедление по промежуточным станциям, разъездам и раздельным пунктам составляет приблизительно 17,15 и 3,13 минуты;

- движение грузовых поездов без остановок на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, по сравнению с аналогичным движением с остановками на них, обеспечивает снижение расхода натурного дизельного топлива, в среднем, приблизительно на 25,64 процента;

- расход натурного дизельного топлива для одной остановки на промежуточных станциях составляет, приблизительно, 67,14 кг, а на один разгон-замедление этот расход, в среднем, соответствует 36,32 кг/ост;

- удельный расход натурного дизельного топлива на одну остановку составляет приблизительно 3,62 кг / 10^4 т км брутто;

- усреднённая величина общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива для каждого перегона участка, соответственно, составляет 129,83 кг и 7,01 кг/10^4т км брутто – движение без остановок; а также 174,59 кг и 9,42 кг/10^4т км брутто – движение с остановками;

- среднее значение усреднённой величины общего и удельного расходов натурного дизельного топлива для обоих видов движения на каждом перегоне участка составляет 152,21 кг и 8,21 кг/10^4 т км брутто.

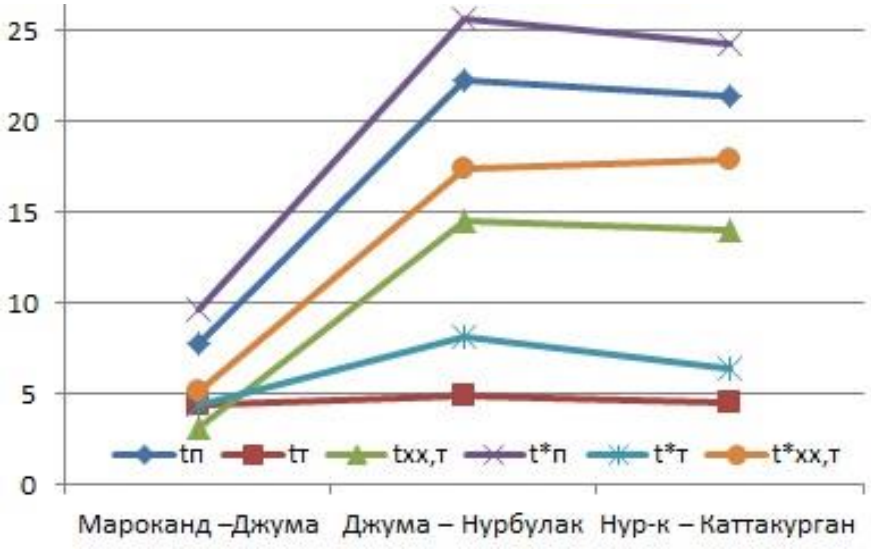


Рисунок 1. *Динамика изменения времени движения грузового поезда по перегонам холмисто – горного участка Мароканд – Каттакурган*

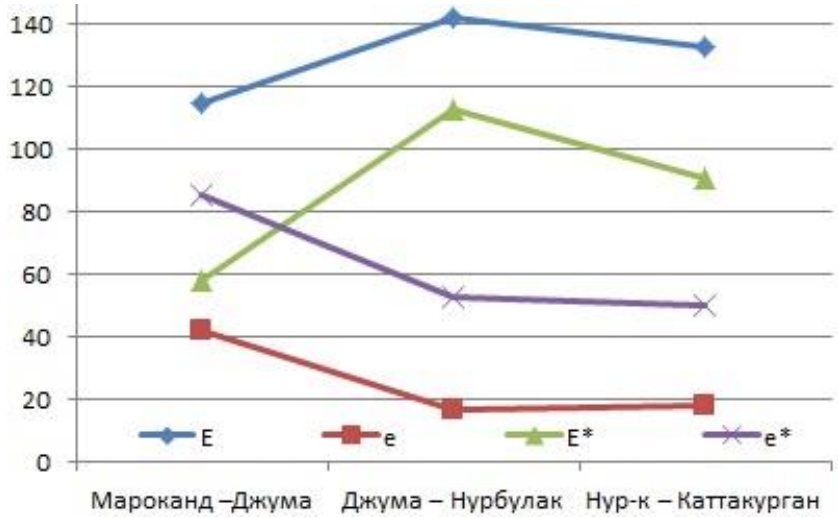


Рисунок 2. *Динамика расхода натурного дизельного топлива тепловозами 3ТЭ10М по перегонам участка Мароканд – Каттакурган Узбекской ж.д.*

Кинематические параметры движения грузового поезда и значения расхода натурного дизельного топлива, которое трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы 3ТЭ10М расходуют в процессе реализации железнодорожных перевозок грузов разнообразных по структуре и содержанию на холмисто – горном участке Мароканд – Каттакурган, рекомендуются специалистам цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Кроме этого, они могут быть использованы в практике работы машинистами – инструкторами по теплотехнике и теми машинистами упомянутых выше исследуемых тепловозов, которые разрабатывают режимные карты вождения грузовых поездов и практические мероприятия по снижению расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов на реальных холмисто – горных и идентичных им участках узбекских железных дорог.

Полученные нами численные значения показателей эффективности перевозочной работы исследуемых тепловозов позволят инженерно-техническим работникам локомотивного хозяйства Узбекской железной дороги на достаточно высоком профессиональном уровне разрабатывать конкретные и корректные комплексные практические рекомендации, связанные с вопросами прогнозирования и нормирования расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов в разных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Аблялимов О. С. Исследование эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Известия Транссиба» / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. № 2 (26) – С. 2 – 10.

2. Аблялимов О. С. К эффективности использования тепловозов UzTE16M3 на холмисто – горном участке железнодорожного пути [Текст] / О. С. Аблялимов, З. З. Ергашев, М. И. Хисматулин // Материалы IV – й Международной науч. – техн. конф. «Локомотивы. XXI век»». / Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I. – Санкт - Петербург, 2016. – С. 213 – 217.

3. Аблялимов О. С. Анализ эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Известия Транссиба» / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. № 3 (27) – С. 2 – 9.

4. Кузьмич В. Д. Теория локомотивной тяги [Текст] / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель // Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.

5. Аблялимов О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «*Davr*», 2012. – 392 с.

УДК 629.42:629.4.054

АБЛЯЛИМОВ О.С. к.т.н., ХИСМАТУЛИН М.И. магистр,
СОТВОЛДИЕВ А.Р. бакалавр (ТашИИТ, Узбекистан)

К ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ *UzTE*16*M*3 НА УЧАСТКЕ МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Железнодорожный транспорт представляет симбиоз динамически связанных между собой сложных транспортных систем, одной из наиболее важных составляющих частью которых является локомотивный комплекс, в первую очередь, со своими линейными локомотиворемонтными и эксплуатационными предприятиями.

Эффективная работа и эксплуатационная надёжность тягового подвижного состава на разных по трудности участках узбекских железных дорог обеспечивается посредством широкого внедрения на упомянутых линейных предприятиях высокого уровня организации ремонтного производства и ресурсосберегающих технологий по реализации перевозочного процесса локомотивами без возникновения нестандартных ситуаций в пути следования подвижного состава.

Данные исследования, являясь продолжением работ [1,2], направлены на обоснование кинематических параметров движения грузовых поездов и параметров основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Мароканд – Каттакурган холмисто – горного железнодорожного направления Самарканд – Навои – Бухара Узбекской железной дороги. Вождение грузовых поездов с максимальной массой состава Q = 3500 т и числом осей в составе m = 200 осей упомянутые тепловозы *UzTE*16*M*3 выполняли без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

Поставленная цель исследований была реализована серией тягового расчёта [3], основу которого составили номинальная позиция контроллера машиниста исследуемого тепловоза в сочетании с режимами холостого хода и торможения, исходные данные работ [1,3] и рекомендации [4] теории локомотивной тяги.

В табл. 1 и табл. 2 приведены значения некоторых кинематических параметров движения грузовых поездов по каждому из перегонов холмисто – горного участка Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги. Здесь, трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы *UzTE*16*M*3 реализовывали движение, опираясь на максимально возможные мощности силовых энергетических установок и тяговые качества (свойства) локомотива, а

также, на использование максимальной кинетической энергии поезда на каждом, конкретном, элементе профиля пути.

Анализ данных табл. 1 и табл. 2 и работы [3] показывает, что движение грузовых поездов на исследуемом участке железной дороги с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах по отношению к аналогичному движению без остановок на них, способствует:

- увеличению общего времени хода поезда на 8,5 мин с уменьшением технической скорости движения на 10,14 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку, приблизительно, в 2,83 минуты;

- значениям долей движения на режимах тяги в 33,83 процента, а холостого хода и торможения в 66,17 процента;

- увеличению доли движения в режиме тяги и уменьшению её в режиме холостого хода и торможения, приблизительно, на 4,79 процента.

Таблица 1 *- Время хода грузового поезда по перегонам на проход, а по разъездам, промежуточным станциям и раздельным пунктам на замедление – разгон*

№ п/п	Промежуточные станции	Расстояние, км	Время хода, мин	Время на замедление/ разгон, мин
1	Мароканд	-	-	-/2,00
2	Джума	8,75	8,10	2,00/1,30
3	Нурбулак	29,00	22,65	2,00/1,25
4	Каттакурган	24,00	20,60	2,30/1,05
5	Мароканд - Каттакурган	61,75	51,65	2,10/1,40

Таблица 2 *- Время хода грузового поезда при движении тепловозов UzTE16M3 по перегонам участка Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги*

№ п/п	Перегоны	Время хода поезда - движение с остановками, мин		
		по перегону	в режиме	
			тяги	холостого хода и торможения
1	Мароканд – Джума	10,00	5,30	4,70
2	Джума - Нурбулак	25,95	8,35	17,60
3	Нурбулак - Каттакурган	24,20	6,70	17,50
4	Мароканд – Каттакурган	60,15	20,35	39,80

В табл. 3 приведены значения общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 при организации железнодорожных перевозок грузов с остановками на холмисто – горном участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги.

Значения общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива были определены по известным аналитическим зависимостям [5], опираясь на уже построенные нами кривые скорости движения V(S) и времени хода t(S) поезда для трёхсекционного магистрального (поездного) грузовыми тепловоза *UzTE*16*M*3 на холмисто – горном участке Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Динамика времени хода грузового поезда, а также общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива, расходуемого трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 за поездку на каждом перегоне участка Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари» с учётом разных режимов работы их силовых энергетических установок, соответственно, показаны на рис. 1 и рис. 2. Движение на упомянутом участке организовано без остановок и с остановками на промежуточных станциях, раздельных пунктах и разъездах.

Таблица 3 - *Расход натурного дизельного топлива тепловозами UzTE*16*M*3 *при движении грузового поезда по участку Мароканд – Каттакурган без остановок*

№ п/п	Перегоны	Общий по перегонам и участку E, кг Удельный по перегонам и участку e, кг / 10^4 т км брутто
1	Мароканд – Джума	121,98 / 38,32
2	Джума - Нурбулак	127,62 / 12,79
3	Нурбулак - Каттакурган	115,23 / 13,63
4	Мароканд – Каттакурган	364,83 / 16,87

На рис. 1 и рис. 2 по оси ординат обозначено: время хода поезда без остановок и с остановками, соответственно, общее по перегонам участка $t_п$, $t^*_п$, в режиме тяги $t_т$, $t^*_т$, а в режиме холостого хода и торможения $t_{хх,т}$, $t^*_{хх,т}$. а также, расход натурного дизельного топлива за поездку без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, соответственно, общий (полный) *E*, *E** и удельный *e*, *e**. Значения времени хода поезда $t_т$ и $t^*_т$ в режиме тяги на рис. 1 увеличены в два раза, а на рис. 2 значения расхода *e* и *e** натурного дизельного топлива на тягу поездов, также, увеличены в два раза.

В результате проведённых исследований получены следующие значения параметров некоторых основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги:

- среднее расчётное чистое время хода грузового поезда по перегонам и суммарное на разгон-замедление по промежуточным станциям, разъездам и раздельным пунктам составляет приблизительно 17,23 и 3,50 минуты;

- движение грузовых поездов с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, по сравнению с аналогичным движением без остановок на них, обеспечивает повышение расхода натурного дизельного топлива, в среднем, приблизительно на 33,87 процента;

- расход натурного дизельного топлива для одной остановки на промежуточных станциях составляет, приблизительно, 61,78 кг, а на один разгон-замедление этот расход, в среднем, соответствует 33,16 кг/ост;

- удельный расход натурного дизельного топлива на одну остановку составляет приблизительно 2,86 кг / 10^4 т км брутто;

- усреднённая величина общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива для каждого перегона участка, соответственно, составляет 121,61 кг и 5,62 кг/10^4т км брутто –движение без остановок; а также 162,80 кг и 7,53 кг/10^4т км брутто – движение с остановками;

- среднее значение усреднённой величины общего и удельного расходов натурного дизельного топлива для обоих видов движения на каждом перегоне участка составляет 142,20 кг и 6,57 кг/10^4 т км брутто.

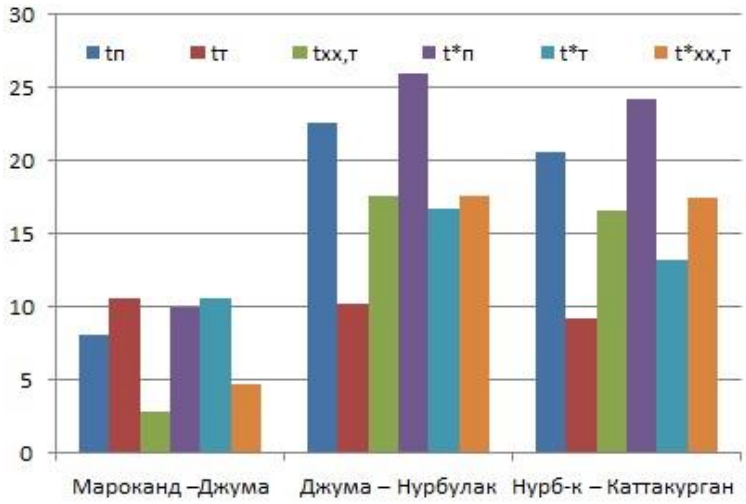


Рисунок 1. *Динамика изменения времени движения грузового поезда по перегонам холмисто – горного участка Мароканд – Каттакурган*

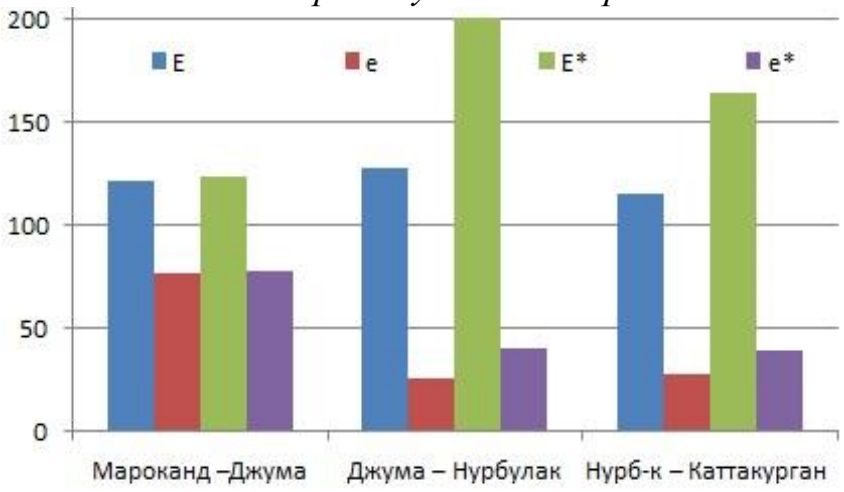


Рисунок 2. *Динамика расхода натурного дизельного топлива тепловозами UzTE16M3 по перегонам участка Мароканд – Каттакурган Узбекской ж.д.*

Кинематические параметры движения грузовых поездов и значения расхода натурного дизельного топлива, которое трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы *UzTE*16*M*3 расходуют в процессе организации железнодорожных перевозок грузов разных по типу и виду на холмисто – горном участке Мароканд – Каттакурган, рекомендуются для специалистов цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Помимо этого, машинисты – инструкторы по теплотехнике и сотрудники локомотивного хозяйства, работ которых сопрягается с режимными картами вождения грузовых поездов и практическими рекомендациями по экономному (рачительному) расходованию натурного дизельного топлива на тягу поездов в реальных условиях эксплуатации могут, также, использовать их в практике своей производственно-профессиональной деятельности.

Численные значения показателей эффективности использования исследуемых тепловозов, несомненно, будут полезными и для инженерно-технических специалистов локомотивного комплекса в процессе разработки практических комплексных мероприятий по вопросам нормирования и прогнозирования расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов в различных условиях эксплуатационной работы холмисто – горных и идентичных им участков узбекских железных дорог.

Список литературы

1. Аблялимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов *UzTE*16*M*3 на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О.С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2016. № 3 (57). – С. 17 – 24.

2. Аблялимов О. С. К вопросу эксплуатации тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» / Иркутский филиал Московского гос. тех. ун-та гражданской авиации. – Иркутск, 2017. № 3. – С. 27 – 34.

3. Аблялимов О. С. Исследование эффективности использования локомотивов дизельной тяги на холмисто – горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Аблялимов // Научно – технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. – Самара, 2016. № 5 (59). – С. 17 – 24.

4. Деев В. В. Тяга поездов [Текст] / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин // Учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.

5. Аблялимов О. С. Основы управления локомотивов [Текст] / О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков // Учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта. – Ташкент: «*Davr*», 2012. – 392 с.

УДК 621.313.333+621.333

БАБКОВ Ю.В., к.т.н., ПЕРФИЛЬЕВ К.С., к.т.н., ЕВСЕЕВ В.Ю. (ВНИКТИ)
ГРАЧЕВ В.В., к.т.н, КУРИЛКИН Д.Н., к.т.н. (ПГУПС)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕПЛОВОЗОВ И ЭЛЕКТРОВОЗОВ С ТЯГОВЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Приведено описание силовой схемы тягового электропривода тепловозов с электропередачей переменно-постоянного тока, импульсными регуляторами, обеспечивающими поосное регулирование тягового и тормозного усилия с последовательным возбуждением тяговых электродвигателей в обоих режима. Показаны преимущества предлагаемой схемы в отношении традиционной, используемой в настоящее время.

Система поосного регулирования силы тяги (СПРСТ), применяемая на всех современных грузовых тепловозах отечественного производства (2ТЭ116У (Д, М), 2ТЭ70, 2ТЭ25К(2)М, 2ТЭ25А), обеспечивает существенное повышение противобоксовочных, а, следовательно, и тяговых свойств тепловоза. Опыт эксплуатации новых локомотивов на ряде железных дорог - филиалов ОАО РЖД подтверждает ее высокую эффективность [1,2].

Управляемый многоканальный тяговый выпрямитель М-ТПП-3600М-1-У2 представляет собой эффективный быстродействующий инструмент индивидуального управления моментом тяговых электродвигателей, позволяющий решать самые сложные задачи, связанные с повышением тяговых свойств тепловоза (ограничением проскальзывания колесных пар) при работе его в зоне ограничения по сцеплению. Именно отсутствие такого механизма всегда являлось фактором, существенно ограничивающим тяговые свойства тепловоза при скоростях, близких к расчетным.

Вместе с тем опыт эксплуатации систем СПРСТ выявил целый ряд недостатков, не позволяющих в полной мере реализовать преимущества индивидуального управления тяговыми электродвигателями (ТЭД).

Выпрямитель М-ТПП-3600М-1-У2 включает шесть полностью управляемых трехфазных тиристорных преобразователей, каждый из которых управляется отдельным модулем устройства обработки информации (УОИ) бортовой микропроцессорной системы управления тепловоза (МСУ) Для управления каждым из 36-и тиристоров выпрямителя используется отдельная плата формирователя импульсов (ПФИ), питаемая высокочастотным напряжением и требующая синхронизации с силовой питающей сетью. Такая сложная система управления снижает как элементную, так и параметрическую надежность силовой цепи тепловоза, поскольку вследствие технологического

разброса параметров как элементов ПФИ, так и самих тиристоров, при питании трех преобразователей от одной «звезды» статорной обмотки синхронного тягового генератора, как в эксплуатации, так и в процессе реостатных испытаний нередко имеет место нарушение токораспределения ТЭД [3]. Кроме того, высокочастотные цепи питания плат ПФИ создаю недопустимо высокий уровень радиопомех.

Габаритно-присоединительные размеры и масса управляемой выпрямительной установки существенно выше неуправляемого выпрямительного блока, используемого в электроприводах без поосного регулирования силы тяги. Для ступенчатого управления возбуждением ТЭД используются два шестиполюсных электропневматических контактора и 6 ленточных сопротивлений. В случае использования электродинамического торможения в силовую схему дополнительно вводятся шесть силовых диодов и тормозной переключатель.

Выпрямитель М-ТПП-3600М-1-У2 не может использоваться в силовых схемах тепловозов с электрической передачей постоянно-постоянного тока. Между тем, значительный объем грузовых перевозок на сети ОАО РЖД выполняется тепловозами серии 2ТЭ10М(У)К, для которых проблема повышения тяговых и сцепных свойств является весьма актуальной [4].

С целью исключения указанных недостатков и расширения функциональных возможностей тягового электропривода постоянного тока в АО ВНИКТИ разработан и испытан унифицированный многоканальный тяговый преобразователь (ТП) с импульсными регуляторами тока ТЭД на базе IGBT - транзисторов, получивший рабочее название «КЛИПЕР».

На рис. 1 представлена блок-схема канала нового преобразователя.

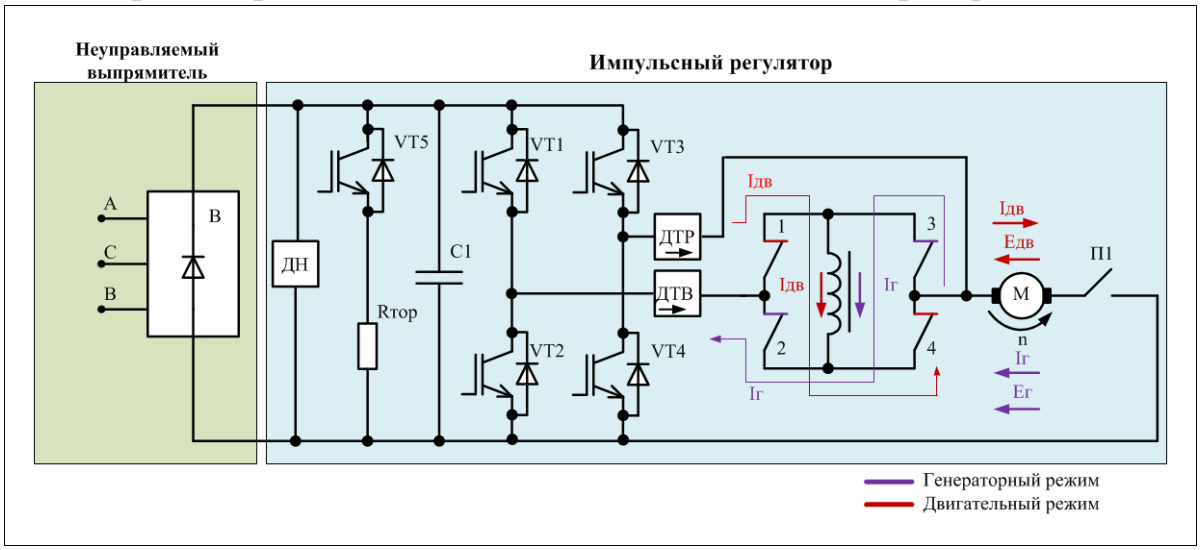


Рисунок 1. Блок-схема канала тягового преобразователя «КЛИПЕР».

В режиме тяги при отсутствии боксования возможна работа схемы в двух режимах. Первый режим- транзистор VT1 полностью открыт, транзисторы

VT2,VT3 закрыты. При этом регулирование напряжения на двигателе М осуществляется только за счет изменения напряжения тягового генератора, как и в схеме с параллельным включением ТЭД. При боксовании данной колесной пары напряжение на ней индивидуально снижается за счет работы VT1 в режиме ШИМ-модуляции. При этом силовой ток двигателя М после отключения VT1 замыкается через диод нижнего транзистора VT2. Второй режим-напряжение тягового генератора выводится на максимально возможное значение на текущей позиции контроллера, а напряжение на двигателе М регулируется за счет ШИМ-модуляции транзистором VT1 в режиме тяги как без боксования, так и при боксовании. Преимущество второго способа в том, что возможно снижение токовой нагрузки на тяговый генератор в 1,5-2 раза, что повышает его КПД и позволяет во столько же раз снизить сечение силовых проводов от тягового генератора до силовой выпрямительной установки В.

В режиме ослабления поля ТЭД в работу включается транзистор VT3, который изменением скважности импульсов ШИМ сигнала обеспечивает практически независимое регулирование токов якоря и обмотки возбуждения двигателя, что увеличивает жесткость его механической характеристики и способствует повышению тяговых свойств локомотива. Возможность реализации постоянного тягового и тормозного усилия при неблагоприятных условиях сцепления (в качестве первой ступени противобоксовочной и противоюзной защиты) позволяет увеличить силу тяги тепловоза при работе в зоне ограничения по сцеплению не менее чем на 6-10%.

В режиме электрического торможения с последовательным возбуждением тяговых двигателей реверсор предварительно переводится в противоположное двигательному режиму состояние, транзистор VT1 закрыт, транзистор VT2 работает в режиме ШИМ-модуляции. За счет остаточного потока и работы транзистора VT2 производится быстрое самовозбуждение двигателя М, заряд конденсатора в звене постоянного тока С1 до значения напряжения, обеспечивающего закрытое состояние диодов выпрямительной установки В с целью исключения питания тормозных резисторов от генератора, который возбуждается в режиме торможения для питания вентиляторов, подключенных к его тяговым обмоткам. После достижения напряжения на С1 до требуемого уровня, транзистор VT3 совместно с VT2 поддерживают необходимый тормозной ток и напряжение в звене постоянного тока, регулируя тем самым мощность (силу) торможения.

В зоне ползучих скоростей при небольшой тормозной мощности в качестве тормозного резистора используется активное сопротивление обмоток ТЭД, что обеспечивает возможность сохранения тормозного усилия практически до остановки тепловоза. Этот вывод полностью подтверждается результатами стендовых испытаний преобразователя.

На рис.2 приведена схема силовой цепи тепловоза с электропередачей как переменно-постоянного (2ТЭ116), так и постоянно-постоянного (2ТЭ10МК) тока с системой СПРСТ на базе тягового преобразователя «КЛИПЕР» (в последнем случае тяговый генератор подключается к выходу звена В постоянного тока преобразователя). Как следует из рисунка, силовая схема существенно упрощается за счет исключения из нее:

- групповых контакторов ослабления поля;
- ленточных сопротивлений ослабления поля;
- тормозного переключателя;
- силовых проводов системы ослабления поля (100%) и электродинамического торможения (80%);
- измерительного шунта тока тягового генератора.

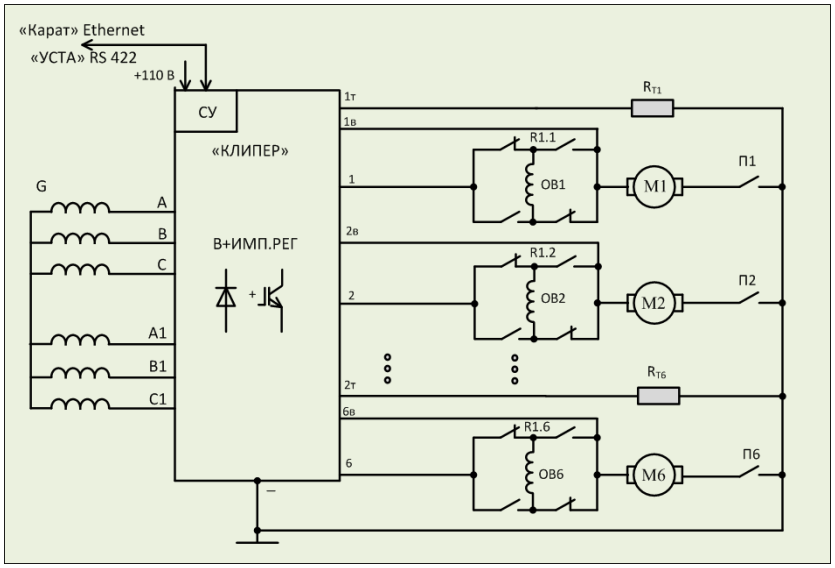


Рисунок 2. Схема силовой цепи тепловоза с СПРСТ на базе тягового преобразователя «КЛИПЕР».

Исключение из силовой схемы целого ряда дорогостоящих коммутационных электрических аппаратов снижает расходы как на ее модернизацию, так и на техническое обслуживание силового электрообрудования в процессе эксплуатации локомотива.

Замечательная способность нового преобразователя работать при постоянном напряжении силового питания открывает широкие возможности использования его для модернизации не только тепловозов, но и электровозов с электродвигателями постоянного тока.

На рис.3 приведена схема включения канала «КЛИПЕР» в силовую схему электровоза ВЛ80, а на рис.4 схема силовой цепи электровоза ВЛ80 с системой СПРСТ на базе ТП «КЛИПЕР».

Результаты моделирования показывают, помимо упрощения силовой схемы электровоза и увеличения его тяговых свойств на 5-7%, использование

ТП «КЛИПЕР» обеспечивает повышение коэффициента мощности на стороне высокого напряжения до 0,95 в режимах тяги и рекуперативного торможения при одновременном симметрирующем воздействии на форму напряжения в контактной сети (рис.5).

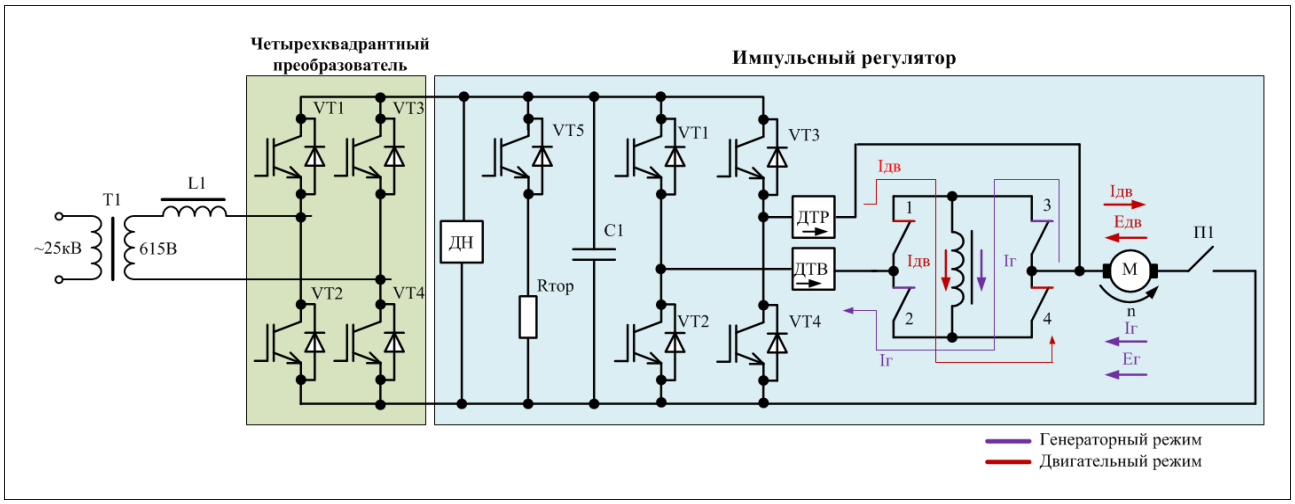


Рисунок 3. Схема канала управления тяговым электродвигателем электровоза ВЛ80 с использованием ТП «КЛИПЕР»

Таким образом, предложенная схема тягового электропривода позволяет:

-сохранить все положительные функции системы поосного регулирования силы тяги, одновременно упростить схему тягового электропривода;

-повысить ее надежности за счет замены шести управляемых тиристорных мостов на один неуправляемый, снижения общего количества полупроводниковых приборов и драйверов управления ими;

-упросить систему управления тяговым приводом за счет исключения схемы управления тиристорами, требующей синхронизации с питающей сетью, кабелей и разъемов для передачи 36 управляющих импульсов и 6 сигналов синхронизации, трансформаторов синхронизации;

- упростить схему силовой цепи за счет исключения групповых контакторов ослабления поля, резисторов ослабления поля, тормозного переключателя, значительного количества соединительных проводов;

-обеспечить бесконтактный способ переключения тягового электропривода из режима тяги в режим реостатного торможения с последовательным возбуждением двигателей и эффективным регулированием тормозного момента, отказаться тормозных контакторов;

-обеспечить поосное регулирование силы торможения для индивидуального регулирования юза колесных пар как ступенчатое за счет использования контакторов ослабления поля, так и плавное за счет ШИМ;

- обеспечить связь с системой управления верхнего уровня только по последовательному каналу (Ethernet или CAN);

- обеспечить отсутствие радиопомех, формируемых системой управления, повысить помехоустойчивость управления транзисторами за счет использования оптоволоконных линий связи и применения стандартных, хорошо отработанных драйверов, которые осуществляют автоматический мониторинг работоспособности транзисторов (их диагностику);

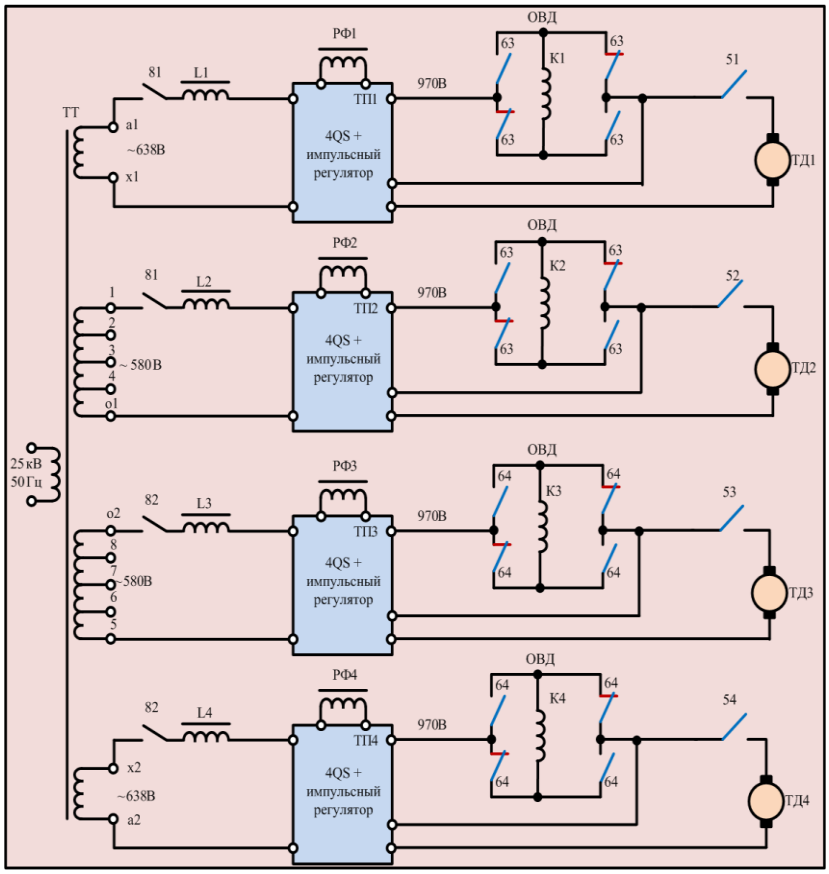


Рисунок 4. Схема силовой цепи электровоза ВЛ80 с СПРСТ на базе ТП «КЛИПЕР»

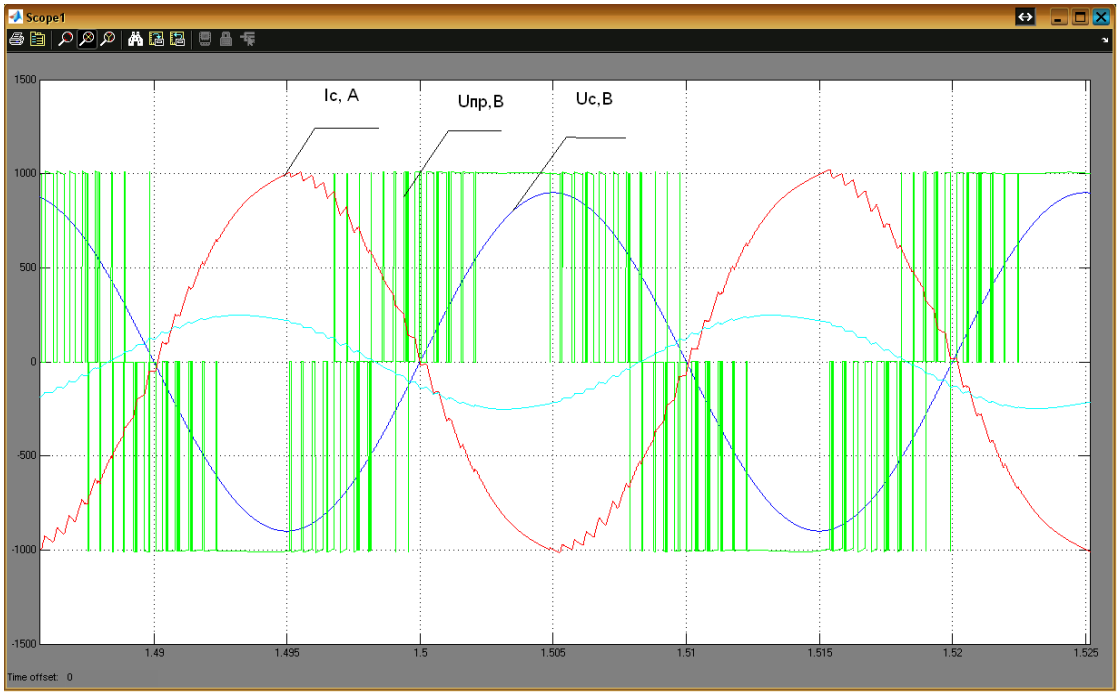


Рис.5. Изменение напряжения и тока силовой цепи питания канала ТП «КЛИПЕР» в режиме работы «рекуперация»

- выполнить быстродействующую защиту силового выпрямителя (не сгорают предохранители) при коротких замыканиях за счет отключения двигателя посредством закрытия IGBT –транзистора;

-обеспечить лучшую форму тока в тяговых двигателях (меньше пульсации) за счет применения высокочастотной ШИМ (1 кГц);

-обеспечить автоматическое равномерное распределение токов по тяговым двигателям во всех режимах работы силовой цепи (полное поле, ослабленное поле, торможение);

-обеспечить возможность трогания тепловоза с большей величиной напряжения тягового генератора и регулирования тяги за счет ШИМ, за счет чего снизить ток в тяговом генераторе, увеличить его КПД, обеспечить более эффективную работа вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, что позволяет повысить величину длительной силы тяги при низких скоростях движения тепловоза, снизить сечение силовых питающих проводов;

-для обеспечения режима торможения нет необходимости питать обмотки возбуждения, затрачивая при этом энергию от тяговой установки тепловоза;

-использовать минимальное количество датчиков тока (9шт.) и напряжения (1шт.);

-снизить массогабаритные показатели выпрямительной установки;

- уменьшить затраты на техническое обслуживание оборудования за счет уменьшения количества силовых коммутационных аппаратов, упрощение схемы преобразователя и применения средств его внутренней диагностики.

Список литературы

1. Сергеев С.В. Электрическая схема тепловоза 2ТЭ116У/Сергеев С.В, Пархонин А.В. и др. // Локомотив. - 2009. - № 6, 7. - С. 22 -25, 9 - 12.
2. Киржнер Д.Л. Тепловоз с высоким коэффициентом тяги/Киржнер Д.Л., Клименко Ю.И., Кулабухов А.С., Путинцев С.В.//Труды ВНИКТИ-1999-вып.79 - с. 189-198.
3. Грищенко А.В. Новым тепловозам-новые технологии реостатных испытаний/ Грищенко А.В., Грачев В.В. и др.// Локомотив -2016- №1-стр.11-13.
4. Пляскин А.К. Энергоэффективность тепловозов БАМ: проблемы и решения/ Пляскин А. К., Новачук Я. А.//Вестник транспорта Поволжья - 2016 г. - №4(58) - стр.63-66.

УДК 656.062

БАЛАБИН В.Н.

ПИТ-СТОП ЮНИТ-МОДУЛЬНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Модульная компоновка оборудования ассоциируется с современными направлениями развития различных видов транспорта, а термин юнит – это объединение нескольких элементов оборудования в один функционально независимый блок возможно и противоположное объяснение, когда крупный блок, или система разбивается на юниты (функциональные блоки, элементы) меньшего размера и габаритов, которые соединены параллельно).

Введение

Процессы проектирования, изготовления, эксплуатации и обслуживания модульных локомотивов удешевляются и появляется возможность широкой унификации используемой топологии нового оборудования.

Коренным способом меняется концепция создания локомотива, последующая эксплуатация, сервисное обслуживание и ремонт [1, 2].

При переходе на новую систему обслуживания модульных локомотивов основная нагрузка по бесперебойному обеспечению сервис-модульных точек (СМТ) ложится на сервис-модульные центры (СМЦ).

Необходимым фактором является нетрудоемкий, полностью механизированный монтаж-демонтаж модулей на локомотивы. Поэтому целесообразно использование так называемых функциональных модулей — сборочных единиц адресного применения, основу которых составляет известное оборудование (механическое, тепло- и электротехническое, электронное и др.), прошедшее соответствующую проверку и готовое к выполнению своих функций после установки модуля на локомотив.

Создание роботизированной сервис-модульной точки (РСМТ)

Последовательность разработки РСМТ такова: анализируется и уточняется функциональный состав РСМТ, выбирается конструкторская элементная база, разрабатывается исполнительная база устройств по сбору и обработке информации (инфракрасные датчики, датчики передвижения, датчики прикосновения и т.д.) создаётся комплекс управления системами и путевыми роботами.

При создании РСМТ учитываются совместимость по функциональным признакам с другими автоматизированными системами, применяемыми в отрасли, доступность компонентов, по возможности используются стандартные конструкции с едиными элементными группами.

При переходе на новую систему обслуживания модульных локомотивов основная нагрузка по бесперебойному обеспечению РСМТ необходимыми юнит – модулями ложится на сервис-модульный центр СМЦ. Здесь решающую роль должна сыграть техническая и технологическая база этих Центров.

В СМЦ ответственность за качество поставок юнит-модулей будет выше, так как любой брак будет наказываться на всем протяжении цикла функционирования юнит–модуля.

Компоновка юнит-модулей на локомотиве должна позволять их лёгкую замену извне без демонтажа соседних модулей и по возможности при минимальных затратах времени и энергии.

Необходимым фактором при проектировании РСМТ является нетрудоемкий, полностью механизированный монтаж-демонтаж модулей на локомотивы.

На локомотивах целесообразно использование так называемых функциональных модулей - сборочных единиц адресного применения, основу которых составляет известное оборудование (механическое, тепло- и электротехническое, электронное и др.), смонтированное в корпусе-каркасе, прошедшее соответствующую проверку и готовое к выполнению своих функций после установки модуля на локомотив.

В выборе типов соединителей трубопроводов различного назначения преобладает ориентация на быстроразъемные соединители (БРС) с автоматическим запиранием и контролем герметичности. Электроаппараты управления размещают преимущественно на объемных печатных платах, а разводка их цепей выполняется в соответствии с технологическими требованиями к выбранным элементам, особенностями их топологии и электромагнитной совместимости.

В общем случае на локомотивах различают шесть основных систем обеспечения дизель-генератора (см. рис.1): смазки (СС) 1, воздухоподготовки (ВП) 2, газовыпуска (ГВ) 3, охлаждения (СО) 4, охлаждения электрических машин дизель-генератора (ОМ) 6 и топливная (ТС) 6,

Существуют макромодульность и микромодульность систем. К примеру, внутри модуля ТС расположены микромодули элементов топливной системы, позволяющие выполнять все операции обслуживания и замены элементов по мере необходимости без съёма основного модуля ТС. При этом связь со стационарными трубопроводами выполнены быстроразъёмными соединениями и моносоединителями, например, устройствами компании Staubli или CEJN. Расположение модулей может отличаться от предложенной на рис.1., и зависит от компоновки локомотива.

По своему назначению модули делятся на управляющие и исполнительные, а по степени общности — на стандартные и оригинальные.

Основные модули вспомогательных систем дизеля.

Для наглядности сравним основные процессы, выполняемые на пит-стопах Формулы 1 и предлагаемых в РСМТ.

Пит-стоп «Формула-1»	**Пит-стоп локомотива**
	
Сообщение о пит-стопе	**Сообщение о пит-стопе**
• Команда информирует гонщика по радиосвязи, что она готова принять машину. • Либо сам гонщик сообщает команде, что требуется внеплановая остановка.	○ В соответствии с графиком движения поездов проходит информация о готовности принять локомотив на плановый пит-стоп. ○ Либо бортовая диагностика выявила предельное, предаварийное состояние оборудования локомотива, требующее внеплановый пит-стоп.
Подготовка к пит-стопу.	**Подготовка к пит-стопу.**
• Бригада механиков выходит на пит-лейн с необходимым оборудованием. • Гонщик на текущем круге вместо того, чтобы продолжить гонку, сворачивает на заезд на пит-лейн.	○ Проходит ожидаемая информация о точном времени прибытия локомотива на пит-лейн. ○ В соответствии с регламентом подготовлены логистические юнит-модули, или отдельные элементы системы в модуле. ○ Роботы-манипуляторы проходят оперативное тестирование на соответствие выполняемой работе
Остановка на питлейне.	**Остановка в точке**
• Все операции над машиной запрещены до момента её полной остановки. • Задача пилота — остановиться перед своими механиками максимально точно в отведённом пространстве. • При остановке следует ориентироваться либо на то	○ Все операции запрещены до момента полной остановки и закрепления локомотива. ○ Локомотивная бригада выключает и обесточивает все системы локомотива (глушит дизель, отключает аккумуляторную батарею и др.) в соответствии с принятым регламентом. ○ Включение приводов роботов-манипуляторов выполняется только после выхода бригады из зоны обслуживания

место, где один из механиков держит подъёмник для передней части машины, либо на механиков спереди, которые держат руку так, что при правильной остановке середина передней шины будет точно под их рукой.	локомотива. ○ Контроль перемещения людей выполняют датчики присутствия в зоне обслуживания.
Работа над машиной.	**Работа над локомотивом.**
• Два механика, спереди и сзади, приподнимают машину. • Рядом с каждым колесом находятся по три механика: один — для того, чтобы забрать снятое колесо, один подает колесо из свежего комплекта и ещё один — непосредственно снимающий и надевающий колесо. Закрепив колесо, он поднимает руку, сигнализируя об окончании работы. Обычно при согласованной работе механиков замена резины занимает 2,5-3 секунды. • После смены колёс машину опускают на асфальт с подъёмников. • Ещё два механика прочищают воздухозаборники болида. • Один механик протирает забрало шлема гонщика. • Механики также выполняют и другие операции, как то: заправка бака топливом, изменение угла атаки антикрыльев, снятие датчиком характеристик шин и так далее. Ещё один стоит со стартером на случай, если болид заглохнет (у «формулы-1» нет электрического стартера).	○ По сигналу сирены в зоне РСМТ начинают работу роботы-манипуляторы. ○ Работа выполняется параллельно несколькими манипуляторами. ○ Манипулятор-заправщик №1 подсоединяет шланг к горловине топливного бака, второй шланг – к горловине картера дизеля, третий шланг к расширительному баку модуля системы охлаждения. ○ Манипулятор №2 обеспечивает замену модуля топливной системы, или замену элемента этой системы. ○ Манипулятор №3 работает с модулем системы смазки, или с элементами этого модуля. ○ Манипулятор №4 производит необходимые замены модуля системы охлаждения, или элементы этого модуля. ○ Манипулятор №5 обеспечивает замену модуля высоковольтной камеры. ○ Манипуляторы №6 и 7 производят работы с модулями песочных бункеров по торцам кабины и кузова. ○ Манипулятор №8 обеспечивает регламентные замены модулей мотор-компрессоров, систем воздухоподготовки и газовыпуска дизеля, а также контролирует экипажную часть и другие модули вспомогательных систем (аккумуляторные батареи, оборудование кабины и др.) локомотива. ○ При выходе из строя манипуляторов (от одного до семи) все регламентные работы могут выполнять последовательно оставшиеся манипуляторы с соответствующим увеличением продолжительности нахождения локомотива на пит-стопе. ○ Обычно при согласованной нормальной работе по регламенту замена модулей с последующей диагностикой занимает 2,5-6 минут (без времени, затрачиваемой на экипировку).

Готовность машины.	Готовность локомотива
• Ответственность за выпуск машины на трассу несёт только старший механик. Как только он убедился в том, что все работы над машиной завершены, никто не находится на пути движения машины и по пит-лейн вблизи боксов не проезжает ни одна машина, он поднимает табличку, выпуская гонщика с пит-стопа.	○ После окончания работы производится габаритное позиционирование роботов-манипуляторов и отключение их приводов. ○ Диагностируются все системы в установленных модулях локомотива. ○ По окончании диагностики и получении сигнала разрешения производится автоматический пуск дизеля и диагностируется его работа на холостом ходу. ○ Производится безреостатная настройка тяговой передачи; ○ Выполняется секвенция аппаратов и силовых цепей; ○ Поступает сигнал об окончании сервис-модульного обслуживания локомотива и вызов локомотивной бригады.

Выводы и задачи, решаемые в ближайшей перспективе

❖ создание глобальной системы типизации функциональных юнит–модулей основных и вспомогательных систем локомотивов;

❖ решение задач серийности выпускаемых юнит–модульных локомотивов;

❖ разработка плана быстрого развития сервисной инфраструктуры на базе РСМТ;

❖ создание большого числа типов тягового подвижного состава, применяющих модульные технологии;

❖ разработка основных принципов применения робототехники в сервисных точках обслуживания локомотивов. Переход на безлюдные технологии;

❖ разработка массогабаритных характеристик юнит–модулей, соответствующих размерам стандартных контейнеров или размерам, кратным стандартному контейнеру;

❖ организация системы оперативной транспортировки и снабжения юнит–модулями СМЦ и РСМТ.

Литература:

1. Балабин В.Н., Ф. Винклер (Германия) Принцип модульности в проектировании современных автономных локомотивов. /Журнал «Наука и транспорт», №3. 2012. С.22-24.

2. Балабин В.Н. Модульная конструкция перспективных автономных локомотивов. /Сб-ник трудов «Современный транспорт: инфраструктура, инновации, интеллектуальные системы», /Международная академия транспорта, Санкт-Петербург, 2012. С.66-70.

БОГИНСКИЙ С.А. (Дирекция Тяги ОАО «РЖД»)

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МСУ ЛОКОМОТИВОВ

Алгоритмы управления приводом и тягой поезда современных отечественных локомотивов, реализованные в виде программного обеспечения микропроцессорных систем управления (МСУ), часто являются результатом автоматизации применявшихся ранее ручных технологий управления со стороны машиниста. Например, алгоритмы управления электровозами переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) МСУ типа «МСУД» по сути повторяют алгоритмы, реализованные в электронном блоке управления типа БУВИП-133 электровозов ВЛ80Р и ВЛ85 и блока автоматического управления БАУ-002 электровозов ВЛ85. Накопленная за время эксплуатации локомотивов с МСУ статистика позволяет существенно доработать используемые алгоритмы управления.

Для доказательства выдвинутого тезиса в статье рассмотрены данные бортовых МСУ типа «МСУЭ» электровозов серии ВЛ80Р – типичного представителя электровозов переменного тока с ВИП. В среде MS Excel с использованием специально разработанных программ на алгоритмическом языке Visual Basic for Application (VBA) выполнен анализ, результаты которого приведены в статье.

Для анализа взята репрезентативная выборка по 61-у локомотиву серии ВЛ80р. По каждому локомотиву создана своя таблица данных, содержащая максимально допустимое для Excel число строк данных (каждая строка – одна запись с данными МСУЭ от всех датчиков): 1048576 записей, что соответствует двум неделям работы локомотива. Такой объем обработанных данных обеспечивает высокую достоверность полученных результатов. В результате получены, казалось бы, простые данные, но ранее не известные.

В Табл.1 приведено распределение времени электровозов на участке Мариинск – Карымская (Красноярская, Восточно-Сибирская и часть Забайкальской ж.д.) в различных режимах при тяге поезда. Очевидно, что режим рекуперации используется недостаточно и должен быть увеличен до 30%. Целесообразно в режиме автоведения автоматический перевод локомотива в режим «притормаживания» при ускорении в режиме выбега.

Таблица 1 *– Распределение режимов работы локомотивов ВЛ80р*

ВСЕГО НАБЛЮДЕНИЙ	63 638 037	100 %
ТЯГОВЫЙ РЕЖИМ	34 657 208	54 %
РЕКУПЕРАТИВНЫЙ РЕЖИМ	7 588 450	12 %
ВЫБЕГ	21 392 379	34 %

Следующая интересная информация – скоростной режим работы локомотивов. Из Рисунка 1 видно, что в тяге преобладает езда со скоростью в диапазоне от 50 до 60 км/ч (27% всего времени в тяге). Очевидно, что наибольшую эффективность работы привода надо рассчитывать именно на эти скорости, чего сейчас не делают. Ещё в большей степени этот диапазон скоростей оказался используемым в рекуперации – 40%. При этом токи распределяются по скоростям согласно Табл.2.

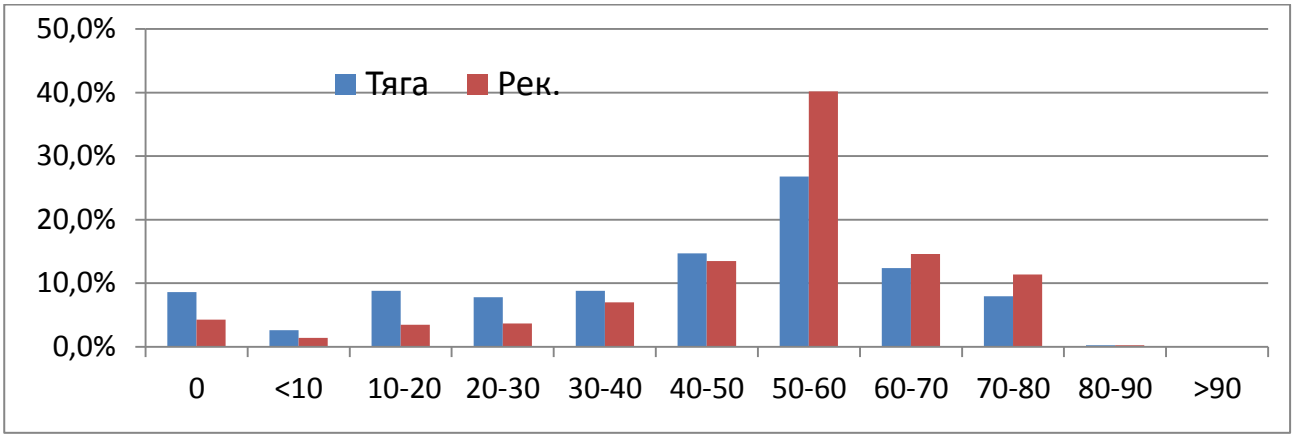


Рисунок 1 *– Распределение времени работы локомотива по скоростям*

Таблица 2 *– Распределение токов ТЭД по скоростям*

ТЯГА	**0**	**<100**	**100-200**	**200-300**	**300-400**	**400-500**	**500-600**	**600-700**	**700-800**	**800-900**	**900-1000**	**1000-1100**	**1100-1200**
0	5%	0%	1%	1%	1%	0%	0,22%	0,10%	0,04%	0,027%	0,0145%	0,0042%	0,0016%
до 10 км/ч	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0,11%	0,07%	0,04%	0,019%	0,0061%	0,0023%	0,0001%
10 - 20 км/ч	4%	0%	1%	1%	1%	1%	0,40%	0,23%	0,15%	0,119%	0,0305%	0,0032%	
20 - 30 км/ч	4%	0%	1%	1%	1%	1%	0,46%	0,35%	0,23%	0,128%	0,0406%	0,0068%	
30 - 40 км/ч	4%	0%	1%	1%	1%	1%	0,54%	0,39%	0,37%	0,285%	0,0781%	0,0081%	
40 - 50 км/ч	5%	0%	1%	1%	1%	1%	0,89%	1,20%	1,94%	1,407%	0,1007%	0,0023%	
50 - 60 км/ч	8%	1%	2%	3%	3%	4%	4,01%	2,26%	0,80%	0,227%	0,0358%	0,0001%	
60 - 70 км/ч	5%	0%	1%	1%	2%	3%	0,58%	0,17%	0,09%	0,045%	0,0158%	0,0002%	
70 - 80 км/ч	2%	0%	1%	1%	2%	0%	0,15%	0,08%	0,02%	0,016%	0,0075%	0,0000%	
80 - 90 км/ч	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%	0,00%	0,00%	0,000%	0,0000%	0,0000%	
ВСЕГО	**38%**	**3%**	**8%**	**10%**	**11%**	**10%**	**7%**	**5%**	**4%**	**2,27%**	**0,330%**	**0,027%**	**0,002%**

Данные по Табл.1 и Рис.1 следует учитывать эти составлении алгоритмов управления для повышения эффективности тяги. При этом желательно иметь минимальный угол открытия тиристоров $\alpha_{рег}$. Фактические значения – на Рис.2.

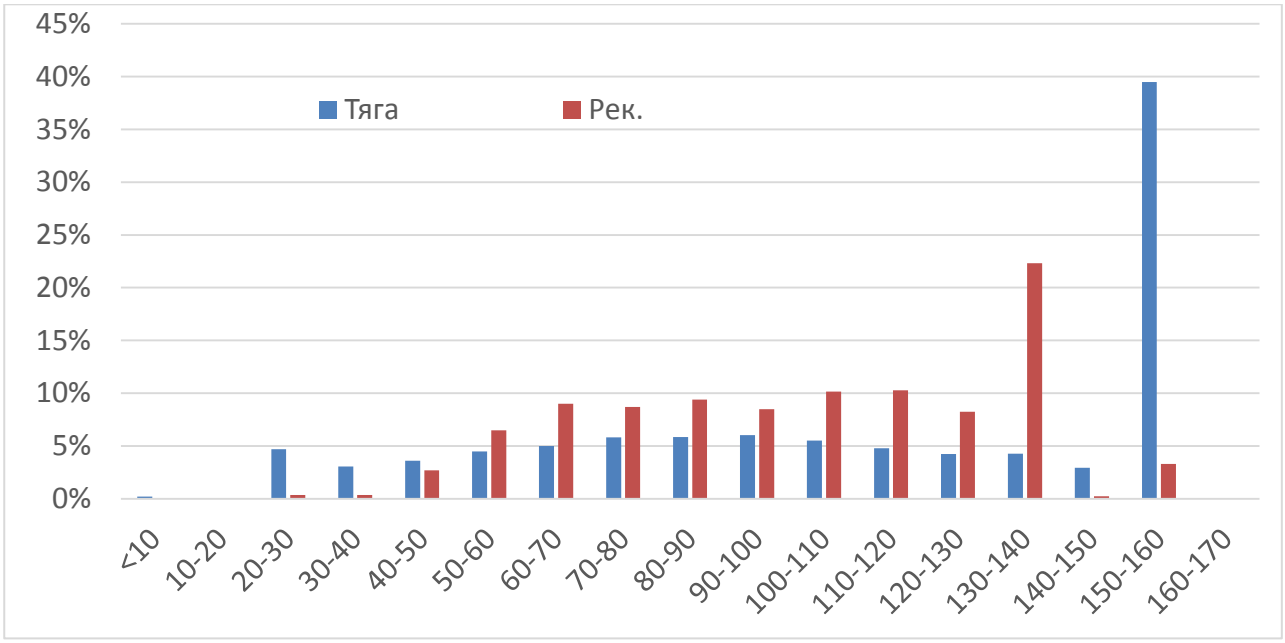


Рисунок 2 *– Распределение времени работы локомотива по углу открытия тиристоров* $\alpha_{рег}$

Из диаграммы по Рис.2 наглядно видно, что угол открытия тиристоров $\alpha_{рег}$ равномерно распределен по всему диапазону его регулирования (160 эл.градусов в тяге – это нулевое положение контроллера, 140 в рекуперации – аналогично). Если в алгоритмах управления учитывать необходимость иметь максимальный угол открытия тиристоров, то можно повысить коэффициент мощности электровоза.

Интересные данные по токам в рекуперации приведены на Рис.3. Самый популярный диапазон – от 100 до 200 А. При этом 74% времени ток не превышает 400А. Это свидетельствует, что основное время в рекуперации электровоз проводит в режиме притормаживания, что подтверждается и данными по Рис.1. Следовательно, главное в рекуперации – надёжность входа в режим (противокомпаундирование) и в меньшей степени – эффективность.

В заключении приведем ещё одни интересные данные – распределение времени тяги по потребляемой мощности (Рис.4). Самая часто потребляемая мощность – 3200 кВт. Это также следует учесть при выборе самого энергоэффективного режима работы электровоза.

ВЫВОД: при разработке алгоритмов управления приводом для повышения эффективности тяги и рекуперации следует учитывать статистику режимов эксплуатации, в которых реально работает локомотив.

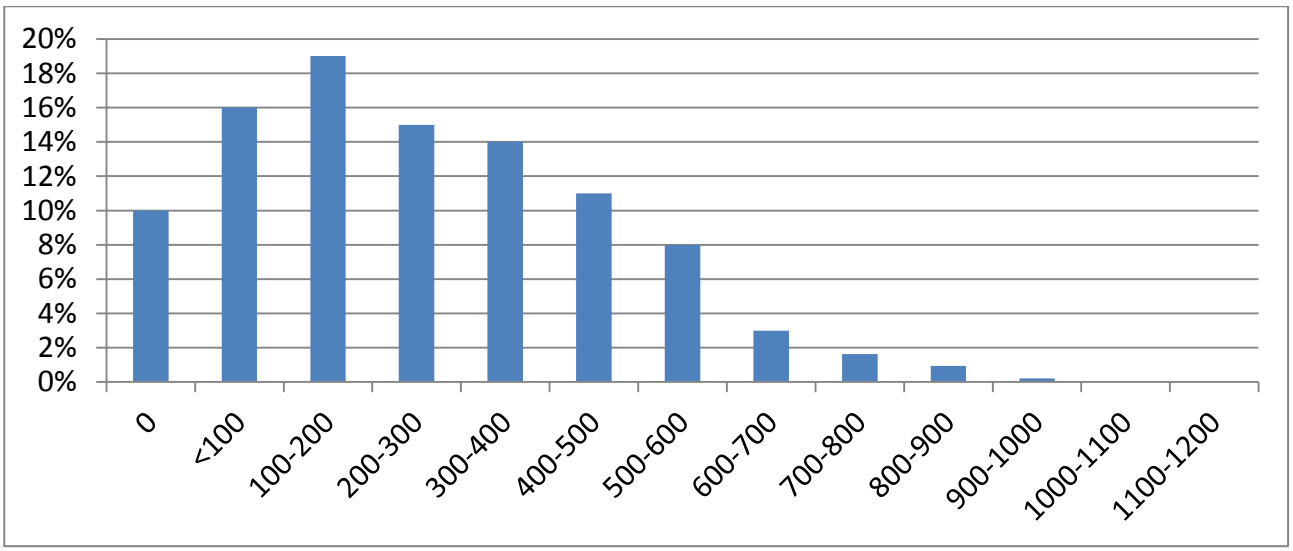


Рисунок 3 *– Распределение токов в рекуперации*

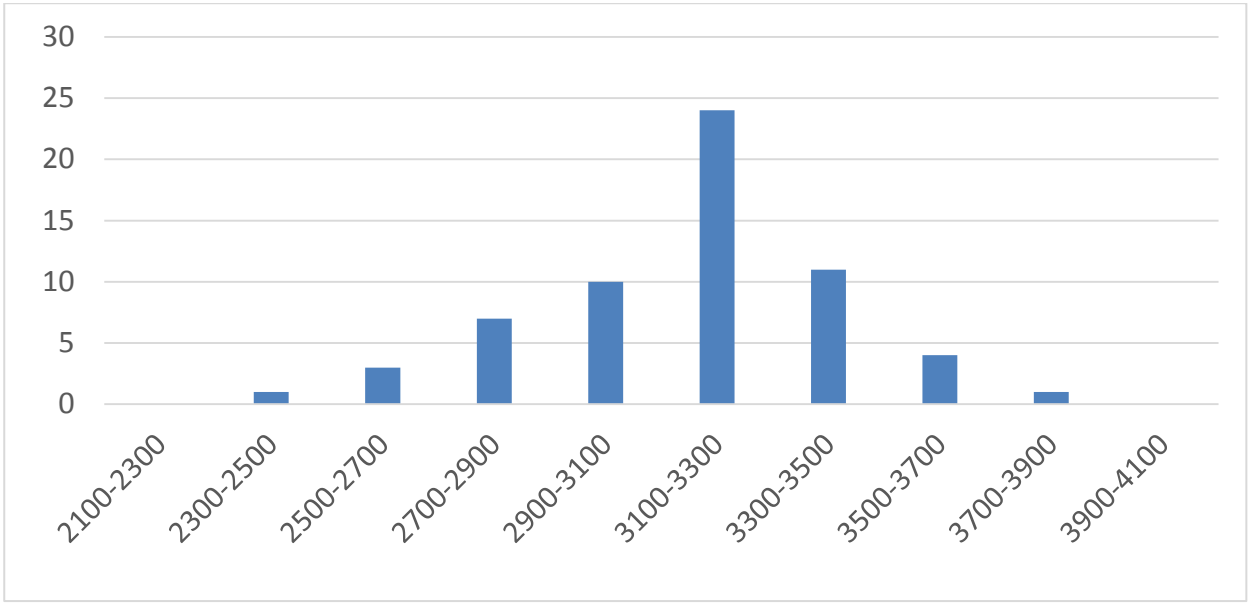


Рисунок 4 *– Распределение времени работы локомотива в тяги по мощности, кВт*

ЛИТЕРАТУРА

1. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика [Текст] / К.В.Липа, А.А.Белинский, В.Н.Пустовой, С.Л.Лянгасов, И.К.Лакин, А.А.Аболмасов, и др.– М.: ООО «Локомотивные Технологии», 2015. – 212 с.
2. Семченко, В.В. Диагностирование систем управления электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями. Диссертация на соискание степени к.т.н. – Иркутск: ИрГУПС, 2010 – 199 с.
3. Лакин, И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: Диссертация на соискание степени к.т.н. – М., МИИТ, 2016 – 195 с.

БОГОСЛАВСКИЙ А.Е., ЗАРИФЬЯН А.А., КОРОТКОВ В.М., ТАЛАХАДЗЕ Т.З. (РГУПС)

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ ОАО «РЖД», НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Проблема повышения энергетической эффективности локомотивной тяги постоянно находится в поле зрения руководства компании ОАО «Российские железные дороги», что обусловлено все возрастающей стоимостью топливно-энергетических ресурсов [1]. Одним из наиболее перспективных подходов к решению этой проблемы является совершенствование силовых энергетических установок (СЭУ) и систем преобразования энергии локомотивов. В [1, 2] отмечается, что к числу основных технических требований к современным и перспективным локомотивам – как электровозам, так и тепловозам, – относится поосное регулирование силы тяги и адаптивное отключение тяговых электродвигателей (ТЭД) в зависимости от нагрузки.

Применительно к электрической тяге, отметим работы [3–5], которые основаны на анализе экспериментальных результатов, полученных путем обработки записей основных параметров работы электровозов, таких как скорость, сила тяги, полезная и потребляемая мощность и т.п., в реальных условиях эксплуатации. На основании проведенного анализа показателей энергетической эффективности электрической тяги в процессе эксплуатации был предложен алгоритм дискретно-адаптивного управления многодвигательным тяговым электроприводом (поосное энергооптимальное регулирование силы тяги) [6], который позволяет в режиме реального времени определить минимально достаточное число ТЭД, реализующих мощность, необходимую для движения поезда, и стабилизировать значение КПД электровоза при работе с частичной нагрузкой на уровне, близком к его номинальному значению.

На рис.1 показана зависимость КПД электровоза ЭП20 от реализуемой мощности при всех работающих ТЭД (кривая 1, построена по данным бортового регистратора параметров движения) и при регулировании числа ТЭД (кривая 2). Видно, что предлагаемый алгоритм в диапазоне мощностей 500...4000 кВт обеспечивает существенное повышение энергетической эффективности, например, при мощности 1000 кВт КПД увеличивается от 0,70 до 0,87.

Применение данного алгоритма позволяет существенно сократить расход электроэнергии на тягу поезда при работе с частичной нагрузкой. Имеется прямое задокументированное подтверждение сокращения расхода электроэнергии на тягу. Для поездов весом 2200 т (вместе с электровозом 2ЭС5) на одном и том же участке длиной 108 км, в том же графике, в одном случае тяга осуществлялась всеми восемью осями, а в другом – только четырьмя. Сокращение потребления электроэнергии составило 16% по счетчику.

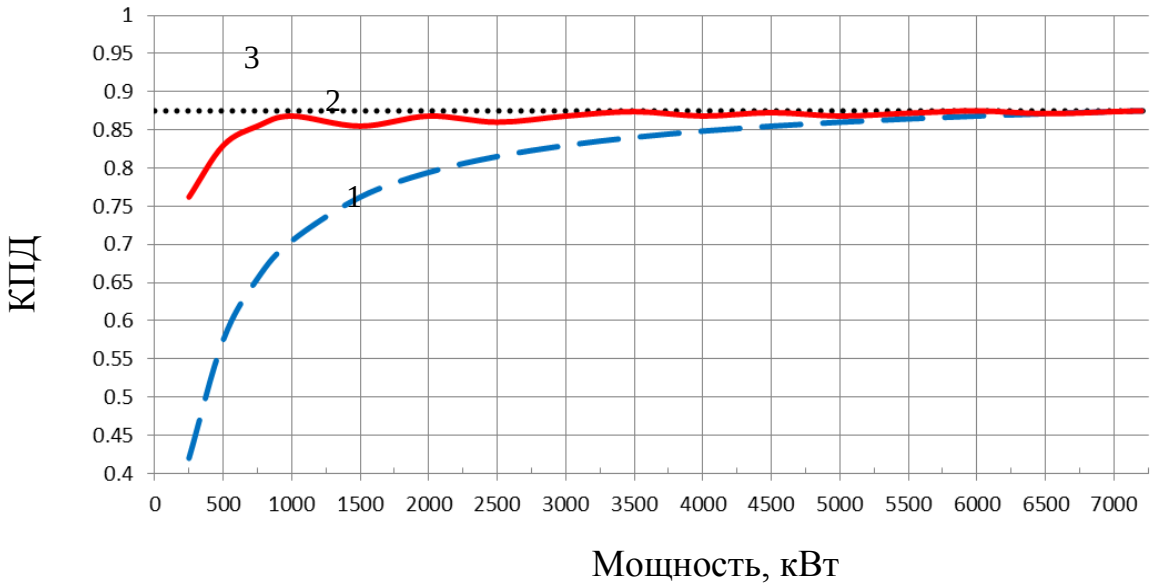


Рис. 1. Зависимость КПД электровоза ЭП20 от реализуемой мощности: 1 – при всех работающих ТЭД, 2 – при регулировании числа ТЭД, 3 – номинальное значение КПД

Данное техническое решение реализовано на новом грузовом электровозе переменного тока 2ЭС5С, который был представлен в рамках заседания Совета по взаимодействию ОАО «РЖД» с предприятиями транспортного машиностроения, прошедшего на Брянском машиностроительном заводе 26 июня 2018 г. [7]. Предложенный способ адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью электровозов обладает достаточной общностью и может быть рекомендован для включения в структуру систем управления высшего уровня как пассажирских и грузовых электровозов, находящихся в эксплуатации, таких как 2(3,4)ЭС5к и ЭП1. Надежность коллекторно-щеточного узла ТЭД при отключении обеспечивается за счет применения электропроводящей смазки, разработанной на кафедре «Тяговый подвижной состав» РГУПС.

Описанный способ может быть также рекомендован и для применения в системах управления тепловозов, оснащенных электрической передачей мощности, обеспечивающей поосное регулирование силы тяги.

Однако для тепловозов задача повышения энергетической эффективности является двухуровневой: после того, как число работающих ТЭД приведено в соответствие с нагрузкой, необходимой на тягу поезда (1-й уровень оптимизации), встает вопрос о том, что ДГУ должна обеспечить достаточное питание ТЭД при минимальном потреблении дизельного топлива (2-й уровень оптимизации).

Конструкции дизельных двигателей, установленных на находящихся в эксплуатации магистральных тепловозах, были разработаны 50…80 лет тому назад. Эти двигатели являются моноблочными, на один коленчатый вал работают до 16 и более цилиндров, полный вес ДГУ составляет десятки тонн, а удельная масса составляет больше 10 кг/кВт.

В течение многих лет в технической литературе обсуждается вопрос замены моноблочной ДГУ путем установки нескольких дизелей на секции тепловоза. Наиболее разработана эта тема для маневровых тепловозов, у которых дизель основное время работает на холостом ходу, а оставшееся время – как правило, с неполной нагрузкой. Отметим в этой связи работы [8,9]. В 2013 году изготовлен шестиосный двухдизельный маневровый тепловоз ТЭМ33 [10], аналогичную схему имеет и тепловоз ТЭМ14. Но имеется опыт применения и на магистральных тепловозах TRAXX DE ME, чья СЭУ состоит сразу из четырех ДГУ [11].

В настоящее время, оптимизация работы СЭУ видится в применении нескольких ДГУ, которые имеют в своем составе современные высокооборотные дизельные двигатели (1500–1800 об/мин) мощностью до 1000 кВт, имеющие лучшие массогабаритные показатели (см. рис. 2) [12].

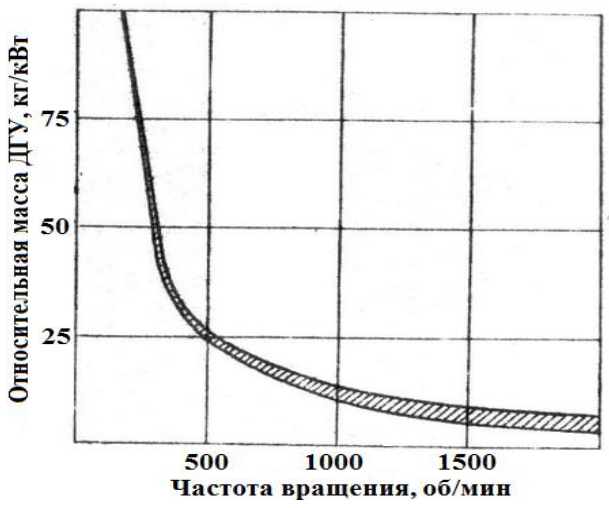


Рис. 2. Зависимость относительной массы дизеля от частоты вращения

Библиографический список

1 Валинский, О.С. Локомотивная тяга: настоящее и задачи на будущее / О.С. Валинский // Локомотив – 2017 – № 12 – С. 2–6.

2 Михальчук, Н.Л. Определена концепция перспективных локомотивов / Н.Л. Михальчук // Локомотив – 2018. – № 1. – С. 6–9.

3 Зарифьян, А.А. (мл.) Алгоритм повышения энергетической эффективности электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока / А.А. Зарифьян (мл.) // Вестник РГУПС. – 2016. – № 1. – С. 50–61.

4 Зарифьян, А.А. (мл.) Дискретно-адаптивное управление тяговым приводом грузового электровоза при работе с неполной нагрузкой / А.А. Зарифьян (мл.) // Вестник РГУПС. – 2018. – № 1. – С. 49–59.

5 Андрющенко, А.А. Повышение энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом // А.А. Андрющенко, А.А. Зарифьян (мл.), П.Г. Колпахчьян // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – Вып. 4(45). – С. 5-14.

6 Способ управления энергетической эффективностью локомотива при работе с неполной нагрузкой / А.А. Андрющенко, А.А. Зарифьян (мл.), Ю.А. Орлов, К.П. Солтус / Патент RU 2617857; приоритет от 15.09.2015 - Бюлл. №13 - Опубликовано 28.04.2017.

7 Знакомьтесь: электровоз 2ЭС5С. / Локомотив – 2018 – № 8 – С.35–37.

8 Магнитский, Я.Ю. Повышение экономичности тепловозов включением в секцию нескольких дизелей разной мощности: дисс. ... к.т.н. – Ростов-на-Дону, 2002. – 126 с.

9 Кручек, В.В. Улучшение эксплуатационных показателей маневровых тепловозов: дисс. ... к.т.н. – СПб, 2012. – 144 с.

10 Маневровые локомотивы. Сайт ИННОВАЦИОННЫЙ ДАЙДЖЕСТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rzd-expo.ru/innovation/stock/shunting_locomotives/ (дата обращения: 07.07.2018)

11 Многодизельные тепловозы TRAXX DE ME // Железные дороги мира. – 2016 – № 3. – С. 55–57.

12 Анализ эксплуатационных показателей энергетической эффективности грузовых тепловозов / А.А. Зарифьян, Т.З. Талахадзе, // Вестник РГУПС. – 2018. – № 3. – С. 46–53.

БОЙКОВ Е.В., ИЛЬИН Е.С. (КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ОТ ФОРМЫ ПОДАЧИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

В статье описан эксперимент, проведенный в Красноярском институте железнодорожного транспорта, по выявлению зависимости результативности обучения от формы подачи учебного материала. Результаты позволяют сделать вывод о перспективности внедрения в учебный процесс интерактивных трехмерных обучающих программ.

Появление новых компьютерных технологий, увеличение производительности портативных устройств и широкое внедрение современной вычислительной техники в образование предлагает новые средства и методы обучения [2-6]. Красноярский институт железнодорожного транспорта одним из первых начал внедрять в учебный процесс трехмерную интерактивную графику с элементами дополненной и виртуальной реальности.

Для обоснования целесообразности создания интерактивных учебников необходимо подтвердить гипотезу о том, что усвоение учебного материала с помощью объектно-ориентированного интерактивного электронного учебника более эффективно, чем при изучении материала в текстовом виде и в форме видеоматериала.

Для этого в Красноярском институте железнодорожного транспорта проведено исследование [1], в котором 113 учеников были поделены на 3 группы, первая группа изучала материал по учебнику, вторая смотрела видеофильм, а третья работала с электронными учебниками.

Различие эффектов педагогических воздействий с помощью учебных материалов обосновано тем, что три группы, первоначально совпадающие по своим характеристикам, различаются после реализации педагогических воздействий. Было проведено два сравнения и показано, что при первом сравнении (до начала исследования) характеристики всех трех групп примерно совпадают, а после окончания эксперимента — существенно различаются.

Если поставить в соответствие уровням знаний (низкому, среднему и высокому) баллы — 1, 2 и 3, то результаты измерений уровня знаний учеников будут представлены в виде гистограмм: до обучения (Рисунок 1. Уровень знаний до обучения), после обучения (Рисунок 2. Уровень знаний после обучения).

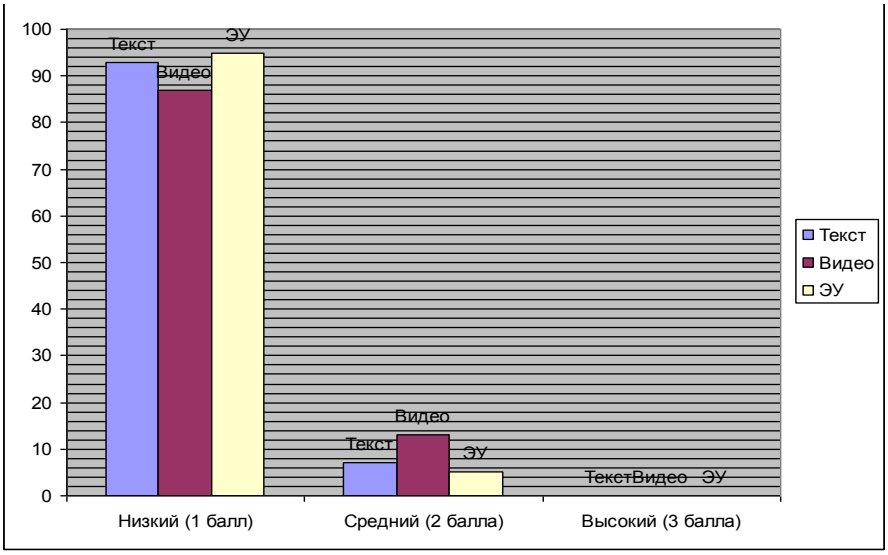


Рисунок 1. Уровень знаний до обучения

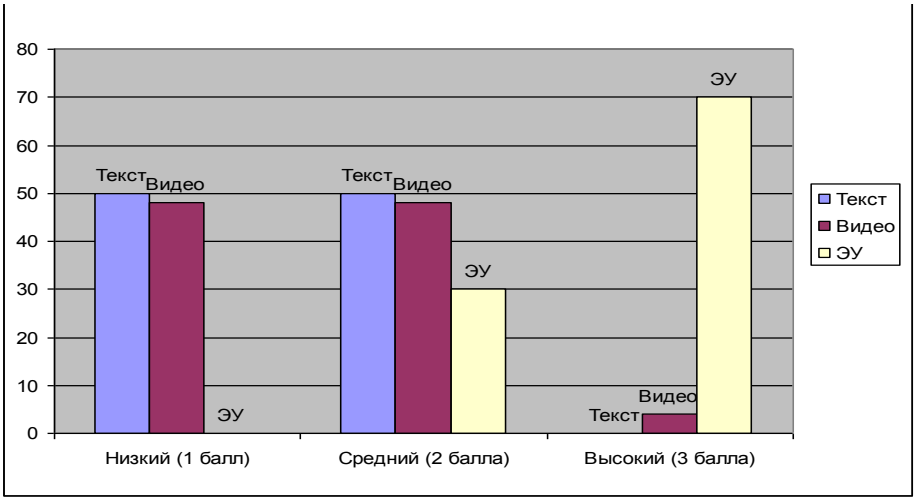


Рисунок 2. Уровень знаний после обучения

Информация в памяти человека сохраняется в виде отдельных наглядно-образных представлений. Традиционные методы обучения основаны на прямой передаче от учителя ученикам информации: эталонных знаний, зафиксированных в учебнике, учебных программах, материалах и т.п.. Передача знаний осуществляется преимущественно через слово. Получая новое знание в текстовом виде, учащийся должен проделать большую умственную работу по формированию образа, который впоследствии должен занять определенное место в его памяти. Именно эта работа, делает учебный процесс сложным и недостаточно эффективным для ученика.

В электронном учебнике с применением интерактивных методов появляется возможность использования дополнительных (по сравнению с печатным изданием) средств воздействия на обучаемого, что позволяет быстрее осваивать и лучше запоминать учебный материал.

Из обобщенной диаграммы эксперимента видно, что все ученики до изучения имели одинаковые знания по предмету (27%), после проведение

исследования, 87% учеников третьей группы ответили верно, что минимум на 30% лучше, чем у учеников с традиционными формами обучения, это подтверждает эффективность применения интерактивных форм образования.

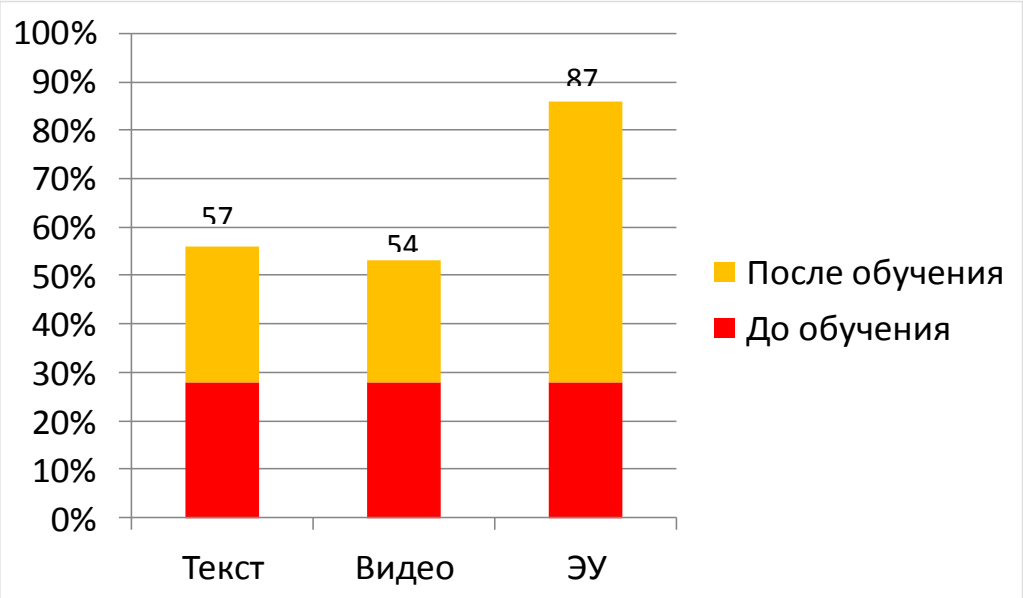


Рисунок 3. Результаты измерений уровня знаний в группах до и после эксперимента

ВЫВОД: Эксперимент подтвердил гипотезу, что учебный материал, представленный в объектно-ориентированной интерактивной обучающей программе усваивается лучше, чем при изучении материала в текстовом виде и в форме видео.

Литература:

1. Бойков Е.В. Методика самостоятельного обучения студентов информатике с помощью объектно-ориентированных электронных учебников: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2012. 23 с.
2. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642.
3. Указ Президента Российской Федерации «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» от 9 мая 2017 года № 2013.
4. Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» №1285 от 05.12.2017.
5. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. Дата официального опубликования 16.04.2014.

ВОРОБЬЁВ А.А., ГОРСКИЙ А.В., КОЗЫРЕВ В.А.

КАК ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИНФОРМАЦИЮ О НАДЁЖНОСТИ.

Большое значение в решении задач, направленных на повышение надежности тягового подвижного состава (ТПС) имеет мониторинг технического состояния его оборудования в процессе эксплуатации. При правильной систематизации информации о надежности становится возможным решать задачи:

– оценка показателей безотказности и долговечности конкретного оборудования в рассматриваемых условиях эксплуатации при фиксированной наработке его от начала эксплуатации (восстановления);

– построение зависимостей от наработки показателей безотказности, что в свою очередь позволит оценить изменение технического состояния с увеличением наработки;

– определение рациональной системы ремонта ТПС с учетом реального ресурса оборудования в конкретных условиях его эксплуатации;

–решение задач о целесообразности и объемах модернизации оборудования.

Но для решения этих задач необходимо изменить подход к анализу и систематизации информации о надежности, а соответственно и к расчёту показателей безотказности и долговечности оборудования ТПС в конкретных условиях его эксплуатации.

Анализ результатов обработки информации в настоящее время показывает, что расчет такого показателя надежности как число отказов на 1 млн. км (аналог показателей безотказности – параметра потока отказов и интенсивности отказов) осуществляется: как отношение числа отказов конкретного оборудования за отчетный период к суммарному линейному пробегу локомотива за этот же период. Такой подход к расчету показателей безотказности аналогичен определению средней температуры у больных в палате.

Допущенные ошибки при таком анализе надежности заключаются в правильном формировании выборок наработок оборудования до отказа (между отказами). Для каждого факта отказа рассматриваемого оборудования должна быть зафиксирована наработка его до этого отказа от момента начала эксплуатации (восстановления)

– расчет показателей надежности должен осуществляться в зависимости от наработки оборудования, а не календарного времени (месяца, года);

– расчет показателей безотказности: параметра потока отказов или интенсивности отказов определяется как отношение числа отказов оборудования за рассматриваемый период наработки к суммарной наработке оборудования находящегося в эксплуатации (под наблюдением) за этот же период.

При таком подходе к анализу надежности становится возможным оценивать изменение технического состояния оборудования с увеличением наработки, определять сроки своевременного его восстановления или замены.

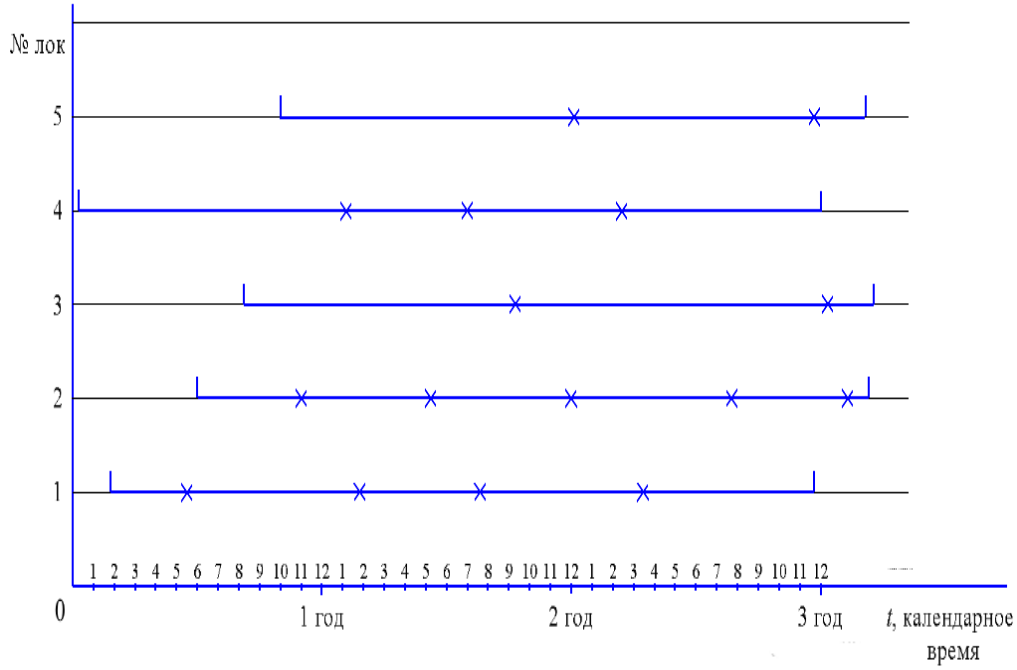
Ошибка реализуемого в настоящее время анализа надежности заключается в следующем: в рассматриваемом календарном интервале анализа надежности ТПС находится, как правило, в разных межремонтных периодах, рассматриваемое оборудование имеет различную наработку от начала эксплуатации (восстановления). Таким образом, происходит перемешивание в одном календарном периоде оборудования с разным техническим состоянием. Если при таком подходе проследить изменение рассчитываемого качественного показателя – числа отказов на 1 млн. км., то никакой тенденции к его увеличению или уменьшению не увидим.

Этот показатель будет колебаться около некоторого среднего значения, что и является следствием сильного перемешивания оборудования в одном интервале с разным техническим состоянием. Полученный результат будет свидетельствовать о том, что наработки до отказа (между отказами) распределены по экспоненциальному закону, то есть поток отказов является простейшим, а показатель безотказности - интенсивность отказов (параметр потока отказов) будет постоянен, то есть не увеличивается с увеличением наработки. В этом случае напрашивается вывод о нецелесообразности выполнения планово-предупредительных ремонтов, а следует выполнять ремонты по состоянию, т.е. по мере наступления отказа или обнаружения предотказного состояния. Но это же не так! Безусловно, с увеличением наработки техническое состояние оборудования ухудшается. Интенсивность ухудшения зависит от вида оборудования, условий эксплуатации и многих других факторов.

В процессе эксплуатации ТПС накапливается огромный объем информации как о наработках до отказа и между отказами оборудования, так и о значениях контролируемых параметров. Эта информация накапливается в различных системах (паспорт локомотива, АСУТ, КАСАНТ и т.п.), но пользы от этой информации при существующем подходе к анализу надежности нет.

Основная проблема заключается в отсутствии правильной систематизации исходной информации о техническом состоянии ТПС: контролируемых и диагностических параметрах, наработках до отказа и между отказами конкретного оборудования в рамках существующей системы планово-предупредительного ремонта. Вся информация о техническом состоянии ТПС должна быть привязана к соответствующей наработке рассматриваемого оборудования на момент измерения контролируемого (диагностического) параметра или наступления его отказа с указанием его вида и причины.

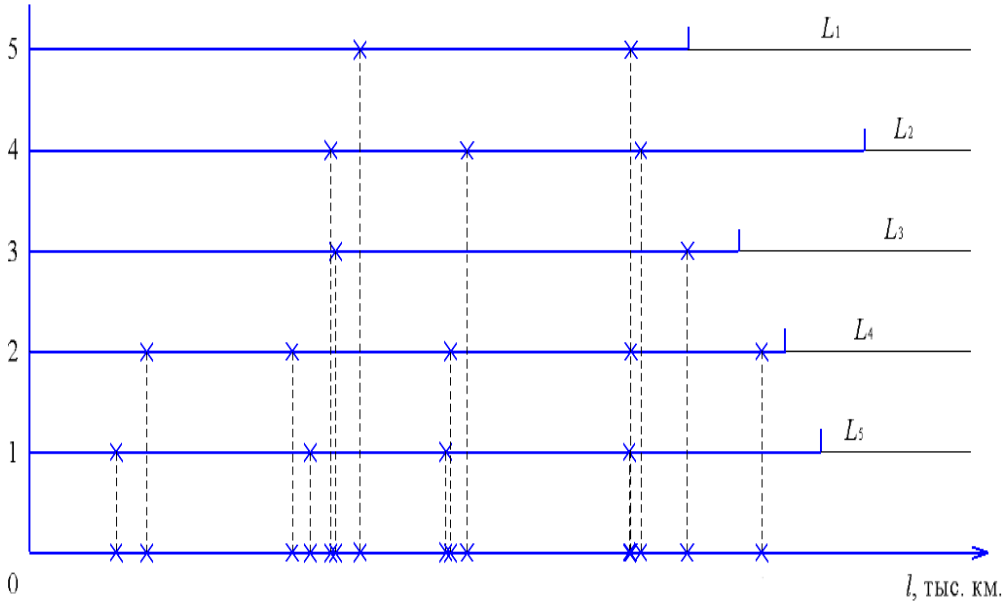
Такой подход к информационному обеспечению позволит реализовать в процессе эксплуатации ТПС планы испытаний на надежность [N,U,T] или [N,R,T]. Как известно межремонтные пробеги локомотивов до ремонта одного и того же объема разнесены во времени (рис.1). Это делается, прежде всего, для равномерной загрузки ремонтных цехов. Если зафиксировать в соответствующих межремонтных периодах моменты отказов, то они также достаточно равномерно распределятся во времени. При помесячном расчете интенсивности отказов или параметра потока отказов, как это делается сейчас в эксплуатации, диаграммы будут представлять стационарный процесс, т.е. интенсивность (параметр потока) отказов будет являться постоянной величиной с увеличением наработки, что является грубейшей ошибкой при анализе показателей надежности.



└ – дата предыдущего планового ремонта (начало эксплуатации);

┘ – дата последующего (очередного) планового ремонта.

Рис. 1 – Распределение межремонтных периодов и наработок до отказа и между отказами оборудования ТПС в масштабе календарного времени



L – величина межремонтного пробега;
x – моменты отказов одноименного оборудования.

Рис. 2 – Представление информации о наработках до отказа и между отказами одноименного оборудования ТПС в масштабе наработки (от предыдущего планового ремонта (начала эксплуатации)).

Чтобы правильно оценить показатели надежности оборудования по результатам его эксплуатации, прежде всего, необходимо представить межремонтные периоды ТПС и наработок до отказа и между отказами оборудования в масштабе наработки (рис.2).

Это позволит увязать моменты отказов оборудования с величиной наработки и рассчитать достоверные оценки показателей безотказности и долговечности: функцию восстановления, расчетную функцию распределения наработки до отказа, зависимости от наработки интенсивности отказов и параметра потока отказов оборудования ТПС в конкретных условиях его эксплуатации для решения названных выше важных практических задач.

Литература

1. Воробьёв А.А., Горский А.В., Пузанков А.Д., Скребков А.В., Четвергов В.А, Швецов С.В. Надёжность подвижного состава. Учебник. М.: ФГБУ ДПО «УМЦ на ж.д. транспорте», 2017, 300 с.
2. Горский А.В., Воробьев А.А. Оптимизация системы ремонта локомотивов. М.: Транспорт, 1994, 208 с.
3. Воробьёв А.А., Горский А.В., Козырев В.А., Лисенков А.Н., Шеремет Н.М. Эффективная система технического обслуживания и восстановления тягового подвижного состав. Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. М., 2016, №9, ч.2 С.36-40
4. Скрипник В.М., Назин А.Е. Оценка надёжности технических систем по цензурированным выборкам. Минск: Наука и техника, 1981, 143 с.

ГЛАДЫШЕВ А.В. директор филиала «Северо-Кавказский»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

В филиале «Северо-Кавказский» в период 2017-2018 года проводится работа по взаимодействию и сотрудничеству с Ростовским государственным университетом путей сообщения в вопросах повышения эффективности сервисной формы обслуживания и ремонта локомотивов, а также решения задач с реализацией научных подходов к организации работы сервисных локомотивных депо с внедрением перспективных технологических процессов, направленных на повышение надежности подвижного состава и сокращение непроизводительных потерь при выполнении сервисного обслуживания.

Так, в сервисном локомотивном депо Тимашевск-Кавказский внедрен технологический процесс восстановления наружного диаметра вкладышей моторно-осевых подшипников (МОП) до номинального размера с использованием оборудования электродуговой металлизации (ЭДМ) и электромеханической обработки напыления. Данный технологический процесс разработан специалистами РГУПС, при этом оборудование выполнено на базе токарно-винторезного станка типа 1К63. Применяемые ранее способы восстановления внешней поверхности вкладышей МОП, такие как раздача вкладыша под прессом с наплавкой плоскостей разъема, электролитическое омеднение (гальваническое покрытие) и газовая наплавка не позволяли достичь нужного уровня технологии. В то время, как термическое воздействие на корпус подшипника при использовании новых решений, сконцентрировано в тонком поверхностном слое и не вызывает значительных деформаций, нанесение покрытия толщиной от 1 мм до 10 мм на внешнюю поверхность вкладыша МОП не приводит к овальности корпуса. Технологический цикл восстановления одного МОП с 234 мм до 239 мм методом электродуговой металлизации (ЭДМ) длится 40 минут. Согласно картам опыта, на электровозах ВЛ80 приписки локомотивного депо Тимашевская проведены эксплуатационные испытания восстановленных вкладышей МОП, которые прошли успешно. Специалистами РГУПС проведено обучение ремонтного персонала депо технологии работы на внедренном оборудовании и данный технологический процесс сегодня является составляющей сервисного обслуживания локомотивов. Всего с начала 2018 года методом электродуговой металлизации восстановлено 47 пар вкладышей МОП по наружному диаметру,

затраты составили 233580 рублей, при этом сумма затрат на приобретение такого же количества новых вкладышей МОП составляет 945875 рублей, соответственно экономических эффект по восстановлению МОП в СЛД-Тимашевск-Кавказский составил 712294 рублей.

Одним из проблемных вопросов в филиале «Северо-Кавказский» является крайне низкий ресурс бандажей магистральных тепловозов приписки эксплуатационного депо Краснодар.

Так, по итогам работы за 2017 год интенсивность износа бандажей колесных пар тепловозов серии 2ТЭ25КМ приписки эксплуатационного депо Краснодар в грузовом движении составила 1,36 мм на 10 000 км., средний фактический ресурс бандажей составил 251,13 тыс. км., а по отдельным тепловозам, эксплуатирующихся на участке Разъезд 9 км – Кавказ ресурс бандажей составил менее 200 000 км от постройки, при этом плановый пробег до ТР-3 составляет 600 000 км.

В порядке непредвиденного обслуживания в период 2017 – 2018 года выполнена смена бандажей на 162 колесных пар тепловозов 2ТЭ25КМ и 3ТЭ116У с общими затратами на ремонт более 9,2 млн. рублей.

Филиалом «Северо-Кавказский» принимаются меры по сохранению ресурса бандажей при сервисном обслуживании, так, в 1-м квартале 2018 года в сервисном локомотивном депо Краснодар внедрена установка для упрочнения колесных пар, как результат, количество обточек колес магистральных тепловозов этого депо снижено на 15 % в текущем году.

Основной причиной высокой интенсивности износа гребней и низкого ресурса бандажей колесных пар тепловозов приписки депо Краснодар является эксплуатация данных локомотивов на участке Разъезд 9-й км – Порт Кавказ, где уложен упрочненный рельс, имеется сложный профиль пути, в части протяженности «кривых» и значительного наличия «кривых» малого радиуса.

Стоит отметить, что штатные конструкции систем гребнесмазывания, предусмотренные заводом-изготовителем, располагаются на 1-й и 6-й колесных парах каждой секции тепловозов 2ТЭ25КМ и 3ТЭ116 и, как показала практика, имеют низкую эффективность при эксплуатации на участке Разъезд 9-й км – Порт Кавказ Таманского полуострова.

Учитывая имеющиеся непроизводительные потери, в рамках реализации мероприятий по технологии лубрикации зоны контакта «колесо-рельс», в границах Северо-Кавказской железной дороги проводилась работа по повышению ресурса бандажей колесных пар локомотивов приписного парка в зависимости от условий их эксплуатации. В 2017 году отечественная компания ООО «ТрансИнТех» вышла с предложением оснащать локомотивы инновационными устройствами смазывания гребней колесных пар локомотивов УСГЛ собственного производства. УСГЛ представляют собой современное устройство гребнесмазывания контактного типа, с оригинальным патентованным механизмом подачи, снаряжаемое твердыми антифрикционными элементами ТАЭЛ, ресурс которых между заправками составляет до 30 тыс. км пробега локомотива.

В период с марта 2017 по февраль 2018 года с целью снижения интенсивности износа бандажей грузовых локомотивов Северо-Кавказской дирекции тяги и проверки эффективности использования ТАЭЛ, снаряжение штатных гребнесмазывателей, проводилось стержнями ТАЭЛ. Заправка осуществлялась в условиях сервисных локомотивных депо и участков ПТОЛ филиала «Северо-Кавказский»

В ходе эксплуатации локомотивов было установлено, что применение стержней ТАЭЛ снижает интенсивность износа гребней колесных пар, и существенно увеличивает ресурс бандажей (зафиксировано увеличение ресурса бандажей колесных пар тепловозов серии 2ТЭ25КМ). Экономическая эффективность применения стержней ТАЭЛ подтверждается высокими значениями ресурса их выработки (перезарядки), среднее значение которой составляет около 30 тыс. км, что позволяет минимизировать затраты на текущее обслуживание гребнесмазывателей, так как работы производятся только на плановых видах ремонта, не требуются трудозатраты при эксплуатации и ТО-2.

В порядке реализации мероприятий, в сервисном локомотивном депо Тихорецкая в апреле 2018 года выполнено оборудование тепловоза 2ТЭ25КМ № 059 приписки депо Краснодар устройствами УСГЛ производства ООО «ТрансИнТех», организованы эксплуатационные испытания эффективности данной системы на инфраструктуре ОАО «РЖД» с многочисленными кривыми малого радиуса участка Разъезд 9-й км – Кавказ.

На каждое колесо тепловоза 2ТЭ25КМ № 059 было установлено по одному устройству УСГЛ и произведена зарядка стержней ТАЭЛ 25х50х200, из расчета один стержень в каждое устройство УСГЛ. В результате проведения опытного пробега, средняя интенсивность износа колесных пар данного тепловоза составила 0,93 мм на 10 тыс. км. Опытная эксплуатация имеет положительный результат и сегодня рассматривается вопрос оборудования данными устройствами еще трех локомотивов серии 2ТЭ25КМ.

В порядке сотрудничества, в сентябре текущего года проведено совещание совместно со специалистами Ростовского государственного университета путей сообщения, на котором были рассмотрены вопросы повышения эффективности и развития сервисного обслуживания локомотивов, а также причины, влияющие на надежность технических средств, требующие проведения глубокого анализа и научного подхода к решению, для повышения качества сервисного обслуживания на всем жизненном цикле локомотива.

Наиболее актуальными для рассмотрения и принятия перспективных решений в филиале «Северо-Кавказский» сегодня являются следующие вопросы:

1. Методы обнаружения предотказных состояний узлов, агрегатов и оборудования локомотивов при проведении планово-предупредительного ремонта. Диагностические испытания электронного и электроаппаратного оборудования локомотивов.
2. Анализ случаев с исследованием и определением коренных причин образования трещин на вершине гребня колесных пар маневрового парка тепловозов приписки эксплуатационного депо Туапсе.
3. Исследование и определение причин изломов зубьев зубчатых колес тяговых редукторов колесных пар пассажирских электровозов приписки эксплуатационного депо Кавказская.
4. Методы предотвращения перебросов электрической дуги с повреждением коллекторно-щеточного аппарата тяговых электродвигателей типа ЭД-150, повышение эксплуатационной надежности тепловозов серии ТЭП70БС.

ГОРДЕЕВ И.П., ШЕПЕЛИН П.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВЫХ ЦЕПЯХ ЛОКОМОТИВОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Учет теплового состояния изоляционных конструкций тяговых двигателей локомотивов является новым направлением в моделировании электрических процессов в их силовых цепях. Такой дифференцированный подход к моделированию электрических процессов в силовых цепях локомотивов стал возможным только после того, как были исследованы и учтены в их схемах замещения емкостные составляющие якорных и полюсных обмоток тяговых двигателей локомотивов и их зависимости от температуры. В статье приведены результаты моделирования процессов изменения токов и напряжений в силовых цепях локомотивов. Результаты моделирования представлены в виде графических зависимостей токов и напряжений от времени в основных элементах силовой цепи локомотивов.

В ранее опубликованных работах [1, 2, 3, 4, 5,6,7] для моделирования электрических процессов в силовых цепях электровозов была предложена универсальная схема ее замещения (см. рис.1).

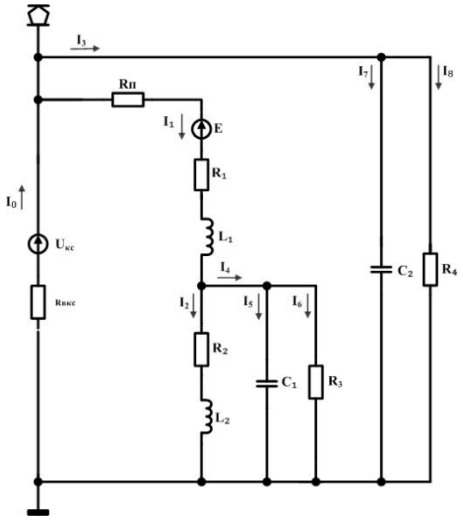


Рис.1. Схема замещения силовой цепи электровозов постоянного тока

В схеме приняты следующие обозначения: $R_п$- пусковые резисторы, R_1- омическое сопротивление обмоток якорей, дополнительных полюсов и компенсационных обмоток тяговых двигателей (ТЭД), I_1-ток в цепи якорей (ТЭД), E –противо-э.д.с. тяговых двигателей, L_1- индуктивность якорных цепей ТЭД, I_3-ток ёмкостной и резистивной составляющей (сопротивления изоляции) якорных силовых цепей электровоза, $U_{кс}$ –напряжение контактной цепи, $R_{вкс}$-

внутреннее сопротивление контактной цепи, I_2-ток через индуктивные и омические элементы монтажа магнитных цепей ТЭД, R_2- омическое сопротивление обмоток главных полюсов, L_2- индуктивность магнитных цепей ТЭД, I_4-ток ёмкостной и резистивной составляющих магнитных цепей ТЭД, C_1-конструктивная электрическая ёмкость обмоток возбуждения ТЭД, R_3-сопротивление изоляции обмоток возбуждения, R_4- сопротивление изоляции обмоток якоря, C_2- конструктивная электрическая ёмкость якорных и монтажных силовых цепей.

В тех же работах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] были показаны преимущества предложенной схемы замещения. Наиболее существенным из этих преимуществ является то, что предложенная схема замещения позволяет более точно учитывать тепловое состояние изоляционных конструкций тяговых двигателей. Такой более точный учет стал возможным после того как были исследованы зависимости электрической емкости изоляционных конструкций тяговых двигателей от температуры и напряжения [1, 2]. При этом используются и хорошо известные зависимости от температуры сопротивления изоляции изоляционных конструкций тяговых двигателей [6, 7].

Математическая модель токов и напряжений в силовой цепи локомотивов постоянного тока, в соответствии с вышеприведенной схемой замещения, может быть описана системой уравнений [10, 11, 12], с учетом того, что ТЭД электровоза соединены последовательно- параллельно.

$$\begin{cases} I_1(t) - I_2(t) - I_4(t) = 0 \ . \\ I_0(t) - I_1(t) - I_3(t) = 0 \\ I_4(t) - I_5(t) - I_6(t) = 0 \\ I_3(t) - I_8(t) - I_7(t) = 0 \\ I_1(t) \cdot (R_{\text{п}} + R_1) + L_1 \dfrac{dI_1(t)}{dt} + I_2(t) \cdot R_2 + L_2 \dfrac{dI_2(t)}{dt} \\ I_1(t) \cdot (R_{\text{п}} + R_1) + L_1 \dfrac{dI_1(t)}{dt} + I_1(t) \cdot R_2 + L_2 \dfrac{dI_2(t)}{dt} - \dfrac{1}{C_2} \int \\ L_2 \dfrac{dI_2(t)}{dt} + I_2 \cdot R_2 + \dfrac{1}{C_1} \int I_5(t) dt = 0 \\ \dfrac{1}{C_1} \int I_5(t) dt + I_6(t) \cdot R_3 = 0 \\ \dfrac{1}{C_2} \int I_7(t) dt + I_8(t) \cdot R_4 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Используя приведенные схему замещения и математическую модель (1), проведем моделирование процессов в силовой цепи электровозов, используя

пакет программ Mathcad, при последовательно- параллельном соединении тяговых двигателей при разогретом состоянии их изоляции.

На последовательно-параллельном соединении тяговых двигателей электровоз типа ВЛ-10(ВЛ-10У) работает с 17-ой по 28 – ю позицию контроллера машиниста. Его силовая цепь при этом представляет собой две параллельные ветви по четыре двигателя в каждой, соединённых последовательно [13]. Для упрощения расчетов эти две параллельные ветви приведем к одной. Таким образом, схема замещения силовой цепи для последовательно-параллельного соединения станет аналогична схеме при последовательном соединении, показанной на рис. 1.

Рассмотрим работу силовой цепи электровоза при переходе с 26-й промежуточной позицию на 27-ю ходовую позицию контроллера машиниста. Так как работу силовой цепи предлагается рассмотреть в нагретом состоянии изоляция обмоток ТЭД, необходимо учесть, что активное сопротивление обмоток изменится не только с учетом соединения, но и нагрева, изменится также и сопротивление изоляции обмоток. По этой же причине изменится и емкость изоляции обмоток ТЭД. С учетом вышесказанного предлагается далее провести моделирование электрических процессов в силовой цепи электровозов при температуре нагрева обмоток ТЭД до 130°С. Температуру окружающей среды при этом принимается равной 20°С.

Для указанного вида соединения ТЭД значения величин параметров схемы замещения принимаются следующими.

Индуктивность обмоток якоря и дополнительных полюсов цепи L_1, принимая её независящей от температуры, определяется следующем образом. Сначала определяется индуктивность $L_{\text{в.пп.1}}$ в каждой из двух ветвей силовой цепи, образованных при последовательно-параллельном соединении тяговых двигателей. Она определится как сумма четырех индуктивностей, две из которых принадлежат якорным цепям, а две - цепям дополнительных полюсов, т.к. они соединены последовательно:

$$L_{\text{в.пп.1}} = \sum_{i=1}^{4} L_{\text{яидп}i}, \qquad (2)$$

где $L_{\text{яидп}}$ – индуктивность обмоток якоря и дополнительных полюсов одного двигателя, согласно [13, 14] для ТЛ-2К1 $L_{\text{яидп}}$ =1,1 мГн.

Затем, две ветви приводятся к одной, и соответственно индуктивность якорных обмоток в ней определяется по формуле параллельного соединения:

$$\frac{1}{L_1} = \sum_{i=1}^{2} \frac{1}{L_{\text{в.пп.1}}} \qquad (3)$$

Индуктивность обмоток возбуждения L_2 цепи определяется аналогично L_1. Индуктивность в ветви:

$$L_{\text{в.пп.2}} = \sum_{i=1}^{4} L_{\text{в}i}, \quad (4)$$

где $L_в$ – индуктивность якорных обмоток одного двигателя, согласно [13] для ТЛ-2К1 $L_в$=1,25 мГн,

Тогда

$$\frac{1}{L_2} = \sum_{i=1}^{2} \frac{1}{L_{\text{в.пп.2}}}, \quad (5)$$

Сопротивление якорных обмоток и обмоток дополнительных полюсов R_1цепи определяется аналогично индуктивности. Т.е. сначала определяется общее сопротивление в каждой ветви, как сумма четырех сопротивлений, соединенных последовательно.

$$R_{\text{в.пп.1}} = \sum_{i=1}^{4} (R_{\text{я}i} + R_{\text{дп}i}),\backslash \quad (6)$$

Где Σ($R_я$ и $R_{дп}$) при температуре130^0 С принимает значение, равное 0,108 Ом.

Так как таких ветвей две, соединённых параллельно:

$$\frac{1}{R_1} = \sum_{i=1}^{2} \frac{1}{R_{\text{в.пп.1}}} \quad (7)$$

Ссопротивление обмоток возбуждения R_2 цепи определяется аналогично R_1, сопротивление в одной ветви:

$$R_{\text{в.пп.2}} = \sum_{i=1}^{4} R_{\text{в}i}, \quad (8)$$

где $R_в$ при температуре130^0 С принимает значение, равное 0,037 Ом.

И так как таких ветвей две, соединённых параллельно:

$$\frac{1}{R_2} = \sum_{i=1}^{2} \frac{1}{R_{\text{в.пп.2}}} \quad (9)$$

Сопротивление монтажа принимается 0,001 Ом (т.е. также независимым от температуры).

Пусковое сопротивление $R_{\text{п}}$ для 26-й позиции равно 0,158 Ом., для 27-й позиции $R_{\text{п}}$=0 [13].

Общее сопротивление изоляции обмоток возбуждения R_4 цепи определится, как сумма восьми резисторов, соединённых параллельно, по формуле:

$$\frac{1}{R_4} = \sum_{i=1}^{8} \frac{1}{R_{\text{из.в}i}}, \quad (10)$$

где $R_{\text{из.в}}$ при температуре130^0 С принимает значение, равное 16 МОм.

Суммарное сопротивление изоляции обмоток якоря и дополнительных полюсов R_5 цепи определяем аналогично:

$$\frac{1}{R_5} = \sum_{i=1}^{8} \frac{1}{R_{\text{из.яидп.}i}}, \quad (11)$$

где $R_{\text{из.в}}$ при температуре130^0 С принимает значение, равное 18 МОм.

Для определения емкости обмоток возбуждения C_1 цепи первоначально определяется емкость $C_{\text{в.пп.1}}$ в каждой из двух ветвей. Т.к. они соединены параллельно,

$$C_{\text{в.пп.1}} = \sum_{i=1}^{4} C_{\text{в}i}, \quad (12)$$

где $C_{\text{в}}$ емкость обмоток возбуждения одного двигателя ТЛ-2К1. При температуре130^0 С эта ёмкость принимает значение, равное 19,7 нФ.

Так как таких ветвей две, общая электрическая ёмкость обмоток возбуждения будет равна:

$$C_1 = \sum_{i=1}^{2} C_{\text{в.пп.1}i} \quad (13)$$

Для определения емкости обмоток якоря и дополнительных полюсов первоначально определяется емкость в каждой из двух ветвей $C_{\text{вет.2}}$ последовательно-параллельного соединения

$$C_{\text{в.пп.2}} = \sum_{i=1}^{4} C_{\text{яидп}i} \quad (14)$$

Где $C_{\text{яидп}}$ емкость обмоток якоря и дополнительных полюсов одного двигателя ТЛ-2К1. При температуре130^0 С эта ёмкость принимает значение, равное 57 нФ.

Так как таких ветвей две, общая электрическая ёмкость якорных обмоток и обмоток дополнительных полюсов будет равна:

$$C_2 = \sum_{i=1}^{2} C_{\text{в.пп.}2i} \qquad (15)$$

Предложенная модель эмпирических процессов в силовых цепях локомотивов с двигателями постоянного тока показывает высокую сходимость модели с реальными процессами эксплуатации локомотивов.

Список литературы

1. Гордеев И.П. Исследование и разработка методов повышения надежности корпусной изоляции якорей тяговых электродвигателей тепловозов: Дисс. канд. техн. наук. ─М.: 1980. ─211
2. Гордеев И. П. Моделирование отказов изоляции обмоток тяговых электродвигателей локомотивов в эксплуатации. Монография. – Самара: СамГАПС, 2004. – 172 с.
3. Гордеев И. П., Калякулин А.Н., Мальцев А.Н. Математическая модель силовой цепи электровозов постоянного тока. Вестник транспорта Поволжья, № 3, с. 15÷20. Самара, 2011 г.
4. . Гордеев И.П., Калякулин А.Н.,Мыздарин А.В. Моделирование электрических процессов в силовых цепях локомотивов на схемах их замещения. Вестник транспорта Поволжья, № 5 (47), с. 16÷21. Самара, 2014 г.
5. Гордеев И.П., Тарасов Е.М., Калякулин А.Н.,Мыздарин А.В, Гордеев А.И.. Коррекция напряжений в силовых цепях локомотивов и диагностика в них коротких замыканий на корпус. Вестник транспорта Поволжья, № 4 (52), с. 22÷30. Самара, 2015 г
6. И.П. Гордеев, А.Н. Калякулин, А.И. Гордеев. Моделирование процессов в электрических силовых цепях локомотивов. Монография. – Самара: СамГУПС, 2015 – 107 с.
7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СИЛОВОЙ ЦЕПИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ10 (ВЛ-10У) ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. Гордеев И.П., Гаранин М.А., Тарасов Е.М. Электротехника. 2017. № 3. С. 40-45.
8. Хвальковский А. В. Вопросы надёжности изоляции статорных обмоток генераторов. .- М.-Л.: Энергия, 1966.- 240 с.
9. Пойлов Л. К. Исследование некоторых вопросов надёжности тяговых электродвигателей тепловозов: Дис. …канд. техн. наук. – Л.:1971. – 173 с.
10. Смирнов В. Н. Курс высшей математики. Т.1.- М.: Наука, 1967. – 656 с.
11. Филиппов Е. Нелинейная электротехника. .- М.: Энергия, 1976.- 496 с.
12. Атабеков Г. И., Тимофеев А. Б., Хухринов С. С. Теоретические основы электротехники. . .- М.: Энергия, 1970.- 232 с.
13. Электровозы ВЛ10 и ВЛ10у. Руководство по эксплуатации/ Под редакцией О.А. Кикнадзе. М: Транспорт, 1981.-519с.
14. Баранов В.А. Математическое моделирование электромагнитных процессов в силовой цепи электровоза постоянного тока при последовательно-независимом возбуждении тяговых двигателей // Вестник ВНИИЖТ. 2009. №2. С.43…47.

УДК 629.4.027.4: 656.2

ГРАЧЕВ В.В., к.т.н., ГРИЩЕНКО А.В., д.т.н.,
БАЗИЛЕВСКИЙ Ф.Ю., к.т.н. (ПГУПС),
Ю.В.БАБКОВ, к.т.н., КИМ С.И., к.т.н., ПЕРФИЛЬЕВ К.С.,
к.т.н., ФЕДОТОВ М.В. (ВНИКТИ)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОБОКСОВОЧНОЙ ЗАЩИТЫ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Система поосного регулирования силы тяги (СПРСТ), применяемая на всех современных грузовых тепловозах отечественного производства (2ТЭ116У (Д, М), 2ТЭ70, 2ТЭ25К(2)М, 2ТЭ25А), обеспечивает существенное повышение противобоксовочных, а, следовательно, и тяговых свойств тепловоза. Опыт эксплуатации новых локомотивов на ряде железных дорог - филиалов ОАО РЖД подтверждает ее высокую эффективность.

Многоканальный тяговый выпрямитель представляет собой эффективный быстродействующий инструмент индивидуального управления моментом тяговых электродвигателей, позволяющий решать самые сложные задачи, связанные с повышением тяговых свойств тепловоза (ограничением проскальзывания колесных пар) при работе его в зоне ограничения по сцеплению. Именно отсутствие такого механизма всегда являлось фактором, существенно ограничивающим тяговые свойства тепловоза при скоростях, близких к расчетным.

Однако тот же опыт эксплуатации новых тепловозов показывает, что с появлением такого инструмента, несмотря на существенный шаг вперед, остаются весьма существенные резервы дальнейшего увеличения эффективности противобоксовочной защиты локомотива.

Одним из основных и "универсальных" факторов, ограничивающих эту эффективность в любых системах противобоксовочной защиты, является способ обнаружения боксования (избыточного проскальзывания) колесных пар. В системе поосного регулирования признаком боксования является наличие рассогласования между текущей угловой скоростью вращения каждой из колесных пар и минимальной из скоростей всех колесных пар (КП) секции [1,2]. Чувствительность такого способа обнаружения боксования определяется точностью измерения угловых скоростей вращения КП, вследствие чего снижается с уменьшением абсолютных значений этих скоростей и близка к нулю при трогании и разгоне состава. Это обстоятельство вынуждает вводить

нижний скоростной предел работоспособности системы, исключающий ее работу в зоне малых и "ползучих" скоростей, где вероятность возникновения боксования как раз весьма высока. Кроме того, необходимым требованием является наличие датчиков угловых скоростей всех колесных пар тепловоза.

На всех тепловозах прежних лет выпуска применяются системы обнаружения боксования, в основе которых лежит сравнение потенциалов в равнопотенциальных (при отсутствии избыточного проскальзывания) точках силовой цепи. При параллельном соединении ТЭД такими точками являются клеммные соединения якорей ТЭД с обмотками дополнительных полюсов [3], при последовательно - параллельном соединении – средние точки плеч моста, образованного последовательно соединенными якорными обмотками ТЭД и включенными параллельно им балластными резисторами [4].

Чувствительность таких систем определяется допустимым пороговым значением разности потенциалов в контролируемых точках силовой цепи, которая, помимо погрешности средств контроля, должна учитывать допустимые значения разброса скоростных характеристик и омических сопротивлений обмоток ТЭД, сопротивлений резисторов и цепей ослабления поля, а также разности диаметров колесных пар. Поскольку в эксплуатации разброс всех этих факторов, как правило, существенно превосходит нормативные значения, результат работы такой системы часто противоположен ожидаемому, т.е. она не только не повышает, но, напротив, снижает тяговые свойства локомотива вследствие частых ложных срабатываний [5]. Кроме того, такая система в принципе не способна определить начальный момент развития процесса боксования, когда имеется возможность прекратить дальнейшее его развитие без существенной потери силы тяги локомотива, вследствие отсутствия в этот момент устойчивой разницы потенциалов в контролируемых точках силовой цепи.

Таким образом, проблема повышения эффективности противобоксовочной защиты локомотива по-прежнему остается актуальной.

В результате ряда выполненных исследований специалистами ФГБОУ ВО ПГУПС и АО ВНИКТИ разработан и испытан новый способ обнаружения боксования и юза колесных пар локомотива с тяговым электроприводом постоянного тока [6], в основе которого лежит анализ спектральных характеристик параметров силовой цепи локомотива, определяемых в процессе его движения. В тяговых приводах с индивидуальным (поосным) управлением ТЭД, где необходимо не просто выявить факт боксования одной из колесных пар, но и точно установить боксующую пару для избирательного воздействия на ее привод, в качестве такого параметра используется падение напряжения

на обмотках ТЭД (главных и дополнительных полюсов), контролируемое специальными датчиками (рис.1, а). В тяговых приводах с параллельным или последовательно-параллельным соединением ТЭД, где точная локализация боксующей колесной пары не имеет смысла, анализируется разность потенциалов, соответственно, на выходе блока диодов сравнения (БДС) (рис.1, б) или в средних точках моста, образованного последовательно соединенными якорными обмотками ТЭД и включенными параллельно им балластными резисторами (рис.1, в).

В процессе движения локомотива блок управления (анализатор) системы обнаружения боксования осуществляет непрерывные дискретные измерения контролируемых параметров с заданной частотой дискретизации, формируя выборку (окно) сигнала. После накопления предусмотренного алгоритмом системы объема выборки она подвергается спектральному анализу с использованием алгоритма быстрого преобразования Фурье (FFT), в результате которого определяются амплитуды гармоник спектра в определенном частотном диапазоне. Анализ спектра с использованием предварительно обученного интеллектуального классификатора позволяет не просто выявить факт избыточного проскальзывания колесной пары, но классифицировать стадию боксования по многоуровневой шкале. Это особенно важно при использовании данного способа совместно с инновационным тяговым преобразователем «КЛИПЕР» [7], разработанным и испытанным АО ВНИКТИ, который существенно расширяет возможности индивидуального воздействия на привод боксующей колесной пары с целью исключения развития процесса боксования и его ликвидации без существенного снижения силы тяги локомотива.

После выполнения анализа окно сигнала сдвигается во времени посредством замещения нескольких первых отсчетов соответствующим количеством новых отсчетов, после чего процесс повторяется (рис.2).

Быстродействие современных вычислительных средств позволяет осуществить сдвиг окна FFT-анализа с шагом не более 0,1 сек, что вполне достаточно для обнаружения повышенного проскальзывания колесных пар на начальной стадии развития боксования.

На рис.3 представлены результаты анализа описанным способом реального сигнала датчика боксования, полученного в результате мониторинга силовой цепи тепловоза ТЭМ18ДМ при выполнении им тяжелой маневровой работы на станции Санкт-Петербург Московский Сортировочный.

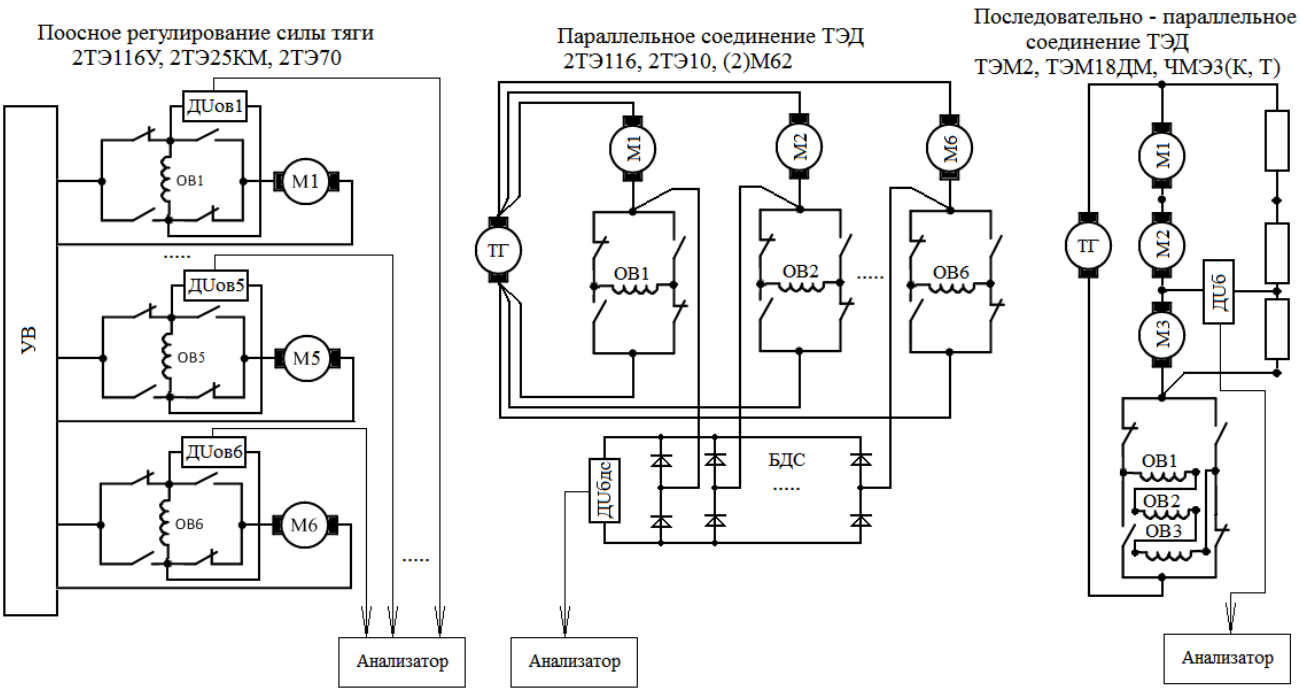


Рис.1. Различные способы подключения датчиков для контроля параметров силовой цепи.

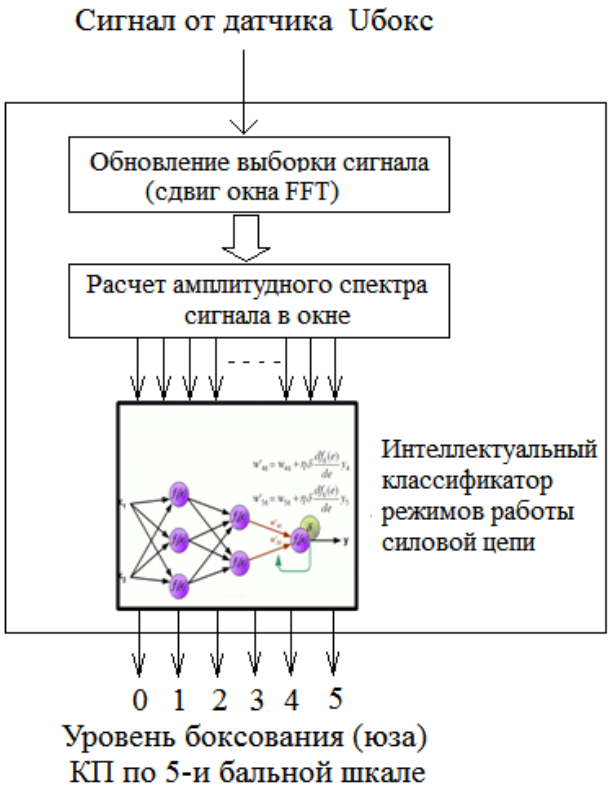


Рис.2. Схема процесса обнаружения избыточного проскальзывания колесных пар.

Как следует из рис.3, предложенный способ обеспечивает обнаружение повышенного проскальзывания колесных пар через 0,1-0,2 сек после его

появления, т.е. в самой начальной стадии (окно 3 на рис.3), что, в сочетании с широкими возможностями ТП «КЛИПЕР» в части управления ТЭД, позволяет вместо традиционной задачи *предотвращения* боксования или его *ликвидации* ставить и успешно решать задачу *управления* избыточным проскальзыванием колесных пар с целью реализации максимальной силы тяги в условиях ухудшения сцепления.

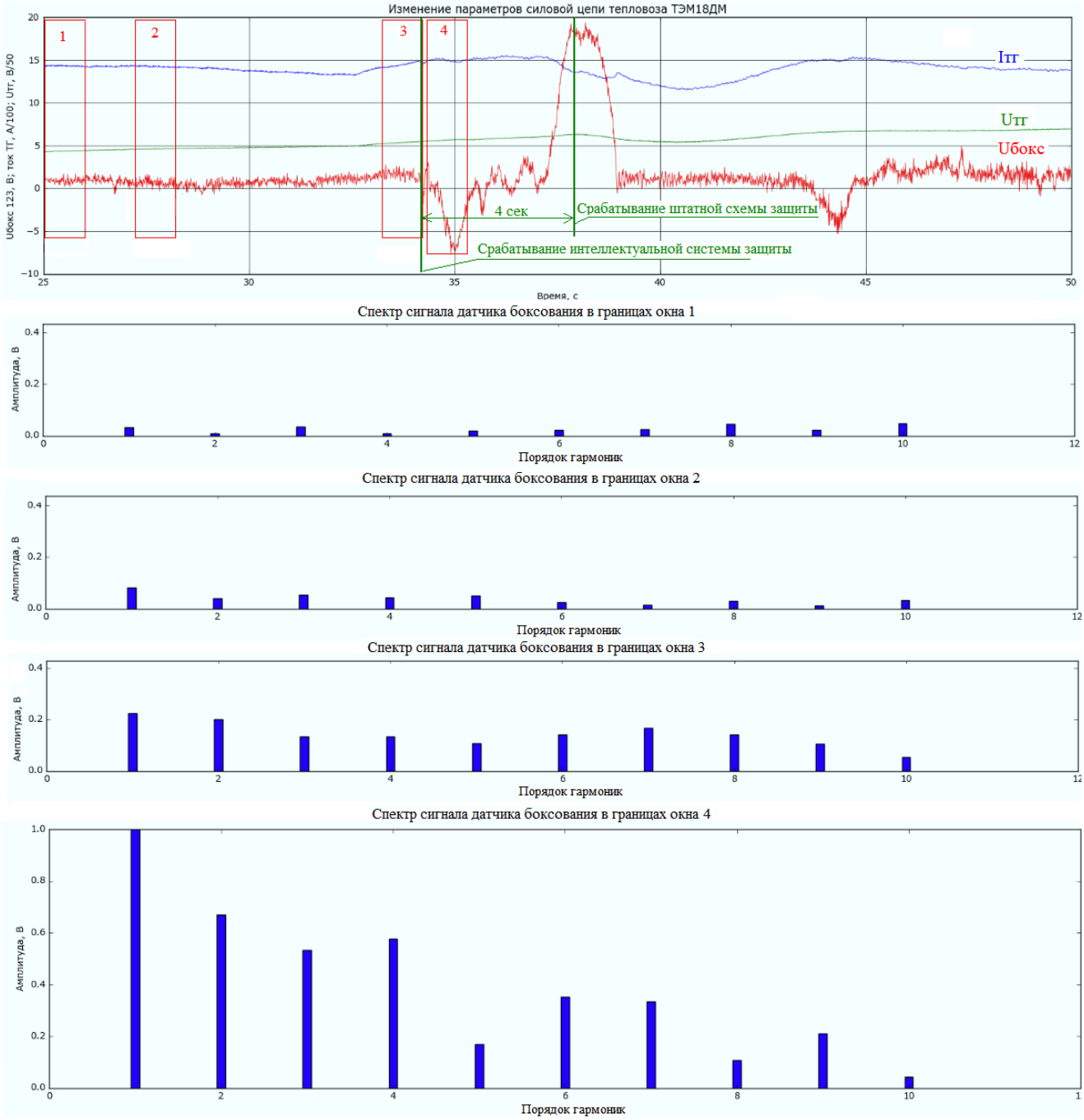


Рис.3. Результаты анализа параметров силовой цепи тепловоза ТЭМ18ДМ.

Библиографический список

4. Сергеев С.В. Электрическая схема тепловоза 2ТЭ116У [Текст]/Сергеев С.В, Пархонин А.В. и др. // Локомотив. - 2009. - № 6, 7. - с. 22 -25, 9 - 12.
5. Способ регулирования электропередачи тепловозов [Текст]: пат. 2476332 РФ: МПК[7] B60L 11/00/Ким С.И., Харитонов В.И.; заявитель и патентообладатель ОАО «Научно - исследовательский и конструкторско технологический институт подвижного состава» (ОАО «ВНИКТИ»). - №2011145882; заявл 14.11.2011; опубл. 27.02.2013, Бюл.№6.
6. Грачев В.В. Схемы электрических цепей тепловозов ТЭП70, 2ТЭ116 [Текст]/ Грачев В.В., Курилкин Д.Н., Сергеев С.В. и др.//Учебное иллюстр. пособие - УМЦ ОАО РЖД - 2013 - 137 с.
7. Богатырев С.Б. Электрическая схема тепловоза ТЭМ18ДМ [Текст]/ Богатырев С.Б., Мамочкина Л.Н., Кашников Г.Ф. и др.// Локомотив. - 2009. - № 8. - с.22-25.
8. Пляскин А. К. Энергоэффективность тепловозов БАМ: проблемы и решения [Текст]/ Пляскин А. К., Новачук Я. А.//Вестник транспорта Поволжья - 2016 г. - №4(58) - стр.63-66.
9. Способ обнаружения боксования и юза колес транспортного средства с электрической передачей [Текст]: пат. 2657157 РФ: МПК[7] B60L 3/10, B60L 15/10, B61C 15/08, G01R 23/16/ Грачев В.В., Грищенко А.В., Базилевский Ф.Ю., Ким С.И., Федотов М.В., Титов М.В.; заявители и патентообладатели Петербургский государственный университет путей сообщения, Научно - исследовательский и конструкторско технологический институт подвижного состава. - №2016149490; заявл 15.12.2016; опубл. 08.06.2018, Бюл.№16.
10. Бабков Ю.В. Электропривод тепловозов с поосным регулированием силы тяги и торможения на IGBT модулях// Бабков Ю.В., Перфильев К.С., Бенькович Н.И., Плешаков А.А./Локомотивы. Транспортно-технологические комплексы. XXI век. - Сб. материалов V международной научн. - технической конф. - 2017 - с.159-164.

ГУБАРЕВ П.В., ВОРОНОВ Г.Н., ТЕПТИКОВ Н.Р.
РГУПС, РЭРЗ (г. Ростов-на-Дону)

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ

Методика относится к области транспорта, в частности к тяговым испытаниям локомотивов, проводимых для определения и проверки тяговых качеств и экономичности локомотивов, характеристик их основных узлов и проверки системы управления. Данные испытания служат также для снятия и проверки характеристик локомотивов, необходимых для нормирования веса поезда и тяговых расчётов.

Испытания локомотивов проводятся на кольцевой железной дороге (например, ВНИИЖТ) [1].

Авторами предлагается следующая методика тяговых испытаний локомотивов после постройки или на любом виде ремонта:

- провести зацепление двух локомотивов, один из которых может быть ведущим, другой ведомым или наоборот (см. рисунок 1);
- на ведущем локомотиве создать режим тяги, на ведомом – режим электрического торможения;
- на автосцепке ведущего локомотива провести монтаж датчика силы;
- в задней кабине ведущего локомотива установить компьютер с программным обеспечением и связать с датчиком силы;
- на ведущем локомотиве обеспечить превышение силы тяги над силой электрического торможения ведомого локомотива на 10 кН;
- проводить движение локомотивов по испытательному кольцу с замерами силы тяги в задней кабине ведущего локомотива;
- поменять режимы работ локомотивов и повторить испытания.

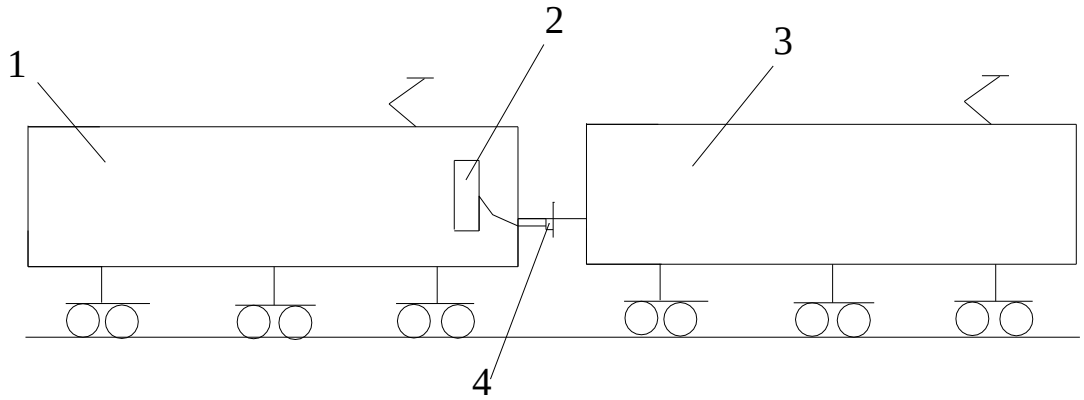


Рисунок 1 – Схема тяговых испытаний электровоза ЭП20:
1 – ведущий электровоз; 2 - компьютер; 3 – ведомый электровоз;
4 – датчик силы тяги

Датчиком силы может быть применен 208C02 - Датчик динамической силы ICP (со встроенной электроникой).

Порядок испытания пассажирских электровозов ЭП20:

1 Провести автосцепление двух электровозов.

2 Подготовить схемы электровоза № 1 для тягового режима.

3 Подготовить схемы электровоза № 2 для рекуперативного тормозного режима.

4 Привести в движение электровоз № 1, набрав скорость 80 км/ч (сила тяги 320 кН, рисунок 2).

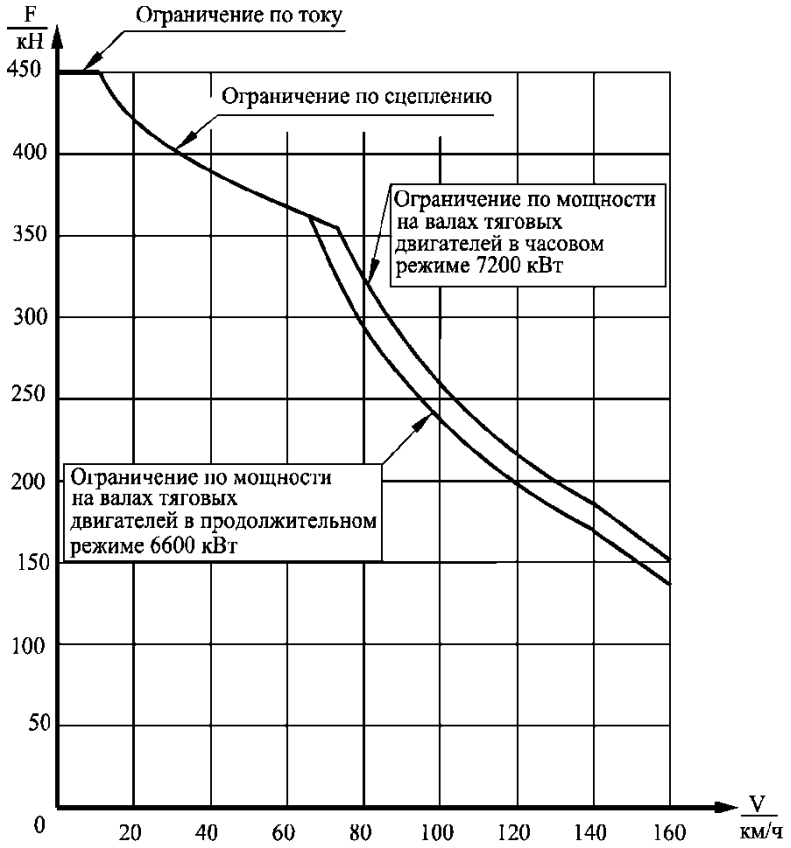


Рисунок 2 - Тяговые характеристики электровоза ЭП20:
V - скорость электровоза; F - сила тяги электровоза

5 Другая локомотивная бригада в этот момент на электровозе № 2 проводит электрическое рекуперативное торможение силой 270 кН (рисунок 3).

6 При скорости 80 км/ч проверить показания данных компьютера, где сила торможения должна составить 250 кН (25 тс).

7 Осмотреть на ходу движения и потом вторично на стоянке на предмет подгаров и др. повреждений цепи электрического торможения электровоза № 2.

8 Повторить п. п. 1-7 для электровоза № 1 в электрическом торможении.

Порядок испытания грузовых электровозов, например, ВЛ80С:

1 Провести автосцепление двух электровозов.

2 Подготовить схемы электровоза № 1 для тягового режима.

3 Подготовить схемы электровоза № 2 для электрического тормозного режима.

4 Привести в движение электровоз № 1, набрав до 25-ой позиции (скорость 80 км/ч и ток тяговых двигателей 300 А).

5 Другая локомотивная бригада в этот момент на электровозе № 2 проводит электрическое реостатное торможение, выставив ток возбуждения 800 А.
6 При скорости 80 км/ч проверить показания данных компьютера, где сила торможения должна составить 250 кН (25 тс).

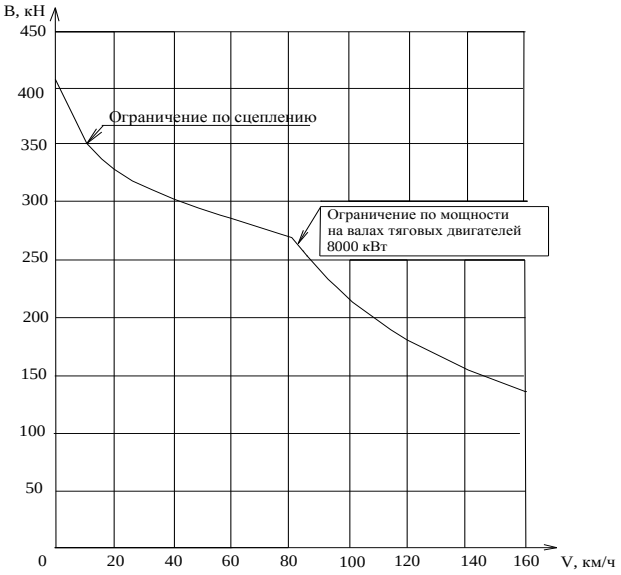


Рисунок 3 - Тормозные характеристики электровоза ЭП20 при рекуперации: V - скорость электровоза; B - тормозная сила электровоза

7 Осмотреть на ходу движения и потом вторично на стоянке на предмет подгаров и др. повреждений цепи электрического торможения электровоза № 2.
8 Повторить п.п. 1-7 для электровоза № 1 в электрическом торможении.
9 Тяговые испытания, прежде всего, проходят опытные образцы новых серий локомотивов, чтобы уже по результатам оценки параметров этих образцов можно было дать право на запуск серийного производства. Также испытаниям подвергаются и модернизированные локомотивы, у которых была изменена масса и скорость движения. Испытания, как правило, проводятся после заводской наладки и установленного пробега, также могут быть частью приёмочных испытаний.

ВЫВОДЫ:

1. Не нужен дорогостоящий вагон-лаборатория (практически недоступен для депо и ремзаводов).
2. Локомотив после проведения постройки или ремонтов проверяется под нагрузкой, чем выявляются малонадежные узлы.
3. На ведомом локомотиве одновременно проверяется работа электрического тормоза.

Библиографический список

1. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 469-470.

УДК 629.47

ГУБАРЕВ П.В., ТЕПТИКОВ Н.Р., ШАПШАЛ А.С. (РГУПС)

ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ТЯГОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

Реформа локомотивного комплекса предполагает повышение интенсивности использования тягового подвижного состава (ТПС), что достигается за счет увеличения весовых норм, сокращение простоя на ТО и ТР за счет внедрения перспективных технологий обслуживания и ремонта, увеличения межремонтного пробега и полигона обращения локомотивов. Эти и ряд других факторов привели к необходимости реализации новых подходов к управлению техническим состоянием ТПС.

В настоящее время для оценки технического состояния ТПС применяются стационарные и бортовые системы диагностики [1], которые обеспечивают качество работы подвижного состава. Однако опыт эксплуатации ТПС показывает, что наиболее достоверной будет информация, полученная при движении локомотива. Бортовые средства позволяют проверить те узлы и детали, информация о техническом состоянии которых в стационарных условиях получить трудно. В качестве диагностических параметров, измеряемых аппаратурой, смонтированной непосредственно на локомотиве, необходимо выбрать такие, которые характеризуют мощностные и экономические качества локомотива, безопасность движения, а также позволяют проводить оперативный поиск неисправностей и их устранение. Бортовые средства рабочего диагностирования постоянно находятся в работе и моментально реагируют на малейшие отклонения от нормального функционирования отдельных узлов и агрегатов.

Оптимальное число диагностических параметров зависит от характера отказов и их последствий, при этом должны учитываться стоимостные показатели плановых и неплановых ремонтов. На современном этапе развития технического диагностирования ТПС применение микропроцессорных средств наиболее оптимально. Обусловлено это тем, что, во-первых, современные локомотивы имеют достаточно плотную компоновку оборудования, что усложняет размещение громоздких систем диагностирования, а во-вторых, современные локомотивы имеют диагностические системы, которые должны быть многофункциональными и универсальными.

В настоящее время в России и за рубежом широко начали применять дистанционные методы диагностики ТПС. На тепловозах внедрение системы контроля и диагностирования тепловозов «Борт» и АСК ВИС позволило разработать комплекс по управлению техническим состоянием локомотивов на базе структурированной обработки информации в реальном времени. Компания

General Motors разработала систему FIRE, обеспечивающую контроль и техническое состояние локомотивов в реальном времени. Диагностирование осуществляется дистанционно, система FIRE получает более 800 сигналов, определяющих основные параметры технического состояния локомотива. Анализ тенденций изменения технического состояния, позволяющий прогнозировать дальнейшее его развитие, также представляет собой действенное средство для внедрения системы технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию локомотивов. В этой системе также предусмотрена возможность скачивать из памяти электронной системы управления локомотива архивную информацию, чтобы знать об изменении состояния оборудования в течение относительно длительного времени и с большой достоверностью прогнозировать потенциальные отказы с указанием их возможных причин [2].

В Германии разработана система ruDi для контроля и управления парком ТПС. Она обеспечивает регистрацию всех эксплуатационных данных, техническую диагностику подвижного состава в оперативном режиме и определяет его местонахождение в пределах европейской сети [2].

В России в рамках программы информатизации ОАО «РЖД» разрабатывается автоматизированная система учета, анализа и расследования отказов технических средств. В качестве одного из источников входной информации в этой системе использована информация систем диагностирования подвижного состава. Решение поставленной задачи требует создание автоматизированной системы управления техническим состоянием локомотивов, в которой можно выделить следующие подсистемы: сбора и обработки диагностической информации; накопления и анализа информации об отказах локомотивов; анализа и планирования выполнения профилактических и ремонтных работ. Ведение электронного паспорта позволяет включать диагностическую информацию об отказах, данные о проведении ремонтных работ.

Задачей подсистемы является сбор информации о техническом состоянии узлов и агрегатов локомотивов в процессе эксплуатации с целью ее дальнейшего анализа. Подсистема накопления и анализа информации об отказах локомотивов включает комплекс АРМ установленных в локомотивных депо. Основными источниками информации являются журналы технического состояния и журналы замены оборудования, заполняемые в процессе эксплуатации. Подсистема анализа, планирования и выполнения профилактических и ремонтных работ является подсистемой верхнего уровня, ее задачей является объединение информации из предыдущих подсистем, ведение электронного паспорта каждого локомотива.

На электровозах ЭП20 начали применять систему дистанционного диагностирования, для чего предусмотрена клавиша «ТЕСТ СИСТЕМЫ»,

расположенной на блоке сенсорных клавиш S21 (S22). При нажатии на данную клавишу системы управления КСУД выдает запрос на осуществление автоматической самодиагностики всего электронного оборудования электровоза. Результаты самодиагностики отображаются на экране БИ А77 (А78) в соответствующих кадрах. При обнаружении неисправностей в процессе тестирования, предусмотрено оповещение в виде всплывающего транспаранта на экране блока индикации. Все диагностические сообщения записываются в блок регистрации А72.

Применяемые классические методы контроля и диагностики необходимо дорабатывать элементами мягких вычислений: нейронных систем (НС), нечеткой логики (НЛ), генетических алгоритмов (ГА) и т.п., т.к. последние лучше работают в условиях неопределенности. Опыт применения микропроцессорных систем управления и диагностики (МСУД) показывает, что эффективность и полнота использования их функциональных достоинств, обусловленных программным принципом обработки информации, пока недостаточны. Основой концепции проектирования ЭПС с МСУД должен стать системный подход к ЭПС как к совокупности системы управления, объекта управления и цели управления [2]. В качестве функционально обособленных субъектов на ЭПС выделяют следующие:

- система энергообеспечения, включающая в себя токоприемник, главный выключатель, сетевые фильтры, разрядники, разъединители, тяговые трансформаторы, преобразователи собственных нужд и прочее оборудование, обеспечивающее передачу электроэнергии от контактной сети, преобразование ее формы, защиту от аварий, диагностику, оперативные переключения;
- тяговый электропривод, включающий в себя тяговые двигатели, тяговые инверторы или регуляторы, входные преобразователи, фильтры, коммутирующую аппаратуру для оперативных переключений и защиту от аварий;
- вспомогательный электропривод, включающий в себя регуляторы, приводные двигатели вентиляторов, компрессоров;
- система энергообеспечения цепей и аппаратуры управления;
- система управления движением, в том числе автоведение, автоматизированное рабочее место машиниста (АРММ);
- комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ);
- навигационная аппаратура и др.

Применение нейронных сетей совместно с экспертными системами позволит расширить спектр решаемых задач в установившихся и переходных режимах работы ТПС. Такая система способна отслеживать большие объемы быстро меняющейся информации, принимать нужные и своевременные решения по управлению и диагностики ТПС. Математическая модель электровоза с точки зрения контроля диагностики может быть представлена в

общем случае в виде функционального отношения между переменными состояниями объекта, управляющими воздействиями, наблюдаемыми (контролируемыми) параметрами модели и внешней среды в виде

$$X^*(t) = F(X^*(t), \hat{U}(t), \hat{V}(t), Z^*(t), A^*(t)),$$
$$Y^*(t) = F(X^*(t), \hat{U}(t), \hat{V}(t), Z^*(t), A^*(t)),$$
$$Z^*(t) = C^* Y^*(t) + H^*(t),$$

где X^* – вектор текущего состояния модели объекта;
U – оценка вектора управляющих воздействий;
V – оценка вектора внешних воздействий;
Y^* – вектор выходных сигналов модели;
Z^* – вектор наблюдения выходных параметров модели;
C^* – матрица наблюдений модели;
A^* –- вектор параметров модели объекта;
H^* – вектор погрешности вычисления.

В таком случае состояние электровоза как объекта диагностирования определяется значением вектора параметров A^*, значения которого могут меняться при возникновении аварийных или критических ситуаций в работе электровоза. Предполагается, что все возможные состояния электровоза можно разбить на R + 1 областей (классов) S_0…….S_R. Нахождение вектора X^* в S_0 определится как событие, соответствующее исправному состоянию электровоза. При любом из возможных отказов в работе электровоза (внезапных или постепенных) вектор X^* принадлежит одной из областей S_0……..S_R, что рассматривается как событие, связанное с неисправным состоянием электровоза:

$$S_0 = \underset{a}{U} \cdot S_a;\ a = 1,\ldots\ldots R.$$

Задача диагностирования, решаемая активной ЭС с использованием НСБЗ, заключается в том, чтобы установить соответствие между координатами пространства наблюдений Z^* и состояний. На основании наблюдаемых реализаций U и Z^* оценить принадлежность вектора X^* состоянию электровоза области S_a, т.е. определить, к какому из классов неисправных состояний относится состояние исследуемого объекта. В соответствии с выполнением данного этапа исследований проведен анализ существующих систем ремонта ЭПС, обзор проблем ремонта и контроля оборудования ЭПС.

Библиографический список:

1. Тептиков Н.Р. Стационарная автоматизированная испытательная станция для послеремонтных испытаний электровозов: монография / Н.Р.Тептиков ; Рост.гос. унт. Путей сообщения. Ростов н/Д, 2011.
2. Осяев А.Т., Никифоров В.А. О системе обслуживания локомотивов за рубежом. Вестник ВНИИЖТ №5. Москва 2012.
3. Тептиков Н.Р., Хачкинаян С.А., Лященко А.М. Решение комплексных задач контроля и диагностики оборудования электровозов активными экспертными системами. Вестник РГУПС. Ростов-на-Дону 2004.

ДМИТРИЕВ С.А., главный конструктор ПКБ ЦТ ОАО «РЖД»
ВАСИЛЬЕВ И.П., главный конструктор ПКБ ЦТ ОАО «РЖД»
БЕЛОВА Е.Е., заведующая лабораторией АО «ВНИКТИ»

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ

Увеличение объемов грузоперевозок, обусловленное развитием и ростом мировой экономики, ставит в приоритете перед всем Локомотивным комплексом задачу обеспечения высокого уровня надежности локомотивов. С целью повышения эффективности использования локомотивов и сокращения инвентарного парка, сокращения количества опасных отказов, связанных с выполнением перевозок, и снижения ущерба от возникновения отказов ОАО «РЖД» непрерывно ведутся работы по контролю показателей надежности. Для сервисных компаний оценка параметров надежности - прямой путь к оптимизации процесса ремонта, сокращения простоя локомотивов на плановых видах ремонта и на логистических операциях, возможности увеличения межремонтных пробегов, поиску путей предупреждения возникновения отказов. Производителям локомотивов контроль показателей надежности позволяет сохранять необходимый уровень конкурентоспособности за счет оперативного реагирования на выявляемые в эксплуатации конструктивные недостатки.

Согласно существующей в настоящее время в ОАО «РЖД» системе оценка надежности ТПС, выпускаемого заводами-изготовителями или находящегося на гарантийном обслуживании этими заводами после прекращения выпуска, осуществляется по двум основным группам показателей – параметр потока отказов установленного вида и показатели готовности, которые индивидуально задаются в технических условиях на каждую серию локомотива для оценки качества их в процессе эксплуатации.

В настоящее время характерно декларативное задание производителями численных значений показателей надёжности, без доказательной расчетно-экспериментальной базы. Заданные в 2008 году показатели безотказности считались целевыми, однако на сегодняшний день эти показатели внесены в конструкторскую документацию на локомотивы как нормативные.

Отсутствие подтверждения заявляемых изготовителем показателей безотказности приводит к возможности корректировки их численного значения, что и произошло при введении изменения №1 к ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования». Параметры безотказности, задаваемые на локомотив стали нормироваться для секции, снизив тем самым

требования к надежности тепловозов. На сегодняшний день нет оснований утверждать, что число отказов прямопропорционально числу секций в составе локомотива. Недостаточно умножать вероятности безотказной работы для каждой секции. Необходимо учесть индивидуальность конструкции каждой секции составной единицы подвижного состава, снижение общей нагрузки на узлы локомотива при увеличении числа секций, возможность отключения части узлов без потери общей работоспособности, резервирование узлов и агрегатов. Так трехсекционный локомотив сможет продолжить движение в случае отказа одного из тяговых двигателей и не допустит задержки на линии. Однако с увеличением числа ТЭД возрастет и количество их отказов, и в таком случае локомотив с большим числом секций будет чаще требовать постановки на неплановый ремонт.

Согласно законам теории надежности, вероятности безотказной работы каждой составной части, влияющей на общую работоспособность системы (отсутствие резервирования), должны умножаться между собой. В результате чего итоговая вероятность безотказной работы будет меньше каждой из составляющих вероятностей [1]:

$$P_c(l) = P_1(l) \cdot P_2(l) \cdot \ldots \cdot P_n(l)$$

где $P_c(l)$ - вероятность безотказной работы системы (при отсутствии резервирования);

$P_1(l), P_2(l), \ldots, P_n(l)$ - вероятности безотказной работы каждой составной части, влияющей на общую работоспособность системы.

Одновременно, параметры потоков отказов 1-го и 2-го видов должны учитывать возможность резервирования, повышающуюся с увеличением числа секций локомотивов. Очевидно, что вероятность вызова вспомогательного локомотива для двухсекционного локомотива значительно меньше, чем для односекционного. В этом случае выход из строя одного элемента не приводит к отказу всей системы. Система с резервом может выполнять свои функции при наличии повреждения, но с меньшей надежностью [1]:

$$P_c(l) = 1 - [1 - P_1(l)] \cdot [1 - P_2(l)] \cdot \ldots \cdot [1 - P_n(l)]$$

Для организации этого расчета, объективного задания параметров и дальнейшего их соблюдения надежности требуются в равной степени требуются усилия производителя, эксплуататора и сервисной организации.

ОАО «РЖД» совместно с профильными институтами проводятся работы по установлению единого порядка нормирования показателей надёжности на всех стадиях жизненного цикла, их контроля и верификации.

Одним из направлений является установление перечня обязательных работ при проектировании локомотива в технических требованиях к перспективным локомотивам. Со стороны заказчика от производителя

требуется провести анализ рисков, прочностные расчеты, ряд испытаний, представить обоснование заявляемого уровня надежности локомотива.

В качестве расчетного показателя безотказности на этапе разработки локомотива предусмотрена вероятность безотказной работы за установленное. Оценка этого показателя должна выполняться расчетно-экспериментальными методами согласно ГОСТ Р 27.301-2011 на основе структурно-функциональной схемы локомотива, так же разрабатываемой изготовителем локомотива.

Для оценки готовности, комплексно характеризующей безотказность и ремонтопригодность локомотива, на стадии проектирования должен применяться коэффициент технической готовности. Его оценка должна также выполняться расчетно-экспериментальными методами согласно ГОСТ Р 27.301-2011 и марковскими методами по ГОСТ Р 51901.15-2005 на основе эксплуатационной и ремонтной моделей локомотива. Только так итоговая надежность локомотива будет соответствовать суммарной надежности составляющих его элементов.

На стадии проектирования для обеспечения корректного задания показателей надежности разработчику необходимо выполнять следующие работы:

- расчеты безотказности и готовности, включающие оценки расчетных показателей;
- расчеты прочности узлов локомотива согласно ГОСТ Р 57445-2017;
- разработку всех необходимых методик испытаний, включающих порядок планирования испытаний, расчета и контроля показателей безотказности, ремонтопригодности и/или готовности в соответствие с ГОСТ 27.301-2011, ГОСТ Р 27.403-2009, ГОСТ Р 27.404-2009, ГОСТ Р 27.405-2011, РД 50-204, РД 50-690 и РД 50-519;
- исследования модели отказов локомотива в части определения фактического вида функции распределения наработки между отказами и продолжительности периода приработки согласно ГОСТ Р МЭК 61650 и ГОСТ Р МЭК 60605-6
- для реализации проектных значений показателей безотказности и готовности Разработчик по согласованию с Заказчиком разрабатывает систему технического обслуживания и ремонта локомотива.

В качестве проекта системы технического обслуживания и ремонта (СТОР) рекомендуется использовать СТОР аналога с адаптацией ее для опытного образца с целью безусловной реализации требований в части безотказности и готовности локомотива.

По результатам подконтрольной эксплуатации опытного образца локомотива уточняют трудоемкости всех видов ТО и ТР, в том числе неплановые ремонты и их периодичность. Периодичность ТО и ТР рекомендуется указывать в календарном исчислении и единицах наработки силовой установки, исчисленной в кВт·час. Уточненную СТОР указывают в нормативно технической документации на установочную партию локомотивов.

В свою очередь поставщику локомотива следует проводить аналогичные работы с поставщиками комплектующего оборудования.

В ближайшей перспективе развитие подходов к оценке надежности новых локомотивов, с учетом всего ранее изложенного в статье, заключается в

- пересмотре процедуры постановки на производство в части задания численных значений параметров надежности;
- разработке Методики нормирования показателей надежности локомотивов с учетом их секционности и способности систем к резервированию;
- актуализации Методических положений для расчета показателей безотказности и готовности локомотивов по результатам эксплуатации;
- разработке Методики расчета параметра потока отказов 3-го вида.

Список использованной литературы

1. Надежность тепловозов: учеб. пособие / В.Г. Кочерга. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2012.

2. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

3. ГОСТ 32192-2013 «Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения».

4. ОСТ 32.46-95 «Тяговый подвижной состав железнодорожного транспорта. Надежность. Термины и определения.

5. Методические положения для расчета показателей безотказности и готовности локомотивов по результатам эксплуатации, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 12.11.2008 г. №2367р.

6. ГОСТ Р 54461-2011. Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Термины и определения.

7. ГОСТ 56046-2014 «Показатели использования локомотивов. Термины и определения».

8. СТО РЖД 02.048-2014 «Тяговый подвижной состав. Номенклатура показателей надежности и функциональной безопасности»

ДУДНИКОВ М.С., ДРУГОВ М.В., ЧИКАЛИН Е.Н., к.т.н. («Локотех»), ЧИКАЛИНА С.Л. к.т.н. (ИРНИТУ)

ВЛИЯНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЛОКОМОТИВА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Одним из главных факторов, вызывающих снижение надежности работы локомотива с течением времени, является износ, которому в процессе эксплуатации подвергаются механизмы и оборудование. Износ – это технико-экономическое понятие, отражающее, с одной стороны, снижение уровня потребительских свойств машины и уменьшение ее работоспособности, а с другой стороны – соответствующее этим процессам снижение стоимости машины как объекта оценки. [1]

Износ бывает физический, моральный и внешний. Физический износ приводит к ухудшению технических показателей, что неминуемо отражается на частоте выхода локомотива из работоспособного состояния. На каждом предприятии процесс физического и морального износа основных фондов должен контролироваться с целью недопущения их чрезмерного износа. Накапливаясь, они могут привести к полной остановке и серьезной поломке. Чтобы избежать негативных экономических последствий, предприятию необходимо организовывать процесс управления износом и своевременно обновлять основные фонды.

Восточно-Сибирский филиал ООО «ЛокоТех-Сервис» обслуживает и ремонтирует локомотивы двух железных дорог, Восточно-Сибирской и Красноярской, заключенный с ОАО «РЖД». По договору сервисного обслуживания, ООО «ЛокоТех-Сервис» оплачивают деньги от пробега локомотива, а не от количества произведенных ремонтов.

В последнее время на предприятии значительно возросли затраты на сервисное обслуживание и ремонт локомотивов. С целью выявления причины перерасхода материалов, был проведен анализ возраста подвижного состава Восточно-Сибирского филиала по состоянию на 01.01.2018 года (таблица 1).

Согласно проведенным исследованиям получили, что средний возраст локомотива составляет 27,25 лет. Из 3495 эксплуатируемых секций локомотивов, 1337 секции составляют ВЛ80, средний возраст которых составляет 36,59 лет. Данные локомотивы должны были списаться несколько лет назад, но до сих пор находятся в эксплуатации. А это 38,25% от общего числа.

Подобные исследования были проведены для каждого отчетного года, начиная с 2015. Что позволило получить данные о среднем возрасте локомотивов (рис.1).

***Таблица 1**- Возраст локомотива посекционному учету на 01.01.2018г*

Вид локомотива	Количество секции на ВСИБ и КРАСН, шт.	Суммарный возраст секций, лет	Средний возраст секции, лет
2ТЭ10М	228	6794,62	29,80
2ТЭ10У	175	5487,78	31,36
2ТЭ116	14	535,23	38,23
2ЭС5К	108	1158,99	10,73
3ТЭ10МК	8	230,43	28,80
3ЭС5К	399	2559,15	6,41
ВЛ60К	21	1125,27	53,58
ВЛ65	47	898,65	19,12
ВЛ80	1337	48922,31	36,59
ВЛ85	508	14425,08	28,40
ТЭМ18	234	1685,67	7,20
ТЭМ2	246	9424,35	38,31
Э5К	22	204,43	9,29
ЭП1	148	1792,67	12,11
Общий итог	**3495**	**95244,62**	**27,25**

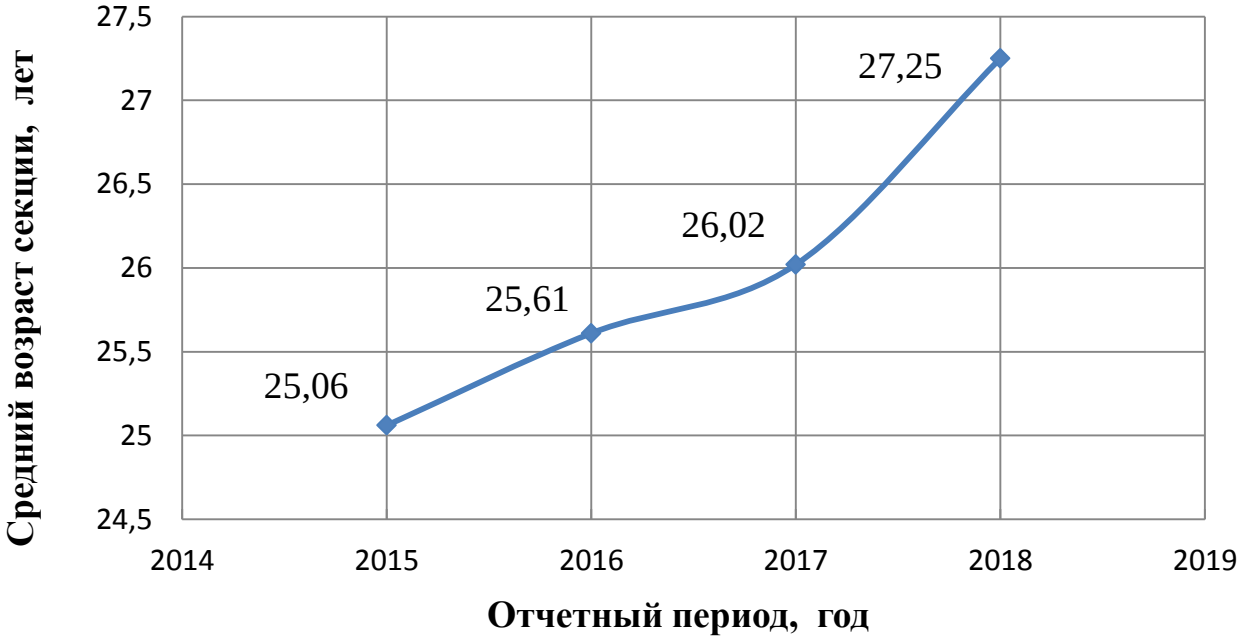


***Рисунок 1.** Средний возраст секции по годам, лет*

В результате проведенного исследования было выявлено, что с каждым годом возраст секций растет, а это говорит о том, что парк подвижного состава значительно устаревает.

При таком устаревшем парке ОАО «РЖД» увеличивает весовую норму для сквозных, груженных поездов с 5600т до 6300т, общее количество поездов с весом 6300т растёт ежегодно в геометрической прогрессии. В 2015г. количество сквозных, груженых поездов с весом 6300 т составило 3783 шт., в

2016г. - 10815 шт. с приростом по отношению к 2015г. на 185% или 2,9 раз, а в 2017г. - 27749 шт. с приростом по отношению к 2015г. на 633% или 7,3 раза.

В 2016г. прирост тонно-километровой работы брутто относительно 2015г. составил 8%, а в 2017г. - 12% по отношению к 2015г. и 4% по отношению 2016г. Что фактически привело к снижению динамики роста пробега грузового локомотива по отношению к 2015г., так в 2016г. прирост пробега составил 5%, а 2017г. 7% по отношению к 2015г. и 2% по отношению 2016г (см. таблица 2).

И это является одной из причин снижения выручки Восточно-Сибирского филиала «ЛокоТех-Сервис», т.к. динамика роста пробега локомотива незначительна по сравнению с динамикой роста количества поездов с весом 6300т.

***Таблица 2**- Пробеги и тонно-километровая работа ВСЖД и КРЖ*

Год	Тонно-километровая работа (грузооборот), тыс. т.км	Пробеги, км
2015	578549109,7	469303757
2016	608952665,02	490738533
2017	631859266,32	503638279

Произведем расчет пробега локомотива исходя из фактического грузооборота, а средний вес поезда неизменным, равным среднему весу поезда в 2015г. $Q_{\text{ср}}^{2015}$:

$$\sum S_{\text{пр}} = \frac{\sum G}{Q_{\text{ср}}^{2015}}$$

где $Q_{ср}$-средний вес поезда, т;

$\sum G$-грузооборот Красноярской и Восточно-Сибирской ж.д. за отчет период, тонно-километровой брутто;

∑S- пробег локомотива Красноярской и Восточно-Сибирской ж.д. за отчетный период, км.

Исходя из полученной разницы между фактическим и предполагаемым пробегом, рассчитаем убытки, которые понес филиал «Восточно-Сибирский» за период 2015-2017г (см. таблица 3):

$$\sum P = R_{ср} * (\Delta S^{2016} + \Delta S^{2017}).$$

где $\sum P$- сумма убытков из-за роста количества поездов с весом 6300т;

$R_{ср}$-средняя тарифная ставка за один километр пробега локомотива, 25 руб.

***Таблица 3**- Разница между фактическим и предполагаемым пробегом*

Год	Т-км работа, тыс. т.км	Пробеги, км	Разница в км	Ставка за 1 км пробега, 25 руб.
2016	608 952 665	490 738 533	3 227 687	80 692 183
2017	631 859 266	503 638 279	8 909 168	222 729 190
Общее				**303 421 373**

При подсчетах за 2016 и 2017 год филиал Восточно-Сибирский ООО «ЛокоТех-Сервис» не дополучил выручку 303 421 373 рубля.

1 января 2002 г Постановлением Правительства РФ утверждена «Классификация основных средств, включаемых в амортизационные группы» [2], согласно которой электровозы магистральные и маневровые включены в основные средства девятой группы со сроком полезного использования свыше 25 лет до 30 лет включительно [2]. А значит, локомотивы возрастом свыше 30 лет не подлежат дальнейшей эксплуатации.

В 2017 году в Восточно-Сибирский филиал на сервисное обслуживание поступила 21 новая единица ТЭМ18ДМ. Такое незначительное поступление новых тепловозов не сможет остановить старение парка. Если ситуация с обновлением парка не измениться, через несколько лет средний возраст будет более 30 лет, что будет выше включенных в амортизационную группу и весь подвижной состав необходимо будет списывать.

ООО «ЛокоТех-Сервис» в 2017 году по локомотиву ВЛ80 на ВСЖД и КРЖД произведено 91153 ремонтов ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3, ДР. На ремонт и обслуживание с учетом инфляции и старения парка было выделено 358 012 179 рублей, а потрачено филиалом 394 874 153 рублей. Такие цифры указывают о превышении лимита более чем на 10%, что говорит о значительном износе узлов и агрегатов локомотивов.

На основании 285 договора Сервисного обслуживания, заключенного между ОАО «РЖД» и ООО «ЛокоТех-Сервис», не учтены риски по возрасту и нагрузки локомотива. По факту риски по возрасту и нагрузки подвижного состава должны оплачиваться балансодержателем локомотива. А значит, все затраты, понесенные сервисной компанией по содержанию физически устаревшего локомотивного парка и дополнительные нагрузки на него, должны учитываться в ставке сервисного обслуживания.

Список используемой литературы

1. В.Ю. Белопашенцев. Виды износа. Методы определения степени физического износа машин при оценке. http://www.estimatica.info/assessment/transport/3-vidy-iznosa-metody-opredeleniya-stepeni-fizicheskogo-iznosa-mashin-pri-otsenke
2. Постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 г. N 1 «Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы».
3. РАСПОРЯЖЕНИЕ от 3 июня 2010 г. N 1216р ОАО "РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ" об утверждении методики по научно-техническому обоснованию назначенных сроков службы локомотивов

ДУДНИКОВ М.С., ЧИКАЛИН Е.Н., к.т.н., ДРУГОВ М.В. («ЛокоТех-Сервис»), ПОРТНОЙ А.Ю., д.т.н., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., д.т.н., ЛИНЬКОВ А.О., к.т.н. (ИрГУПС), Иркутск

ИССЛЕДОВАНИЕ УСКОРЕНИЙ НЕОБРЕССОРЕННЫХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА СЕРИИ 3ЭС5К

При заключении договора на сервисное обслуживание локомотивов ООО «ЛокоТех-Сервис» взяло на себя обязательства по обеспечению исправного и работоспособного состояния локомотивов и обязательства по повышению надежности локомотивного парка переданного на сервисное обслуживание. Ежегодно на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах выявляется более тысячи дефектов кожухов зубчатой передачи локомотивов, а также выходы из строя тяговых электродвигателей (разрушение изоляции обмоток, расслабление крепления полюсов магнитной системы, межвитковое замыкание, ухудшение коммутации с появлением кругового огня по коллектору). Каждый такой случай может являться потенциальным источником аварии, снижая безопасность движения поездов на российских железных дорогах РФ. Сравнительная статистика по постановке электровозов на внеплановый ремонт по причине неисправности кожухов зубчатой передачи представлена на рисунке 1.

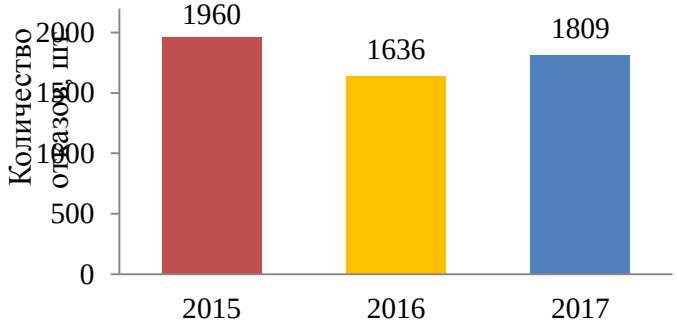


Рисунок 1 – Статистика неисправностей кожухов зубчатой передачи электровозов за 2015-2017 годы на Красноярской и Восточно-Сибирской ж.д.

Значительная доля неисправностей кожухов зубчатой передачи приходится на электровозы серий 2(3)ЭС5К. На рисунке 2 представлено распределение неисправностей кожухов зубчатой передачи на электровозах серии 2(3)ЭС5К по месяцам за 2016-2017 годы. Чаще всего происходит излом болтов в креплении кожуха – как М30, так и М42. В некоторых случаях происходит потеря болтов в результате их раскручивания. Вследствие износа крепления значительно усиливается износ и самого кожуха зубчатой передачи, вызывая тем самым трещины и течь смазки. На рисунке 3 представлена

статистика возникновения трещин у кожухов зубчатой передачи электровозов серии 2(3)ЭС5К.

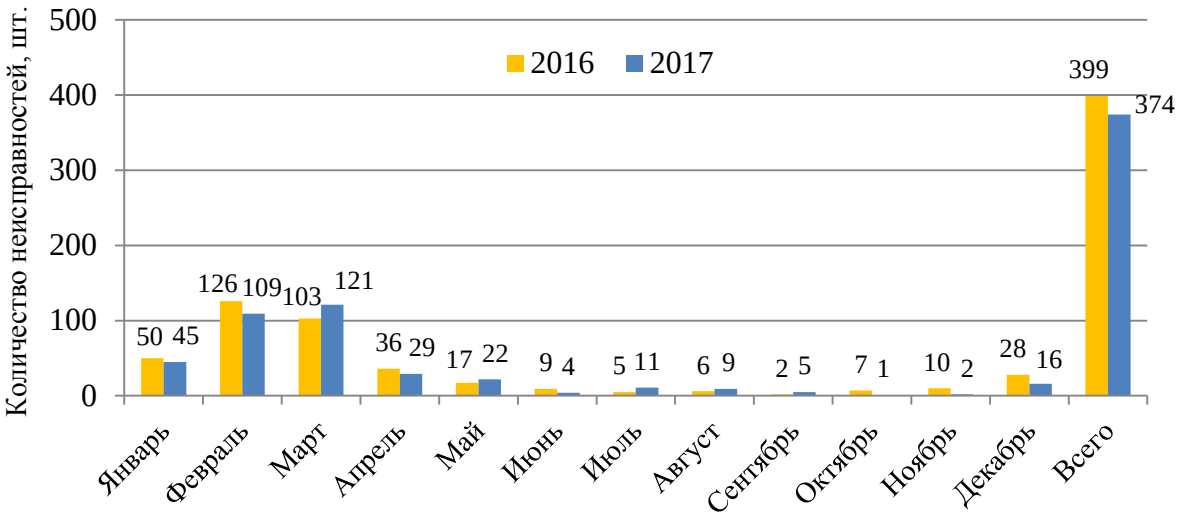


Рисунок 2 – Статистика неисправностей кожухов зубчатой передачи электровозов серии 2(3)ЭС5К по месяцам за 2016-2017 годы

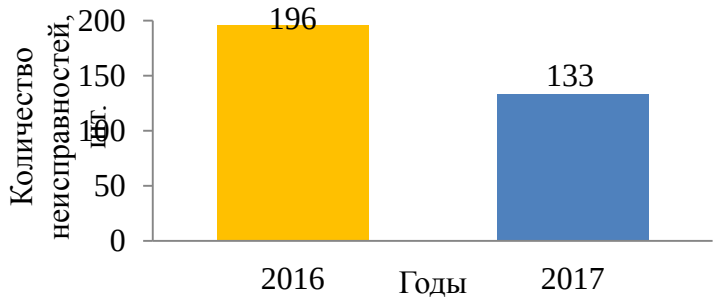


Рисунок 3 – Статистика возникновения трещин и течи смазки в кожухах зубчатой передачи электровозов серии 2(3)ЭС5К за 2016 и 2017 года

По инициативе руководства филиала «Восточно-Сибирский» (при поддержке управляющей компании ООО «ЛокоТех-Сервис») для выявления причин выхода из строя кожухов зубчатой передачи электровозов были проведены эксплуатационные испытания. Целью испытаний являлось проведение измерений амплитуды и длительности вертикальных, горизонтальных и поперечных ускорений необрессоренных частей электровоза серии 3ЭС5К в условиях эксплуатации.

Установка вибропреобразователей производилась на буксу первой (последней) колесной пары, на кожух зубчатой передачи (КЗП) и на остов тягового электродвигателя (ТЭД). Общий вид колесно-моторного блока (КМБ) электровоза с вибропреобразователями представлен на рисунке 4, а расположение вибропреобразователя на КЗП представлено на рисунке 5. Всего

для испытаний использовалось 3 вибропреобразователя, каждый из которых обеспечивал регистрацию ускорений по трем координатам (X, Y, Z).

Координаты:

X – горизонтальное ускорение, направленное поперечно оси рельсового пути;

У – горизонтальное ускорение, направленное вдоль оси рельсового пути;

Z – вертикальное ускорение, направленное перпендикулярно оси рельсового пути.

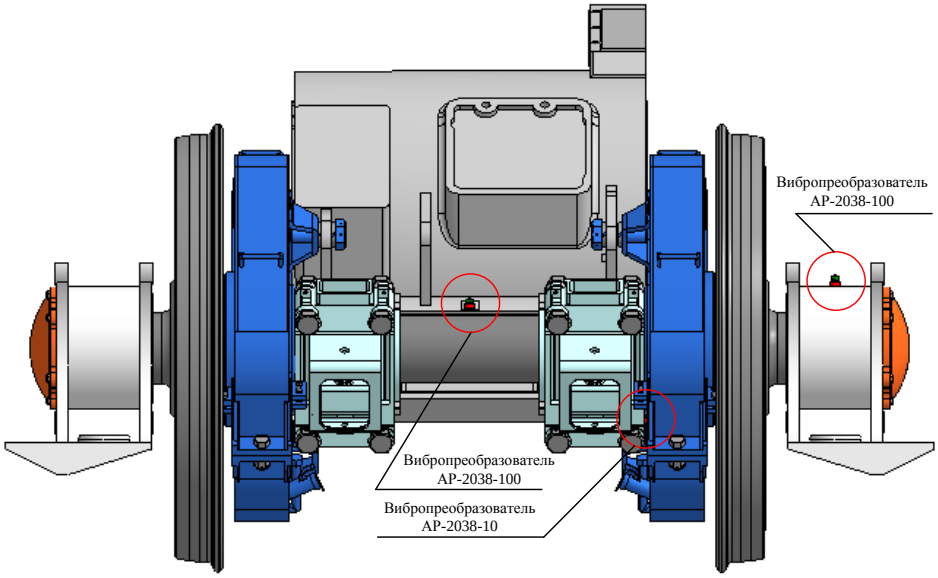


Рисунок 4 – Расположение вибропреобразователей на КМБ электровоза

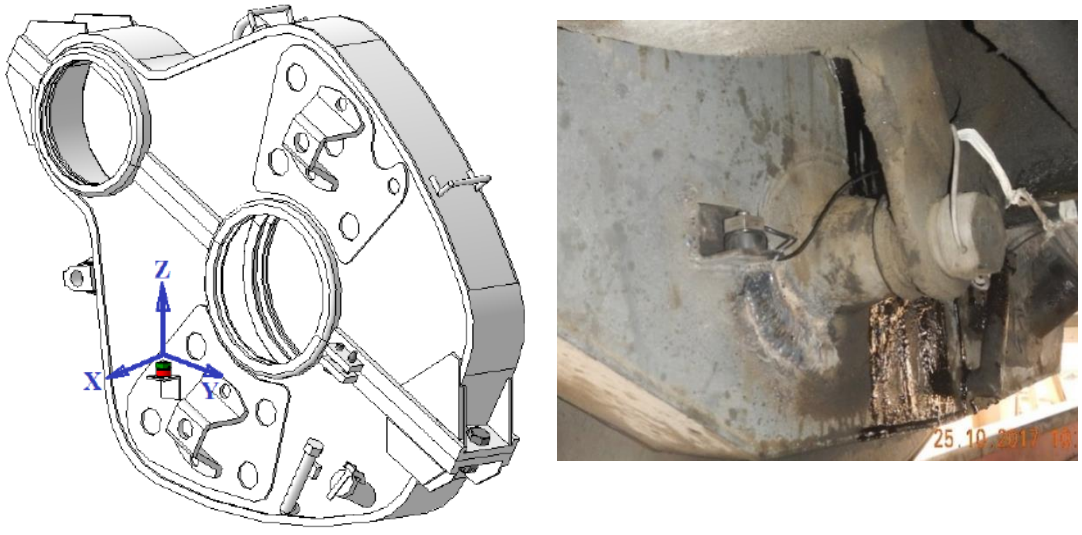


Рисунок 5 – Расположение вибропреобразователя на КЗП электровоза 3ЭС5К

Испытуемым объектом выбран электровоз 3ЭС5К №034 работающий в режиме подталкивания на горно-перевальном участке Большой Луг – Слюдянка ВСЖД. В ходе испытаний выполнено четыре опытных поездки с поездом в различных режимах работы электровоза (рисунок 6).



Рисунок 6 – Схема поезда при следовании от ст. Большой Луг до ст. Слюдянка ВСЖД – филиала ОАО «РЖД»

По результатам испытаний получена база данных с мгновенными значениями виброускорений. При обработке базы данных мгновенные значения виброускорений пересчитаны в среднеквадратичные значения для проведения спектрального анализа и определения резонансных частот вибрации. Получены характеристики зависимостей среднеквадратичных значений и спектральной плотности амплитуды ускорений вибрации от времени с привязкой к участку пути. Пример снятой осциллограммы при испытаниях приведен на рисунке 7. Наличие на осциллограмме вибрации от удара с ускорением, превышающем 400 м/с^2, зафиксированной на буксе колесной пары по оси Z, говорит о проследовании стыка на рельсовом пути.

Случайные стыки в местах вынужденного восстановления рельсового пути на участке испытаний и стрелочные переводы приводят к появлению ударов. Согласно ГОСТ 30631-99 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации» для группы М27 (степень жесткости 13) регламентируются только удары одиночного действия с максимальной амплитудой ускорения 30 000 м/с^2, а удары многократного действия для степени жесткости 13 не регламентированы. Удары от прохождения стыков в местах вынужденного восстановления рельсового пути должны оцениваться как удары многократного действия. Исходя из этого, данная вибрация оценивалась как случайная, для которой допустимое среднеквадратичное значение (степень жесткости 13с) составляет 250 м/с^2 (рис.7).

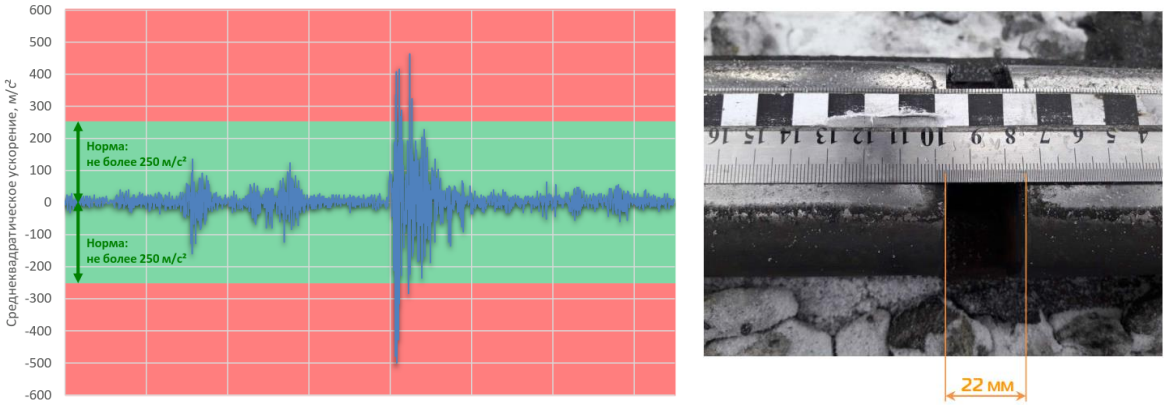


Рисунок 7 – Виброускорения на буксе колесной пары по оси Z при проследовании рельсового стыка

Во время проведения испытаний в кривых участках пути зафиксирована случайная вибрация с высокими амплитудными значениями на буксе колесной пары, что говорит о процессе вписывания тележки локомотива в кривую (рис. 8). На осциллограмме величина одного деления соответствует ускорению 100 м/с^2. Амплитудные значения данной вибрации превышают 400 м/с².

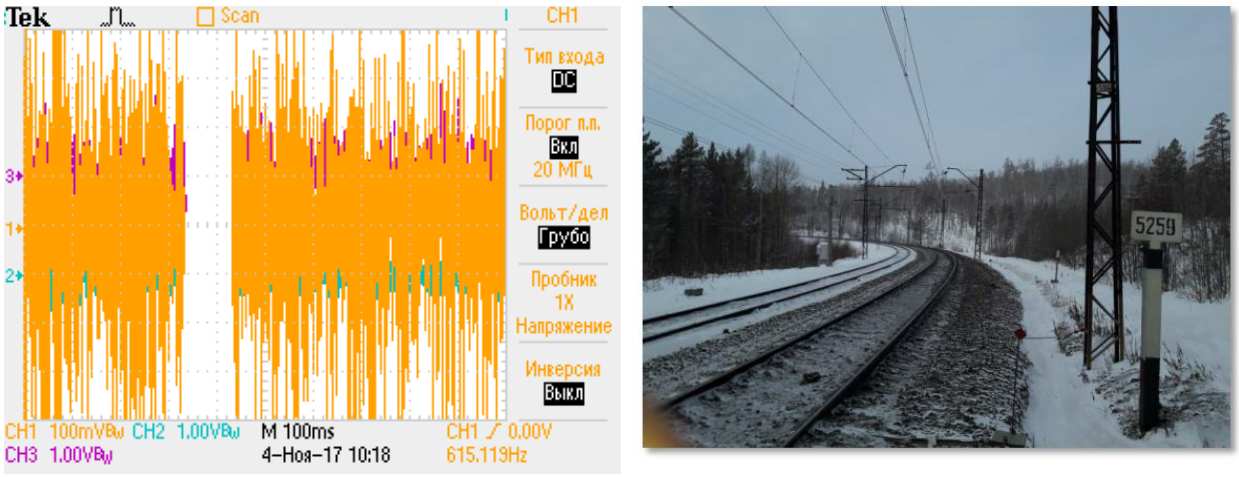


Рисунок 8 – Виброускорения на буксе колесной пары по оси Z в процессе вписывания в кривую участка рельсового пути

Для определения наличия значимой синусоидальной вибрации в подобных случаях необходимо провести спектральный анализ. Из рис. 9 видно, что у кожуха зубчатой передачи по оси Y имеются определенные резонансные частоты, на которых значительно повышается амплитуда вибраций. При наличии на этих частотах возбуждения, например, гармоник зубчатой передачи или воздействия пути, амплитуда вибрации резко возрастает, в основном это происходит при следовании электровоза в режиме тяги.

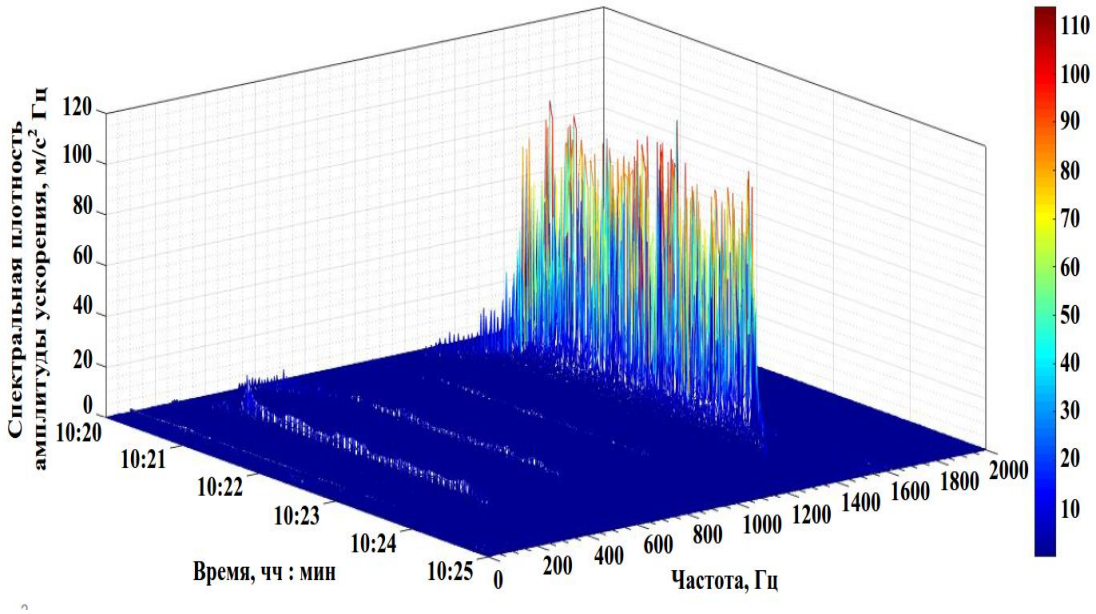


Рисунок 9 – Зависимость спектральной плотности амплитуды ускорения вибраций КЗП по оси Y от времени

Исследования вибрации по данным рисунка 9 показали, что вибрация КЗП по оси Y имеет устойчивый синусоидальный характер с амплитудой, превышающей 150 м/с^2, и основной частотой 1500 Гц. При синусоидальной вибрации для группы М27 диапазон частот ограничен пределом 0,5 – 100 Гц и максимальной амплитудой ускорения 150 м/с^2. Фактически получено, что КЗП воспринимает синусоидальную вибрацию, превышающую по частоте в 15 раз верхний предел указанной нормы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате испытаний электровоза 3ЭС5К №034, проведенных на участке Большой Луг – Слюдянка Восточно-Сибирской железной дороги, зафиксирована устойчивая вибрация КЗП и остова ТЭД синусоидального характера с амплитудой ускорения, превышающей 150 м/с^2, с резонансной частотой 1500 Гц при движении электровоза под нагрузкой в кривых участках пути. Согласно ГОСТ 30631-99 для группы М27 (степень жесткости 13) для синусоидальной вибрации диапазон частот ограничен пределом 0,5 – 100 Гц и максимальной амплитудой ускорения 150 м/с^2. Порог виброустойчивости по верхнему пределу указанной нормы частоты синусоидальной вибрации превышен в 15 раз (1500 Гц), а амплитуда ускорения вибрации выше на 70 м/с^2. При таких условиях работы локомотива, его эксплуатационная надёжность не может быть соблюдена.

На основании проведенных замеров и выявленных закономерностей вибрации необрессоренных частей электровоза при движении в кривых участках пути радиусом менее 500 м, можно рассматривать его движение как движение по непрерывным стыкам.

Учитывая полученные результаты испытаний можно сделать вывод, что текущие условия эксплуатации электровозов на Восточном полигоне оказывают негативное влияние и на другие узлы колесно-моторного блока. Это подчеркивает острую значимость данных исследований и необходимость их продолжения в интересах компаний ООО «ЛокоТех-Сервис» и ОАО «РЖД».

Список литературы:

1. Протокол испытаний № ПЛ – 01 – 2017, «Измерение амплитуды и длительности вертикальных и горизонтальных ускорений необрессоренных частей электровоза 3ЭС5К-034 в условиях эксплуатации», Иркутск, 2017,22с.

ЕМЕЛЬЯНЕНКОВА Е.Л. (АО «НИИАС»),
ЧЕРЕМИСИН В. Т., ЭРБЕС В.В., ДЕНИСОВ И.Н. (ОмГУПС)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО ПЕСКА ДЛЯ ЭКИПИРОВКИ ЛОКОМОТИВОВ

В данной статье выполнен анализ состояния существующего пескосушильного комплекса одного из ПТОЛ на Западно-Сибирской железной дороге. Сформированы выводы и основные положения разработки энергоэффективной износостойкой технологии пескосушильного комплекса и устройств участка экипировки песком с элементами автоматизации

Ключевые слова: энергетическая эффективность, пункт технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), экипировка, локомотив, пескосушильные печи, пескосушилка барабанного типа.

Развитие и усиление инфраструктуры локомотивного хозяйства является одним из приоритетных направлений т. к. от качества технического обслуживания тягового подвижного состава во многом зависит безопасность движения поездов [1].

В настоящее время на всей сети железных дорог России насчитывается более сотни пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), в которых производится подготовка и экипировка локомотивов песком. На подготовку песка для локомотивов ежегодно расходуются миллиарды рублей в год, в которые входят: затраты на ТЭР, на приобретение и доставку сырого песка, на производство сухого песка, на заработную плату рабочим и т.д. Завышенные расходы ТЭР и песка связаны с устаревшим оборудованием пескосушильного комплекса ПТОЛ, а также с устаревшей технологией подготовки, транспортировки и хранения песка. В данной статье выполнен анализ состояния, существующего пескосушильного комплекса одного из ПТОЛ на Западно-Сибирской железной дороге.

Далее рассмотрим основные этапы технологии производства сухого песка для экипировки локомотивов.

На анализируемом ПТОЛ используется склад сырого песка открытого типа (рис. 1) [2]. Очевидно, что с помощью железнодорожного крана КДЭ-163 сырой песок загружается в бункер для дальнейшей его сушки. Для обеспечения электроэнергией крана КДЭ-163 предусмотрено два варианта: от дизель-генераторной установки ДГ75-3 и от внешней сети трехфазного напряжения 380 **в** при помощи гибкого кабеля (на данном ПТОЛ преимущественно используется данный вид питания).



Рисунок 1 *– Склад сырого песка*

Основной недостаток данного типа складов является то, что песок дополнительно увлажняется из-за осадков, что приводит к снижению срока службы оборудования при работе с переувлажненным песком. Переувлажнение песка за счет осадков (дождя, снега) повышает расход энергоресурсов на сушку. Кроме того, склады сырого песка открытого типа, имеют высокую трудоемкость эксплуатации в зимний период за счет смерзания верхних слоев песка. Среднегодовое использование производственных мощностей таких пескосушильных установок колеблется от 2% до 14%, что в свою очередь приводит к снижению КПД установок и перерасходу энергоресурсов. В данном ПТОЛ установлено две пескосушильные печи с пескосушилками барабанного типа, внешний вид которых представлен на рис.2. Технические характеристики печей, эксплуатируемых в ПТОЛ представлены в табл.1.



Рисунок 2 *– Внешний вид пескосушильных печей с пескосушилками барабанного типа*

Таблица 1 *– Технические характеристики печи*

Вид топлива	Дизельное топливо
Производительность одной пескосушилки, $м^3/ч$	0,8
Расход топлива (диз. топливо) на 1 тонну сухого песка, кг/т	10

На данный момент производительности данного оборудования не достаточно, для того, чтобы произвести необходимые запасы сухого песка. При выходе из строя одной из печей и при длительном ее простое (2-3 дня) запасы сухого песка на складе заканчиваются, и локомотивы экипируются горячим песком, который не успевает охладиться на складе. Это приводит к прилипанию песка в трубопроводах и засорам форсунок при экипировке локомотивов.

На рассматриваемом ПТОЛ применяется склад сухого песка башенного типа, состоящий из шести башен, емкостью по 3000 м^3 каждая, но эксплуатируется только одна башня из-за недостаточной производительности пескосушильных печей и пескосушилок (рис.3). Таким образом, существенные капитальные вложения на строительство башен используются нерационально.



Рисунок 3 *– Склад сухого песка башенного типа*

Со склада, сухой песок по трубопроводу поступает в пескораздаточные бункеры, расположенные на крыше ПТОЛ, для дальнейшей экипировки локомотивов (рис. 4). Для транспортировки песка используются стальные трубы, которые из-за низкой износостойкости к воздействию песка требуют ежедневного ремонта. А также при подаче горячего песка по трубопроводу в зимний период происходит налипание песка в трубах и замерзание форсунок подачи песка на локомотивы. Из-за малых углов и радиусов поворотов трубопровода при прохождении песка происходит повышенный износ стенок трубопровода. В случае сниженного потребления сухого песка при экипировке локомотивов происходит переполнение пескораздаточных бункеров и выброс песка за их пределы.

При обследовании данного ПТОЛ было выявлено, что заготовка сухого песка происходит по факту потребления песка локомотивами, как в зимний период (с октября по февраль), так и в летний (с марта по сентябрь).



Рисунок 4 *– Пескораздаточные бункеры ПТОЛ*

Для оценки эффективности работы пескосушилного комплекса выполнен анализ расхода ТЭР на подготовку сухого песка для экипировки локомотивов. Установлено, что на получение сухого песка для локомотивов в зимний период расходуется приблизительно на 30 % больше топливно-энергетических ресурсов, чем в летний. Это связано с тем, что в зимние месяцы необходимо больше времени, для разогрева пескосушильной установки из-за более низких температур окружающего воздуха, а так же увеличиваются затраты ТЭР на поддержание температуры барабанов печей из-за низких температур сырого песка.

Из этого следует, что подготовку сухого песка необходимо производить в летние месяцы и хранить в башнях. Предлагается определить запас песка, достаточный для экипировки локомотивов в зимние месяцы с учетом существующих размеров обслуживания локомотивов [3].

Суточный расход песка для снабжения локомотивов в рассматриваемом пункте экипировки,

$$П_г = A_{сут} \cdot q_п \cdot a_п \cdot 10^{-6} = 35 м^3 / сут. \quad (1)$$

где $A_{сут}$ = $175 \cdot 10^6$ ткм брутто – суточная производительность парка локомотивов; $q_п$ = 0,4 $м^3/10^6$ ткм брутто – норма расхода песка поездными локомотивами; $a_п$ = 0,5 – коэффициент, учитывающий долю набора песка в рассматриваемом пункте экипировки.

Суточный расход сырого песка определяется по формуле,

$$П_с = П_г \cdot \alpha = 38,5 м^3. \quad (2)$$

где α = 1,10 – 1,15 – коэффициент, учитывающий хозяйственные нужды и отходы песка при переработке.

Емкость склада сырого песка зависит от суточного расхода песка локомотивами и времени, в течение которого песочное хозяйство работает без пополнения запаса,

$$E_п = 30,4 \cdot П_с \cdot k_п^{'} = 5852 м^3. \quad (3)$$

где $k_п^{'} = 5$ – количество месяцев работы склада без пополнения запаса песка.

Запас сухого песка на складе,

$$E_с = 30,4 \cdot П_г \cdot k_п = 5320 м^3. \quad (4)$$

где $k_п = 5$ – количество месяцев работы склада без пополнения запаса песка.

Для сушки песка необходимо заменить существующие печи на более современные печи. Потребная производительность устройств, для сушки песка, $м^3$/ч,

$$Д = \frac{П_с \cdot \alpha^{'}}{t_с} = 2,1 м^3 / ч. \quad (5)$$

где $\alpha' = 1,0 – 1,2$ - коэффициент неравномерности подхода локомотивов на экипировку; $t_п = 20$ ч – количество работы сушила в сутки.

Расчет показал, что для обеспечения требуемого запаса сухого песка на зимний период необходимо две башни емкостью по 3000 $м^3$ каждая.

В настоящее время производители предлагают значительное количество пескосушильных печей необходимой производительности и экономичнее эксплуатируемых в настоящее время в ПТОЛ по расходу топлива.

Расход топлива существующими печами за зимний период,

$$B = b \cdot E_с \cdot К_э = 9750 кг. \quad (6)$$

где b = 10 кг/т – расход топлива существующей пескосушильной печью,

$К_э = 1,3$ – коэффициент учитывающий расход топлива в зимний и летний период на производство песка.

Расход топлива предлагаемой печью необходимый, что бы произвести требуемый запас сухого песка на зимний период,

$$B' = b' \cdot E_с = 60\,000 кг. \quad (7)$$

где b' = 8 кг/т – расход топлива предлагаемой пескосушильной печью.

Изменение технологии производства с фактического потребления песка для экипировки локомотивов на производство запаса сухого песка в летний период и хранение его в башнях для использования в зимний позволяет сэкономить дизельное топливо на 37 500 кг или 1,5 млн. руб. в год. Таким образом, при изменение технологии производства срок окупаемости замены существующих пескосушильных установок на новые более производительные составляет не более 3 лет.

Так же обследование состояния участков пескосушильного комплекса и устройств участка экипировки песком позволило сделать следующие выводы [4]:

1) техническое состояние указанных участков в основном требует полной реконструкции или ремонта (за исключением модернизированных и вновь построенных участков);
2) актуальной является сетевая проработка оптимизации установки пескосушилок и устройств участка экипировки песком;
3) требуется разработка современной энергоэффективной износостойкой арматуры и трубопровода пескосушилки и устройств участка экипировки песком соответствующего мощностного ряда;
4) исследовать динамику расхода песка по пунктам технического осмотра локомотивов и устройств экипировки песка и увязать ее с внедрением новых локомотивов с существующими нормами расхода песка с целью создания программы модернизации, строительства пескосушилок и устройств участка экипировки песком.

Список литературы

1. «О стратегии развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года». Распоряжение от 17 июня 2008 года №877-р.
2. Большакова Л. М. Устройства для экипировки тепловозов и электровозов [Текст] / Е. Н. Модестов. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 319с.
3. Чулков А. В. Расчет показателей эксплуатации, экипировки и технического обслуживания локомотивов: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / А. К. Белоглазов, Л. В. Милютина, Л. П. Устюгов; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2012. 46 с.
4. Черемисин В.Т. Модернизация пескосушильного комплекса и устройств участка экипировки песком (научная статья) / И.Н.Денисов, С.А.Мосол; Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы XI научной конференции, Омский гос. ун-т путей сообщения – Омск,2017.– С. 61-67.

КАБАЛЫК Ю.С., к.т.н. (ДВГУПС, г. Хабаровск)

СНИЖЕНИЕ УГЛА ОТКРЫТИЯ ТИРИСТОРОВ ПРИ СЕТЕВОЙ КОММУТАЦИИ ЗА СЧЁТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВЫПРЯМИТЕЛЬНО-ИНВЕРТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

REDUCTION OF THE THIRISTOR OPENING ANGLE DURING MAIN COMMUTATION WITH RECTIFIER-INVERTER CONVERTERUPGRADE

В статье описан способ модернизации выпрямительно-инверторного преобразователя электровозов переменного тока. В результате описанной модернизации, согласно результатам компьютерного моделирования, наблюдается повышение коэффициента мощности электровоза.

The article describes a method for upgrading a rectifier-inverter converter of alternating current electric locomotives. As a result of the described modernization, according to the results of computer simulation, an increase in the power factor of an electric locomotive is observed.

Ключевые слова: электровоз, выпрямитель, выпрямительно-инверторный преобразователь, коэффициент мощности, энергоэффективность

Keywords: electric locomotive, AC-DCconverter, rectifier-inverter converter, power factor, energy efficiency

На полигоне российских железных дорог переменного тока основная часть локомотивов оборудованы выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) на тиристорах. Эти преобразователи служат для питания тяговых двигателей в режиме тяги и для снятия энергии с тяговых двигателей при рекуперативном торможении. Работа ВИП сопровождается потреблением относительно большого количества реактивной энергии. Наличие этой энергии вызвано фазовым сдвигом между током и напряжением, а также искажением кривой потребляемого тока. Существует достаточное количество способов повышения коэффициента мощности электровозов с тиристорными ВИП, большинство из которых основано на внесении в силовую электрическую схему дополнительных элементов – пассивных фильтров, активных преобразователей, диодных плечей и пр. [1, 2, 3]. Такое дополнение схемы приведёт к усложнению структуры системы управления электровозом и может вызвать снижение её надежности.

Значительное влияние на фазовый сдвиг между током и напряжением электровоза оказывает величина угла открытия тиристоров при сетевой коммутации (угол открытия α_0). Большие значения этого угла приводят к понижению энергетических показателей электровоза. В ТОП-100 проблем сервисного обслуживания локомотивов под номером 2.2.4 обозначена проблема

«Контроль угла открытия тиристоров α_0 в тяге» [4]. В настоящей статье предлагается способ изменения структуры электрических цепей ВИП, который позволит исключить обозначенную проблему.

Существующая схема управления тиристорами содержит в своём составе источник импульсов управления (*ИИУ*) и разделительный трансформатор (*РТ*) (рис.1, а). В такой схеме *ИИУ* создаёт импульсы напряжения заданной формы, которые через разделительные трансформаторы распределяются по последовательно соединённым тиристорам плеча. Таким образом, в цепи управления тиристором образуется ток $i_{упр}$, который приводит к его открытию. При этом подача импульсов управления происходит в моменты времени, которые определила система управления исходя из текущего состояния: полярность и фаза питающего напряжения. Форма кривой напряжения в контактной сети зачастую содержит провал в начале каждого полупериода, который вызван другими электровозами, работающими на участке. Также из-за гармонического искажения может наблюдаться многократный переход напряжения через ноль, что может вызвать сбои в работе системы управления. По этим причинам импульсы управления при сетевой коммутации подаются с некоторой задержкой, что увеличивает фазовый сдвиг и снижает энергетические параметры электровоза.

Для уменьшения величины угла открытия тиристоров при сетевой коммутации автором статьи предлагается структуру цепей ВИП таким образом, чтобы максимально снизить указанный угол открытия. Для этого предлагается модернизировать систему управления тиристорами ВИП, добавив в неё элементы, способствующие самопроизвольному открытию тиристоров (рис.1, б) [5]. При необходимости открытия тиристора в его цепи замыкается ключ *К*, который подключает к аноду тиристора остальные элементы добавленной цепи. После смены полярности питающего напряжения прикладываемое к тиристору напряжение начнёт возрастать. За счёт этого напряжения в добавленной цепи создаётся ток $i_{упр2}$, который будет протекать через управляющий электрод тиристора *Т*, что вызовет его открытие. Таким образом, открытие тиристора будет происходить сразу, как только напряжение между его анодом и катодом достигнет минимального уровня, составляющего десятки вольт. На тиристорное плечо ВИП подаётся напряжение в сотни вольт, поэтому открытие тиристора будет происходить с минимально возможным углом открытия. Диоды *D1*и *D2* служат для исключения протекания тока в добавленной цепи при смене полярности питающего напряжения. Резисторы *R1*и *R2* образуют делитель напряжения, который регулирует величину тока $i_{упр2}$.

Для проверки работоспособности предлагаемой модернизации было проведено компьютерное моделирование. При компьютерном моделировании

была создана модель силовой цепи электровоза 2ЭС5К с типовым ВИП и с модернизированным. В каждом опыте определялись энергетические параметры электровоза, по которым можно судить об эффективности модернизации. На рис.2 и 3 представлено изменение энергетических параметров электровоза, полученное при компьютерном моделировании. Из рис.2 видно, что применение модернизированного ВИП на третьей зоне регулирования повышает коэффициент мощности на 1,3–2,1 процентных пункта. На четвертой зоне регулирования (рис.3) значения этого коэффициента возрастают на 0,8-1,5 процентных пункта.

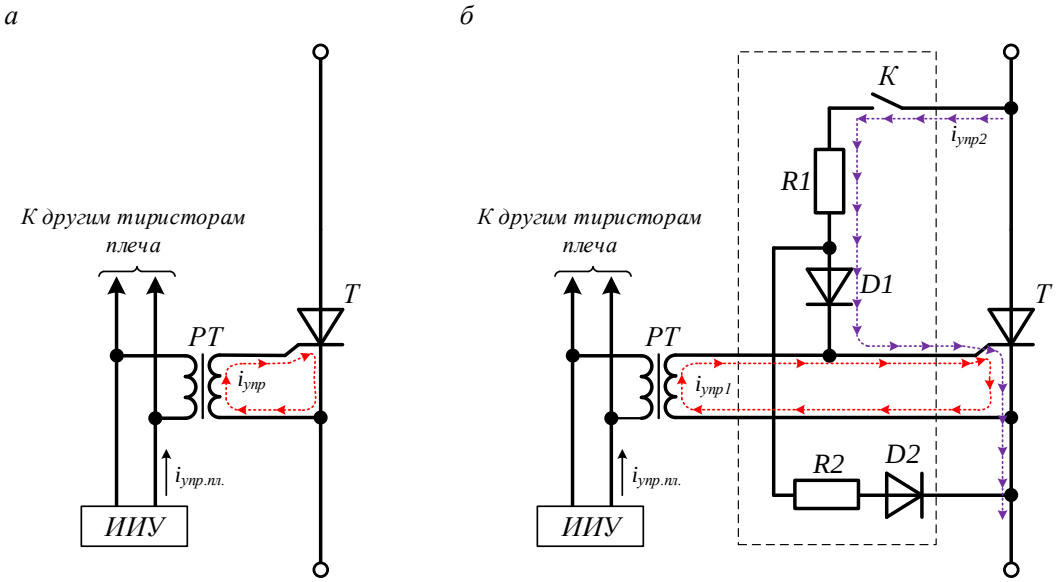


Рис.1. Штатная цепь управления тиристорами (а) и предлагаемая (б):
ИИУ – источник импульсов управления; *РТ* – разделительный трансформатор; *Т* – тиристор

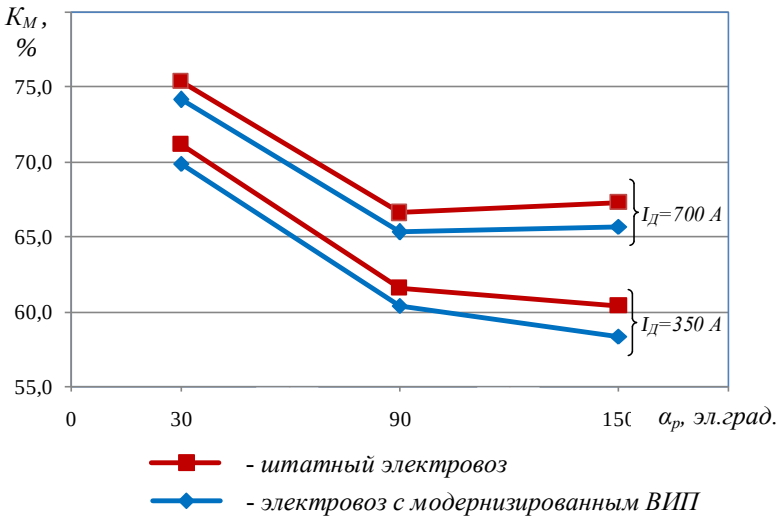


Рис.2. Коэффициент мощности электровоза при работе на третьей зоне регулирования ВИП

Из рассмотренного анализа результатов компьютерного моделирования видно, что применение предлагаемой модернизации ВИП позволяет повысить коэффициент мощности ВИП. Это, в свою очередь, снизит потери энергии в

тяговой сети и повысит напряжение на токоприемнике электровоза. Кроме того, величина угла открытия тиристоров α_0 становится минимально возможной при изменяющихся условиях электроснабжения, за счёт исключения необходимости подачи импульсов управления от системы управления ВИП.

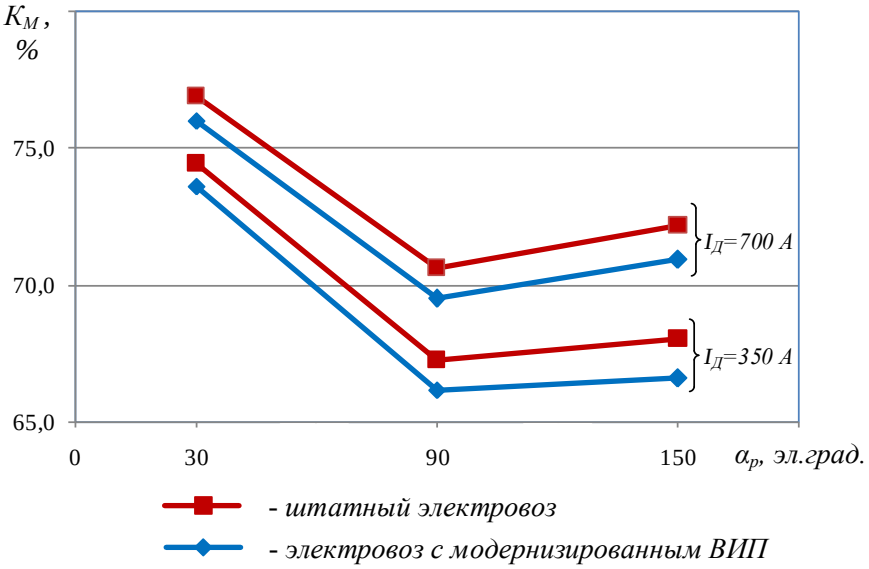


Рис.3. Коэффициент мощности электровоза при работе на четвертой зоне регулирования ВИП

Библиографический список:

1. Копанев, А.С. Испытания системы компенсации реактивной мощности на электровозе 3эс5к [Текст] / А.С. Копанев, П.А. Хрипков, В.М. Волков, П.С. Вольт // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. – 2010. – № 2. – С.14–36.

2. Кулинич, Ю.М. Адаптивная система автоматического управления гибридного компенсатора реактивной мощности электровоза с плавным регулированием напряжения [Текст] : монография / Ю.М. Кулинич. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2001. – 153 с.

3. Мельниченко О.В. Повышение энергетических показателей электровозов [Текст] /Мельниченко О.В., Газизов Ю.В. // Железнодорожный транспорт. – 2010. – №3 – С.50-51.

4. ТОР100 проблем сервисного обслуживания локомотивов. Предложения по научно-практическим направлениям исследований и опытно-конструкторским работам для повышения эффективности сервисного обслуживания локомотивов. – М.: Локотех, 2018. – 33 с.

5. Пат. 2668571 Российская Федерация, H02M 7/12 (2006.01). Многозонный выпрямитель однофазного переменного тока [Текст] / Кабалык Ю.С. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный государственный университет путей сообщения" (ДВГУПС) (RU). – № 2017134622; заявл. 03.10.2017; опубл. 02.10.2018 Бюл. № 28 – 3 с.

КИСЕЛЕВ В.И., д.т.н. (РУТ г. Москва),
СЛИВИНСКИЙ Е.В., профессор (ЕГУ им. И.А.Бунина г. Елец)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ УЗЛОВ ТЭД ЛОКОМОТИВОВ

Тяговый электродвигатель локомотива является сложным техническим объектом, состоящим из большого числа элементов, в которых протекают электрические, тепловые, магнитные, механические и прочие процессы. Поэтому, в процессе проектирования тяговых электрических машин подвижного состава, во всех упомянутых областях должны быть выбраны наиболее рациональные решения, позволяющие на перспективу обеспечить надёжную работу узлов электродвигателей.

Разработки расчётных схем проектируемого технического объекта должны формироваться на основе системного подхода, т.е. объект должен рассматриваться как техническая система, обладающая определённой структурой взаимосвязанных между собой элементов.

Выявление внешних и внутренних связей элементов, оценка значимости этих связей, позволит создать надёжный технический объект, отвечающий условиям эксплуатации, в котором он находится.

На примере ряда технических решений, ещё не внедрённых в производство ТЭД, покажем необходимость системного подхода к проектированию и ремонту электродвигателей.

Рассматриваются конкретные технические решения, направленные на снижение пробоя изоляции обмотки якоря, в местах выхода её передних и задних лобовых частей обмотки из пазов сердечника якоря электродвигателя.

Стеклометаллический бандаж. Для повышения надежности крепления лобовых частей обмотки якоря на ТЭД локомотивов проволочные (металлические) бандажи заменены бандажами из стеклоленты типа ЛСБ-F сечением 0,2×20 мм.

Технологический процесс намотки стеклобандажей по сравнению с металлическими более прост из-за отсутствия трудоемкой операции – пайки витков проволочных бандажей. Кроме того, при возникновении межвиткового замыкания в лобовых частях обмотки якоря, не происходит размотка стеклобандажа, тогда как при проволочных бандажах он полностью разматывается с последующим повреждением изоляции полюсных катушек. В процессе эксплуатации, в якорях электродвигателей, лобовые части которых закреплены стеклобандажами, из-за радиального перемещения лобовых частей под действием центробежных сил, происходит их отрыв от наружной поверхности задней нажимной шайбы якоря В образующийся при этом зазор,

между задней нажимной шайбой и приподнятыми лобовыми частями, проникают пыль, влага, масляные пары, что негативно влияет на срок службы изоляции обмотки.

Радиальные перемещения задних лобовых частей, а также воздействие грязевой массы на обмотку вызывают пробой изоляции в местах выхода обмотки из пазов сердечника. Предотвратить повреждения изоляции можно устранением радиальных перемещений лобовых частей обмотки, что может быть достигнуто путем повышения прочности бандажей.

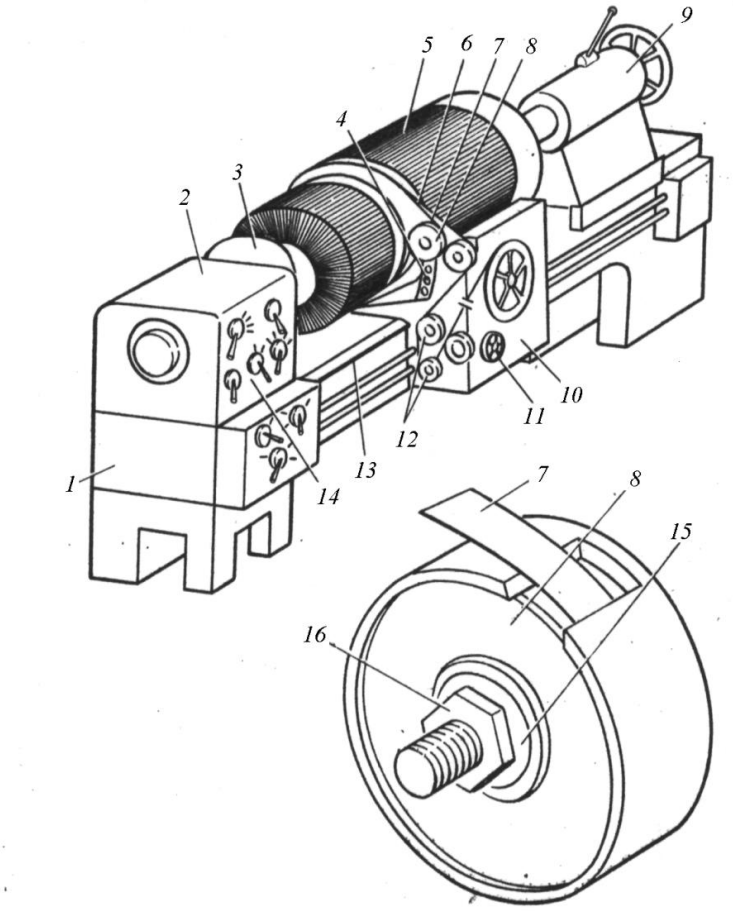
Этим целям отвечает конструкция стеклометаллического бандажа (СМБ), совмещающая достоинство проволочных бандажей (прочность на растяжение) и преимущество стеклобандажей (технологичность изготовления). СМБ представляет собой бандаж, намотанный из слоев стеклоленты, внутри которого размещена намотанная вперекрышу со стеклолентой металлическая лента размером 0,1×20 мм. Намотку бандажа якоря *5* производят на серийных бандажировочных станках *1* (рис 1). Якорь размещают в центрах *2* и *9* станка. На каретке *10* расположен механизм натяжения *12* стеклоленты 6. Установленный в центрах якорь вращается приводным двигателем через коробку скоростей *14* и шпиндель *3*. Ходовой вал станка приводит в действие систему подачи каретки *10*, передвигающуюся по зубчатой рейке *13*.

Натяжение первых слоев стеклоленты *6* на лобовые части якоря производится рукояткой *11*, а при дальнейшей намотке – механизмом натяжения *12*. Металлическая лента *7* для намотки бандажа размещается в катушке *10*, установленной на оси кронштейна *4*, закрепляемого на каретке *10* станка. По торцам катушки *8* размещены тарельчатые пружины *15*, величина затяжки которых регулируется нажимной гайкой *16*.

Намотку бандажа осуществляют в следующей последовательности. При неполном натяжении стеклоленты наматывают на лобовую часть обмотки якоря 1,5-2 витка (для ее закрепления). Последующие витки стеклоленты наматывают с натяжением, соответствующим техническим требованиям. После намотки по всей длине бандажа нескольких слоев стеклоленты на расстоянии 5–8 мм от края сердечника устанавливают под стеклоленту металлическую ленту *7*. Натяжение металлической ленты, создаваемое тарельчатой пружиной *15*, принимается равным натяжению стеклоленты *6*.

Затем производится одновременно намотка стеклоленты и металлической ленты в направлении от сердечника к концу бандажа (для заднего бандажа) и к коллектору (для переднего). Намотку производят с шагом, равным $\frac{1}{5}$ ширины лент. После нанесения определенного числа витков металлической ленты по длине бандажа ее отрезают, продолжая намотку заданного числа витков стеклоленты. Якорь с намотанными бандажами поступает в печь для сушки

якорей. В процессе сушки происходит склеивание между собой слоев стеклоленты и металлической ленты эпоксидной смолой стеклобандажной ленты с последующим затвердеванием бандажа.



1 – якорь;
2 – бандажировочный станок;
3, 4 – центры;
5 – каретка;
6 – механизм натяжения;
7 – стеклолента;
8 – коробка скоростей;
9 – шпиндель;
10 – зубчатая рейка;
11 – рукоятка;
12 – металлическая лента;
13 – катушка;
14 – кронштейн;
15 – тарельчатая пружина;
16 – нажимная гайка

Рис 1. Намотка стеклометаллического бандажа

Одновременная намотка металлической ленты и стеклоленты с равными усилиями натяжения повышает надежность их соединения и монолитность бандажа. Наличие металлической ленты в СМБ предотвращает деформацию бандажа под действием центробежных сил, возникающих при вращении якоря, и отрыв обмотки якоря от поверхности нажимных шайб.

СМБ обеспечивает надежную работу якорей от постройки до капитального ремонта.

Устранения распушения зубцов крайних листов сердечников. В конструкциях якорей ТЭД высота отжатой части крайних зубцов сердечника (от места прижатия ее нажимной шайбой до вершины зубца сердечника) превышает их оптимальную высоту (6–10 мм). Вследствие этого имеет место «эффект отжатия» – распушение торцовых листов. Из-за прогиба вала при вращении якоря происходит вибрация зубцов крайних листов сердечника. Кроме того, при прохождении крайними листами сердечника магнитных полей главных полюсов зубцы испытывают деформации от электромагнитных сил, кратных числу полюсов (краевой эффект).

При износе зубчатой передачи колесно-моторного блока локомотива на деформацию зубцов сердечника накладываются вибрации зубцовой частоты, создаваемые редуктором. Все это способствует повреждению изоляции обмотки в местах ее выхода из паза.

При осмотре ТЭД, поступивших в ремонт, обнаруживаются отклонения крайних зубцов листов пакета сердечника от остальной его части.

Для устранения данного явления разработана технология предотвращения распушения зубцов крайних листов сердечника якорей типа ЭД118. По предложенной технологии у листа сердечника, предшествующего крайним, удаляют зубцы по дну паза сердечника и производят сварку зубцов крайних листов, охватывающих лист, у которого удалены зубцы (рис2). Зубцы крайних листов перед сваркой наклоняют к поперечной оси симметрии сердечника. За счет наклона зубцов листов и последующей их сварки значительно возрастает жесткость сваренных концевых зубцов в осевом направлении, что снижает уровень их вибрации по сравнению с серийными конструкциями, в которых зубцы торцовых листов сердечника сварены без наклона крайних листов.

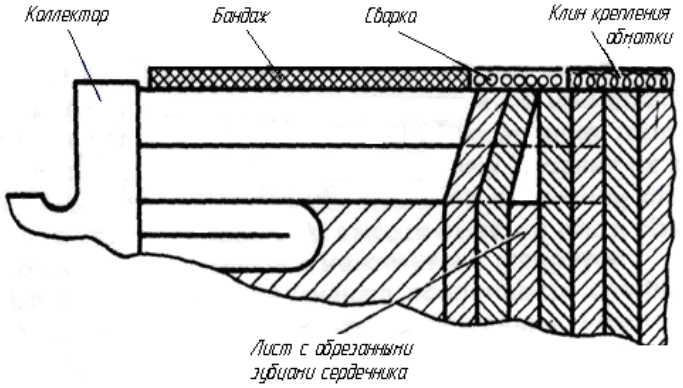


Рис 2. Устранение распушения крайних листов пакета железа якоря

Выбор числа листов сердечника якоря, у которых удалены зубцы, размещение их среди крайних листов и количество свариваемых листов сердечника зависят от мощности электрической машины.

Изоляция зубцов крайних листов сердечника. Для устранения пробоя изоляции обмотки якоря ТЭД в местах выхода обмотки из паза сердечника якоря, вызываемого вибрацией его крайних листов, предусмотрена установка на зубцы крайних листов сердечника якоря фторопластовых коронок (рис.3) .Они охватывают боковые и торцевую стенки крайних зубцов, причем верхняя часть коронки предотвращает повреждение обмотки острыми краями зубцов при ее укладке в паз.

Осмотр якорей с поврежденной изоляцией обмотки в местах выхода их из паза сердечника с указанными коронками позволило выявить недостатки в технологии изоляции зубцов крайних листов с использованием упомянутых коронок. По существующей технологии удаление верхней части коронки,

надетой на крайние листы сердечника, производится перед установкой клиньев в пазы сердечника путем подреза боковых стенок коронок. При этом не возможно обеспечить ровный горизонтальный подрез стенок коронок.

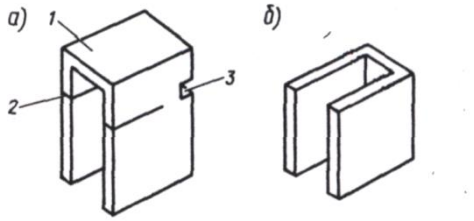


Рис.3. Фторопластовая коронка с предварительными прорезями на станке-автомате до удаления ее верхней части (*а*), и коронка после удаления верхней части (*б*): *1* – удаляемая верхняя часть надрезанной коронки; *2* – основной надрез; *3* – горизонтальная прорезь торцевой стенки

При заклиновке паза стеклотекстолитом происходит смещение коронок с крайних зубцов сердечника по причине упора торца клина в неровно подрезанный край коронки и смещения последней. Роль коронки как элемента, изолирующего острые края крайних зубцов сердечника. Кроме того, подрезка боковых стенок коронок (при обмотке, уложенной, в пазах сердечника) приводит к повреждению (зарезу) изоляции.

Добиться ровного горизонтального подреза боковых стенок при существующей технологии сложно. Следует также отметить большую трудоемкость операции. Так, в якоре ТЭД типа ЭД 118Б для удаления верхних частей коронок требуется произвести 216 подрезов их боковых стенок.

Для предотвращения сдвига коронок с крайних зубцов сердечника при заклиновке паза и повреждения (зареза) изоляции обмотки предлагается подрезать боковые стенки коронки на большей части ее длины со стороны, противоположной по торцу коронки, перед установкой ее на зубцы (линия 2 на рисунке). Для уменьшения трудоемкости этой операции ее предварительно выполняют на станке – автомате. Это позволит получить ровную линию отрыва не надрезанной части коронки (от конца надреза *2* до горизонтальной прорези *3* ее торцевой стенки), не превышающей высоту установки клина в пазу. Удаление верхней надрезанной части *1* коронки производится со стороны надреза в радиально-продольной плоскости, проходящей через середину паза.

Предложенная технология полностью обеспечивает функциональное назначение фторопластвых коронок – исключить повреждения изоляции лобовых частей обмоток якоря в местах их выхода из пазов сердечника электродвигателя. Внедрение предложенных технических решений, защищённых патентами, будет способствовать повышению надёжности ТЭД в эксплуатации.

КОЛЕСНИКОВ В.И., ВОРОПАЕВ А.И., КРАВЧЕНКО В.Н.
(РГУПС, г. Ростов-на-Дону)

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Время больших скоростей, нагрузок на транспорте и стремительной интенсификации производства, предъявляет повышенные требования к качеству износостойкости и надежности работы узлов трения подвижного состава. Затраты на ремонт трибосопряжений и техническое обслуживание превышают их стоимость. Имеется эффективный путь сокращения этих затрат: повысить показатели износостойкости и надежности узлов трения. Поэтому наши исследования ориентированы на развитие фундаментальных знаний с трансфером их до прикладного применения. Что касается фундаментальных исследований, то здесь следует указать следующие инновационные подходы:

- Совместимость противоизносного покрытия с материалом основы.

Нами путем квантово-химических расчетов и экспериментальных методов оже-спектроскопии практически всех элементов периодической системы Д.И. Менделеева доказано, что атомы одних элементов прочно «сшивают» зерна железа, поскольку энергия связи кластеров, содержащих эти атомы, оказывается больше чем энергия связи кластера того же размера состоящего из чистого железа, а другие атомы наоборот, хотя и вступают в химическую связь с железом, но ослабляют связь между зернами в железе, поскольку энергия связи соответствующих кластеров меньше чем энергия связи кластеров из чистого железа. Очевидно, что ослабление связи между зернами в поверхностном слое снижает износостойкость. Полученный задел по расчету межатомного взаимодействия на границе зерен, выполненный нами впервые в науке, позволит провести оценку совместимости легирующих элементов железа при разработке технологии восстановления изношенной поверхности и нанесения упрочняющего покрытия на поверхность трибосопряжения;

- Учет элементов неоднородностей и напряженно-деформированного состояния трибосистемы.

Современная инженерия поверхности невозможна без учета этого. У нашей научной группы накоплен значительный опыт исследований о совместном учете влияния на напряженно-деформированное состояние трибосопряжения трения, тепловыделения от трения, теплофизических процессов и сформированных на поверхностях трибоконтакта структур и упрочняющих покрытий. Применение таких методов моделирования трибосистемы позволяет существенно улучшать ее эксплутационные показатели как путем модификации

применяемых технологических решений, так и путем конструктивной модернизации элементов трибосистемы.

- Использование лазерной модификации поверхности

Нами были получены результаты для создания наноструктурированного поверхностного слоя, обладающего высокими физико-механическими и противоизносными характеристиками. Достигнута возможность обработки поверхностей без оплавления, причем формирование поверхностных структур может происходить как с повышением физико-механических свойств материала, т.е. в режиме термоупрочнения, так и без изменения твердости материала, повышая только его противоизносные характеристики.

- Использование плазмохимического осаждения упрочняющего антифрикционного покрытия из среды инертных газов.

Нами были получены нанокристаллические пленки, свойства которых зависят от состава газовой среды методом химического осаждения из газовой фазы при активировании микроволновой плазмой. Для пленки, созданной в плазменной среде состава Ar/CH4, наблюдаются высокий коэффициент кристалличности и малый размер зерна, что приводит к повышенным твердости и модулю упругости;

- Применение восстанавливающих антифрикционных препаратов (ВАП) в смазочных композициях.

Нами было созданы триботехнические составы - ВАП, которые не меняют свойств смазочных материалов, а воздействуют только на поверхности трения, обеспечивая устойчивое формирование защитно-смазочных структур. К ВАП можно отнести полимерные антифрикционные препараты, хлорпарафиновые соединения эпиламы и др. Среди ВАП выделяются минеральные модификаторы трения или геомодификаторы. Основу для них составляют серпентины, включающие в себя несколько разновидностей: хризотил, антигорит и лизоргит. Структура серпентинов стабильна и устойчива к механическим и температурным влияниям, смазочные слои имеют пористое строение, которое не является антифрикционным.

- Использование новых методов синергетики при модификации трибосопряжения.

Прогрессивным является утверждением, что система двух трущихся поверхностей и третьего тела между ними представляет собой самоорганизованную, самоподдерживающуюся и самозалечивающуюся структуру. Для ее исследования необходимо использовать понятия и методы теории самоорганизации и термодинамики необратимых процессов, с применением которых учеными нашей научной группы были разработаны теоретические основы и технологии создания новых трибоматериалов.

Применение предлагаемых научных подходов позволили для сервисного обслуживания локомотивов разработать технологию восстановления моторно-осевых подшипников (МОП) методом электродуговой металлизации (ЭДМ) с последующей электромеханической обработкой (ЭМО) восстановленной поверхности.

Электродуговое напыление предпочтительнее других способов газотермического напыления покрытий (ГТП) по таким показателям как тепловая эффективность, стоимость напыляемых материалов, простота обслуживания. Относительная стоимость электродуговых покрытий в 3-10 раз дешевле покрытий, получаемых другими способами газотермического напыления при обеспечении их высокой прочности.

Одним из основных недостатков методов ГТП по сравнению со сварочно-наплавочными методами является более низкая адгезия с материалом основы.

Нами предложен довольно эффективный метод обработки поверхности после нанесения покрытия методом ЭДМ и показано, что обработка покрытий после ЭДМ с помощью ЭМО приводит к существенному снижению пористости покрытий и увеличению прочности сцепления покрытий с подложкой. В результате существенно улучшатся служебные характеристики деталей с покрытиями, полученными методами ЭДМ.

Для проведения сравнительных исследований нами были выбраны и проверены покрытия, полученные методом ЭДМ и наплавленные сваркой в среде защитного газа. Покрытия, получаемые методом ЭДМ и наплавки, наносили на образцы, изготовленные из материала МОП (латунь ЛЦ14К3С3).

Исследования показали, что электромеханическая обработка покрытий, полученных методом ЭДМ, приводит к увеличению прочности связи покрытий с подложкой из латуни ЛЦ14К3С3. Это обусловлено уплотнением покрытия и сглаживанием его поверхности. Наилучший результат по прочности связи с подложкой был получен для покрытия из материала кремнемарганцовистой бронзы БрКМЦ 3-3 с латунью ЛЦ14К3С3, что в 2 раза позволило увеличить прочность связи с подложкой.

В целях внедрения новых технологий в процесс сервисного обслуживания локомотивов и по оценке экономической целесообразности при расчете затрат, полученные результаты наших исследований, позволяют рекомендовать включение технологического процесса восстановления наружной поверхности МОП с нанесением покрытия получаемым методом ЭДМ (кремнемарганцовистая бронза БрКМЦ 3-3) и последующей обработкой ЭМО для деповского ремонта локомотивов.

УДК 531.7

КУЗНЕЦОВ А.А.[1], ИЗМАЙЛОВ Р.Х.[2], МОРОЗОВ О.Г.[1]

[1] – НИИ Прикладной электродинамики, фотоники и живых систем (г. Казань), e-mail: artem.a.kuznetsov@bk.ru

[2] – ООО «Эксергия» (г. Набережные Челны)

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИЗНОСА И ТЕМПЕРАТУРЫ ЩЕТОК ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Современные тенденции развития техники диктуют необходимость внедрения передовых информационных измерительных систем, позволяющих повысить безопасность и экономическую эффективность эксплуатации технических объектов.

Локомотив – сложное техническое устройство, для адекватной оценки технического состояния которого необходимо контролировать более 200 различных параметров. Однако в настоящее время не все узлы контролируются должным образом, что приводит к большому числу их отказов. Одним из таких узлов является щеточно-коллекторный узел: по причине высоких температурных, механических и электрических нагрузок, и отсутствия системы контроля его состояния, данный узел «лидирует» по числу отказов для коллекторных тяговых электродвигателей. Основные параметры для контроля – это температура и износ щетки.

В настоящее время существует небольшое число систем, позволяющих контролировать предельную величину износа, а систем контроля ее температуры – единицы. Основные недостатки таких систем: высокая инвазивность (требуется значительное нарушение целостности щетки для внедрения датчика), необходимость размещения двух раздельных датчиков (отдельно для контроля износа и температуры). Для решения указанных недостатков перспективным является использование волоконно-оптических датчиков.

Волоконно-оптические датчики – это перспективное направление развития систем контроля различных параметров, среди которых температура, давление, вибрация, деформация, электрический ток и т.д. Малые габариты и вес, а также полная невосприимчивость к электромагнитным полям, способствует активному их внедрению на объектах нефтегазовой отрасли и энергетики, гражданской и военной авиации.

Принцип действия таких датчиков основан на смещении резонансной длины волны чувствительного элемента – волоконной брэгговской решетки (ВБР), в зависимости от приложенного физического воздействия. ВБР

мультипликативна по свое природе, т.е. способна одновременно воспринимать два физических воздействия: температуру и деформацию. Нами же впервые было предложено использовать физическую длину решетки в качестве информационного параметра и, тем самым, предложить новый класс задач – контроль геометрических параметров изделия, например, его длины (износа). [1-3].

Путем анализа сигнала с датчика возможно дополнительно контролировать: вибрацию (частоту и амплитуду) двигателя, обороты ротора, неплотный контакт щеток, отскок щеток от ламелей, возникновение искрения, нагара и т.д.

Структура измерительной системы представлена на рисунке. В нее входят следующие основные элементы: щетка со встроенным волоконно-оптическим датчиком (1), устройство для объединения сигналов с датчиков (2), оптический кабель (3), оптико-электронный преобразователь сигналов с оптических датчиков (4) с возможностью передачи информации на автоматизированное рабочее место оператора по стандартным протоколам.

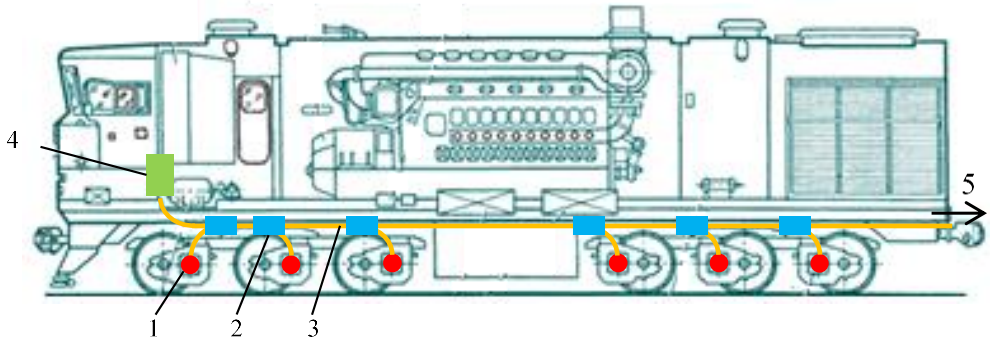


Рисунок – Схематичное расположение оборудования на борту тепловоза

Особенностью такой архитектуры является ее простая масштабируемость (увеличение числа датчиков потребует лишь установки дополнительных устройств для объединения оптических сигналов). Оптический кабель может так же использоваться для высокоскоростной передачи данных между удаленными станциями на борту тепловоза (5).

Литература:

1. Кузнецов, А.А. и др. Датчик износа и температуры изделия на основе волоконно-оптического чувствительного // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т.17. – №6(2). – С. 455-460

2. Кузнецов, А.А. Комплексированный волоконно-оптический датчик износа и температуры трущихся поверхностей // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – №1. – С.45-48.

3. Кузнецов, А.А. и др. Щетка как интеллектуальный узел электродвигателя // Инженерный вестник Дона (электронный научный журнал). – 2016. – №1 // Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3525, свободный.

КУЛИЕВ Т.Ф., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., ЛИНЬКОВ А.О., ГРУЗИН Г.Г.
(ИрГУПС, г. Иркутск)

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАПРАВКИ И СПОСОБА ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БУКС С ПОСТОЯННЫМ УРОВНЕМ СМАЗКИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

ВАЖНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИЙ ВЛ И «ЕРМАК» С ОПОРНО-ОСЕВЫМ ПОДВЕШИВАНИЕМ, ЯВЛЯЮТСЯ БУКСЫ МОТОРНО-ОСЕВОГО ПОДШИПНИКА (МОП) С ПОСТОЯННЫМ УРОВНЕМ СМАЗКИ. В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОИСК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ МОП В ЭКСПЛУАТАЦИИ, УМЕНЬШЕНИЯ ТРУДОЁМКОСТИ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ И СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.

Для российских железных дорог разработаны стратегические направления научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2025 года («Белая книга» ОАО «РЖД») от 14.04.2018 г., № 769р, а также Распоряжение ОАО «РЖД» от 05.12.2017 г., №1285 концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога». Приоритетными задачами стоят разработка и внедрение более совершенных цифровых диагностических комплексов, энерго- и ресурсосберегающих, малоотходных, экологических технологий.

Целью разработки является повышение безотказности работы букс МОП электровозов не менее чем на 50%, исключение розлива и потерь смазочных композиций при производстве ТО-2 и других видов ремонта локомотивов, снижение негативного воздействия на экологию, обеспечение предсказательной диагностики и прогноза остаточного ресурса узла МОП.

Поставленные задачи:

- повысить безопасность движения поездов;
- снизить негативное воздействие на окружающую среду;
- экономия нефтяных смазочных материалов путём исключения их розлива и потерь;
- исключить человеческий фактор при определении количества заправленной смазки;
- повысить безопасность труда персонала при обслуживании букс МОП;
- снизить загрязнения смотровых стойл депо и подъездных путей;
- уменьшить трудоёмкость при обслуживании букс МОП.
- обеспечить предсказательную диагностику технического состояния буксы МОП (излом ниппеля, загрязнение шерстяной подбивки, трещины в корпусе буксы);

– обеспечить прогноз остаточного ресурса МОП;
– обеспечить учёт расхода смазочных композиций;
– обеспечить автоматическое определение текущего радиального зазора МОП;
– обеспечить контроль качества заправки букс МОП электровоза;
– организовать мониторинг состояния букс МОП электровозов;
– исключить использование технологических отверстий для замера зазора МОП щупами вручную;
– обеспечить заправку букс МОП электровоза по состоянию.

Для решения поставленных задач разработана и внедрена на ПТОЛ Большой Луг ВСЖД – филиала ОАО «РЖД» автоматическая заправочная станция (АЗС) букс моторно-осевых подшипников и кожухов зубчатых передач электровоза (рис. 1).



Рис.1. Автоматическая заправочная станция букс моторно-осевых подшипников электровоза и кожухов зубчатых передач электровоза

Станция производит дозированную заправку, автоматическое её выключение при заполнении буксы МОП без вытекания лишней смазки наружу и индикацию отключения системы (сигнализирует готовность следующей заправки). Повторная заправка осуществляется кратковременным нажатием кнопки «ПУСК», расположенной на заправочном пневмогидропульте. АЗС способна автоматически определять серию заправляемого локомотива.

С развитием микропроцессорной техники, диагностика электрической части электровоза проводится на удовлетворительном уровне, чего нельзя сказать о механической части. В настоящее время механическая часть электровоза очень слабо поддается диагностике, а при его эксплуатации практически отсутствует. Очень важным моментом является внедрение

диагностики ответственных узлов электровоза без увеличения времени технологического процесса их ремонта или осмотра.

Повышение надёжности работы механической части электровоза вызывает необходимость для инженерной практики получение доверительной информации, используемой в дальнейшем наукой для разработки новых методов её диагностирования.

Моторно-осевые подшипники, как одни из ответственных узлов, в немалой степени влияют на надежность работы всего электровоза. Так, если нагрев оси колесной пары вызван по причине неудовлетворительной работы МОП, возникает аварийная ситуация, которая может привести к аварии поезда.

В настоящее время разработана технология по внедрению в автоматическую станцию заправки ещё и системы предсказательной диагностики как самой буксы с постоянным уровнем смазки, так и моторно-осевого подшипника. Все эти и выше рассмотренные направления обуславливают особую актуальность и государственную значимость поставленных задач [1, 2].

Для обеспечения управления различными технологическими процессами, как правило, применяются системы, разработанные на основе интеллектуальных блоков, использование которых лежит в основе создания стандартных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Авторами разработки предложено на автоматическую заправочную станцию установить расходомер с аналого-цифровым преобразованием сигналов, полученные данные использовать для расчета текущего радиального зазора моторно-осевых подшипников локомотива, определения текущего технического состояния буксы и её прогноза на следующее техническое обслуживание.

Технология процесса диагностики МОП электровоза обеспечивается следующим образом: на начальном этапе происходит сбор данных о количестве дозаправленной смазки букс локомотивов, с одновременным измерением соответствующего зазора МОП. На основе полученных пар данных, строится регрессионная функция, отражающая зависимость между расходом смазки за промежуток времени от ТО-2 до ТО-2 и средней величиной зазора МОП, следующего вида:

$$\delta(V) = a_0 + a_1 V + a_2 V^2 + \ldots + a_n V^n, \quad (1)$$

где V – объем дозаправленной смазки в буксу МОП;

n – степень многочлена;

a_0, a_1, … a_n – параметры регрессии;

□□(*V*) – прогнозируемая величина зазора МОП.

На персональном компьютере, используя метод наименьших квадратов, вычисляются коэффициенты a_0, a_1, ... a_n для различных степеней многочлена (1) n = 1..5. Среди построенных многочленов выбирается один, наиболее точно описывающий экспериментально полученные данные. Если вероятность попадания следующего измерения расходомера в границы $\delta(V) \pm \Delta\delta$, где $\Delta\delta$ - доверительный интервал, будет выше заданной вероятности, искомая вычисленная функция считается найденной.

По данным заправок каждой буксы электровоза вычисляется радиальный зазор МОП и формируется архив данных в каждом ремонтном депо и ПТОЛ для передачи информации на сервер, связанный с сетевой системой управления базами данных (СУБД) (рис. 2).



Рис. 2. Схема сбора данных для организации предсказательной диагностики букс моторно-осевых подшипников при их заправке автоматическим заправочным комплексом

Расчет текущего зазора МОП производится по результатам накопленной статистики, отражающей зависимость между количеством заправляемой смазки и средней величиной зазора МОП. Диагностика узла МОП производится по объёму дозаправленной смазки с использованием данных о предшествующих заправках. Обеспечивается прогнозирование величины зазора МОП на следующем ТО-2. При прогнозируемой величине зазора, значительно превышающей технологический максимум 2,5 мм, производится регулировка зазора до требуемого размера.

На основе полученных ранее данных о зазорах МОП для данной буксы строится регрессионная функция, отражающая динамику изменения среднего

радиального зазора, на основе которой производится прогноз значения зазора на следующем ТО-2. После обработки информации компьютером выдаётся протокол, (рис. 3):

- дата (число, месяц, год);
- ФИО заправщика;
- серия электровоза;
- техническое состояние каждой буксы МОП;
- количество заправленной смазки, литры;
- необходимость регулировки зазора МОП, либо о продолжении эксплуатации буксы моторно-осевого подшипника без регулировки зазора.



Рис. 3. Программное обеспечение для производства заправки букс МОП их мониторинга, предсказательной диагностики и учёту смазочных композиций

В случае регулировки зазора учет дозаправок для данной буксы начинается заново. Таким же образом происходит диагностика и учет дозаправок на компьютере других депо, которые заносятся в сетевую СУБД (рис. 2).

Применение указанного способа диагностики позволит отказаться от технологических отверстий, через которые производятся замеры зазора МОП электровоза. Это снизит загрязнение рабочих камер букс МОП, что может увеличить их ресурс. Появляется возможность осуществлять заправку смазкой букс не на каждом ТО-2, а по состоянию на данный момент, особенно после установки нового моторно-осевого подшипника, что позволит сократить технологическое время на обслуживание МОП и тем самым снизить трудоемкость производства работ. Кроме того, диагностика технического состояния букс МОП может производиться путём сравнения объёма

дозаправленной смазки с некоторыми нормативными значениями, например, если в одну из букс заправлено значительно больше смазки, чем в другие, то делается вывод, что эта букса имеет нормативные отклонения и следует произвести её более тщательный осмотр и т.д.

ВЫВОДЫ

В течение последних 10 лет авторами проводились глубокие научные и практические изыскания в области автоматизации и диагностики механических систем электровоза, к таким системам относится узел моторно-осевого подшипника с постоянным уровнем смазки и тяговый редуктор.

При внедрении комплекса АЗС будут получены следующие результаты:

- повышение безопасность движения поездов;
- экономия нефтяных смазочных материалов путём исключения их розлива и потерь;
- исключение человеческого фактора при определении количества заправленной смазки в буксе МОП электровоза;
- повышение безопасность труда персонала при обслуживании букс МОП;
- снижение загрязнения смотровых стойл депо и его подъездных путей;
- уменьшение трудоёмкости при обслуживании букс МОП электровоза;
- обеспечение предсказательной диагностики технического состояния букс МОП (излом ниппеля, загрязнение шерстяной подбивки, трещины в корпусе буксы и др.);
- экономия денежных средств от внедрения одной автоматической заправочной станции букс моторно-осевых подшипников электровозов составит не менее 2 млн. руб. на 1000 заправленных электровозов при сроке окупаемости 0,5 года.

По предварительным расчётам потребное количество АЗС составляет свыше 1500 штук для всей сети железных дорог.

Список используемых источников

1. Указ Президента РФ от 01 декабря 2016 г., № 642 «О Стратегии научно - технологического развития Российской Федерации».
2. Распоряжение от 28 июля 2017 г., N 1632-р программа «Цифровая экономика Российской Федерации».

УДК 331.108.45

КУРШАКОВА Н.Б.

(ОмГУПС, кафедра «Экономика транспорта, логистика и управление качеством», г. Омск)

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ К РАЗВИТИЮ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье рассматриваются современные требования, предъявляемые к кадрам предприятий по ремонту и обслуживанию подвижного состава. Обоснована необходимость организации школы корпоративного образования, основанной на компетентностом подходе, приведены технологии действенного обучения работников, предложены показатели оценки эффективности обучения.

Ключевые слова. Кадровый потенциал, корпоративное образование, обучение, сервисные компании.

MODERN CHALLENGES TO THE DEVELOPMENT OF THE PERSONNEL POTENTIAL OF ENTERPRISES FOR REPAIR AND MAINTENANCE OF THE ROLLING STOCK

Annotation. The article deals with modern requirements for personnel of enterprises for repair and maintenance of rolling stock. The necessity of organization of a school of corporate education based on a competent approach is justified, the technologies of effective training of workers are given. The indicators for assessing the effectiveness of training are developed. Keyword. Human resources, corporate education, training, service companies.

Непрерывное развитие персонала, овладение новыми компетенциями, несомненно, является важным направлением кадровой работы в системе технического обслуживания и ремонта подвижного состава, в том числе и для ООО «ЛокоТех-Сервис». Значимость этого вопроса напрямую связана с обеспечением качества ремонта, эксплуатационной надежности подвижного состава и повышением уровня безопасности в пути.

Кадровый потенциал предприятия это обобщающая характеристика совокупных способностей и возможностей работников предприятия, имеющих определенную квалификацию, прошедших профессиональную подготовку, обладающих необходимыми компетенциями в определенной сфере деятельности, позволяющих эффективно выполнять функциональные обязанности и добиваться определенных экономических результатов по

достижению краткосрочных и долгосрочных целей предприятия.

Необходимость выполнения главных задач развития предприятий по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава (далее – сервисные компании), выполнения основного показателя качества работы – доведение среднего коэффициента технической готовности по подвижному составу до необходимых требований, внедрение новейшего оборудования, наукоемких технологий диктуют повышенные требования к квалификации ремонтного персонала, его ответственности. Однако в последние годы наблюдается недостаток квалифицированных работников, в том числе рабочих профессий, происходит снижение профессионального уровня подготовки специалистов [1, с.197].

В этой ситуации развитие кадрового потенциала сервисных компаний может быть организовано в следующих направлениях – через первичное обучение, профессиональную переподготовку, дополнительное профессиональное образование руководителей и специалистов, профессиональное обучение служащих и рабочих, повышение квалификации. Обозначенные направления применяются на предприятиях по сложившемуся в советском периоде представлению через определенные периоды времени (в соответствии с квалификационными требованиями – не реже одного раза в 5 лет).

Например, для обеспечения потребности в обучении работников ремонтных заводов АО «Желдорреммаш» и сервисных локомотивных депо была образована собственная корпоративная образовательная система за счет лицензирования учебных центров, функционирующих на базе ремонтных заводов АО «Желдорреммаш», как основных носителей компетенций технической (профессиональной) направленности.

Однако в быстроменяющихся условиях в экономической, технической и технологической сферах, а также повышающегося уровня конкуренции, руководителям, специалистам и рабочим необходимо регулярно внедрять в практику новые идеи, технологии выполнения работы, которые отвечают современным международным требованиям. Учитывая то, что повышать профессиональный уровень нужно практически непрерывно, руководители и специалисты предприятия, а также служащие и рабочие разных квалификаций не в состоянии это делать с отрывом от производства.

Поэтому сервисным компаниям становится важным развивать школу корпоративного образования, которая на современном этапе представляет инновационную и перспективную технологию развития кадрового потенциала без отрыва от производства. Корпоративное обучение - это своего рода организация в организации, которая незримо участвует в решении идеологических задач компании, учитывая экономические особенности

управления. В последние годы формирование самостоятельных образовательных структур внутри предприятия и внедрение корпоративного обучения приобретает большую популярность, что свидетельствует об эффективности этого направления. Введение в 2013 году Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» предоставляет сервисным компаниям возможность вести образовательную деятельность в качестве дополнительного вида на основании лицензии. Для этого требуется в организационной структуре создать специализированное структурное образовательное подразделение, например, корпоративный университет, деятельность которого будет регулироваться положением, разработанным и утвержденным самой компанией. При этом важнейшими функциями корпоративного университета будут: согласование обучения и развития со стратегическими целями развития компании и точками роста; организация целенаправленного и своевременного обучения с использованием комплексных программ, разработанных на основе потребности бизнеса и целевой аудитории; формирование и обновление системы деловых и профессиональных знаний и навыков; эффективное управление знаниями, развитие карьеры, влияние на корпоративную культуру; укрепление лояльности сотрудников; привлечение в организацию лучших кадров и успешное их удерживание; внедрение необходимых организационных изменений; развитие лидерства; коммуникативной компетентности сотрудников и совместной работы.

Поскольку корпоративный университет это один из инструментов стратегии компании, то обучающие программы должны вписываться в стратегию, а само обучение рассматриваться не только как способ повышения квалификации специалистов, получения знаний, дополнительных навыков, но и как инструмент для овладения новыми компетенциями с учетом развития организации. Для этого потребуется создавать модели компетенций, и на их основе формализовать потребности персонала в развитии компетенций, разрабатывать учебно-методические комплексы, предназначенные для их формирования. Поэтому корпоративному университету придется тесно взаимодействовать со службой управления персоналом или даже входить в структуру этой службы. В учебном процессе должны принимать участие внутренние специалисты компании в качестве методологов-разработчиков программ обучения, преподавателей-тренеров.

В компании такого уровня как ЛокоТех, имеющей обширную производственную базу, состоящую из 9 локомотиворемонтных заводов и более 80 сервисных локомотивных депо, процесс организации обучения в корпоративном университете целесообразно начинать с определения

потребности в обучении, которое может осуществляться на нескольких уровнях:

– первый уровень – потребность компании в целом в соответствии с общими целями деятельности предприятий по ремонту подвижного состава при участии линейных руководителей;

– второй уровень – потребность в обучении работников конкретного структурного подразделения, определенная руководителем этого подразделения при участии специалиста по обучению;

– третий уровень – уровень выполняемых работ, потребность в обучении определяется на основе заявок линейных руководителей и самих работников.

Основные формы обучения в школе корпоративного обучения представлены на рисунке 1.

Корпоративные университеты стали создаваться крупными российскими предприятиями еще с 1999 года. Примером может служить компания «РЖД», образовавшая корпоративный университет еще в 2010 году.



Рисунок 1 – Основные формы обучения в школе корпоративного обучения

Важным составляющим эффективного применения корпоративного образование является использование организаторами учебного процесса современных технологий обучения: 1) секондмент (стажировка на своем предприятии, обмен сотрудниками между структурными подразделениями); 2) баддинг (технология адаптации начинающего специалиста через сотрудничество с другими специалистами с необходимым наличием

постоянной обратной связи); 3) шэдоуинг (возможность студенту старшего курса провести один-два дня рядом с работающим специалистом или наставником); 4) менторинг (технологя обучения на опыте ментора, который объясняет логику и подходы к решению бизнес-задач); 5) коучинг онлайн (обучение по телефону, в режиме он-лайн) [2, с.123]. Данные современные технологии обучения хорошо зарекомендовали себя на зарубежных предприятиях.

Важным элементом системы корпоративного обучения является оценка эффективности обучения, назначение которой состоит в установке соотношения расходов на подготовку и полученного эффекта от обучения. Результатом оценки может быть повышение качества обучения, критический анализ учебных программ, технологий и форм обучения и отказ от неэффективных программ. Оценка включает систему показателей, которые предлагается разделить на следующие группы [3, с. 84–85].

Группа 1. Расходы на обучение

$$Доля\ расходов\ на\ обучение = \frac{Расходы\ на\ обучение}{Общие\ расходы};$$

$$Расходы\ на\ 1-го\ работника = \frac{Расходы\ на\ обучение}{Число\ обученных\ работников};$$

$$Расходы\ на\ обучение\ в\ расчете\ на\ час\ занятий = \frac{Расходы\ на\ обучение}{Общее\ время\ обучения}$$

$$Экономия\ затрат\ на\ обучение\ при\ использовании\ технологии\ корпоративного\ обучения = О \cdot Ч \cdot (C_о - C_д)$$

где О – количество обучающихся, чел.; Ч – количество часов на обучение, час.; $C_о$ – стоимость одного часа обучения по очной форме, руб.; $C_д$ – стоимость одного часа обучения по технологии корпоративного обучения, руб.

Группа 2. Отдача на вложения в обучение

$$Экономия\ по\ отношению\ к\ затратам\ на\ обучение = \frac{Общая\ экономия\ или\ предотвращение\ потерь\ за\ счет\ использования\ профессиональных\ знаний}{Расходы\ на\ обучение}$$

$$Процент\ улучшения\ производственных\ показателей = \frac{Число\ работников\ улучшивших\ производственные\ показатели\ до\ обучения}{Число\ работников\ улучшивших\ производственные\ показатели\ после\ обучения}$$

$$Доход\ на\ 1-го\ работника\ в\ год = \frac{Общий\ доход\ или\ объем\ продаж}{Общее\ число\ работников}$$

$$Прибыль\ на\ 1-го\ работника\ в\ год = \frac{Общая\ годовая\ прибыль\ до\ выплаты\ налогов}{Общее\ число\ работников}$$

Группа 3. Оценка работы школы корпоративного образования (ШКО)

$$\textit{Удовлетворенность со стороны предприятия} = \frac{\textit{Число структурных подразделений, давших ШКО оценку "эффективная работа"}}{\textit{Общее число структурных подразделений, принявших специалистов}}$$

Группа 4. Эффективность обучения

Средний процент научения = Разность между результатами тестирования до и после обучения

Стоит заметить, что практика создания школы корпоративного образования в каждой организации индивидуальна, однако использование предлагаемых показателей оценки эффективности обучения и гармоничности применения инновационных технологий развития кадрового потенциала может помочь выстроить эффективную систему обучения на сервисных предприятиях.

Список литературы

1. Куршакова Н.Б. Развитие кадрового потенциала системы технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава / Н.Б. Куршакова // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции (10,11 декабря 2015 г.) с международным участием в трех частях. Часть 2/ Омский гос.ун-т путей сообще6ния. Омск, 2015. – С. 197-204.
2. Куршакова Н.Б., Новикова Т.В. Развитие кадрового потенциала как основа повышения производительности труда на предприятиях по ремонту и обслуживанию подвижного состава / Н.Б. Куршакова, Т.В. Новикова // Труды второй национальной научно-практической конференции «Повышение производительности труда на транспорте – источник развития и конкурентоспособности национальной экономики». – М.: Издательство: ООО ЦЕНТР «ТРАНСПОРТ», 2017. – С. 121–125.
3. Новикова Т.В., Лёвкин Г.Г. Организация непрерывной профессиональной подготовки сотрудников предприятия в условиях сетевой экономики / Т.В. Новикова, Г.Г. Лёвкин // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2017. – №5(119). – С.82–86.

ЛАГЕРЕВ И.А., ЛАГЕРЕВ А.В. (БГУ им. ак. И.Г. Петровского)

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ТЯГОВЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В последние годы значительно увеличился выпуск подвижного тягового состава в интересах ОАО «РЖД». В локомотивные депо поступают серийные образцы тепловозов (2ТЭ25К, 2ТЭ25КМ, 2ТЭ25А, ТЭМ18ДМ) и электровозов (ЭП2К, ЭП20, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 2ЭС10).

Однако специалисты отмечают ряд проблем при внедрении в эксплуатацию новых моделей и модификаций локомотивов. В частности, отсутствуют утвержденные руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту; не разработаны полноценные электронные каталоги запасных частей; отсутствуют учебные плакаты, позволяющие ознакомиться с конструкцией и принципами работы основных систем локомотива. Кроме того, утвержденные документы не всегда в полной мере отражают конструкцию конкретного локомотива, так как новые модели имеют большое количество исполнений (до 7-10 исполнений) [1]. Это затрудняет подготовку и переподготовку локомотивных бригад и работников, обслуживающих новые локомотивы. Указанные проблемы еще более актуальны для удаленных локомотивных депо, расположенных в относительно небольших населенных пунктах Сибири и Дальнего Востока.

Таким образом, для совершенствования технологии ремонта локомотивов требуется обновление технико-технологической документации, правил ремонта конкретных узлов и агрегатов, подвергнутых модернизации в процессе изготовления локомотивов, а также её своевременная поставка в сервисные депо [1]. Для ускоренной разработки такой документации и оперативного внесения в нее изменений при современном уровне развития информационных технологий требуется наличие цифровой модели локомотива [2].

В данной работе рассмотрены основные вопросы создания цифровых моделей новых локомотивов с использованием трехмерного геометрического моделирования. В ее основе лежит опыт разработки высокоточных трехмерных моделей и учебных плакатов для магистральных тепловозов серии 2ТЭ25 по заказу ЗАО «УК «Брянский машиностроительный завод» (г. Брянск).

Трехмерное геометрическое моделирование – это совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств [3]. Оно выполняется с использованием специализированных программных продуктов – систем автоматизированного проектирования (CAD-систем).

Трехмерное геометрическое моделирование бывает двух типов: поверхностное и твердотельное. Поверхностное моделирование позволяет получить геометрические элементы сложной произвольной конфигурации, поэтому часто применяется для решения задач промышленного дизайна и разработки трехмерных моделей сложных поверхностей в аэрокосмической, авиационной, автомобильной промышленности. Твердотельное моделирование имеет четкий алгоритм и подходит для построения трехмерных моделей транспортных машин, в том числе локомотивов, на основе конструкторской документации (чертежей, эскизов) [3]. Применение более сложного поверхностного моделирования оправдано при моделировании маски локомотива, как правило, имеющей обтекаемую форму, но эта задача может также быть решена с использованием инструментов твердотельного моделирования. Следует также отметить, что программные пакеты, поддерживающие полноценное поверхностное моделирование имеют более высокую стоимость. Таким образом, при построении трехмерных моделей тягового подвижного состава целесообразно использовать твердотельное геометрическое моделирование.

Трехмерная твердотельная геометрическая модель локомотива представляет собой совокупность подмоделей отдельных деталей, т.е. с точки зрения терминологии CAD-систем является большой сборкой. При построении модели детали строятся в такой конфигурации, в которой они представлены в полностью собранном и готовом к использованию локомотиве.

На основе разработанной трехмерной геометрической модели локомотива разрабатываются учебные плакаты, каталоги деталей и сборочных единиц, иллюстрации для инструкций по эксплуатации и ремонту (рис. 1).

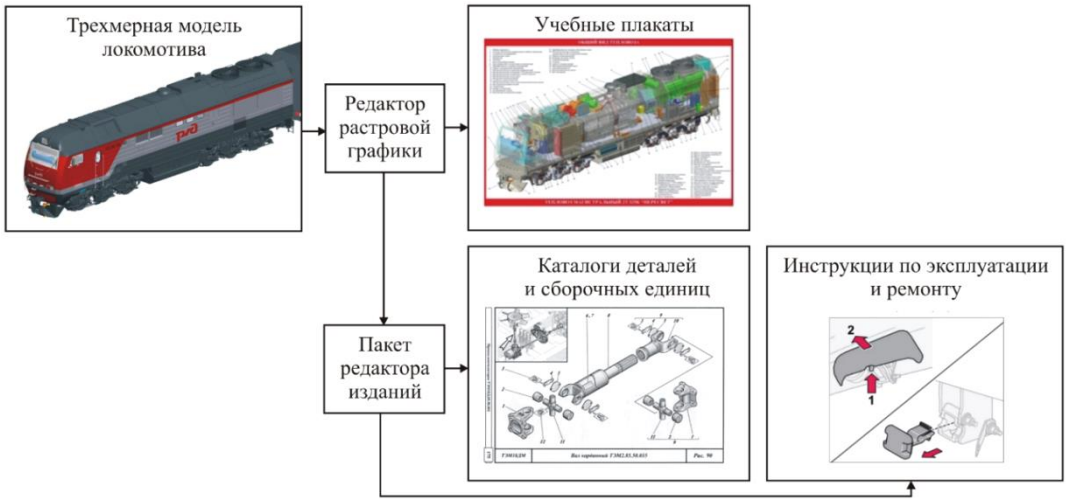


Рисунок 1 – *Использование цифровой геометрической модели локомотива для разработки технической документации и наглядных пособий*

К основным программным пакетам твердотельного геометрического моделирования, представленным на российском рынке, относятся: AutoCAD 3D; T-Flex; Компас-3D; SolidWorks.

Программный комплекс «AutoCAD 3D», разработанный компанией Autodesk (США), не позволяет использовать трехмерную параметризацию, что затрудняет быстрое моделирование различных исполнений локомотива.

Программный комплекс «T-Flex», разработанный АО «Топ Системы» (Россия), обладает широкими инструментами для параметризации. Но использует собственный алгоритм построения трехмерных объектов с использованием контуров и 3D-узлов, что не привычно для большинства специалистов, работающих в CAD-системах. Это может вызвать проблемы при создании большого коллектива для работы над моделью нового локомотива. Поэтому, с организационной точки зрения, использование данного комплекса не целесообразно.

Широкое распространение на отечественных предприятиях получил программный комплекс «Компас-3D», разработанный АО «Аскон» (Россия). В его основе лежит собственное геометрическое ядро C3D, поддерживающее большое количество операций. Существенным недостатком данного комплекса является недостаточная оптимизация геометрического ядра для работы с большими сборками, к которым относятся модели локомотивов. Это приводит к снижению производительности, невозможности построения качественно прорисованных и максимально реалистичных моделей. Поэтому при разработке геометрических моделей локомотивов использовать программный комплекс «Компас-3D» не следует.

Так как для разработки технической документации по эксплуатации и ремонту локомотивов важны максимальное визуальное сходство модели и реальных узлов, наличие системы трехмерной параметризации, высокая производительность геометрического ядра, то для создания геометрических моделей тепловозов серии 2ТЭ25 был выбран программный комплекс SolidWorks, позволяющий гибко управлять внешним видом и отображением трехмерных объектов модели [2].

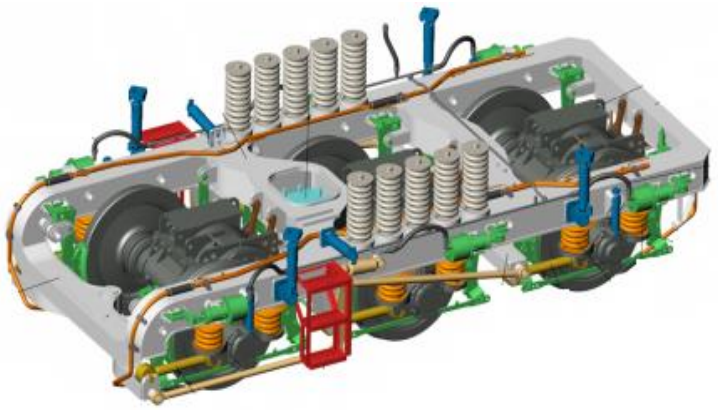


Рисунок 2 **–** Модель тележки тепловоза 2ТЭ25А

Для удобства построения конечной сборки строятся подсборки отдельных узлов или систем локомотива. Например, для тепловоза 2ТЭ25А были разработаны такие подсборки как тележка (рис. 2), водяная система (рис. 3).

Затем подсборки объединяются в единое целое с учетом обеспечения наглядности изображения. Для этого, например, ряд стен кузова тепловоза делаются полупрозрачными.

Для разработки каталогов или учебных плакатов необходимые виды с трехмерных моделей переносятся на печатные макеты с использованием специализированного программного обеспечения для работы с векторной графикой.

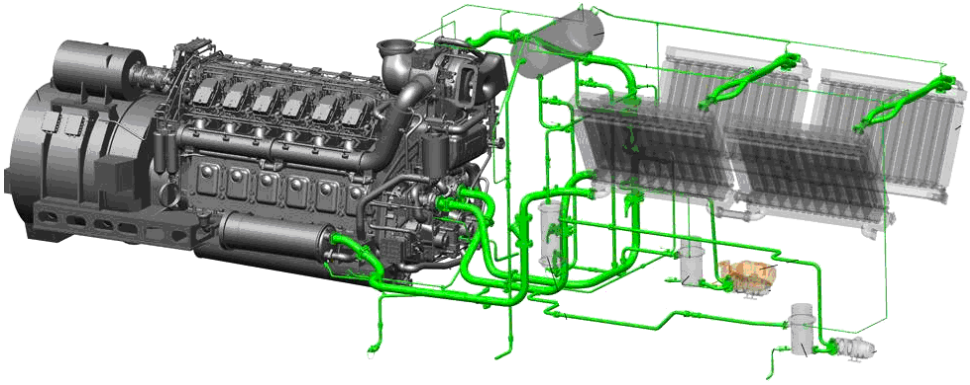


Рисунок 3 **–** Модель водяной системы тепловоза 2ТЭ25А

Если не требуется разработка детальных каталогов деталей возможно не моделировать все детали локомотива, ограничившись только видимыми на основных видах. Это позволяет на 60-70% сократить требуемый на разработку трехмерных моделей фонд рабочего времени. Однако при возникновении в дальнейшем необходимости разработки электронных каталогов эту работу придется выполнить. Поэтому при наличии возможности рекомендуется изначально разрабатывать полную модель локомотива.

Таким образом, трехмерное твердотельное геометрическое моделирование с использованием промышленных программных комплексов позволяет построить цифровую модель нового локомотива, на основе которой разработать эксплуатационную и ремонтную документацию, наглядные учебные пособия, электронные каталоги. Созданные трехмерные модели могут быть также использованы при разработке рабочих чертежей, подготовке производства, создании анимационных видеороликов, компьютерных симуляторов и т.д.

Список литературы:

1. TOP100 проблем сервисного обслуживания локомотивов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы первой международной научно-практической конференции. М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014 г. – 308 с.
2. Лагерев И.А., Говоров В.В. Создание высокоточных моделей систем магистрального тепловоза / И.А. Лагерев, В.В. Говоров // Материалы научной конференции Совета МНТО. – Брянск: БГТУ, 2012. – С. 22-23.
3. Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование / И.П. Норенков. – М.: 2000. – 188 с.

ЛАКИН И.К., д.т.н., профессор, АБОЛМАСОВ А.А., к.т.н., ЛАКИН И.И., к.т.н., ПУСТОВОЙ И.В., к.т.н., А.И.БАРАНОВ, А.А.ХРАПИН, А.В.ГРЕБЕНЮК (Инжиниринговый центр ЛокоТех, г. Москва)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЛОКОМОТИВОВ НА ЭТАПЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

В группе компаний «ЛокоТех» разработана модель управления жизненным циклом локомотивов на этапе их эксплуатации, структура которой показана на Рис.1. Модель разработана в результате выполненного анализа объекта исследования и мирового опыта организации производственных процессов. Авторы модели – специалисты дирекции по автоматизированным системам управления и информационным технологиям (АСУ и ИТ). Программное обеспечение разработано компанией АФМ-Сервис. В разработке модели активное участие принимали руководители и специалисты сервисных локомотивных депо «Тюмень», «Барабинск», «Боготол» и многих других.



Рисунок 1 *– Базовые функциональные подсистемы информационно-динамической модели управления сервисным обслуживанием и ремонтом локомотивов (модели)*

1. **Организация мониторинга эксплуатации и технического состояния локомотивов**: сбор информации о работе локомотива *A*, режимах эксплуатации локомотивов и техническом состоянии *Q* с бортовых МСУ, а также (в случае недостатка информации) со стационарных и переносных автоматизированных

систем технического диагностирования, используемых в сервисных локомотивных депо.

На этом этапе работы модели определяется фактически выполненный локомотивом объём работы A (пробег, тонно-километровая работа, расход топлива, т. и электроэнергии, кВт·ч, наличие нарушений режимов эксплуатации и их количество. Одновременно определяется фактическое состояние локомотива Q как набор параметров, характеризующих правильность функционирования оборудования и работоспособность локомотива, исправность узлов и оборудования локомотива.

2. **Организация постановки локомотивов на ремонт**, формирование графиков постановки локомотивов на ремонт: оперативное и долгосрочное планирование с учётом параметров эксплуатации локомотива A и его фактического технического состояния Q.

На этом этапе работы модели по данным о выполненной локомотивом i работе A_i, его техническом состоянии Q_i и нормативному межремонтному пробегу $A_{норм}$ определяется дата D_{Li} постановки i-го локомотива L_i на техническое обслуживание или ремонт (ТОиР):

$$D_{Li} = f(A_i, A_{норм}, Q_i). \quad (1)$$

В результате формируется график постановки локомотивов на ремонт D как совокупность дат постановки на ТОиР каждого из локомотивов:

$$D = \{D_{L1}, D_{L2}, \ldots, D_{Li}, \ldots, D_{LN}\}, \quad (2)$$

где N – общее число сервисных локомотивов депо.

3. **Внутрипроизводственное планирование** (ВПП): ресурсы Z для выполнения ремонтов R включают в себя трудовые, инструментальные, инфраструктурные (канавы, пути и др.) ресурсы, ремонтное оборудование (обточные станки, скатоподъёмники, краны, домкраты и др.), запасные части (товарно-материальные ценности, ТМЦ) и материалы повторного использования (МПИ), электроэнергию, топливо, другие виды ресурсов. Внутрипроизводственное планирование ресурсов Z осуществляется согласно прогнозным (годовым, квартальным, месячным) и оперативным (декадным, трёхсуточным, суточным) графикам ремонта D. Ресурсы Z для выполнения ремонтов R формируются по данным об объёме выполненной работы A и данным о фактическом состоянии локомотивов Q. При этом учитываются нормативы потребления ресурсов $Z_{норм}$ и статистика их потребления $Z_{стат}$:

$$Z_i = f(A, Q, Z_{норм}, Z_{стат}), \quad (3)$$

$$Z = \{Z_1, Z_2, \ldots, Z_i, \ldots, Z_M\}, \quad (4)$$

где Z_i – потребность в i-м ресурсе; M – число видов ресурсов, необходимых для организации ТОиР.

На основании потребных ресурсов Z организуется материально-техническое обеспечение ТОиР.

4. **Организация управления производственными процессами** (техническое обслуживание и ремонт локомотива (ТОиР) плановое или неплановое).

На этом этапе работы модели согласно графику постановки локомотивов D, выделенным ресурсам Z и фактическому состоянию локомотива Q организуются технологические производственные процессы ТОиР R локомотивов L в условиях сервисных депо R:

$$R_i = f\,(D_i, A_i, Q_i, Z_i), \tag{5}$$

$$R = \{R_1, R_2, \ldots, R_i, \ldots, R_N\}, \tag{6}$$

где R_i – i-я операция (работа), выполняемая в процессе ТОиР локомотива; N – число технологических операций, требуемых для ТОиР локомотива.

Технологические процессы ремонта локомотивов R организуются с учётом требований международных стандартов в области систем менеджмента качества (СМК), бережливого производства, теории вариабельности и других международных стандартов.

5. **Факторный анализ** (принятие корректирующих мер по принципу постоянного улучшения (цикл PDCA) – оперативный и периодический анализ всей совокупности информации с применением математических и логических методов с целью улучшения ключевых показателей качества ТОиР (KPI – Key Performance Indicators) с последующим планированием корректирующих мероприятий по их устранению):

$$\text{KPI} = f\,(A, D, Q, R, Z). \tag{7}$$

Предложенная модель позволяет комплексно управлять надёжностью локомотива на этапе его эксплуатации. Этап мониторинга определяет фактическое техническое состояние локомотива, что позволяет на основании объективных данных и планово-предупредительной системы ремонтов спланировать объём ремонта, под которые выделяются ресурсы и происходит ТОиР под управлением АСУ. Факторный анализ позволяет вносить корректирующие воздействия на систему, обеспечивая её устойчивую работу.

АСУ «СЕТЕВОЙ ГРАФИК»

На основании предложенной модели разработано программное обеспечение автоматизированной системы управления (АСУ) технологическими процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ). Система внедряется в сервисных локомотивных депо ООО «ЛокоТех-Сервис». На Рис.2 представлены базовые модули АСУ СГ, разработанной согласно концепции по Рис.1. Смежные функциональные блоки с белым фоном не входят в состав предлагаемой модели.

В ОАО «РЖД» совместно Дирекцией управления движением поездов (ЦД) и Дирекцией тяги (ЦТ) для тяги поездов планируются тяговые ресурсы (блок *1*). Исходные данные о работе локомотивов *A* в ОАО «РЖД» формируются в процессе их эксплуатации при тяге поездов (блок *2*), осуществляемой Дирекцией движения поездов ЦД, для чего созданы региональные центры управления тяговыми ресурсами (ЦУТР). По пробегу локомотивов (работе *A*) или в случае возникновения отказа планируется постановка локомотива в сервисное локомотивное депо на планово-предупредительный или неплановый ремонт (блок *3*). Постановка локомотива осуществляется совместно представителями эксплуатационных (ТЧЭ) и сервисных (СЛД) локомотивных депо (блоки *4* и *9*). Аналогично осуществляется приёмка локомотивов из ремонта (блоки *5* и *12*).

По данным о работе локомотивов (блок *6*) выполняется прогнозное планирование ТОиР локомотивов на семь лет для технологической подготовки производства (блок *15*), на год, квартал и месяц для планирования обеспечения производства ресурсами (блоки *16*, *17* и *18*). Прогнозное планирование осуществляется по статистическим данным о работе локомотива, времени простоя на ТОиР и статистике потребления ресурсов, на основании которых осуществляется прогнозное моделирование.

Основа оперативного управления ТОиР – мониторинг эксплуатации и технического состояния локомотивов (блок *7*) по данным АСУЖТ, бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) и деповских автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД).

По данным мониторинга (блок *7*) работы локомотива и его технического состояния осуществляется оперативное планирование постановки локомотивов на ремонт (блок *8*). Окончательно техническое состояние локомотива определяется в процессе приёмки его на ремонт (блок *9*). По итогам приёмки внутрипроизводственное ТОиР (блок *10*).

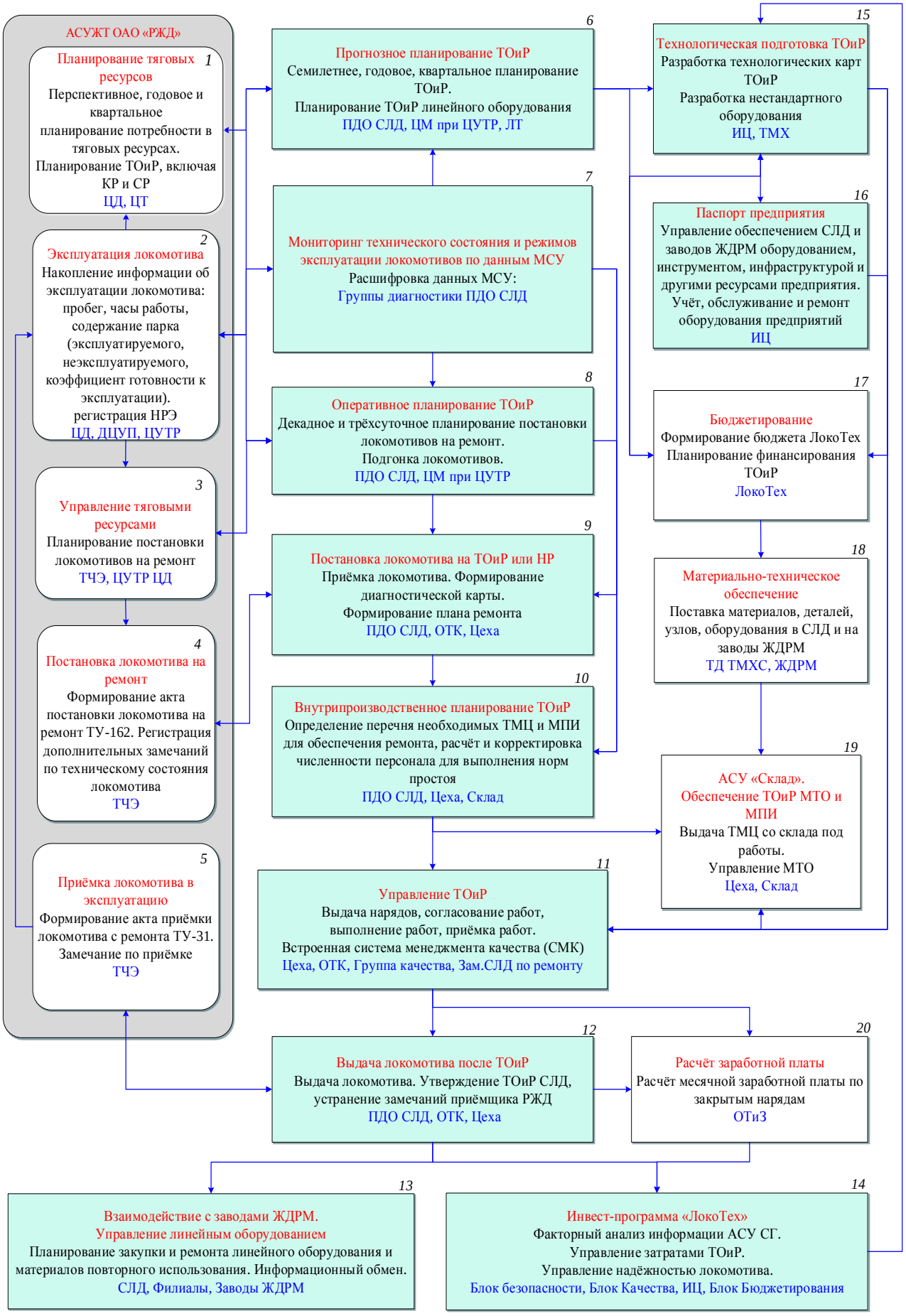


Рисунок 2 *– Структура АСУ «Сетевой график»*

По завершении планирования и подготовки производства, включая выделение ресурсов (блоки 6–10) выполняется собственно техническое обслуживание и ремонт (блок 11). При этом реализуются инкапсулированные логические и математические методы управления качеством технологических процессов, бережливого производства. В основе лежат статистические методы, принятые в теории вариабельности.

Для мотивации работников сервисного локомотивного депо на качественный и эффективный труд необходима организация сдельной оплаты труда, зависящей от объёма и качества выполненного ТОиР (блок *20*).

Локомотив из ремонта сдается в эксплуатацию (блок *12*) совместно с работниками эксплуатационного депо (блок *5*). При этом используется инструментальный контроль технического состояния локомотива – автоматизированные системы технического диагностирования (АСТД), включая диагностическую функциональность бортовых МСУ.

Сервисные локомотивные депо ориентируются на крупноблочный модульный принцип ремонта, при котором снятое с локомотива оборудование (блок, узел, деталь) при наличии сложных технологических операций отправляется на ремонтный завод, как правило, в ЖДРМ (блок *13*). На этом цикл обслуживания завершается.

Важным элементом модели является факторный анализ всех параметров жизненного цикла обслуживания и ремонта локомотива (блок *14*), позволяющий определить приоритетные направления повышения эффективности ТОиР согласно специально разрабатываемым KPI. По сути, это обратная связь цикла PDCA ТОиР.

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ДИСПЕТЧЕРСКИЙ ОТДЕЛ

Первая группа функций технического обслуживания и ремонта локомотивов (ТОиР) и соответствующих окон АСУ СГ связана с планированием ТОиР и необходимых ресурсов сервисных локомотивных депо (СЛД), которая реализуется в специально созданных в сервисных локомотивных депо производственно-диспетчерских отделах (ПДО), объединяющих инженерно-технических работников, реализующих следующие функции:

- мониторинг технического состояния локомотивов в эксплуатации;
- техническое диагностирование локомотивов при заходе в депо;
- планирование постановки локомотивов на ТОиР;
- подгонка локомотивов на ТОиР;

– приёмка локомотива;
– формирование диагностической карты локомотива;
– обеспечение производства необходимыми ресурсами;
– контроль производственных процессов ТОиР;
– выдача локомотива на линию.

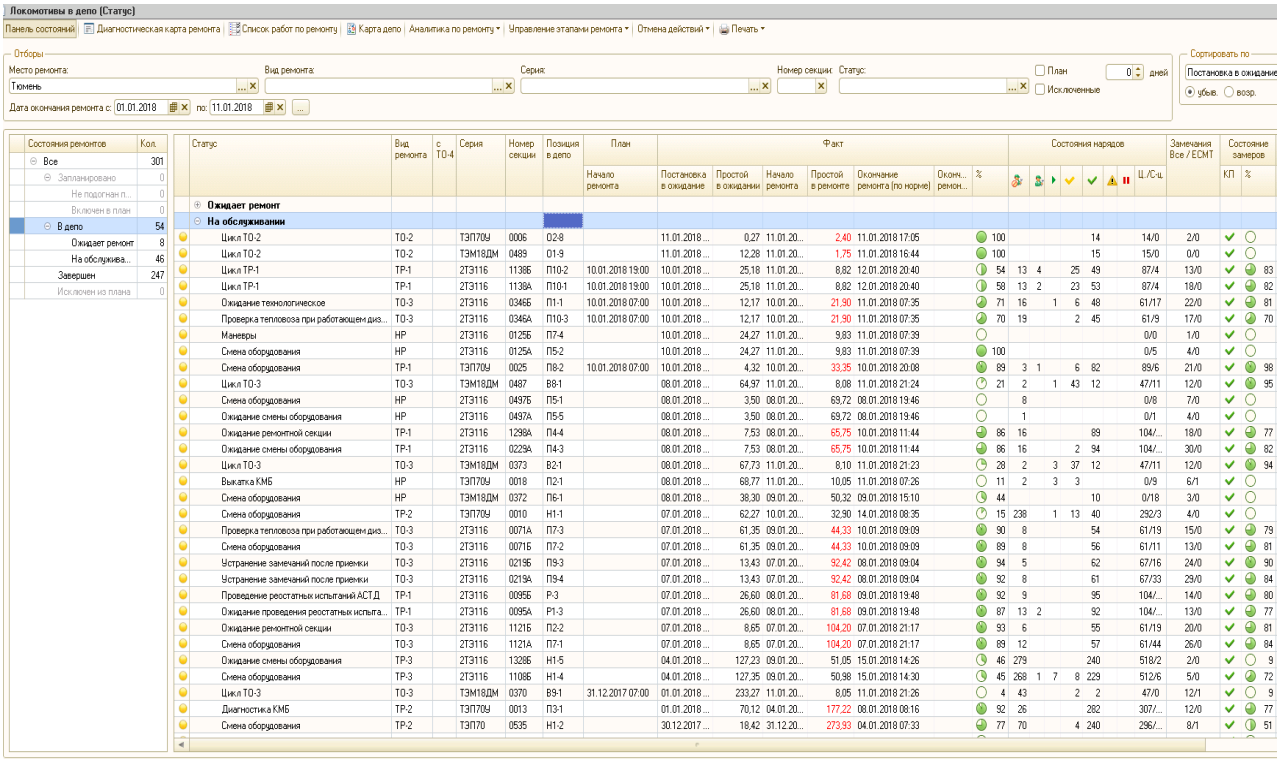
ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛД

Важная задача ПДО – управление логистикой депо: дислокацией локомотивов на путях и позициях, регистрацией причин простоя и ответственной за это стороны. Для реализации этой функции создано окно «Статус» (Рис. 3, *а*). Для каждого депо есть своя упрощенная схема депо (Рис. 3, *б*), на которой представлены основные позиции депо (пути, канавы, стойла) с указанием занятости этих путей локомотивом, а также текущим состоянием локомотива (какие операции выполняются в данный момент либо с чем связан простой).

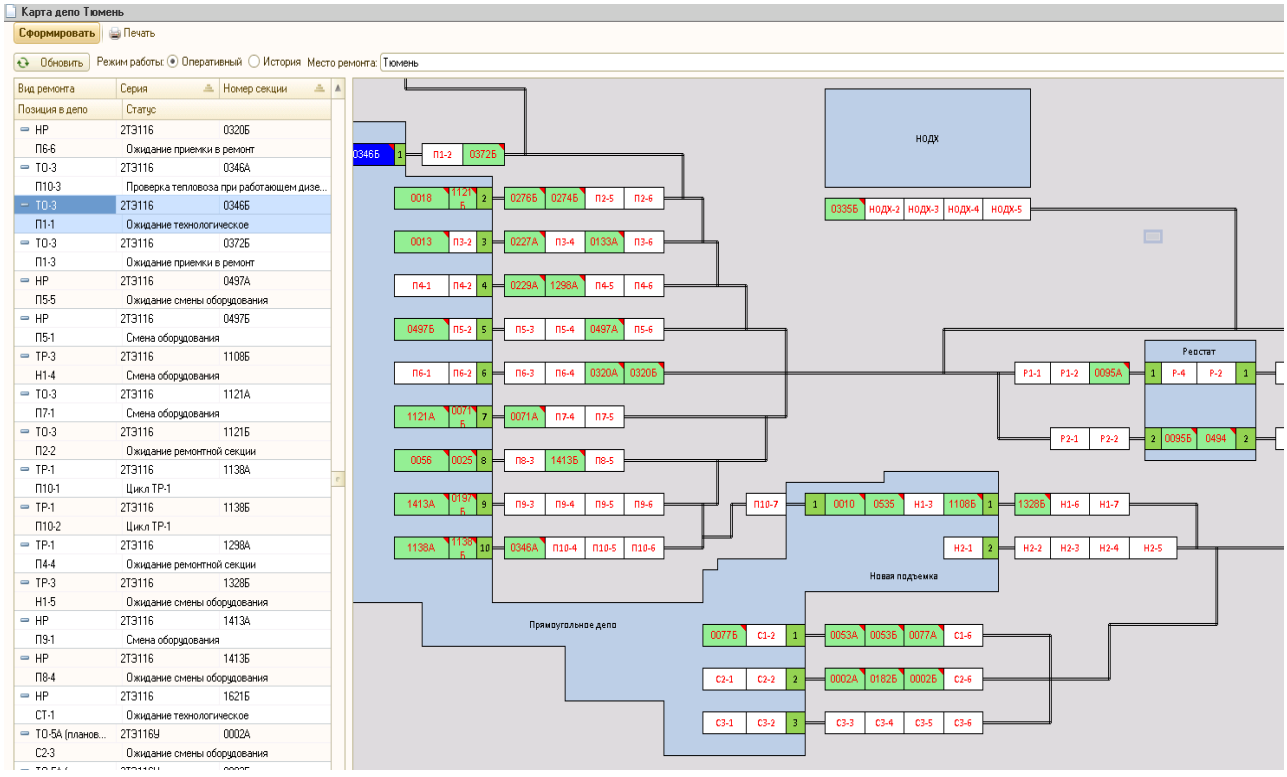
Окно ведёт диспетчер ПДО депо или оператор при диспетчере. Окно позволяет в режиме online контролировать наличие и дислокацию локомотивов в депо с указанием причины нахождения и ответственной стороны. Важной составляющей окна «Статус» является система отчётов, позволяющая анализировать причины перепростоя локомотивов на плановых и неплановых ремонтах, принимать корректирующие меры согласно принципу постоянного улучшения (циклу PDCA). Окно «Статус» – главный инструмент в управление простоем локомотивов на ТОиР в СЛД.

Кроме анализа причин перепростоя локомотивов, окна управления логистикой позволяют оперативно контролировать сбои в работе депо, выделяя цветом на электронной схеме локомотивы, нарушающие технологическую цепочку технического обслуживания и ремонта. Обычно причинами перепростоя являются занятость канав для проведения ТОиР (особенно часто – это позиции со станками для обточки бандажей колёсных пар и скато-подъемниками для замены отказавших колёсно-моторных блоков), отсутствие запасных частей, отсутствие маневрового локомотива, задержка приёмки локомотива на ремонт и его выдачи после ремонта.

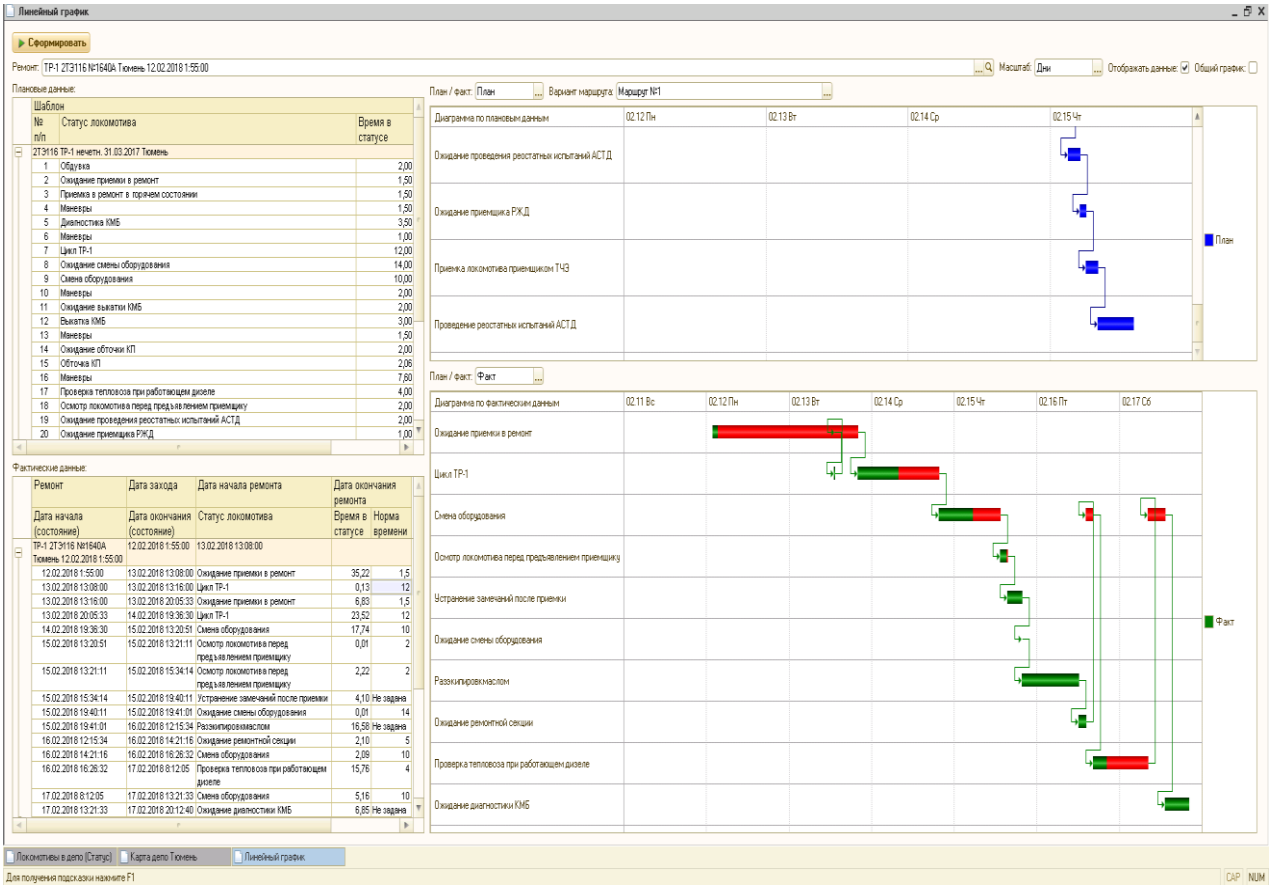
Главная проблема работы с окном «Статус» – ограниченность во времени (ввод информации должен производиться непосредственно после события передислокации или изменения статуса) и необходимость высокой исполнительной дисциплины диспетчеров.



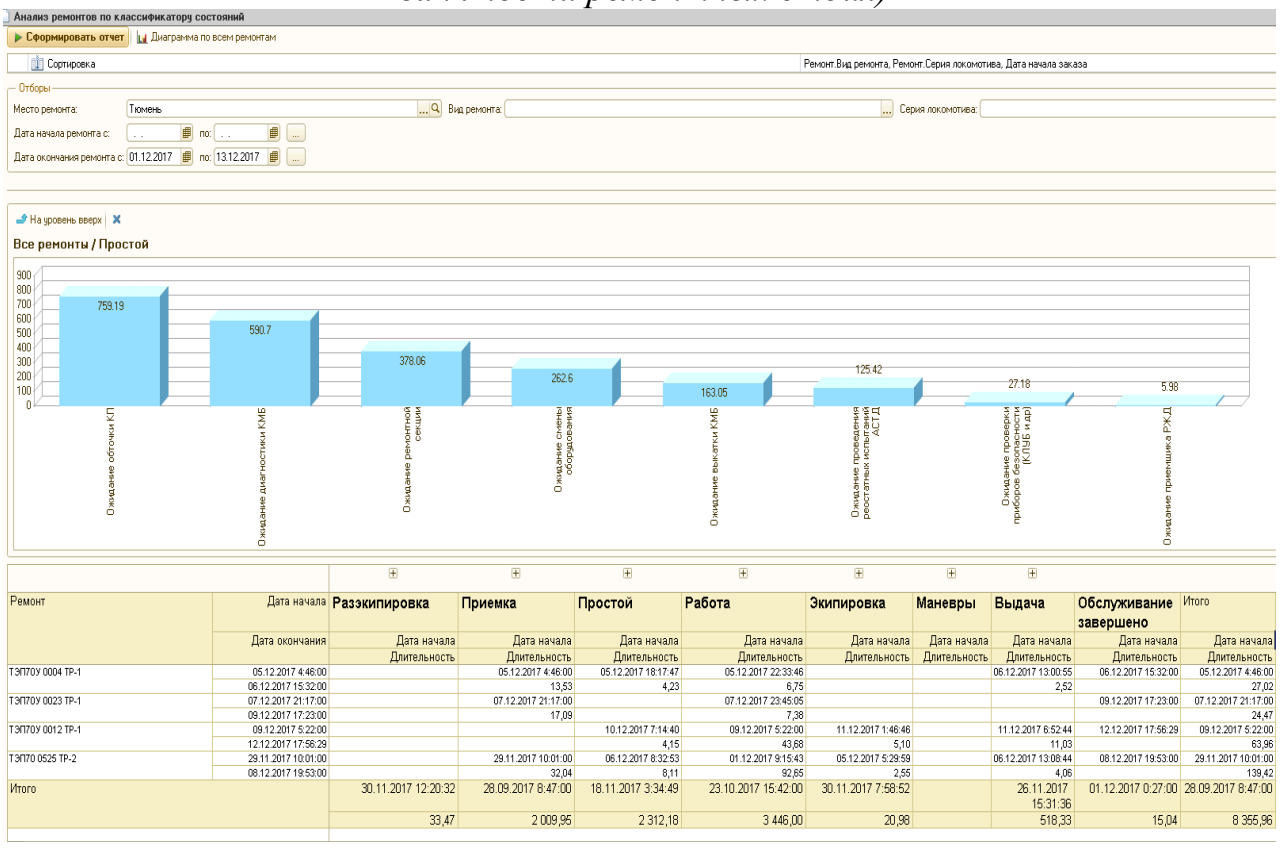
а *– Окно «Статус»*



б *– отчётная форма окна «Статус» (карта депо)*



в *– отчётная форма окна «Статус» (линейный график р локомотива и занятости ремонтных стойл)*



Ремонт	Дата начала / Дата окончания	Разэкипировка	Приемка	Простой	Работа	Экипировка	Маневры	Выдача	Обслуживание завершено	Итого
ТЭП70У 0004 ТР-1	05.12.2017 4:46:00		05.12.2017 4:46:00	05.12.2017 18:17:47	05.12.2017 22:33:46			06.12.2017 13:00:55	06.12.2017 15:32:00	05.12.2017 4:46:00
	06.12.2017 15:32:00		13,53	4,23	6,75			2,52		27,02
ТЭП70У 0023 ТР-1	07.12.2017 21:17:00		07.12.2017 21:17:00		07.12.2017 23:45:05				09.12.2017 17:23:00	07.12.2017 21:17:00
	09.12.2017 17:23:00		17,09		7,38					24,47
ТЭП70У 0012 ТР-1	09.12.2017 5:22:00			10.12.2017 7:14:40	09.12.2017 5:22:00	11.12.2017 1:46:46		11.12.2017 6:52:44	12.12.2017 17:56:29	09.12.2017 5:22:00
	12.12.2017 17:56:29			4,15	43,68	5,10		11,03		63,96
ТЭП70 0525 ТР-2	29.11.2017 10:01:00		29.11.2017 10:01:00	06.12.2017 8:32:53	01.12.2017 9:15:43	05.12.2017 5:29:59		06.12.2017 13:08:44	08.12.2017 19:53:00	29.11.2017 10:01:00
	08.12.2017 19:53:00		32,04	8,11	92,65	2,55		4,06		139,42
Итого		30.11.2017 12:20:32	28.09.2017 8:47:00	18.11.2017 3:34:49	23.10.2017 15:42:00	30.11.2017 7:58:52		26.11.2017 15:31:36	01.12.2017 0:27:00	28.09.2017 8:47:00
		33,47	2 009,95	2 312,18	3 446,00	20,98		518,33	15,04	8 355,96

г *– отчётная форма окна «Статус» (анализ логистический потерь СЛД)*

Рисунок 3 *- Скриншоты из АСУ «Сетевой график»*

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОСТАНОВКИ НА РЕМОНТ

Планирование постановки на ремонт может быть прогнозным и оперативным. При прогнозном планировании (на 7 лет, год, квартал и месяц) используется математическое моделирование работы локомотива по статистике среднесуточных пробегов и простоя локомотивов в депо. При оперативном планировании (декада, три дня, день) берутся фактические пробеги локомотивов от последних видов ТОиР. Обе функции планирования реализованы в АСУ СГ.

В результате прогнозного планирования определяются потребные ресурсы (заявки), формирование которых может занять много времени. Прогнозное планирование до появления АСУ трудоёмко, выполняется единожды. В результате сходимость прогноза с фактической постановкой на ремонт была низкой. АСУ позволяет регулярно пересчитывать прогноз (раз в месяц или квартал), что в результате делает сходимость прогноза максимальной.

При оперативном планировании наряду с определением ресурсов важной задачей является обеспечение производственного процесса депо локомотивами L за счёт их своевременной подгонки и приёмки. Работа с окнами планирования в СЛД не вызывает трудностей.

Опыт внедрения показал недостаточную сходимость результатов декадного и трёхсуточного пономерного планирования с фактически поставленными локомотивами в депо. Необходимо усиливать роль центров управления тяговыми ресурсами (ЦУТР), созданными Центральной дирекцией по управлению движением поездов (ЦД) ОАО «РЖД» на каждом полигоне. Для взаимодействия с ЦУТР сервисными компаниями созданы при них центры мониторинга эксплуатации локомотивов (ЦМ), которые по данным СЛД должны отслеживать подгонку локомотивов на ТОиР. Пока это направление работ нуждается в дальнейшем совершенствовании.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ КАРТА

Одним из главных элементов работы СЛД является формирование диагностической карты (ДК), содержащей все объективные и субъективные данные о техническом состоянии локомотива Q. ДК – это один из важнейших документов АСУ СГ, обеспечивающий управление ресурсами депо Z и надёжностью локомотивов.

Диагностическая карта состоит из закладок, на каждой из которых находится определённая информация о локомотиве (Рис. 4):

- основная (время заходы/выхода, расход топлива и электроэнергии);
- план выдачи (планируемая дата выдачи локомотива с указанием ответственного за выдачу исполнителя и руководителя);
- диагностика (совокупность данных со всех доступных систем технического диагностирования (таблица 1));
- замечания по техническому состоянию локомотива, которые должны быть устранены в процессе ремонта;
- МПИ (перечень линейного оборудования (узлов, агрегатов, деталей), демонтируемого и установленного на локомотив в процессе прохождения ТОиР);
- акты сервисного обслуживания, формируемые в процессе ТОиР;
- история (передислокации локомотива в процессе ТОиР, предыдущие ТОиР локомотивов);
- файлы (акты по ТОиР локомотива сторонних организаций).

Закладка «Диагностика» (Рис.4, б) является основным результатом реализации функции «Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов», реализуемой, прежде всего по данным бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) и деповских переносных и стационарных автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД). Также источниками информации служат ручные переносные и стационарные измерительные системы, данные которых заносятся вручную или прикладываются файлы.

Таким образом, в АСУ СГ впервые создано единое хранилище диагностической информации, которое используется как в оперативном управлении ТОиР мастерами цехов, так и при управлении надёжностью локомотивов в целом на уровне аналитического аппарата сервисных компаний и заводов-производителей.

Главная проблема закладки «Диагностика» – отсутствие автоматической передачи данных от автоматизированных систем технического диагностирования – большинство данных прикладываются в виде файлов или вводятся вручную. Наличие расшифрованных данных важно для анализа тренда показателей, прогнозирования работоспособности оборудования, его остаточного ресурса. АСУ СГ позволяет комплексно анализировать расшифрованные данные систем диагностирования.

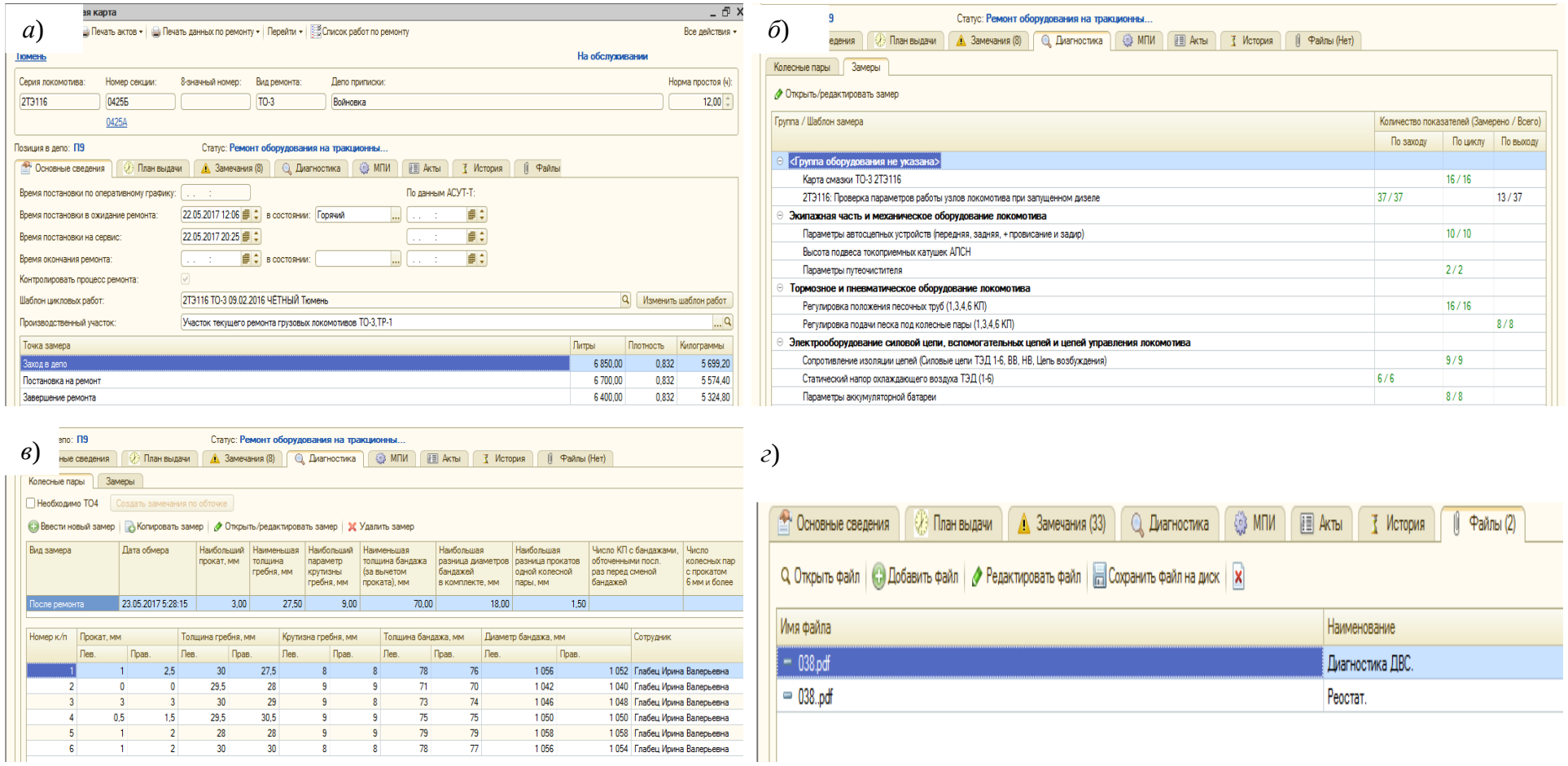
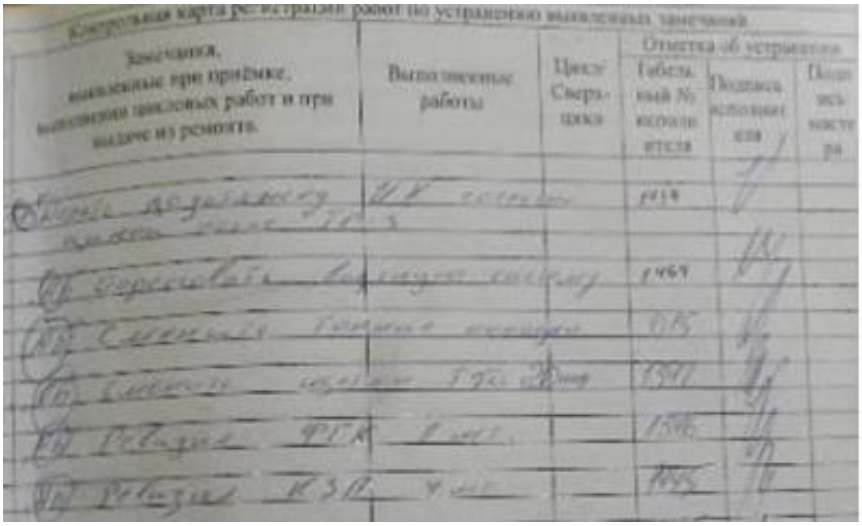


Рисунок 4 – *Закладки «Диагностика» диагностической карты АСУ «Сетевой график»*

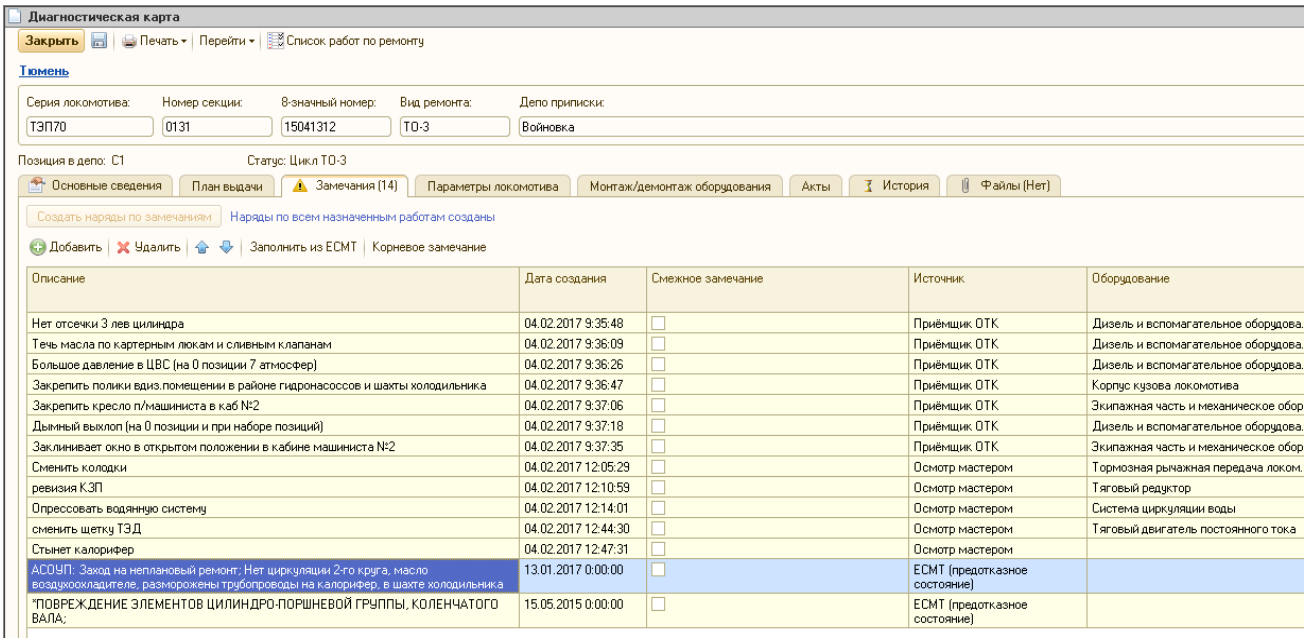
а – основные сведения; б – данные замеров локомотива; в – данные замеров колёсных пар; г – файлы

УЧЁТ ЗАМЕЧАНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ЛОКОМОТИВА

Главный итог всей работы производственно-диспетчерского отдела (ПДО) – это формирование плана работ на текущий ремонт зашедшего на ТОиР локомотива. Планово-предупредительные работы известны заранее и загружаются в систему автоматизировано с помощью специально созданных шаблонов. Дополнительные сверхцикловые работы по устранению выявленных отказов и предотказных состояний формируются по данным закладки «Замечания», которые по существовавшей до АСУ бумажной технологии фиксировались в бумажном рукописном журнале формы ТУ-28 (Рис.5). По такой форме контроль качества устранения замечаний и, тем более, анализ были крайне затруднены.



а *– существующая технология регистрации замечаний*



Описание	Дата создания	Смежное замечание	Источник	Оборудование
Нет отсечки 3 лев цилиндра	04.02.2017 9:35:48		Приёмщик ОТК	Дизель и вспомагательное оборудова.
Течь масла по картерным люкам и сливным клапанам	04.02.2017 9:36:09		Приёмщик ОТК	Дизель и вспомагательное оборудова.
Большое давление в ЦВС (на 0 позиции 7 атмосфер)	04.02.2017 9:36:26		Приёмщик ОТК	Дизель и вспомагательное оборудова.
Закрепить полики вдиз.помещении в районе гидронасоссов и шахты холодильника	04.02.2017 9:36:47		Приёмщик ОТК	Корпус кузова локомотива
Закрепить кресло п/машиниста в каб №2	04.02.2017 9:37:06		Приёмщик ОТК	Экипажная часть и механическое обор
Дымный выхлоп (на 0 позиции и при наборе позиций)	04.02.2017 9:37:18		Приёмщик ОТК	Дизель и вспомагательное оборудова.
Заклинивает окно в открытом положении в кабине машиниста №2	04.02.2017 9:37:35		Приёмщик ОТК	Экипажная часть и механическое обор
Сменить колодки	04.02.2017 12:05:29		Осмотр мастером	Тормозная рычажная передача локом.
ревизия К.ЗП	04.02.2017 12:10:59		Осмотр мастером	Тяговый редуктор
Опрессовать водянную систему	04.02.2017 12:14:01		Осмотр мастером	Система циркуляции воды
сменить щетку ТЭД	04.02.2017 12:44:30		Осмотр мастером	Тяговый двигатель постоянного тока
Стынет калорифер	04.02.2017 12:47:31		Осмотр мастером	
АСОУП: Заход на неплановый ремонт; Нет циркуляции 2-го круга, масло воздухоохладителе, разморожены трубопроводы на калорифер, в шахте холодильника	13.01.2017 0:00:00		ЕСМТ (предотказное состояние)	
*ПОВРЕЖДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ, КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА;	15.05.2015 0:00:00		ЕСМТ (предотказное состояние)	

б *– предлагаемая электронная технология регистрации замечаний*

Рисунок 5 *– Регистрация замечаний по техническому состоянию локомотива*

При внедрении АСУ «Сетевой график» появилась возможность формирования полного объема информации об «истории болезни» локомотива (на протяжении всего срока эксплуатации) – при заходе локомотива в депо в системе уже есть информация о проблемных узлах, требующих проведения дополнительной диагностики, либо сверхцикловых работ. Значит, есть возможность заранее планировать ресурсы (трудовые, материальные и др.) под дополнительный объем работ.

Вся информация аккумулируется в диагностической карте локомотива в закладке «Замечания» (Рис. 5, *б*) и представляет собой задание на выполнение сверхцикловых работ мастерам цехов. Наряду с объективными источниками информации (см. закладку «Диагностика»), используются субъективные источники информации: бортовой журнал локомотива (форма ТУ-152), результаты визуального осмотра при приёмке локомотива на ТОиР (группа приемки локомотива, мастера цехов, приемщики ОТК, замечания по комплектности локомотива) и др.

ПЕРЕДЕЛЫ И МАСТЕРА ПЕРЕДЕЛОВ

Вторая группа рабочих мест в АСУ СГ – это рабочие места мастеров переделов (в теории управления предприятием введено универсальное понятие «передел»: относительно обособленная часть технологического предприятия, совокупность производственных операций, завершающаяся получением законченного полуфабриката).

Всё депо разбивается на систему взаимосвязанных переделов, за каждым из которых закрепляется своя ремонтная функциональность. Условно все виды переделов можно разбить на основные цеха (в которые заходит локомотив для выполнения определённого вида ТОиР: ТО-2, ТО-3, ТР-1 и др.), вспомогательные по видам оборудования (топливный, аппаратный, автоматный, электромашинный и др.) и заготовительные (слесарный, токарный, фрезерный, кузнечный и др.).

Переделы также делятся на три категории: категория 1 выполняет непосредственно ТОиР на локомотиве, категория 2 осуществляет ТОиР узлам и агрегатам локомотива, так называемым МПИ во вспомогательных участках, категория 3 занимается поддержанием работоспособности депо в целом (проведение планово-предупредительного ремонта станочного оборудования, содержание зданий и сооружений в работоспособном состоянии), как правило, работники переделов категории 3 находятся на повременной оплате труда (при этом сменно-суточное задание формируется на все категории без исключений).

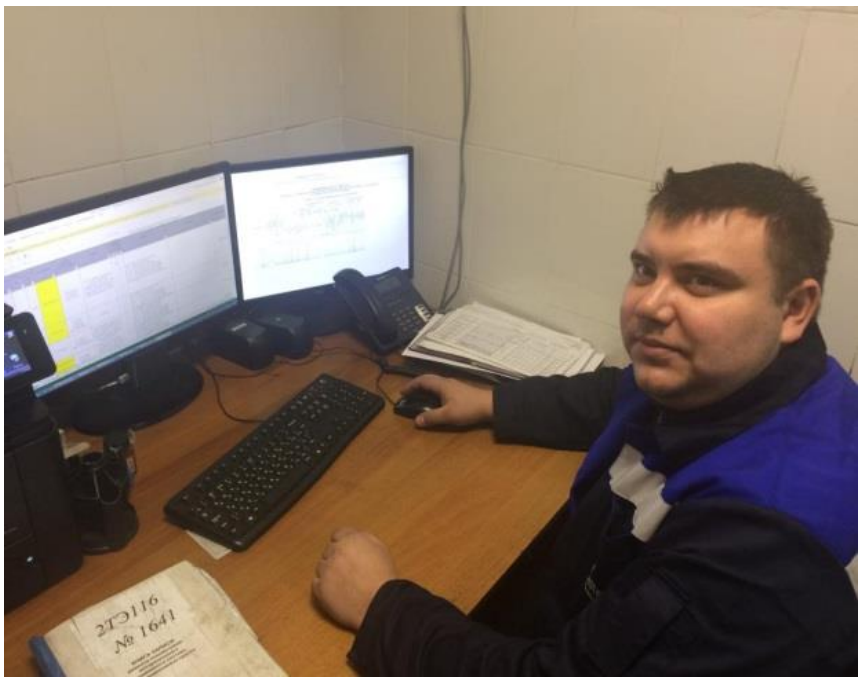


Рисунок 6 *– Рабочее место мастера (формирование объёма ремонта, назанчение и приёмка работ полностью автоматизированы по безбумажной технологии)*

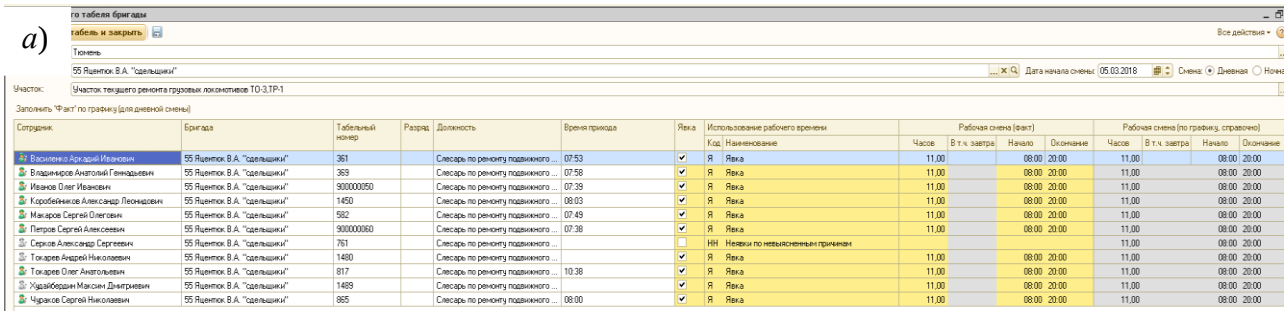
УПРАВЛЕНИЕ РЕМОНТНЫМИ РАБОТАМИ

На основании диагностической карты АСУ СГ (прежде всего закладок «Диагностика» и «Замечания») мастер передела планирует цикловые и дополнительные работы. Весь процесс отображается на экране компьютера мастера с использованием дружественного интерфейса.

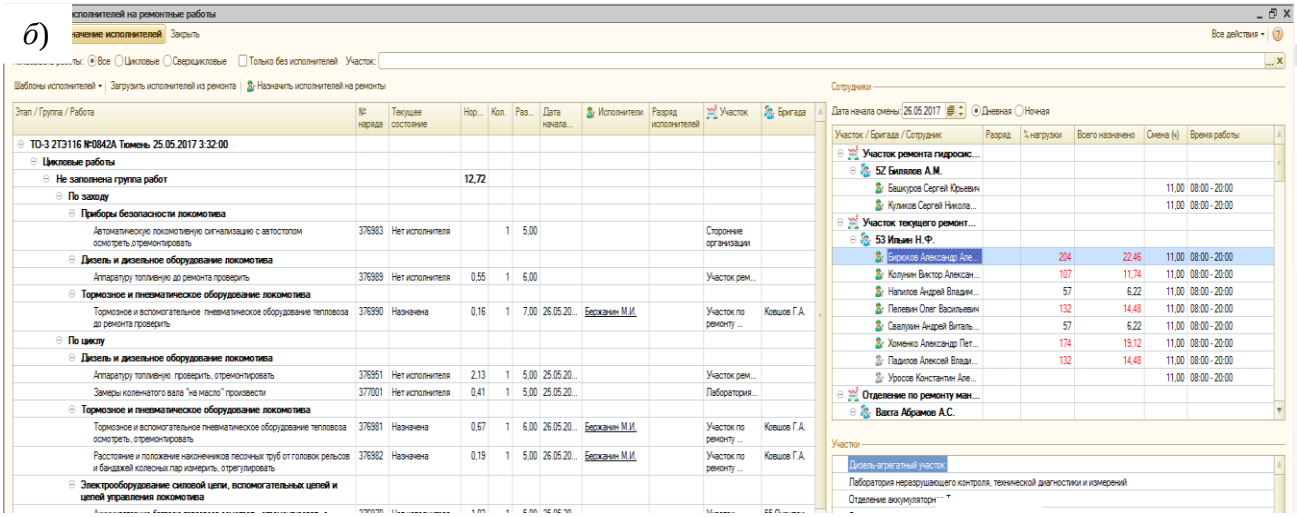
Окно мастера, наряду с окном «Диагностическая карта», является ключевым в системе. Во многом качество ремонта определяется правильностью действий мастера (выбор дополнительных работ, выбор и расстановка исполнителей (слесарей), контроль их действий и качества выполненных работ, приёмка работ). Работа мастера в АСУ СГ происходит в условиях дефицита времени. Как ни в одном другом месте здесь нужен максимально дружественный интерфейс и система поддержки принятия решений.

Работа мастеров начинается с формирования табеля сотрудников (Рис.7, *а*), где мастер подтверждает явку сотрудников на работу (первичную явку фиксирует сам исполнитель путем отметки смарт-картой на любом рабочем терминале, расположенном в цехе). После формирования табеля мастер комплектует индивидуальное сменно-суточное задание каждому члену бригады (Рис.7, *б*). В процессе выполнения ТОиР локомотива и МПИ мастер осуществляет оперативный контроль выполнения работ с фиксацией данных в информационной системе.

а)



б)



в)

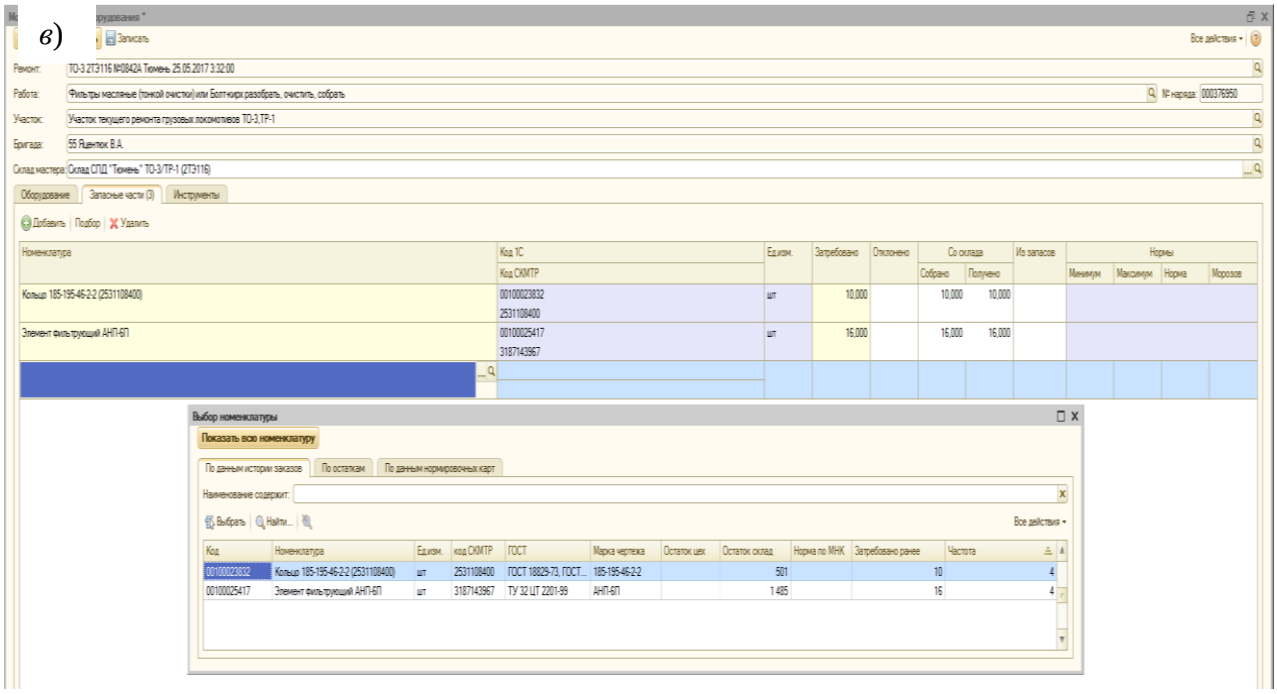


Рисунок 7 *– Скриншоты окна управления работами*

а *– формирование табеля;* ***б*** *– назначение работ исполнителям;* ***в*** *– заказ материалов на складе*

Помимо формирования объема работ и сменно-суточных заданий, мастера переделов для ТОиР локомотива заказывают на складе товарно-материальные ценности (ТМЦ) и МПИ. Система подсказывает мастеру (Рис. 7, *в*), какие материалы и ТМЦ необходимы для той или иной работы (отображаются история предыдущих заказов ТМЦ, остатки ТМЦ, а также нормы расхода). После определения мастером потребности, заявка попадает сотруднику склада, где комплектуются «корзины» ТМЦ и МПИ. По готовности заявки мастер получает сообщение: «Корзина сформирована». Формирование лимитно-заборной ведомости формы М-11 происходит автоматически.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Работа исполнителей (слесарей, электромехаников и др.) в АСУ СГ максимально упрощена: слесарь с использованием индивидуальных смарт-карт работает с информационными «киосками» (терминалами), установленными в цехах, отмечает свой приход на работу, просматривает порученные ему работы и последовательно отмечает их исполнение (Рис. 8). Закончив работу, слесарь отмечает это в режиме online. При возникновении проблем слесарь переводит работу в состояние «Пауза» с указанием причины (отсутствие запасных частей, отвлечение на другую работу, недоступность оборудования и др.). Так формируется график исполнения работ. Опыт внедрения показал, что по мере роста культуры достаточно дорогостоящие «киоски» можно заменять на альтернативные компьютеры-экраны. Однако при этом использование виртуальной клавиатуры оказалось неудобным – было решено поставить стационарную клавиатуру. Непосредственная работа исполнителей в АСУ СГ – один из ключевых элементов АСУ, позволяющий добиться полноты и достоверности информации.

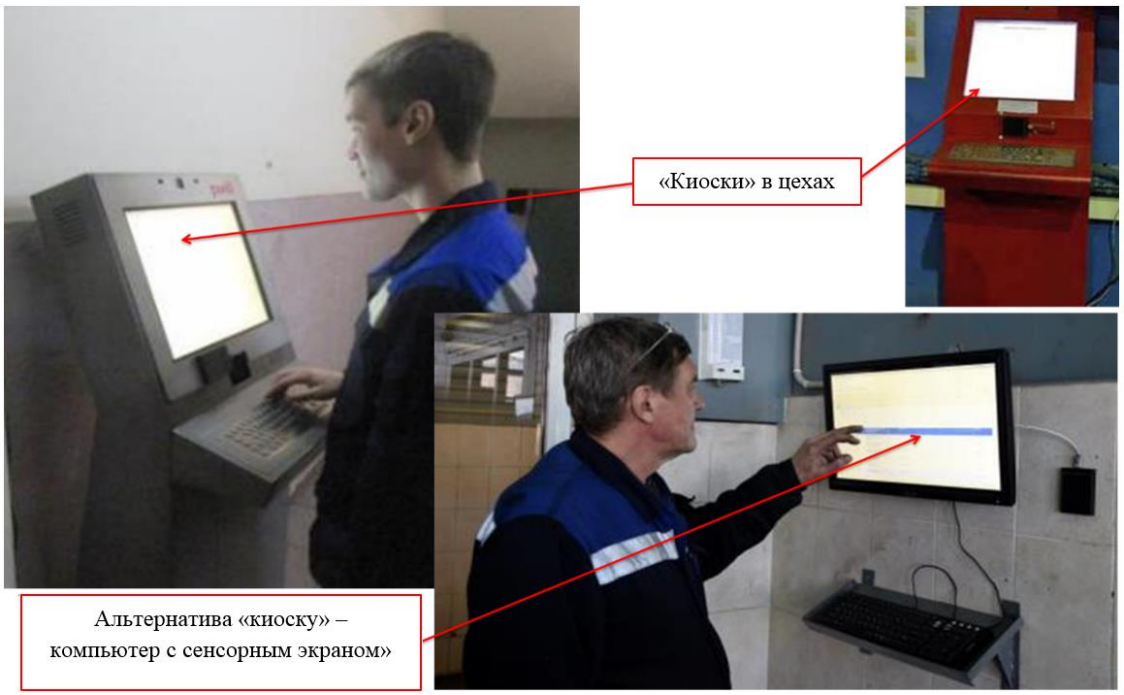


Рисунок 8 *– «Киоски» для работы исполнителей в АСУ СГ*

СОКРАЩЕНИЕ НАКЛАДНЫХ ЗАТРАТ

Работа вспомогательных подразделений депо (бухгалтерии, экономистов, кадров и др.) автоматизируется стандартными программными средствами систем ERP. При внедрении АСУ СГ исключается ручной ввод информации, автоматизируется поступление первичной информации о производственных процессах (так называемые первички), в результате чего ускоряется ввод информации, повышается достоверность и полнота информации, сокращаются трудозатраты. Внедрение АСУ СГ позволяет существенно сократить затраты на вспомогательный (непроизводственный) персонал депо. Создаются предпосылки даже для исключения отдельных подразделений депо с переносом их функций на уровень филиала, центрального аппарата и даже аутсорсинговой или аутстафинговой компаний.

НАЧИСЛЕНИЕ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

После прохождения технологической цепочки планирования работ в производственно-техническом отделе, назначения работ мастером, выполнения работ слесарями, приёмки работ мастером, представителем ОТК и руководством депо (заместителем начальника депо по ремонту) в базе данных АСУ СГ готова информация для начисления заработной платы, которое в 1С ERP происходит с использованием программного модуля ЗиУП. После выхода локомотива из ремонта информация о выполненных работах поступает в электронном виде в отдел труда и заработной платы (ОТиЗ), который проверяет корректность закрытых нарядов, после чего вводит их в модуль расчёта заработной платы 1С – в ЗиУП. Таким образом, вся цепочка управления работами и начислением заработной платы выполняется в электронном виде.

УПРАВЛЕНИЕ РАСХОДОМ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ

Важный эффект от внедрения АСУ СГ – автоматизация выдачи товарно-материальных ценностей (ТМЦ) на складе депо. Раньше эта операция занимала у мастеров достаточно много времени, т.к. требовала их личного участия в получении ТМЦ, вручную заполнялась лимитно-заборная ведомость формы М-11. В АСУ СГ имеется возможность использовать нормативно-справочную информацию о потребных ТМЦ. Мастер может также сам указать, какие материалы ему нужны. Предусмотрена самообучающаяся система, запоминающая предыдущие действия мастера при выполнении работ.

УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТОМ МАТЕРИАЛОВ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Принципиально новое качество управления, которое даёт АСУ СГ, – это учёт всех видов материалов повторного использования, причём не только входящих в ограниченное понятие «линейное оборудование». Важно, что учёт МПИ является номерным, индивидуальным по каждому конкретному узлу. В

результате формируется база данных не только о жизненном цикле локомотива в целом, но и о каждом конкретном МПИ всех выбранных типов. Решение задачи управления жизненным циклом МПИ выводит управление работой сервисного локомотивного депо на качественно новый уровень: создаются предпосылки для существенного расширения списка линейного оборудования вплоть до всех видов МПИ, как это предусмотрено договором сервисного обслуживания [53–55]. Значительно снижается трудоёмкость оформления сопроводительных управленческих и бухгалтерских документов с обеспечением контроля правильности документооборота.

АСУ СГ блокирует возможность выдачи ТМЦ или МПИ под работу, если эти материалы не предусмотрены технологической картой. С другой стороны, нельзя закрыть наряд на работу, если необходимые ТМЦ и МПИ не получены на складе и соответствующие МПИ не были сданы на склад. Таким образом, реализуется технология «Встроенное качество».

ОРГАНИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ПРИЧИН ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ

Главное проявление проблем с качеством в процессе ТОиР – наличие дополнительных работ, не предусмотренных системой планово-предупредительных ремонтов. Разбор причин возникновения дополнительных сверхцикловых работ («Управление инцидентами») и устранение первопричин («Управление проблемами») – важная составляющая АСУ СГ.

Работа над качеством ремонта начинается с экспресс-разбора мастером причин возникновения дополнительных работ. После назначения и исполнения дополнительной работы перед приёмкой работы мастер должен произвести экспресс-разбор (заполнить поля в окне экспресс-анализа причины возникновения дополнительной работы (Рис.9) по методике 5W2H). Только после заполнения обязательных полей программа позволит принять работу. Данные окна экспресс-анализа наряду с объективными данными о трудозатратах и затраченных товарно-материальных ценностях служат исходными данными для управления надёжностью локомотива, затратами ресурсов и качеством ТОиР (Рис.10).

Для работы с окном экспресс-анализа используются классификаторы, позволяющие как ускорить работу мастера, так и систематизировать последующий анализ.

Заполняемыми по форме на Рис.9 полями анализ не ограничивается, т.к. из АСУ СГ «подтягивается» информация о работнике, заводе-изготовителе детали, а также другие данные, необходимые для комплексного факторного анализ надёжности локомотива с целью принятия корректирующих воздействий по принципу постоянного улучшения.

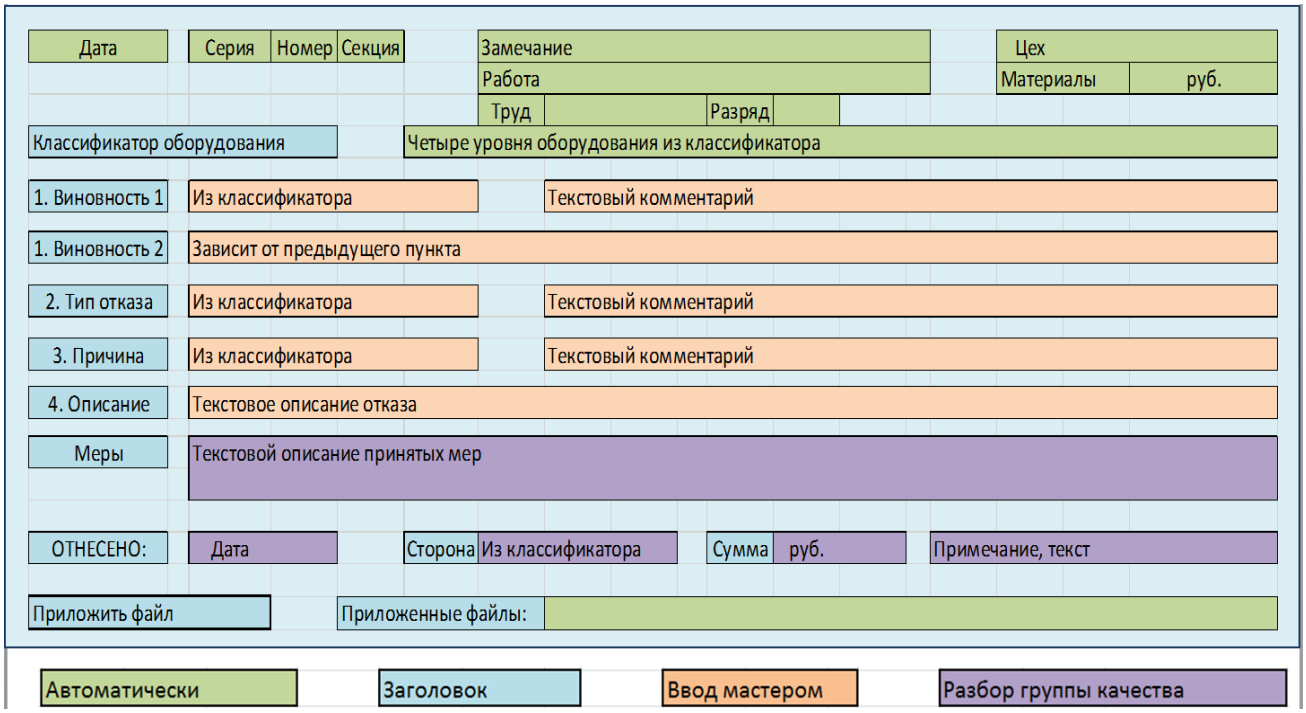


Рисунок 9 *– Окно экспресс-анализа причины возникновения дополнительной (сверхикловой) работы*

ВНЕДРЕНИЕ АСУ «СЕТЕВОЙ ГРАФИК»

Базовым локомотивным депо, на котором выполнены исследовательские, экспериментальные, опытные работы и отладка, а также первое внедрение проекта АСУ СГ, было сервисное локомотивное депо Тюмень (СЛД). В депо обслуживается 290 секций тепловозов грузовых, пассажирских и маневровых серий, работают 676 работников. Депо выполняет 24 тыс. ремонтов и обслуживаний в год, в том числе 20 тыс. в объёме ТО-2, 1400 – ТО-3, 450 – ТР-1, 75 – ТР-2, 30 – ТР-3, 6 – СР. Работа над проектом АСУ СГ начата в 2015 г. как развитие проекта «Автоматизированная система управления надёжностью локомотивов» (АСУНТ). В апреле 2018 г. АСУ СГ внедрена в сервисных локомотивных депо Тюмень, Югра (г. Сургут), Барабинск, Боготол-Сибирский, Тында-Северная, Амурское (г. Комсомольск-на-Амуре), Дальневосточное (г. Хабаровск), Москва-Сортировочная, Вязьма, Ожерелье, Россошь, Братское, Канск-Иланский, Нижнеудинское, Чита, Белогорск, Карасук, Инская, Барнаул, Серов, Топки, Елец, Лиски, Воронеж.

АСУ СГ внедрена в работу производственно-диспетчерских отделов 85 сервисных локомотивных депо для оперативного планирования и формирования диагностической карты зашедшего на ремонт локомотивов. В группе компаний «ЛокоТех» принято решение внедрить систему во всем сервисных локомотивных депо: более 200 объектов, включая базовые депо, сервисные отделения и участки.

.

ЛАПИЦКАЯ Т.В., генеральный директор д.т.н. ЛАПИЦКИЙ В.А., научный директор, к.т.н. АО «ЭНПЦ Эпитал»

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ ПЕРЕД ИЗДЕЛИЯМИ ИЗ МЕТАЛЛОВ

При одинаковых прочностных характеристиках эпоксидные стеклопластики в 4 раза легче стальных изделий, углепластики - в 6 раз. Усталостная прочность и устойчивость к знакопеременным нагрузкам у эпоксидных стеклопластиков в 2 раза, а у углепластиков в 4 раза выше, чем у стали. При отрицательных температурах (до -196°С) прочностные характеристики эпоксидных стеклопластиков увеличиваются, в то время как металлы охрупчиваются. Коррозионная стойкость эпоксидных стекло- и углепластиков в десятки раз превышает устойчивость металлов.

За последние 20 лет в России, Казахстане и других странах СНГ накоплен большой опыт применения и эксплуатации эпоксидных композитов на основе связующих, разработанных АО «ЭНПЦ Эпитал». Из наших систем впервые в мире изготовлены цельно-композитные корпуса вертолетов, которые успешно прошли летные испытания на МАКС. Изготовлены 12- и 24-местные композитные экранопланы, которые также успешно прошли летные испытания. Более 7 лет успешно эксплуатируется композитная арматура бетонных панелей. Изготовлены и успешно эксплуатируются тысячи цельно-композитных и гибридных изделий: емкости, трубы, баллоны, суда, лопатки электродвигателей. Методами ручной выкладки изготовлено огромное количество маломерных судов, каноэ, катамаранов. Методом вакуумной инфузии более 5 лет в Подмосковье изготавливаются цельные 12 метровые стеклопластиковые катера, стеклопластиковый корпус которых при значительно более высокой прочности, в 4,5 раза легче стального и в 3 раза легче алюминиевого из сплава АМГ-6. Срок успешной эксплуатации стеклопластиковых труб из связующего Этал-50 для напорных труб пожаротушения составил к настоящему времени более 20 лет.

Трубопроводы из Этал-370 для прокачки высокосернистой нефти с Tº до 105ºС эксплуатируются на магистральных нефтепроводах более 15 лет. Наибольший экономический эффект дало их применение для насосно-компрессорных труб, где металлические подлежат замене через 1,5 года эксплуатации, замена подразумевает остановку нефтедобычи со всеми вытекающими последствиями. Срок службы НКТ труб из Этал-370 превысил срок службы металлических в 10 раз. За последние 5 лет экономический эффект только на двух месторождениях в Казахстане составил 1 млрд тенге. Прогнозируемый срок эксплуатации композитных труб в указанных условиях составляет 50 лет.

Успешно эксплуатируются эпоксидные стеклопластики из Этал-370/5 в постоянном контакте с 50% H_2SO при Т= 60ºС; в концентрированных щелочах; контакте с широким спектром углеводородов. Состав Этал-1472ТГ обеспечи-

вает марку горючести Г1. Изделия из Этал-1472ТГ удовлетворяют требованиям по самозатухаемости для изделий гражданской авиации, требованиям АП-25 для каркасов кресел пилотов. Связующие Этал-245 и Этал-245Б в течение 20 лет успешно используются для производства газовых баллонов для грузового автотранспорта и пассажирских автобусов. Газовые баллоны на эпоксидных связующих выдерживают внутреннее давление и количество циклов знакопеременных нагрузок на 25% выше требований стандартов США к изделиям этого типа и являются абсолютно безопасными.

Для намотки баллонов небольших размеров и баллонов с ПЭ лейнером применяют связующее Этал-Инжект SL. Указанное связующее применяется как для намотки стекло-, так и углеволокна.

Композиты являются прекрасным технологическим и коммерчески выгодным решением при изготовлении матриц и другой технологической оснастки для полимеров и композитов, как в процессе изготовления, так и по эксплуатационным характеристикам. Нами выпускаются материалы для конструкционного слоя и декоративно-защитного покрытия, в т.ч. марки с повышенной теплостойкостью.

Это лишь небольшая выборка применений выпускаемых нами эпоксидных материалов. Нами также выпускается широкий ассортимент материалов для строительства: составы для систем внешнего армирования - ремонта и усиления несущих конструкций, ремонта емкостей и трубопроводов (нефте-, газопроводов, труб питьевого и хозяйственного водоснабжения), для нанесения антикоррозионных, огнезащитных покрытий и декоративных покрытий с повышенной устойчивость к УФ и агрессивным средам.

Стеклянные и базальтовые эпоксидные композиты являются надёжной защитой от проникающей радиации. Использование композитов позволяет резко снизить шумовой эффект при эксплуатации массивных изделий. Они являются прекрасными диэлектриками. Все эпоксидные композиты являются обитаемыми, т.е. не выделяют никаких вредных веществ.

Эффективность применения композитов в авиации не вызывает сомнений. Современные марки самолетов новые Боинги, российские МС-21, соответственно на 70% и 50%, состоят из, преимущественно, эпоксидных композитов. За рубежом широко известны примеры применения эпоксидных композитов в железнодорожном транспорте. В США ещё с середины 60-х годов прошлого столетия были изготовлены и успешно эксплуатируются железнодорожные цистерны из эпоксидных стеклопластиков диаметром 2,7 и длиной 16,7 м. Создание высокоскоростных поездов предъявляет столь же высокие требования к подвижному составу по показателю удельной прочности, которые используются в авиации.

Описанные материалы эксплуатируются во многих отраслях промышленности в течение нескольких десятилетий.

ЛОБЫЦИН И.О., ДУЛЬСКИЙ Е.Ю., ХУДОНОГОВ А.М., ИВАНОВ П.Ю.
(ИрГУПС, г. Иркутск)

ТЕРМОРАДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАЛЬЦЕВ КРОНШТЕЙНО ЩЁТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ ТЭД ЛОКОМОТИВОВ

Тяговые электрические машины относятся к максимально нагруженному оборудованию локомотивов, поэтому в процессе работы они подвержены влиянию электромагнитных, механических, тепловых и атмосферных факторов, оказывающих комплексное воздействие на эксплуатационные показатели локомотивов.

Условия эксплуатации локомотивов на различных дорогах резко отличаются не только климатом, но и профилем пути, колебанием напряжения в контактном проводе, грузонапряженностью и интенсивностью движения. Поэтому в процессе эксплуатации двигатели подвергаются высоким и переменчивым нагрузкам, что в первую очередь отрицательно сказывается на работе коллекторно-щеточного узла и состоянии рабочей поверхности коллектора, и, в конечном итоге, приводит к повышенному искрению под щетками, ухудшению коммутации, образованию кругового огня по коллектору и перебросам электрической дуги.

На Рис. 1 представлен анализ неисправностей тяговых электродвигателей (ТЭД) электровозов серии ВЛ80Р приписки ТЧЭ -1 Боготол за 2014-2017 гг.

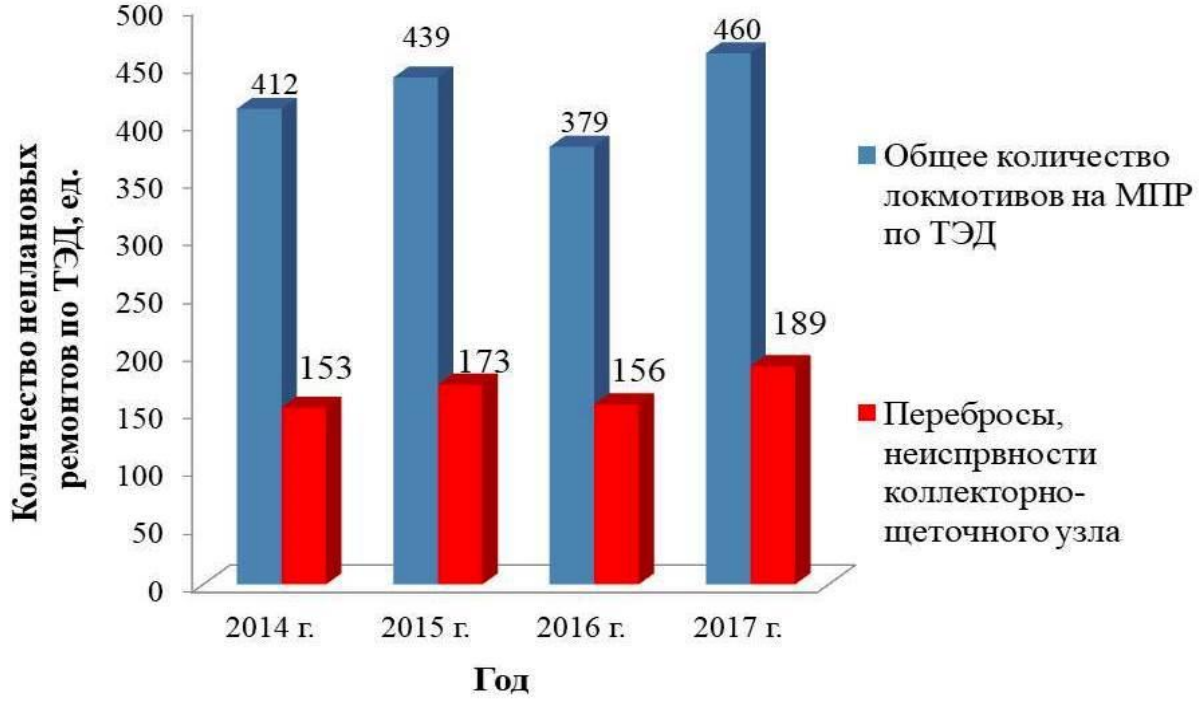


Рисунок 1 – Количество неплановых ремонтов по ТЭД и количество неисправностей коллекторно-щеточного узла (КЩУ) локомотивов серии ВЛ80Р приписки ТЧЭ -1 Боготол за 2014-2017 гг.

Проанализировав количество неплановых ремонтов за 2014 - 2017 гг. электровозов приписки ТЧЭ-1 Боготол, можно сделать вывод о том, что доля отказов ТЭД является постоянно высокой. Причём порядка 35 % отказов приходится на КЩУ по локомотивам на линиях.

Определенные резервы повышения надежности коллекторно-щёточного узла заложены в дальнейшем совершенствовании его конструкции и технологии изготовления. Прежде всего, необходимо повысить поверхностную электрическую прочность изоляционных деталей — пальцев кронштейнов щеткодержателей.

Учитывая то, что анализ смены изоляционных пальцев кронштейнов щеткодержателей не ведется, необходимо было изучить «Журнал межпоездного ремонта локомотивов», который заполняют дежурные слесари по ремонту ТЭД в СЛД-75 Боготол-Сибирский. В данном журнале указывается дата и причина захода локомотива на неплановый ремонт, затем идет описание выполненных работ по устранению замечаний.

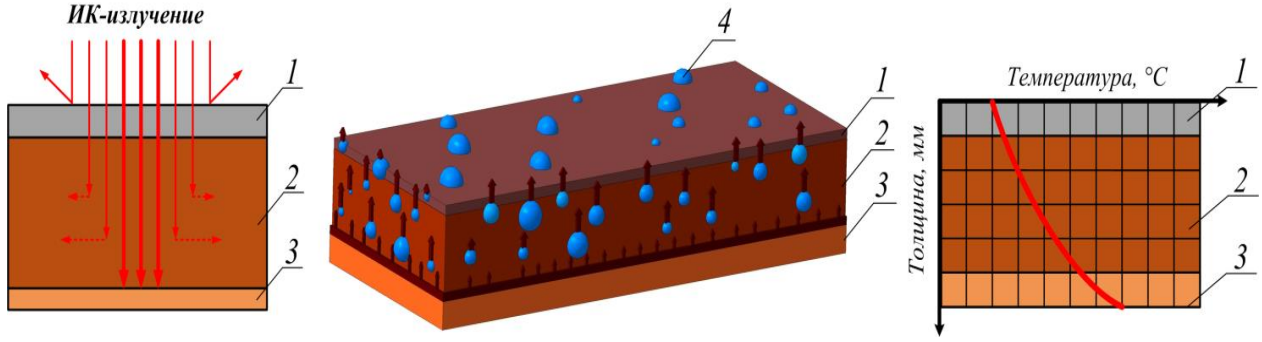
Половина отказов тяговых двигателей приходится на перебросы электрической дуги по коллектору ТЭД и неисправности коллекторно-щеточного узла (КЩУ). В обоих случаях смена изоляционных пальцев кронштейнов щеткодержателей неизбежна, ввиду того, что при перебросе пальцы подвергаются термическому перегреву, а при неисправности КЩУ – механическим и другим повреждениям.

Следует отметить, что при снятии и последующей установки двух и более щеткодержателей необходимо проводить контроль и правильность установки щеток в нейтральное положение, что приводит к дополнительным трудозатратам и увеличению времени нахождения локомотива в ремонте.

Для увеличения надежности и продления ресурса электрических машин необходимо осуществлять модернизацию существующих технологий их производства и ремонта. В связи с этим научной группой кафедры «Электроподвижной состав» Иркутского государственного университета путей сообщения была разработана и испытана технология восстановления изоляционной лаковой пленки инфракрасным излучением. Процесс восстановления изоляции ИК-излучением представлен на Рис.2.

При терморадиационном восстановлении изоляции используется принципиально иной вид нагрева, основывающийся на поглощении изоляционными материалами энергии субинфра- и инфракрасного излучения. Преобразование энергии излучения в тепловую происходит в некотором слое изоляции, глубина которого определяется длиной волны и оптическими свойствами изоляционных материалов. Тепловые лучи (ИК–лучи), в основном коротко - и средневолновые с длиной волны 0,8-5,0 мкм, проходят расстояние от источника излучения до облучаемой поверхности почти без потерь

(коэффициенты отражения и поглощения), а основные диффузионные процессы имеют оптимальное направление. Нагретые основным потоком инфракрасных лучей металлические части узлов 3, в свою очередь, нагревают прессматериал 2 и лакокрасочный материал 1 снизу, способствуя передаче тепла от нижних слоев изоляции к верхним, и ускоряя удаление растворителя 4, тем самым значительно сокращая процесс сушки.



1 – электроизоляционный пропиточный материал; 2 – прессмасса изоляционного пальца; 3 – стальная шпилька; 4 – пары растворителя.
Рисунок 2 – Процесс упрочнения ИК-излучением

Способ терморадиационного восстановления представляется более эффективным и менее затратным по сравнению с конвективным методом, имея большую плотность теплового потока, благодаря чему качество ремонта увеличивается в разы. На рисунках 3 и 4 изображена структура изоляционной лаковой пленки под микроскопом.

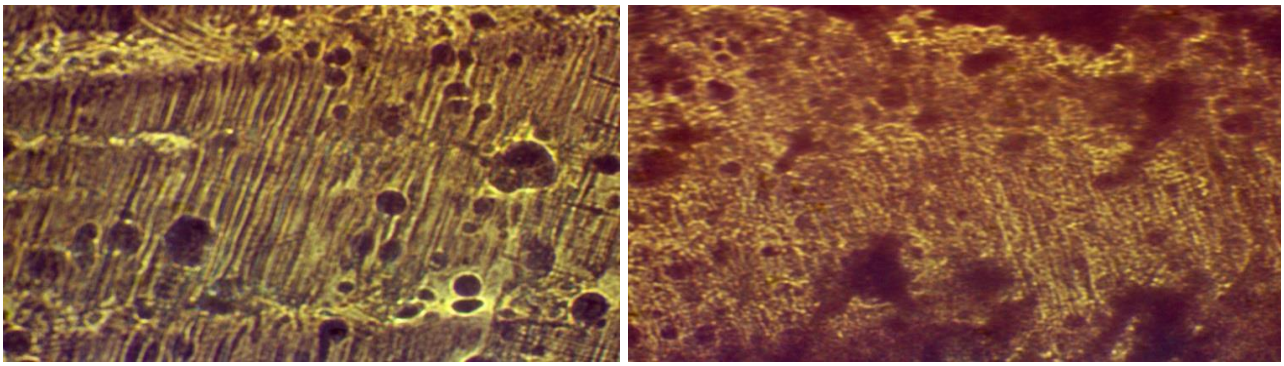


Рисунок 3 – Микроструктура изоляции после сушки в конвективной печи

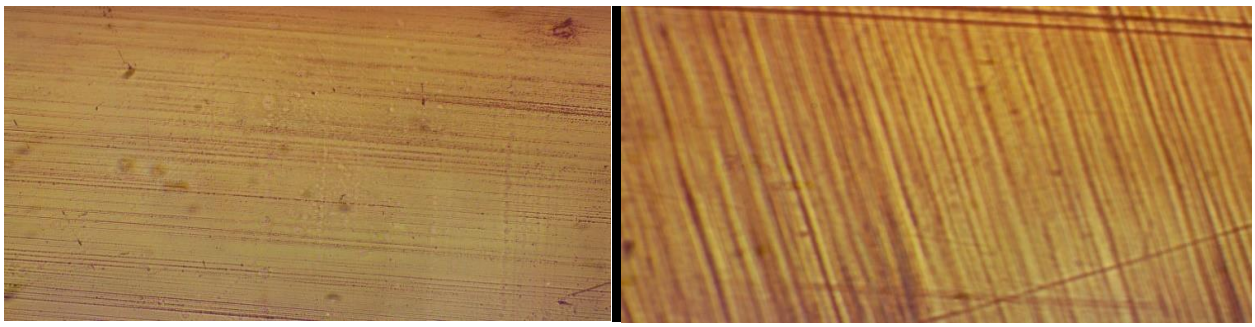


Рисунок 4 – Микроструктура изоляции после терморадиационной сушки

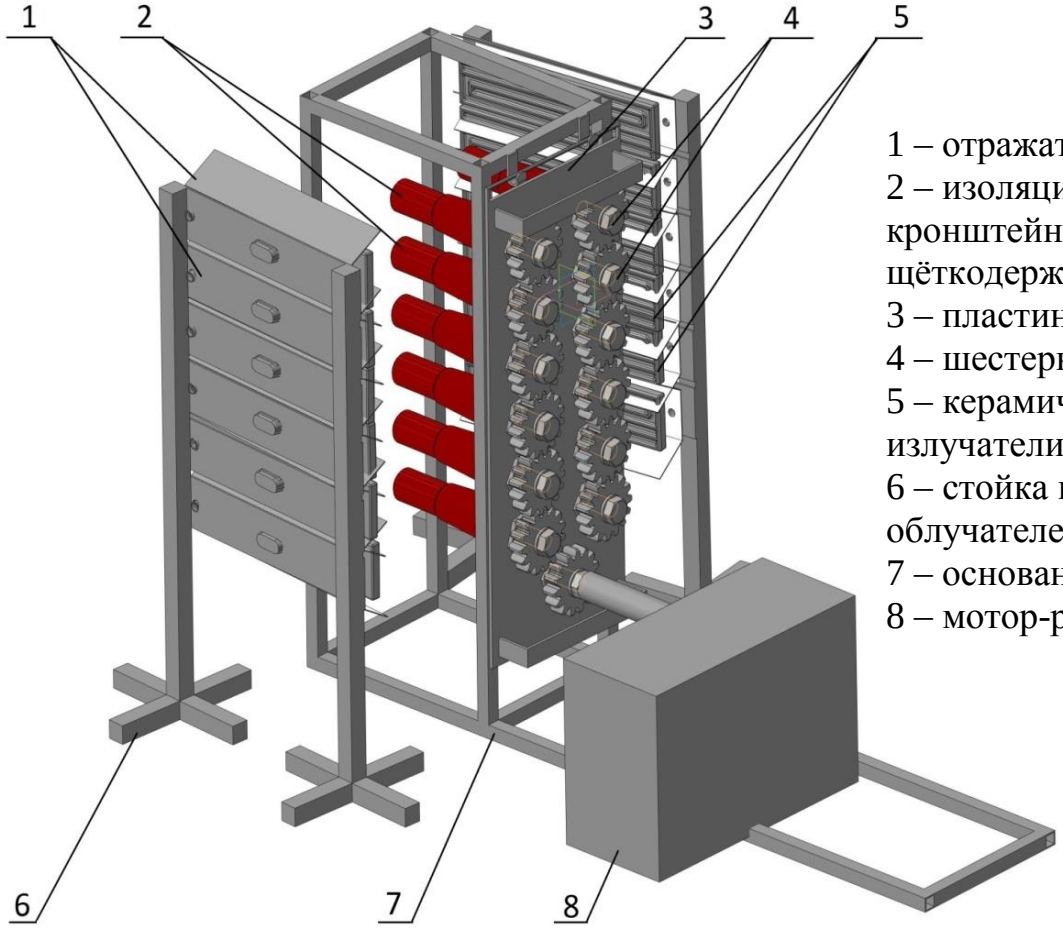
Такой способ сушки является и самым длительным. Помимо этого, при сушке в печи детали располагаются вертикально – торцевой частью вниз, при

этом нарушается равномерность распределения лака и нагрева по всей площади, в результате чего на поверхности полимерной изоляции образуются слабые, с точки зрения электрической прочности, области.

При терморадиационном восстановлении изоляции повышается качество полимерной изоляции по показателям пробивного напряжения на 40%, что является результатом отсутствия микротрещин на поверхности. Гладкая и глянцевая поверхность восстановленного пальца обеспечит устойчивость к температурному воздействию от лучистой энергии при перебросе электрической дуги по коллектору ТЭД, температура которой в очаге дугообразования достигает порядка 1500 ^{o}C.

После восстановления изоляции пальца по данной технологии восстановления изоляционная прочность испытывается при напряжении 12кВ, вместо регламентируемого в технологии напряжения в 4,1кВ, что подтверждает выпуск высококачественной продукции, тем самым минимизируя возможность пробоя изоляции в процессе эксплуатации электродвигателя.

Предлагаемая технология терморадиационного восстановления реализуется на установках, предназначенных для выполнения операций предварительного нагрева и сушки изоляционных пальцев кронштейнов щеткодержателей. Общий вид установки представлен на Рис.5.



1 – отражатели;
2 – изоляционные пальцы кронштейнов щёткодержателей;
3 – пластина с рукоятками;
4 – шестерни;
5 – керамические ИК-излучатели;
6 – стойка крепления облучателей;
7 – основание установки;
8 – мотор-редуктор

Рисунок 5 – Общий вид установки для восстановления изоляционных пальцев кронштейнов щёткодержателей

В предлагаемом устройстве изоляционные пальцы 2 устанавливаются, за счёт резьбового соединения, в специальную пластину с рукоятками 3, которая подвешивается на кронштейны подставки 7. Вращения пальцев осуществляется от мотор-редуктора 8, путём зубчатого зацепления шестерён 4. Процесс сушки и предварительного нагревы выполняют ИК - излучатели 5, установленные в отражателях 1, и размещённых на стойках крепления 6. Пропитка в данном случае проводится окунанием подставки в ванну с пропиточным материалом.

На Рис. 6 представлен опытный образец установки для сушки изоляционных пальцев кронштейнов щёткодержателей.

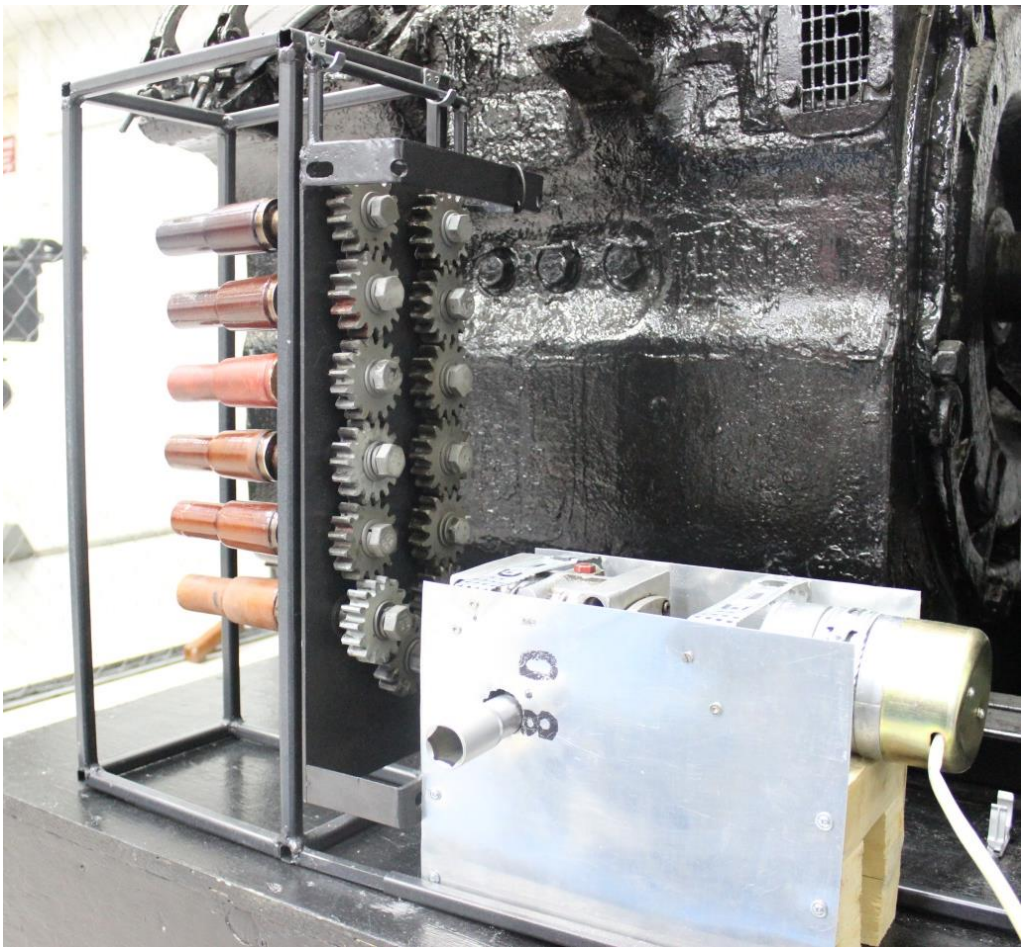


Рисунок 6 – Опытный образец установки для терморадиационного восстановления изоляционных пальцев кронштейнов щёткодержателей

Созданная установка для сушки изоляционных пальцев кронштейнов щеткодержателей является опытной и нуждается в дальнейшем исследовании и доработке, однако уже сейчас она является объектом внедрения современных научных исследований в устаревшую технологию ремонта, которая зачастую не обеспечивает заданных современных требований.

ЛЯШЕНКО В.В., МУРАТОВ А.В., ЦЕЛИКОВСКАЯ В.С.
(СамГУПС, г. Самара)

СМК КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

Большое количество нарушений и отказов в работе локомотивов связано с некачественным ремонтом в сервисных локомотивных депо. Результатом этого явилось увеличение продолжительности простоя и затрат локомотивов на всех видах текущего ремонта и технического обслуживания [1].

Современные системы менеджмента качества (СМК) - это инструментарий, который используются для решения задач, объективного выбора и принятия управленческих решений при стандартизации и сертификации продукции, планировании повышения качества и т.д., которые в свою очередь направлены и на совершенствование технологического процесса реализуемым предприятием [2]. В нашем случае - сервисным локомотивным депо. Сюда можно отнести и оптимизацию межремонтных пробегов, и совершенствование технологических и логистических процессов, являющихся приоритетными векторами развития группы компаний «ЛокоТех» [3].

Исходя из философии международных стандартов и принципов ИСО к любому производству продукции необходимо применять процессный подход, поэтому все виды действий, совершаемых в сервисном локомотивном депо, имеет смысл рассматривать как совокупность процессов. Под процессами понимается логически упорядоченные последовательности этапы, преобразующих входы в выходы. Такое понимание процессов близко к представлению об алгоритмах. Учитывая, что в современных сервисных локомотивных депо все большую роль играют информационные технологии.

Бизнес-процесс в сервисном локомотивном депо всего один, под которым понимается продажа или поставка локомотивной тяги службе движения. В настоящий момент он является настолько аморфным и расплывчатым, что говорить о нем является трудной задачей. Как и все бизнес-процессы он является управляемой системой (рис. 1) и характеризуется тем, что имеет потребителя, готового платить за его результат.

Бизнес-процесс и существует до тех пор, пока есть этот потребитель. Для сервисного локомотивного депо таким потребителем, как мы уже отметили ранее, является служба тяги. Организация, и систематизация данного бизнес-процесса должна осуществляться в соответствии с принципом ориентации на потребителя, поэтому традиционная организационная структура, не отвечает современной системе взаимосвязей этих организаций, проектный подход и командная форма работы совместно со службой тяги.

Как правило, все бизнес-процессы можно разделить на внутренние и внешние. В качестве примера внутреннего процесса можно рассмотреть разработку и внедрение в сервисном локомотивном депо системы качества.

Инициатором же внешнего бизнес-процесса является дирекция тяги. Но в том и другом случае бизнес-процесс идет внутри сервисного депо и содержит взаимосвязи различных операций. С точки зрения систем качества необходимо рассматривать каждый элемент любого бизнес-процесса как процесс, имеющий своих потребителей и поставщиков, свои входы и выходы.

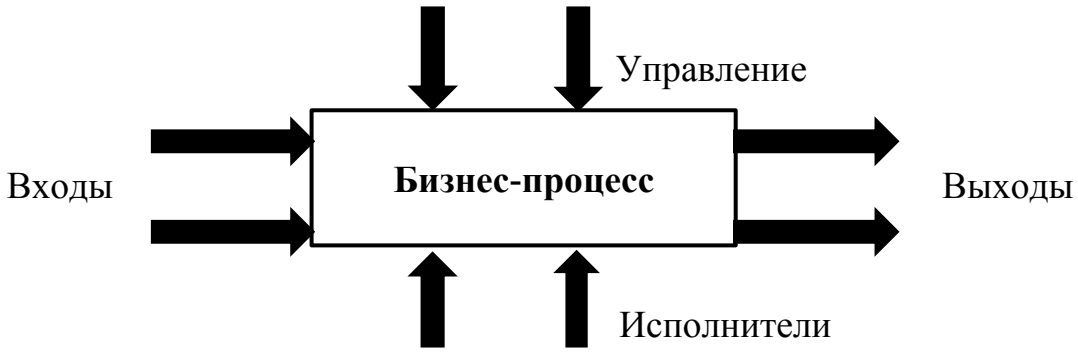


Рис 1. Бизнес-процесс сервисного локомотивного депо как управляемой системы

Исходя из предложенной схемы, можно предположить, что каждый этап бизнес-процесса вносит добавленную ценность для конечного потребителя – службы тяги. Однако на практике лишь весьма незначительная часть этапов и операций бизнес-процесса сервисного депо вносит свой вклад в осуществление требований службы тяги. Большинство же этапов и операций обусловлено внутренними взаимосвязями технологических операций сервисного предприятия и не оказывает никакого влияния на заказчика процесса – службу тяги. Основываясь на этом можно сделать вывод, что оптимизация внутренних процессов сервисного локомотивного депо является основным резервом повышения эффективности компании в целом.

Выявление же таких «паразитных» операций достаточно сложный и трудоемкий процесс ведь основным критерием конечного потребителя является надежность локомотивов. А эффективное выявление и устранение операции обуславливающих потери может быть основано на совокупности процессного подхода с управленческим учетом на основе автоматизации, командной формой организации работ и проектным управленческим подходом реализуемыми в рамках действия СМК. Что в свою очередь является основой современного сервисного локомотивного депо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов С.А., Муратов А.В., Ляшенко В.В. Повышение эффективности обслуживания и ремонта мотор-вагонного подвижного состава на полигоне Южно-Уральской железной дороги / Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы III Международной научно-практической конференции. Часть I – Курган,2015.С.241-243.
2. Ляшенко В.В., Муратов А.В., Петухов С.А. Использование инструментов контроля качества для повышения эффективности ремонта и обслуживания подвижного состава//Вестник транспорта Поволжья. 2015.№ 3 (51). С.22-26.
3. ТОР100 Проблем сервисного обслуживания локомотивов «ЛокоТех».

МАЙБА И.А., д.т.н., кафедра «Транспортные машины и триботехника» (РГУПС)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКИПИРОВКИ ЛОКОМОТИВОВ

Одним из вопросов ограничивающих возможности реализации Концепции организации ремонта локомотивов в условиях технологии управления тяговыми ресурсами на полигоне, является малый пробег локомотивов между экипировками и техническими обслуживаниями ТО-2, что приводит к снижению времени нахождения локомотива в эксплуатации и ограничивает его среднесуточный пробег.

В связи с чем актуальным вопросом является совершенствование системы экипировки локомотивов и повышение качества организации ТО и ТР локомотивов.

Анализ эксплуатационной работы и организации сервисного обслуживания локомотив показывает, что основными факторами, снижающими экипировочный пробег локомотивов являются:

1. Периодичность смены тормозных колодок.
2. Периодичность смены вставок пантографа.
3. Периодичность заправки песком.

Очевидно, что решение задачи увеличения пробега локомотивов между экипировками требует реализации технических мероприятий направленных на разработку нормативной базы по созданию перспективных тормозных систем и систем контактного съема с тормозными колодками и контактными вставками увеличенного ресурса выработки

Также актуальным является разработка устройств, повышающих периодичность заправки локомотивов песком. К таким устройствам относятся системы активации трения в зоне контакта колеса с рельсом.

Нормативная база для таких устройств частично сформирована. Концепция развития технологии лубрикации зоны контакта «колесо-рельс» определяет в числе основных направлений развития, разработку и внедрение комплексных методов обработки поверхности катания рельсов с использованием модификаторов и активаторов трения.

В настоящее время разработаны и утверждены распоряжением ОАО «РЖД» №429 от 30.06.2016г. технические требования на активаторы и модификаторы трения зоны контакта колесо-рельс (далее – АТ и МТ), которые

распространяются на выпускаемые и вновь разрабатываемые АТ и МТ. Препятствием к развитию и внедрению методов активации трения в зоне контакта «колесо-рельс» является отсутствие технических требований к механизмам подачи активаторов трения в зону контакта поверхности катания колес локомотивов с рельсами.

Остановимся на перспективных технических решениях увеличения периодичности захода локомотивов на ПТОЛ для экипировки песком. Один из эффективных путей решения этой проблемы является разработка и применение систем активации трения колес локомотивов (САТ) с использованием твердых активаторов трения (ТАТ). При разработке технологии целевой показатель периодичности экипировки песком - свыше 10 тыс. км. пробега локомотива. Сейчас этот показатель 2 -3 раза ниже.

В настоящее время самым распространенным способом повышения сцепления является подача кварцевого песка в зону фрикционного контакта колеса с рельсом. Однако применение песка приводит к засорению балластной призмы, что негативно сказывается на дренажные свойства пути, приводит к ухудшению динамических характеристик и к ограничению скорости движения на участках. Объём бункерных устройств локомотивов ограничен. Поэтому целесообразно применение систем активации трения, которые обеспечивают реализацию тяговых усилий локомотивов вне зависимости от эксплуатационных условий без применения песка или дополняя его.

Внедрение систем активации трения локомотивов позволит увеличить протяжённость оборота локомотива, изменить график захода локомотива на ТО-2, снизить затрат затраты на содержание локомотива экипировочных устройств на сокращения времени передвижения локомотива на экипировку и времени простоя локомотивов для экипировки.

Системы активации трения зоны контакта колес локомотивов с поверхностью катания рельсов должны соответствовать следующим техническим требованиям:

- обеспечивать при нанесении равномерное распределение на контактных поверхностях зоны контакта колес локомотивов с рельсами по всей ширине, без выдавливания на гребень колеса и боковую грань головки рельса при температуре атмосферного воздуха от минус 45^{o}С до плюс 50^{o}С, в том числе в условиях 100% влажности;

- обеспечивать увеличение силы сцепления колес локомотивов с поверхностью катания рельсов и устойчивую реализацию силы тяги локомотива по сцеплению, исключающей буксование, применение песка при

исключении повреждаемости контактирующих поверхностей колес и рельсов, непосредственно после нанесения на поверхности катания зоны контакта колес локомотивов с рельсами активатора трения;

- обеспечивать безопасность для жизни и здоровья людей и окружающей среды, совместимость и взаимозаменяемость;

- обеспечивать выполнение требований по стандартизации, унификации и метрологическому обеспечению;

- удовлетворять требований патентной чистоты.

Технико-экономические показатели систем активации трения предпочтительны системам пескоподачи, так как их применение улучшает тяговые возможности локомотивов за счет повышения величины и стабильности коэффициента сцепления в контакте «колесо – рельс» и повышает провозные способности железных дорог за счет увеличения осевой нагрузки и скорости движения. Экономическая эффективность применения систем активации трения достигается за счет:

- повышения тяговых возможностей локомотивов на 15-20%

- снижение в 2-3 раза износа поверхности катания колес и рельсов на участках

- повышение на 5-10% скорости движения поездов на участках пути, где отсутствует засорение песком балластной призмы

- организации технологического процесса движения грузовых поездов с массой состава 6300 тонн и более.

Применение САТ на локомотивах, работающих в тяжеловесном движении должно обеспечивать:

- повышение осевых нагрузок грузовых вагонов – до 27-30 т/ось на полигонах обращения тяжеловесных поездов;

- увеличение маршрутной скорости на основных направлениях: пассажирских поездов до 70-90 км/ч, технической скорости ускоренных грузовых поездов – до 60 км/ч:

- повышения тяговых возможностей локомотивов на 15-20%

МЕЛЬНИКОВ В.А., КАЗАКОВА Е.Е. («Кловер Групп», г. Москва)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Начиная с 2012г. ООО «ЛокоТех-сервис» использует данные бортовых микропроцессорных систем (далее – МСУ) локомотивов для их диагностики в сервисных локомотивных депо (далее – СЛД) [1]. Подтверждённый экономический эффект от сокращения затрат на сервисное обслуживание локомотивов только за 2015г. превысил 100 млн руб. [2].

Проект «Умный локомотив» (далее – УЛ), выполняемый ООО «Кловер Групп» по заказу ООО «Локомотивные технологии» с 2016г. ставит перед собой амбициозную задачу организации сбора и централизованного анализа данных МСУ всех локомотивов новых серий, находящихся на сервисном обслуживании ООО «ЛокоТех-сервис». В настоящий момент, система находится в опытной эксплуатации по тепловозам серий 2(3)ТЭ116У, ТЭП70БС(У), 2ТЭ25КМ(А) и 2(3)ТЭ10МК. Полный перечень серий, попадающих в периметр проекта, приведён в таблице Приложения 1. Реализация проекта предполагает внедрение в уже существующих группах диагностики СЛД автоматизированного рабочего места (далее – АРМ УЛ), посредством которого будет осуществляться не только автоматизированная расшифровка данных МСУ, но и передача данных на сервер УЛ для дальнейшей обработки. Несмотря на то, что АРМ УЛ находится в опытной эксплуатации только по тепловозам, уже сейчас обработка и загрузка данных на сервер производится в 35 из 54 СЛД, входящих в периметр проекта (география присутствия приведена на Рисунке 1).



Рисунок 1 *– География присутствия проекта Умный локомотив*

В рамках проекта «Умный локомотив» обработка данных МСУ локомотивов (блок-схема процесса приведена на Рисунке 2) производится не

только посредством алгоритмов диагностики (правил поиска инцидентов), но и при помощи математического моделирования работы узлов локомотива (12 на Рисунке 2) с применением методов статистической обработки больших объёмов данных (BigData), позволяющих выявлять участки данных с нетипичным поведением отдельных параметров – «аномалии» (11 на Рисунке 2). Увязка аномалий с отказами и предотказными состояниями оборудования локомотивов производится при помощи методов машинного обучения (MachineLearning). При этом, обратная связь с системой управления ремонтами СЛД АСУ «Сетевой график» (14 на Рисунке 2) позволяет не только достоверно определять характер отказа и момент его наступления, но и подтверждать факт устранения отказа при проведении ТОиР.



Рисунок 2 *– Процесс анализа данных с применением АРМ «Умный локомотив»*

В настоящий момент разработаны и проходят опытную эксплуатацию математические модели работы 7 узлов тепловоза:

- Цилиндропоршневая группа дизеля;
- Масляная система дизеля;
- Водяная система дизеля;
- Турбокомпрессор;
- Система возбуждения тягового генератора;
- Тяговый электродвигатель;
- Тормозной компрессор.

В настоящий момент наибольший успех был достигнут на модели турбокомпрессора. По результатам анализа отказов и предотказных состояний турбокомпрессоров тепловозов периметра проекта, выявленных в СЛД за 2017 год (448 отказов):

- Наименее надёжными деталями являются: корпус турбокомпрессора (29% отказов), подшипники (суммарно 20%), вал ротора (12%) и турбинное колесо (10%) (распределение отказавших узлов приведено на Рисунке 3).

- Наиболее распространёнными причинами отказов являются: некачественный монтаж (23%) и сборка (91%) в СЛД, также следует отметить нарушения режимов эксплуатации (10%).

Используемая методика позволяет на основании изменения параметров частоты вращения вала турбокомпрессора, давления наддува и разряжения воздуха на входе в турбокомпрессор в установившихся и переходных режимах оценивать техническое состояние его насосного колеса и подшипников при помощи анализа винтовых характеристик турбинного и насосного колёс, а также времени выбега турбокомпрессора. Дальнейшее применение к этим данным методов анализа трендов позволяет в горизонте планирования до 1 месяца спрогнозировать выход деталей из строя с вероятностью до 70% а также оценить эффективность работ, выполненных при ремонте узла.

Например, анализ данных тепловоза 2ТЭ116У, эксплуатирующегося на Свердловской железной дороге (Рисунок 5) показал, что относительная ошибка работы модели (отношение значений параметров работы, полученных на модели и реальном узле) начинает увеличиваться в марте, и продолжает расти вплоть до декабря 2015г. При этом абсолютное значение параметра давления наддува не выходит за допуски. За это время по причине неудовлетворительного рабочего процесса дизеля, на тепловозе было выполнено 5 неплановых ремонтов форсунок (на Рисунке 5 отмечены красным), в то время как истинная причина неудовлетворительной работы дизеля была связана с неудовлетворительной работой турбокомпрессора в переходных режимах.

Таким образом, оценка остаточного ресурса позволяет:

- Заблаговременно планировать объём сверхцикловых работ на плановых видах ремонта, уменьшая простои и логистические издержки ЛокоТех-Сервис.
- Оценивать результативность проведённых ремонтов.
- Повысить топливно-энергетическую эффективность локомотивов за счёт выявления скрытых неисправностей, снижающих их показатели.

Список литературных источников

1. Автоматизированная система управления надёжностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ-Сервис. К.В. Липа, В.И. Гриненко, С.Л. Лянгасов, И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников – М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2012. – 160 с.
2. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика. К.В. Липа, А.А. Белинский, В.Н. Пустовой, С.Л. Лянгасов, И.К. Лакин, А.А. Аболмасов, В.А. Мельников, И.И. Лакин, А.А. Баркунова, И.В. Пустовой – М.: ООО «Локомотивные Технологии», 2015. – 212 с.

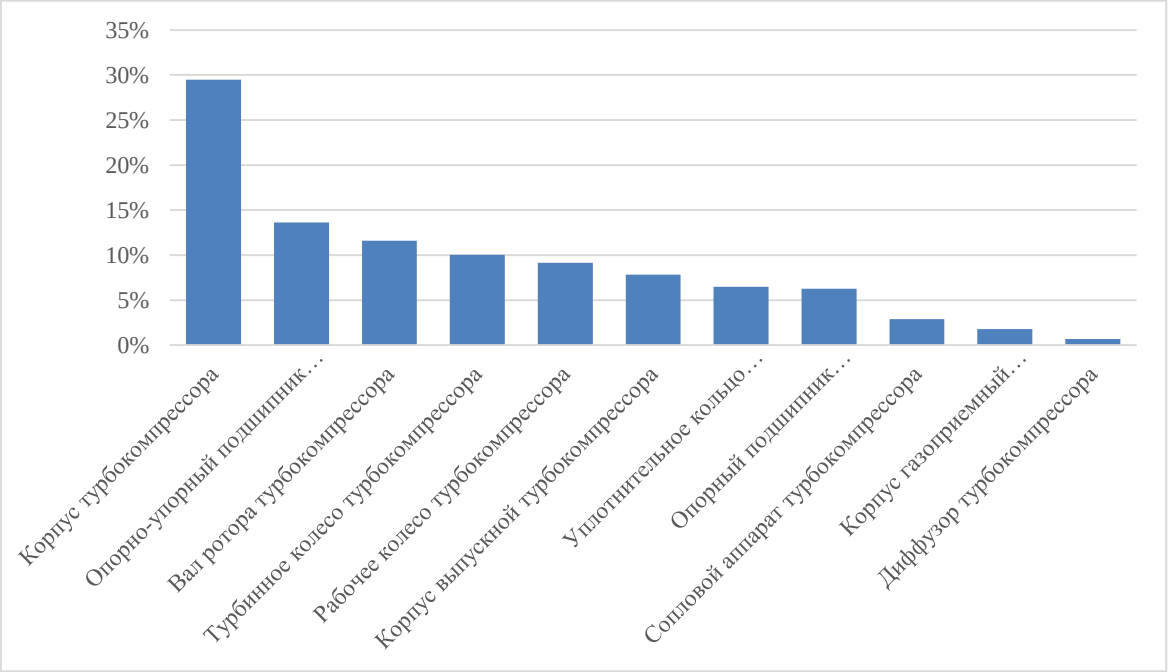


Рисунок 3 *– Распределение отказов турбокомпрессора по узлам*

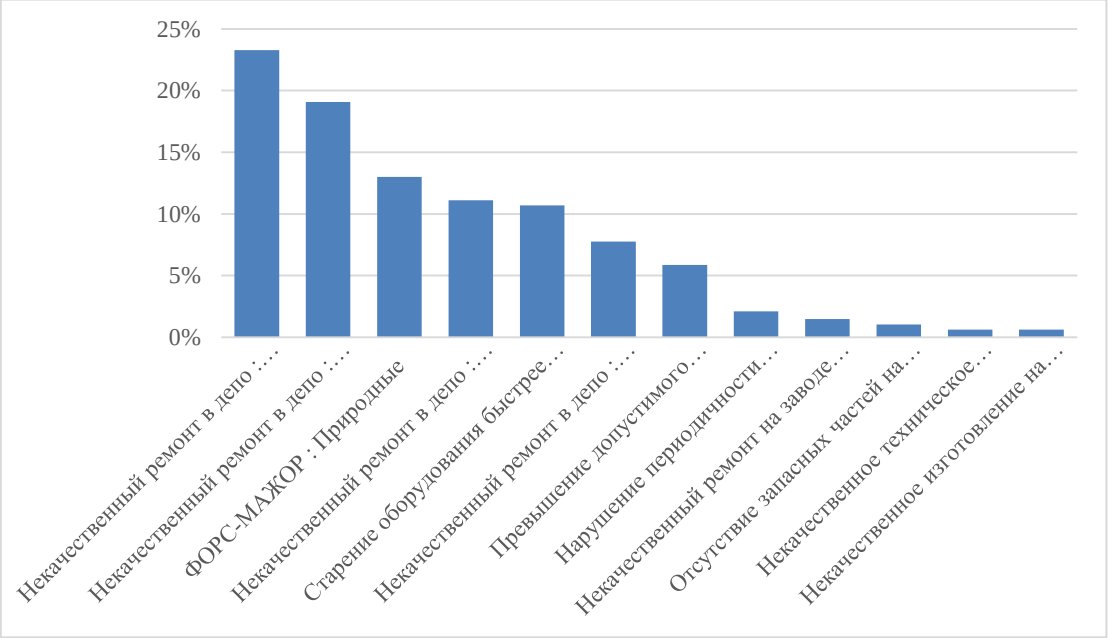


Рисунок 4 *– Распределение причин отказов турбокомпрессора*

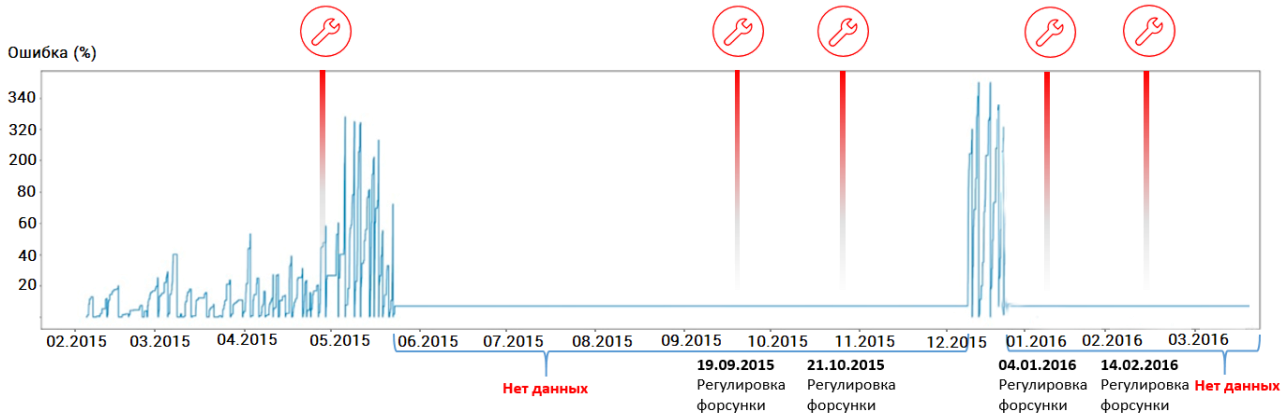


Рисунок 5 *– Изменение параметра относительной ошибки модели турбокомпрессора тепловоза за 2015 г.*

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Перечень серий локомотивов в периметре проекта «Умный локомотив»

Ж.Д.	2ТЭ10МК	2ТЭ10УК	2ТЭ116У	2ТЭ25А	2ТЭ25КМ	2ЭС4К	2ЭС5К	3ТЭ10МК	3ТЭ10УК	3ТЭ116У	3ЭС4К	3ЭС5К	4ЭС5К	ВЛ80Р	ТЭП70БС	ТЭП70У	ЭП1М	ЭП1П	ЭП2К	**Итог**
ДВОСТ	288	19		110			370	277	90			666	24		4			4		**1852**
В-СИБ	106	9	12				108	5				1758								**1998**
ЗАБ	21						2	20	9			120			2			45		**219**
КРАС							42					51		248				10		**351**
З-СИБ															30				234	**264**
СВЕРД			188												14	26				**228**
ГОРЬК															29		123			**152**
СЕВ							126					90								**216**
ПРИВ			114		314										31					**459**
ЮВОСТ			50		24					36					47		150			**307**
С-КАВ			34		154	134				15	27				30		142	15		**551**
МОСК	19				130			57											59	**265**
ОКТ			170			140					138				16				81	**545**
КЛНГ															6					**6**
Итог:	**434**	**28**	**568**	**110**	**622**	**274**	**648**	**359**	**99**	**51**	**165**	**2685**	**24**	**248**	**209**	**26**	**415**	**74**	**374**	**7413**

МЕЛЬНИЧЕНКО О.В. д.т.н. , ЛИНЬКОВ А.О. к.т.н., (ИрГУПС),
БОНДАРИК В.Б. (Красноярская ж.д.)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКОМОТИВНОЙ ТОРМОЗНОЙ КОЛОДКИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ КОНТРОЛЯ ЕЁ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Тормозные колодки являются важнейшим элементом механической части тормозной системы подвижного состава, обеспечивающие необходимое трение при их прижатии к колесу для образования тормозного момента на колесной паре. От качества и конструкции тормозных колодок зависит сокращение тормозных путей, повышение скоростей и безопасность движения поездов. Тормозные колодки должны иметь высокий коэффициент трения, мало зависящий от скорости, высокую износостойкость и стабильно работать в разных климатических условиях. Износ колодок в условиях эксплуатации существенно зависит от силы их нажатия, материала, вида и длительности торможения, наличия третьего тела (продуктов износа тормозной колодки и колеса), регулировки рычажной передачи, положения колодки относительно поверхности катания колеса, как в тормозном, так и в тяговом режиме, температурного режима процесса торможения и рядом других факторов [1, 2].

Сегодня современные требования предъявляются ко всем узлам и агрегатам тягового подвижного состава, а в частности и к тормозным колодкам, которые должны совершенствоваться в направлении повышения эффективности торможения и снижения интенсивности их износа. Дополнительным приоритетным направлением развития является обеспечение контроля фактического состояния колодок при эксплуатации подвижного состава. Все это подтверждается рядом документов, таких как «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734р), «Цифровая железная дорога» (распоряжение ОАО «РЖД» от 05.12.2017. №1285).

В процессе торможения поезда происходит преобразование его кинетической энергии в другие виды: тепловую, электрическую и т.д. При фрикционном торможении выделяющееся тепло нагревает трущиеся детали и рассеивается в окружающей среде. Опыт эксплуатации тормозных систем, особенно с увеличением скорости движения, показывает, что тепловая напряженность процессов торможения влияет на долговечность и повреждаемость фрикционных узлов. В связи с этим остро состоит проблема снижения безопасности движения поездов и увеличения затрат на обслуживание колодок в эксплуатации и при их изготовлении и замене. Образующиеся в

процессе износа чугунные микрочастицы в зоне трения колодки и колеса вызывают снижение коэффициента трения колодки о поверхность катания колеса. Это влияет на уменьшение эффективности механического торможения и увеличения тормозного пути [6].

Поверхность катания колес локомотива имеет конусообразный вид и при нажатии на колодку, кроме нормальной силы, возникает еще и боковая сила, гребневая колодка удерживается на колесе от сползания с помощью специального фигурного паза, который ложиться на гребень колеса, и не предназначен для создания дополнительного тормозного эффекта. На рис. 1 (*а)* приведена локомотивная тормозная колодка ГОСТ 30249-97 [3]. Опыт применения тормозной чугунной колодки ГОСТ 30249-97 показал, что она обеспечивает нормальные режимы торможения при скоростях до 100 км/час.

Данная колодка имеет существенный недостаток, заключающийся в повреждении гребней бандажей локомотивов термоусталостными трещинами от взаимодействия с гребневой частью тормозной колодки. Полный охват гребня приводит к контакту колодки с бандажом по гребневой части после износа основного тела колодки до 6 мм. Контакт по гребневой части, вследствие замкнутости приводит к неблагоприятным условиям отвода тепла, который в свою очередь приводят к интенсивному износу по гребневой части. Также интенсивный нагрев гребня в условиях цикличных нагрузок приводит к образованию мартенсита трения на поверхности бандажа с последующим растрескиванием поверхностного слоя. В случае несвоевременного устранения данного слоя при обточке бандажа, возникает определенная вероятность развития механизма усталостного разрушение (разрыва) бандажа по одной из микротрещин поверхностного слоя. Фрагмент разрыва бандажа колёсной пары локомотива, образованного при контакте с тормозной колодкой, приведен на рис. 1 *(б)*.

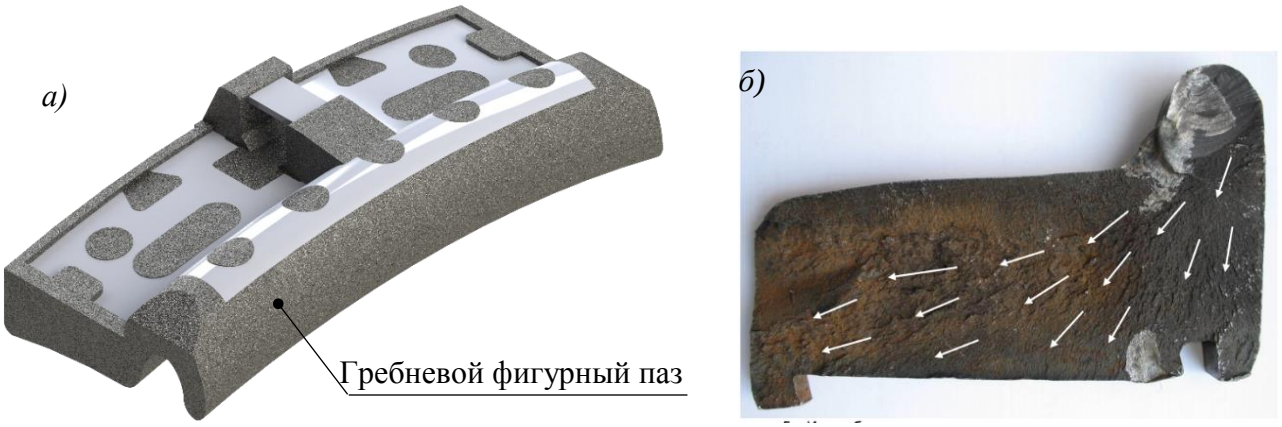


Рис. 1. Типовая локомотивная тормозная колодка ГОСТ 30249-97 (а) и фрагмент разрыва бандажа колёсной пары локомотива (б)

Многократные нагружения знакопеременными напряжениями приводят к термическим трещинам усталости на поверхности катания колеса, прогрессивно развивающимся в глубину, особенно при переходе в зону, имеющую напряжения растяжения. Поэтому сохранение температурного режима на поверхности трения тормозной системы без изменения ее конструкции при увеличении скорости требует удлинения тормозного пути пропорционально кубу скорости. Выявленные десятками лет недостатки колодки потребовали ее модернизации.

На локомотивах также используется тормозная колодка с глубоким зацепом под гребень, разработанная специалистами АО «ВНИИЖТ». Данная колодка конструктивно отличается исполнением захвата под гребень, который симметрично расположен относительно поперечной оси колодки. Длина гребневого захвата составляет 140-145 мм, а высота 70-74 мм. Вследствие этого в течение всего жизненного цикла данная колодка обеспечивает торможение только основным телом колодки и фактически не изнашивая гребень бандажа.

Основным недостатком применения тормозной колодки с глубоким захватом под гребень является перекос колодки в процессе эксплуатации, что значительно снижает её ресурс. Перекос колодки связан с конструктивной особенностью в виде короткой длины гребневого зацепа, что требует увеличение точности регулировки тормозной рычажной передачи.

Колодки с глубоким захватом под гребень быстрее нагреваются, что с одной стороны вызывает перераспределение напряжений в ободе колеса, ослабление бандажа с последующим возможным проворотом относительно колесного центра вследствие неравномерности температурного поля, а с другой стороны появляются значительные напряжения сжатия, которые могут превосходить предел упругости и вызывать пластические деформации поверхности катания. Процесс износа такой колодки, как правило, сопровождается наваром металла на гребневой части.

В эксплуатации чугунные тормозные колодки локомотивов и вагонов довольно быстро изнашиваются до критической толщины, что ведет к необходимости их замены [1]. В современных условиях эксплуатации локомотивов и вагонов невозможно обеспечить визуальный контроль износа тормозных колодок, а, следовательно, и своевременную их замену.

В настоящее время толщину тормозной колодки контролирует помощник машиниста линейкой или штангенциркулем на стоянке локомотива, что вызывает большие затраты времени и составляет значительную трудоемкость. Сегодня в основном эта процедура сводится к визуальному осмотру, что является причиной снижения безопасности движения.

Выявленные выше недостатки локомотивной колодки требуют ее совершенствования и приведения в соответствие современных требований. Учеными кафедры «Электроподвижной состав» ИрГУПС разработана новая конструкция локомотивной тормозной колодки с антифрикционным гребнем (рис. 2, *а*).

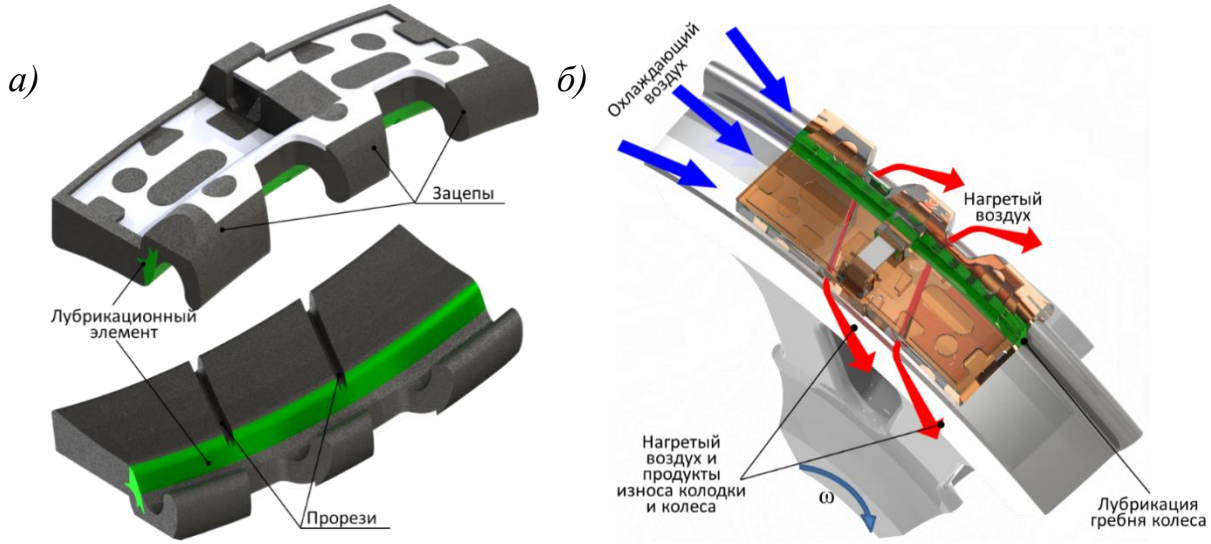


Рис. 2. Предлагаемая конструкция тормозной локомотивной колодки (а) и тепловые процессы при ее работе (б)

Предлагаемая тормозная колодка состоит из следующих частей: основного тела, фигурного гребня с тремя зацепами, стальной спинки, скобы для крепления на тормозном башмаке, лубрикационного элемента (рис. 2). Смазывающий (лубрикационный) элемент (графит, романит и т.п.) в конструкции тормозной локомотивной колодки представлен в виде вставки в зоне интенсивного износа гребня.

Основное тело отливается из фосфористого чугуна с твердостью 250 – 302 НВ, а гребень из чугуна с твердостью не более 140-170 НВ. Скрепление данных частей должно производиться при заливке при помощи стальной спинки (каркаса из листовой стали толщиной 5 мм).

Применение различной твердости материалов для тормозной колодки позволит решить основную проблему гребневых колодок – изнашивание гребня бандажа, а увеличенная длина гребня (гребневых зацепов) колодки обеспечит устойчивость тормозной колодки на бандаже колёсной пары, что продлит её ресурс. Наличие гребневых зацепов также позволит увеличить теплоотвод от тормозной колодки, снизить вероятность образования термических трещин и продлить время её работы при торможении. Это возможно осуществить за счёт того, что сам фигурный паз колодки дополнительных тормозных усилий не должен создавать. За счет такого решения возможно снижение металла колодки при ее производстве, что в итоге снизит её себестоимость.

В конструкции тормозной локомотивной колодки предлагается осуществить прорези на рабочей поверхности, которые способствуют эффективному удалению третьего тела (чугунных микрочастиц износа) из зоны трения, а, следовательно, снижению интенсивности износа колодки, особенно при больших скоростях движения, а также улучшение температурного режима за счет повышения эффективности отвода тепла из зоны трения в окружающую среду (рис. 2, *б*).

С целью снижения трудоемкости процесса изготовления и уменьшения используемого металла проведена доработка предлагаемой колодки в области уменьшения количества зацепов гребня до двух (исключен средний зацеп). В теле колодки при изготовлении предлагается отливать конические отверстия, в которые будет заводиться с обратной стороны лубрикационный стержень (рис. 3). Для фиксации стержня со стороны установки башмака графитовый стержень будет прикрываться профильной стальной заглушкой с последующей приваркой к спинке каркаса. По мере износа тормозной колодки, на наиболее изнашиваемую часть бандажа, будут подаваться графитовые включения, тем самым уменьшая износ системы колесо-рельс.

В рамках концепции «Цифровая железная дорога» предлагается в тело колодки встроить чувствительный элемент, предназначенный для постоянного контроля толщины и температуры колодки при эксплуатации тягового подвижного состава.

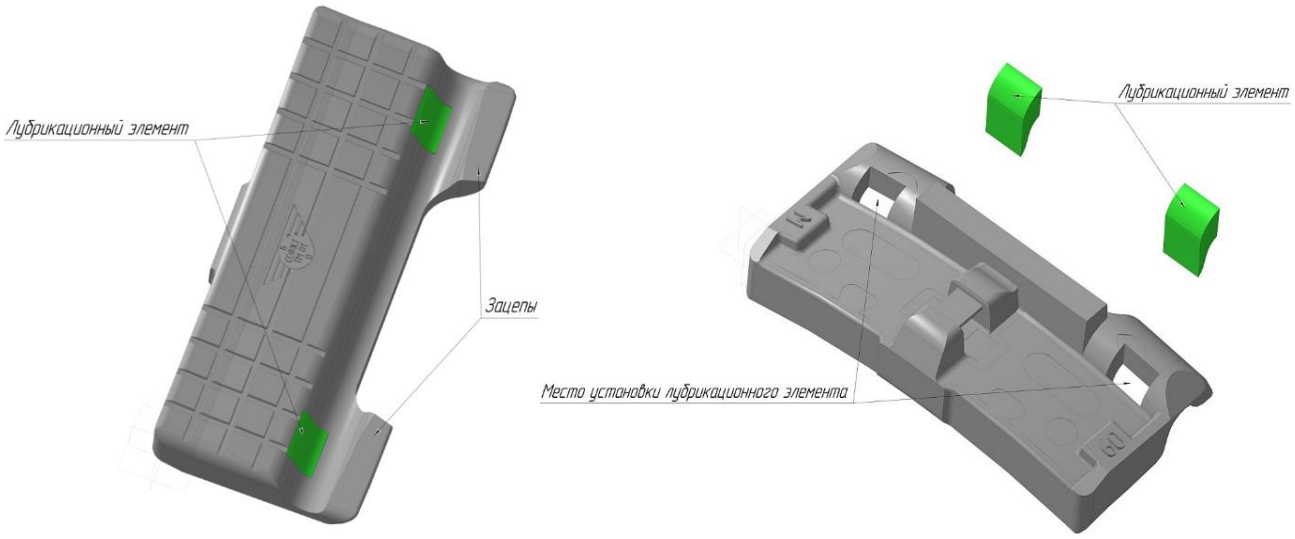


Рис. 3. Предлагаемый вариант конструкция тормозной локомотивной колодки с антифрикционным гребнем

Технический результат предлагаемой конструкции тормозной колодки в эксплуатации, достигается за счёт:

- Повышения ресурса системы «колесо-рельс» за счет лубрикации боковой грани гребня колеса;

- Снижения интенсивности износа тормозных колодок (продление их ресурса);

- Улучшения теплоотвода от тормозной колодки в процессе эксплуатации;

- Экономия металла при изготовлении тормозной колодки;

- Уменьшение вероятности проворота бандажа относительно колесного центра и образования напряжений на его поверхности;

- Уменьшение износа гребней колёсных пар;

- Повышение эффективности торможения и уменьшение интенсивности износа колодок за счет своевременного удаления продуктов фрикционного износа из зоны соприкосновения колодки и поверхности катания колеса;

- Снижение количества рельсо- и гребнесмазывателей на участке обращения локомотивов;

- Обеспечение визуализации остаточного ресурса колодки в эксплуатации с минимизацией рабочего времени без дополнительных измерительных инструментов.

Список литературы:

1. Автоматические тормоза подвижного состава / В.Р. Асадченко – Москва: Маршрут, 2006. – 392 с.
2. Автоматические тормоза подвижного состава / В.И. Крылов, В.В. Крылов – Москва: Транспорт, 1983. – 360 с.
3. ГОСТ 30249-97 Колодки тормозные чугунные для локомотивов. Технические условия.
4. Тормоза железнодорожного подвижного состав: Вопросы и ответы / В.Г. Иноземцев М.: Транспорт, 1987.-207 с.
5. Механическая часть электрического подвижного состава / Д.К. Минов – Москва, 1959 – 384. с.
6. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов. / В.М. Казаринов, В.Г. Иноземцев, В.Ф. Ясенцев – Москва: Транспорт, 1968, 400 с.

НОСЫРЕВ Д.Я., БАЛАКИН А.Ю., АСАБИН В.В., ФУРМАН В.В.
(СамГУПС, г. Самара)

КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Рассмотрены вопросы контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессоров тепловозных дизелей после ремонта и в эксплуатации. Предложен стенд для испытания турбокомпрессоров типа ТК-41 и 6ТК дизелей Д49 после ремонта, позволяющий оценить КПД компрессора, турбины и турбокомпрессора в целом. Предложены методы контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессора после ремонта и в эксплуатации.

Ключевые слова: турбокомпрессор, стенд для испытания, методы оценки, техническое состояние, контроль, диагностирование.

Согласно перечню «ТОП-100 проблем сервисного обслуживания локомотивов» пункт 4.2.3 для повышения надежности локомотивов, сокращения затрат на ТОиР необходимо разработать стенд по проверке и обкатке турбокомпрессоров дизелей типа Д49.

Повышение надежности, экономичности и эксплуатационного ресурса тепловозов во многом связано с совершенствованием системы наддува дизеля, разработкой методов и средств контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессоров системы воздухоснабжения после ремонта и в эксплуатации [1].

Эксплуатация тепловозных дизелей на железнодорожном транспорте имеет свою специфику, связанную со значительной по времени работой на холостом ходу и частичных нагрузках, частой сменяемостью позиций контроллера машиниста, сопровождающихся переходными процессами. Все это приводит к существенному снижению надежности работы систем тепловозных дизелей, в том числе системы воздухоснабжения, включая турбокомпрессор.

В эксплуатации находится большое количество тепловозов с неисправностями, которые можно отнести к «скрытым» отказам (или частичным отказам): пережог топлива, низкая эффективная мощность. Как правило, это связано с загрязнением газо-воздушного тракта дизеля, в том числе закоксовыванием сопловых и рабочих лопаток турбины турбокомпрессора, ухудшением технического состояния турбокомпрессора в целом. Это одна из причин постановки тепловозов на внеплановый ремонт. В тоже время в сервисных локомотивных депо отсутствует возможность качественного контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессора после ремонта.

Для обеспечения достоверного контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессоров ТК-41, 6ТК дизеля Д49 после ремонта в Самарском государственном университете путей сообщения имеется научный и технический задел. Были проведены научные исследования, разработаны методы и средства контроля технического состояния турбокомпрессора [1], был разработан, запатентован и изготовлен стенд с энергетическим модулем для испытания турбокомпрессора ТК-34 дизеля 10Д100 [2] с системой измерения [3] и обработки информации [4]. Схема стенда для испытания турбокомпрессора приведена на Рис. 1. Структурная схема системы измерения стенда для испытания турбокомпрессора приведена на Рис. 2. В системе измерения стенда в качестве первичных преобразователей используются: 2 турбинных расходомера топлива; 3 дроссельных расходомера воздуха с датчиками давления, температуры и перепада давления; 14 датчиков давления; 15 датчиков температуры; 2 датчика частоты вращения (Рис.3).

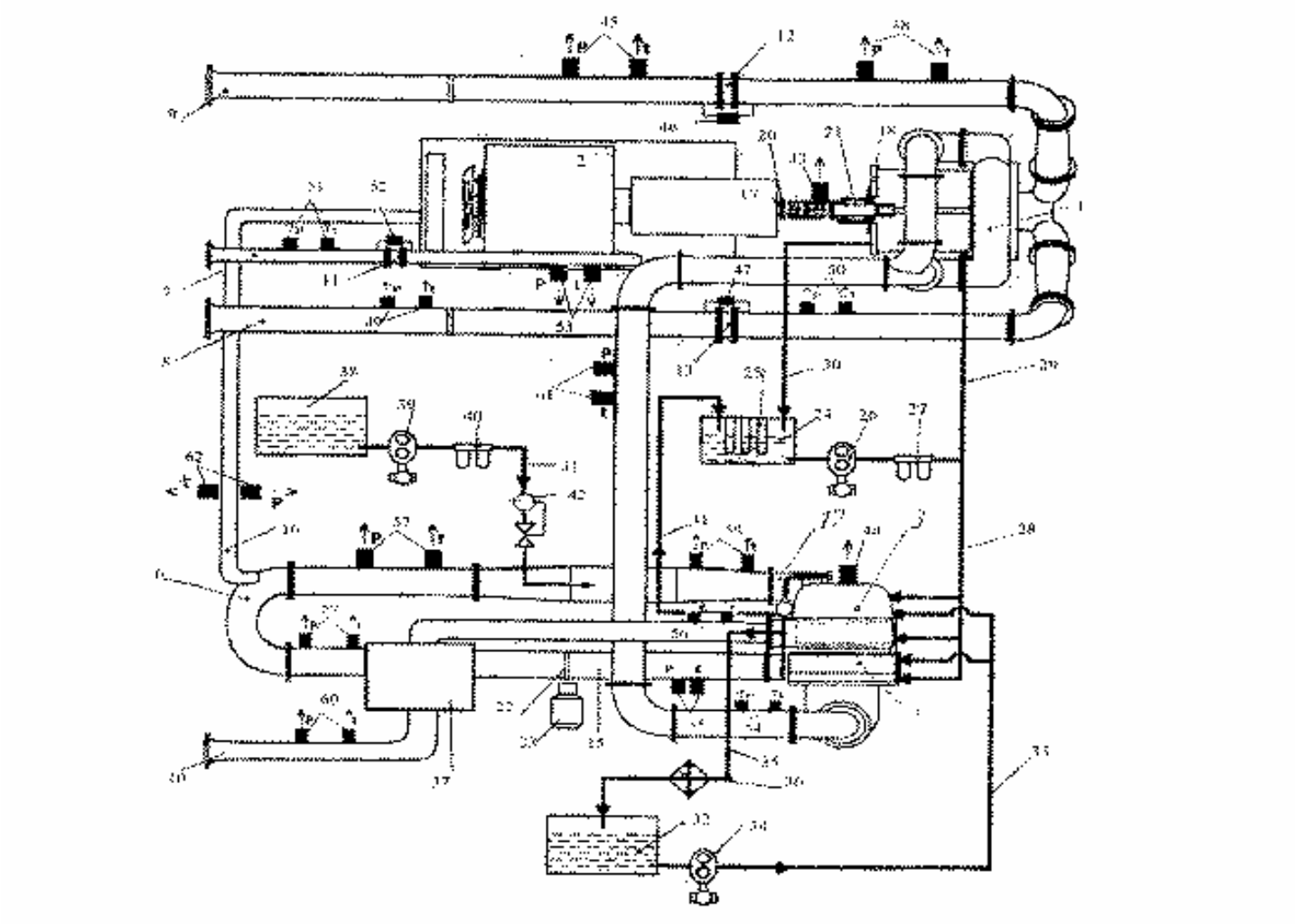


Рис.1. Схема стенда для испытания турбокомпрессора.

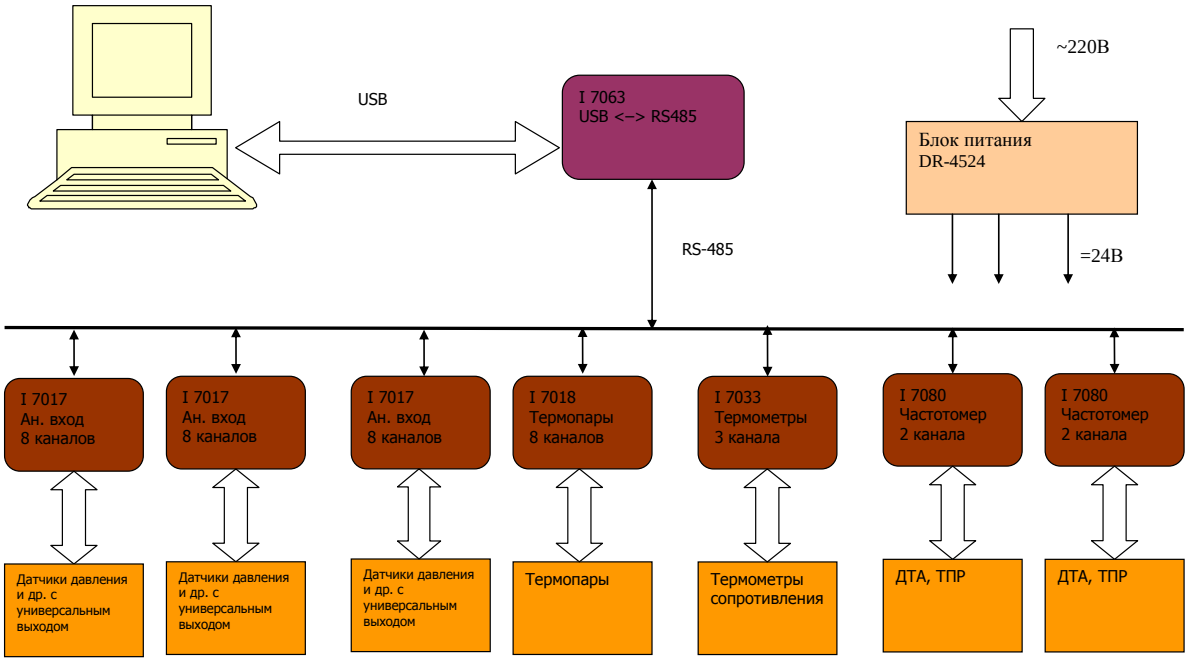


Рис.2. Структурная схема системы измерения стенда для испытания турбокомпрессора



Рис.3. Стенд для испытания турбокомпрессора ТК-34

В состав стенда входит испытуемый турбокомпрессор, камера сгорания турбостартера ТС-12МА с топливной системой и системой воспламенения, приводной центробежный нагнетатель с редуктором дизеля 10Д100, малоразмерный дизель типа КамАЗ-740 с коробкой переключения передач, навесным оборудованием, системами смазки, охлаждения, топливоподачи и управления, газо-воздушная система стенда, системы охлаждения и смазки испытуемого турбокомпрессора.

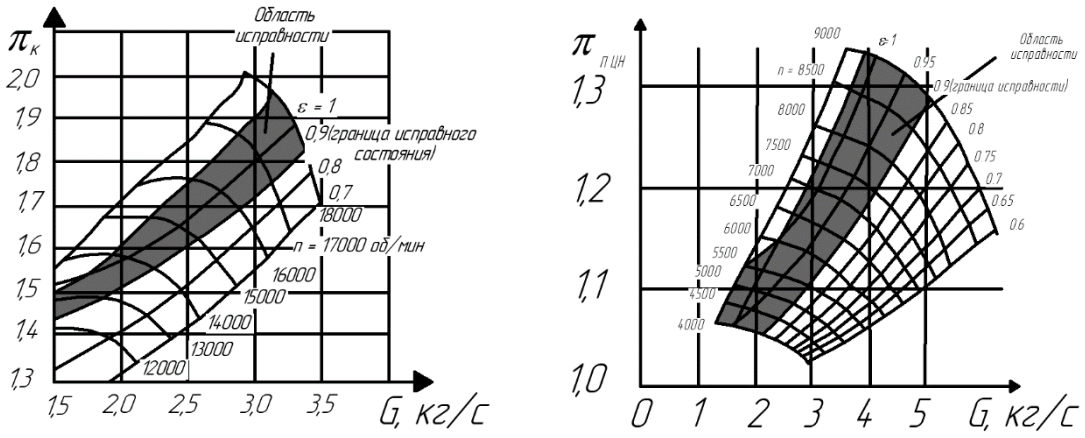
Система измерения, сбора и обработки данных обеспечивает сбор измерительной информации с первичных преобразователей, установленных на

стенде, обработку данных в режиме реального времени и выдачу результатов на экран дисплея персонального компьютера [3,4].

Разработанный стенд позволяет проводить обкатку и испытание турбокомпрессора после ремонта, входной контроль турбокомпрессоров, а также обкатку и испытание приводного центробежного нагнетателя с редуктором после ремонта одновременно с турбокомпрессором или без постановки на стенд турбокомпрессора.

Основой энергетического модуля стенда является малоразмерный дизель КамАЗ-740 с коробкой переключения передач и приводной центробежный нагнетатель с редуктором, которые включены в энергетическую, тепловую и газо-воздушную системы стенда. Дизель КамАЗ-740 и приводной центробежный нагнетатель с редуктором установлены на общей раме и образуют автономный энергетический модуль, который обеспечивает подачу воздуха при запуске и работе стенда, а также повышает располагаемую мощность турбины при работе турбокомпрессора. Энергетический модуль может использоваться в качестве автономного источника сжатого воздуха с расходом 1,5-6 кг/с.

Была разработана математическая модель стенда с турбокомпрессором ТК-34 и проведено моделирование работы турбокомпрессора при испытании на стенде. В ходе проведенного расчетно–экспериментального исследования моделировалось техническое состояние турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя, определялись мощность и КПД приводного центробежного нагнетателя, компрессора и турбины испытуемого турбокомпрессора, тепловая мощность камеры сгорания, КПД стенда и другие эксплуатационные параметры [5]. По результатам моделирования нанесены области исправной работы турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя на их паспортные характеристики в координатах степень сжатия - расход воздуха (Рис.4) [6].



а б

Рис. 4. Паспортные характеристики турбокомпрессора ТК-34(а) и приводного центробежного нагнетателя (б) с областями исправного состояния

В процессе анализа проведенных экспериментальных исследований агрегатов наддува на разработанном стенде установлено, что наиболее информативными параметрами, отражающими техническое состояние турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя являются координаты точки соответствующей режиму испытания на их паспортных характеристиках.

В ходе испытания турбокомпрессоров после ремонта было установлено, что вращение ротора турбокомпрессора начинается при определенной располагаемой мощности турбины, разной для разных экземпляров турбокомпрессоров. Были проанализированы данные для 10 испытанных после ремонта турбокомпрессоров ТК-34. Для каждого турбокомпрессора эксперимент повторялся несколько раз.

При испытаниях в момент начала вращения ротора турбокомпрессора определялись давление, температура и расход газа на входе в турбину, вычислялась располагаемая мощность турбины. Величина располагаемой мощности турбины в момент начала вращения ротора турбокомпрессора пропорциональна моменту, который необходимо приложить к ротору компрессора, чтобы его стронуть. Этот момент определяется соотношением:

$$M_{\text{стр}} = m \cdot r \cdot \zeta,$$

где: m – масса ротора;

r – радиус шейки ротора ;

ζ – коэффициент трения перед началом вращения ротора.

Сразу же после начала вращения ротора момент сопротивлению вращению резко уменьшается и при частоте вращения, соответствующей всплытию шеек ротора на масляный клин, становится пренебрежительно малым по сравнению с моментом, необходимым для начала вращения ротора турбокомпрессора. Эта частота вращения не превышает 1-2% от номинальной частоты вращения ротора турбокомпрессора.

По результатам экспериментальных исследований в координатах Р-Т были построены осредненные зависимости располагаемой мощности турбины турбокомпрессора в момент начала вращения ротора турбокомпрессора, приведенные на Рис.5.

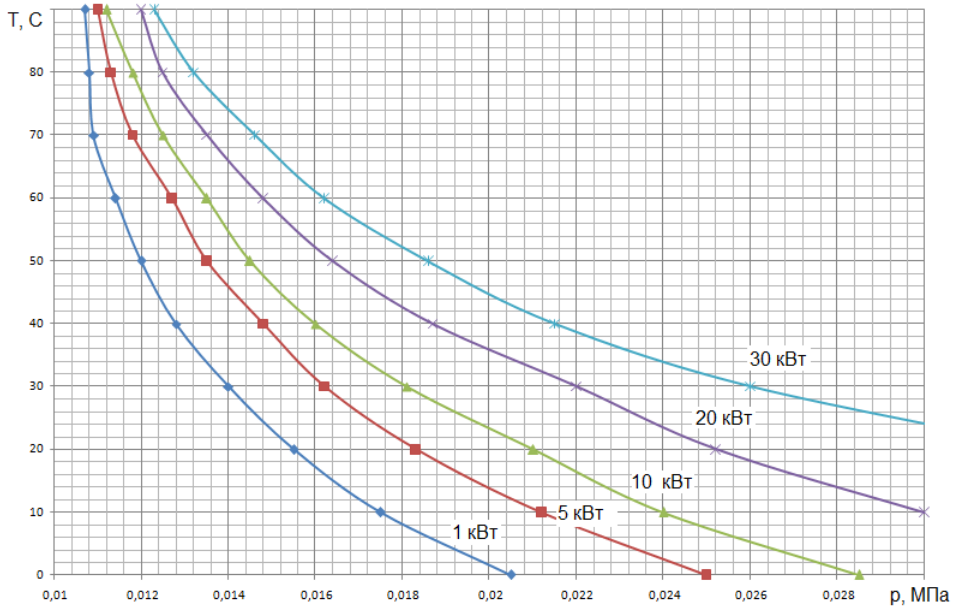


Рис. 5. Осредненные зависимости располагаемой мощности турбины турбокомпрессора в момент начала вращения ротора

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о существенном различии технического состояния испытанных после ремонта турбокомпрессоров и подтверждает необходимость проведения приработки и испытания турбокомпрессора на стенде.

По величине полученного значения располагаемой мощности турбины перед началом вращения ротора турбокомпрессора можно судить о техническом состоянии подшипниковых узлов и величине потерь на трение турбокомпрессора [7,8].

Проведенный анализ испытаний турбокомпрессоров на предложенном стенде, полученные результаты позволяют рекомендовать их для контроля и диагностирования технического состояния турбокомпрессора в составе дизеля при реостатных испытаниях и в эксплуатации. Для реализации этой возможности на турбокомпрессор необходимо установить первичные преобразователи частоты вращения ротора, давления и температуры на входе и выходе компрессора и турбины, на вход компрессора установить расходомер воздуха с датчиками давления, температуры и перепада давления, в топливную систему дизеля установить систему измерения расхода топлива.

Применительно к условиям эксплуатации турбокомпрессора предложен и запатентован способ диагностирования технического состояния турбокомпрессора [9]. В соответствии с этим способом контролируется техническое состояние подшипниковых узлов, оценивается техническое состояние компрессора и турбины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носырев Д.Я., Тарасов Е.М., Левченко А.С., Мохонько В.П. Научные основы контроля и диагностирования тепловозных дизелей по параметрам рабочих процессов (монография). – Самара: СамИИТ, 2001. 174 с.
2. Стенд для испытания турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания // Д. Я. Носырев, А. Ю. Балакин, Ю. О. Барышников // Патент на полезную модель № 174050 по кл. G01M 15/09 от 02.02.2017. Опубл. 26.09.2017. Бюл. № 27.
3. Носырев Д.Я., Ильинский С.А., Свечников А.А. Система измерения параметров работы турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя на стенде. Материалы Международной научно-практ. конф. «Наука и образование транспорту» (5-7 октября 2009 г., г. Самара). – Самара: СамГУПС, 2009. – С.125-127.
4. Носырев Д.Я., Свечников Ан.А., Свечников А.А. Обработка информации о техническом состоянии турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010610320 от 29.10.2009. Зарегистрировано 11.01.2010.
5. Носырев Д.Я., Свечников Ан.А. Моделирование процессов, протекающих в газо-воздушной системе стенда для испытания турбокомпрессора. Вестник транспорта Поволжья. – Выпуск 3(23)- – Самара: СамГУПС, 2010. – С43-47.
6. Носырев Д.Я., Свечников Ан.А., Становова Ю.Ю. Система учета, планирования, контроля и диагностирования при исследовании турбокомпрессора // Известия Самарского научного центра Российской академии наук: Специальный выпуск «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса» - Самара: Самарский научный центр РАН, .2009 С.25-31.
7. Носырев Д.Я., Свечников А.А. Расчетно-экспериментальные исследования газо-воздушной системы тепловозного дизеля. Известия Транссиба: научно-технический журнал. – Омск: ОмГУПС. №4 – 2013 г., 30-35с.
8. Носырев Д.Я., Свечников А.А., Становова Ю.Ю. Экспериментальные исследования работы турбокомпрессора в момент начала вращения и в момент остановки. Вестник транспорта Поволжья-2014 г.№1(43),15-19с.
9. Носырев Д.Я.,. Коссов Е.Е., Фурман В.В., Краснов В.А., Старикова А.Г. Способ диагностирования технического состояния ротора машины. Патент РФ на изобретение №2560853, МПК G01M15/00, Опубл.20.08.2015, Бюл. № 23.

НОСЫРЕВ Д.Я., БАЛАКИН А.Ю., АСАБИН В.В., СТАНОВОВА Ю.Ю.
(Самарский государственный университет путей сообщения)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Рассмотрены пути повышения эффективности работы системы воздухоснабжения тепловозного дизеля на переходных режимах, приведены результаты математического моделирования газодинамических процессов в системе воздухоснабжения тепловозных дизелей.
Ключевые слова: переходные режимы, турбокомпрессор, математическое моделирование, переходные процессы.

Эффективность работы и экологическая безопасность тепловозных дизелей существенно снижается на переходных и неустановившихся режимах [1,2]. Оптимизации режимов работы тепловозных дизель-генераторов на переходных и неустановившихся режимах посвящены работы, проводившиеся во ВНИИЖТ, Коломенском тепловозостроительном заводе, МИИТ и других организациях. Обобщение этих работ приведено в работе [2].

Были предложены различные способы повышения эффективности работы тепловозных дизелей на переходных и неустановившихся режимах. Среди них ограничение подачи топлива, подача дополнительного воздуха от внешнего источника и другие.

Для улучшения качества переходных процессов за счет увеличения приемистости турбокомпрессора предложено большое количество устройств и способов. Большинство предлагаемых устройств направлено на преодоление инерционности турбокомпрессора. Ускорение его раскрутки предлагается различными способами (приводом от коленчатого вала дизеля через муфту свободного хода, от электро-, серво- или пневмодвигателей, подвод сжатого воздуха на лопатки турбины и т.д.). Все предложенные способы и устройства предполагают совершенствование конструкции системы воздухоснабжения дизеля.

В работе [3] с целью улучшения эксплуатационно-технических характеристик дизель-генераторов тепловозов предложен способ улучшения качества регулирования двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления.

Этот способ позволяет повысить эффективность указанных выше устройств и способов.

В Самарском государственном университете путей сообщения был проведен цикл работ по повышению эффективности работы системы воздухоснабжения тепловозного дизеля на переходных режимах.

Проанализировано влияние переходных и неустановившихся режимов на рабочий процесс дизеля [4]. Установлены причины и ограничения, снижающие эффективность работы дизеля на этих режимах.

Предложена система регулирования подачи дополнительного воздуха в дизель от малоразмерного турбокомпрессора [5]. Схема системы регулирования подачи дополнительного воздуха в дизель от малоразмерного турбокомпрессора приведена на рис. 1.

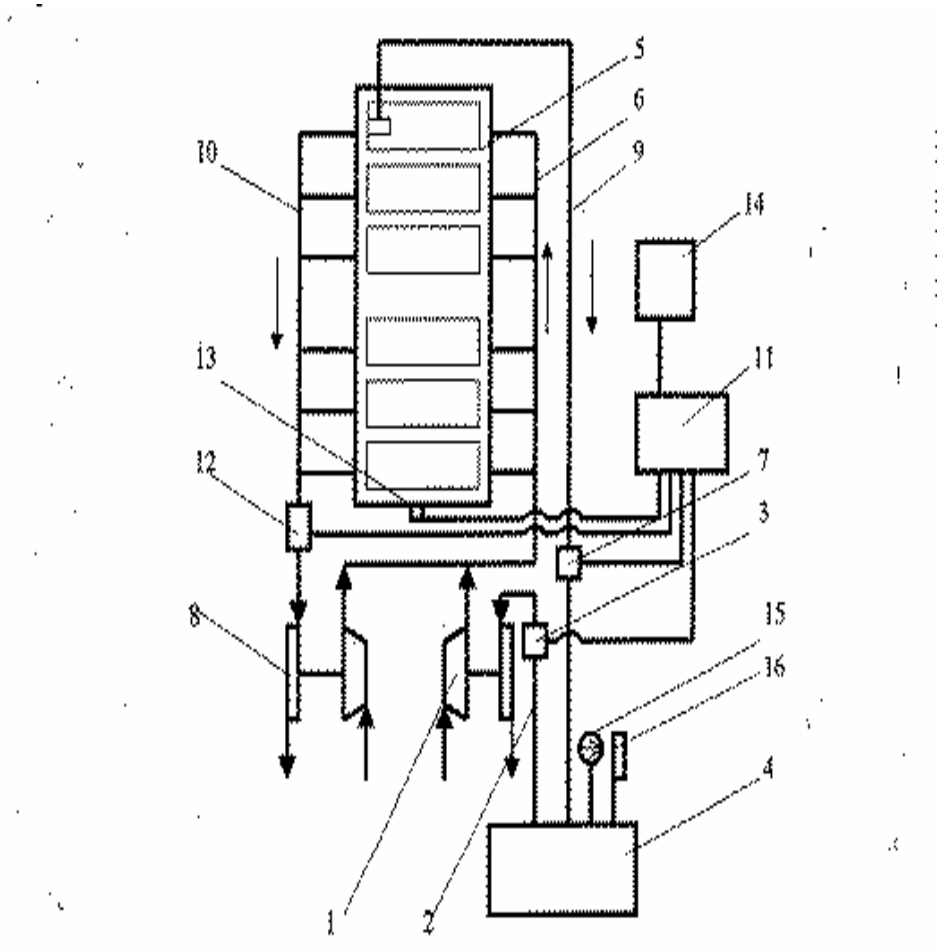


Рис. 1. Схема системы регулирования подачи дополнительного воздуха в дизель от малоразмерного турбокомпрессора

Предложена система для регулирования давления наддува дизеля с подачей пара [6]. Схема системы для регулирования давления наддува дизеля с подачей пара приведена на Рис.2.

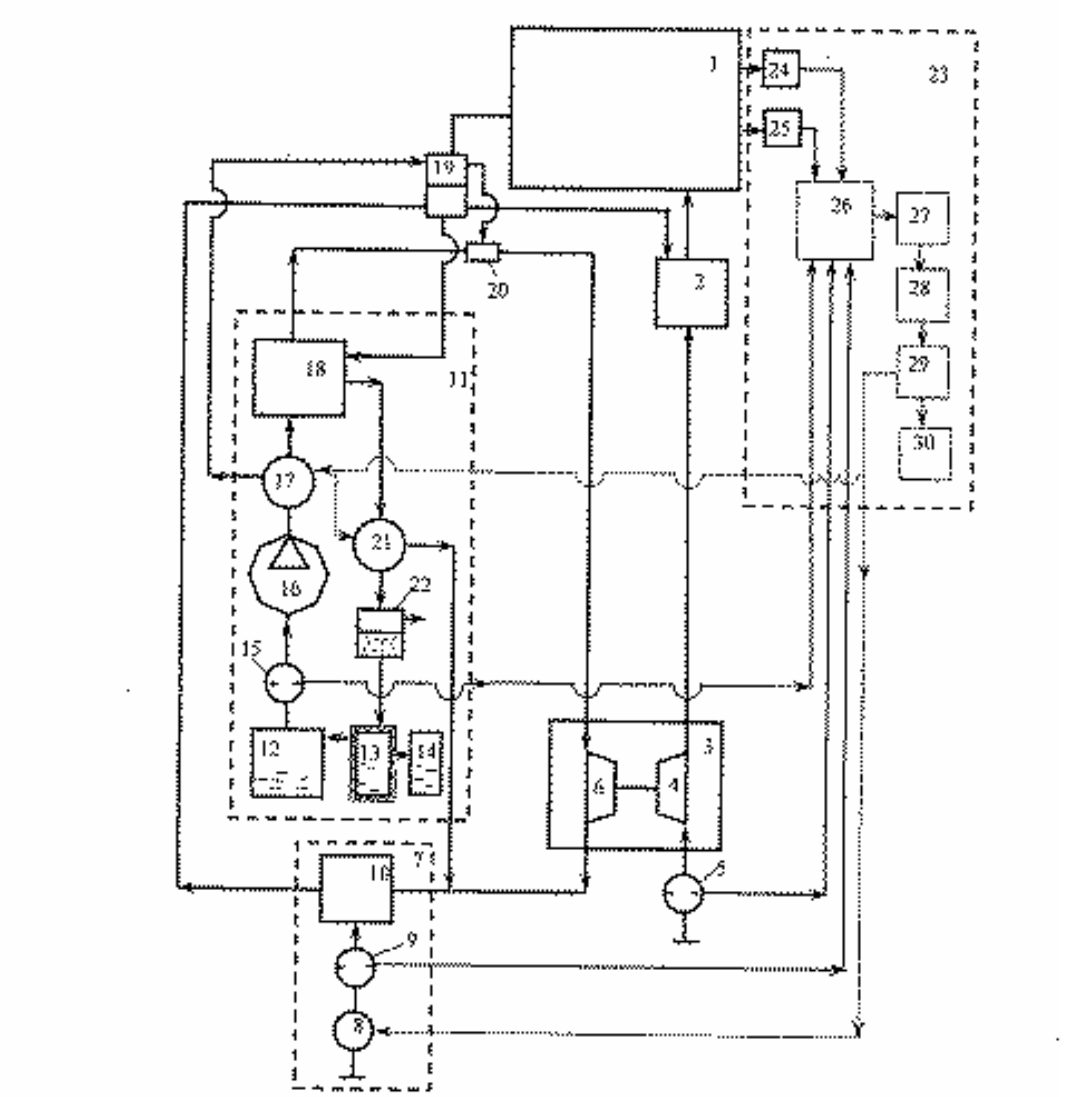


Рис.2.Схема системы для регулирования давления наддува дизеля с подачей пара

Предложен привод турбокомпрессора транспортного ДВС [7]. Схема привода турбокомпрессора транспортного ДВС с подкруткой ротора газовой турбиной приведена на Рис.3.

Предложены стенды для испытания турбокомпрессоров тепловозных дизелей, в том числе на неустановившихся и переходных режимах [8,9].

Проанализированы особенности расчета неустановившихся режимов работы дизеля с турбо-наддувом [10] . Разработаны математическая модель и программа расчета газо-воздушного тракта тепловозного дизеля типа 10Д100 на переходных и неустановившихся режимах [11].

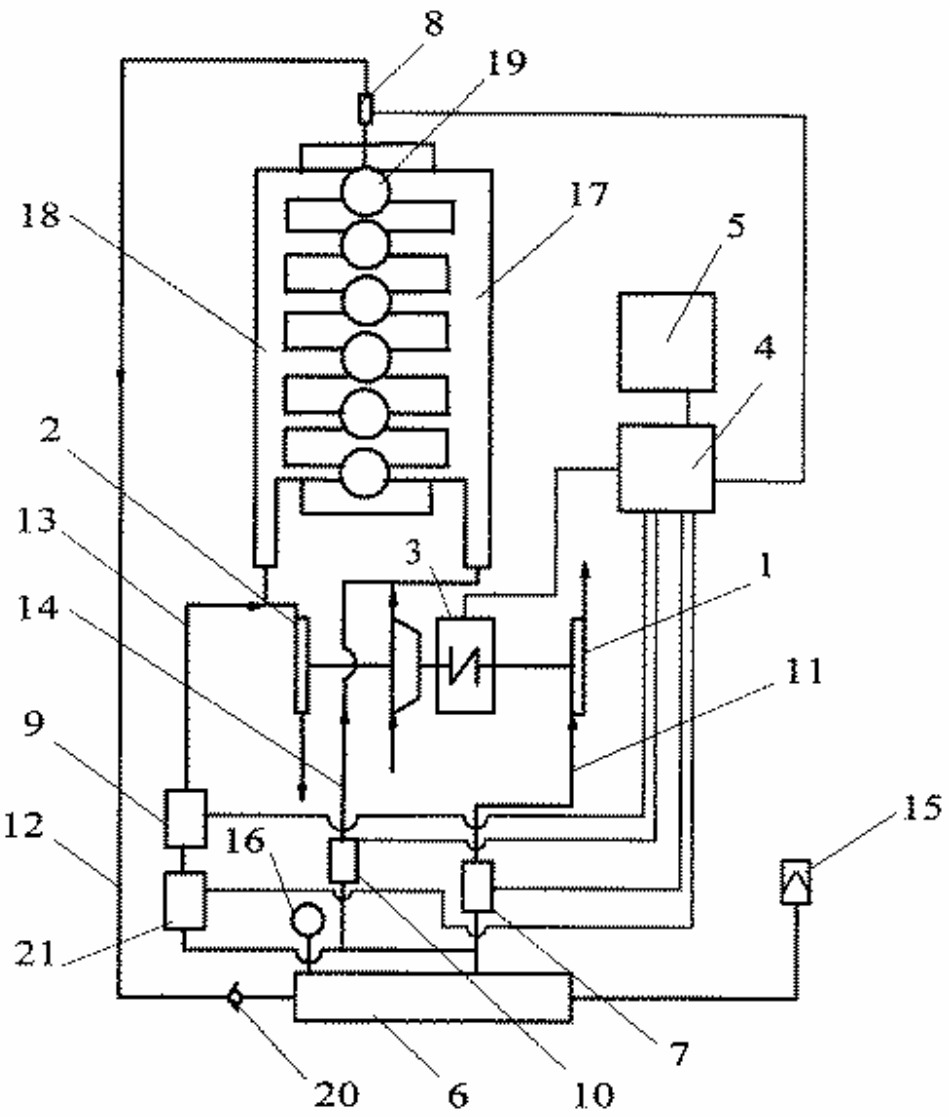


Рис. 3 Схема привода турбокомпрессора транспортного ДВС с подкруткой ротора газовой турбиной

На основе разработанных математической модели и программы расчета газо-воздушного тракта тепловозного дизеля был проведен вычислительный эксперимент, смоделирована работа дизеля 10Д100 при наборе мощности с режима холостого хода до номинальной мощности. Для сравнения рассчитаны четыре варианта: исходный вариант без регулировки параметров переходного процесса, с ограничением подачи топлива, с подачей дополнительного воздух, с подачей пара. Результаты вычислительного эксперимента представлены на рис. 4,5,6, где, приведены изменение частоты вращения коленчатого вала дизеля, изменение частоты вращения ротора турбокомпрессора, изменение коэффициента избытка воздуха в цилиндрах дизеля по времени переходного процесса.

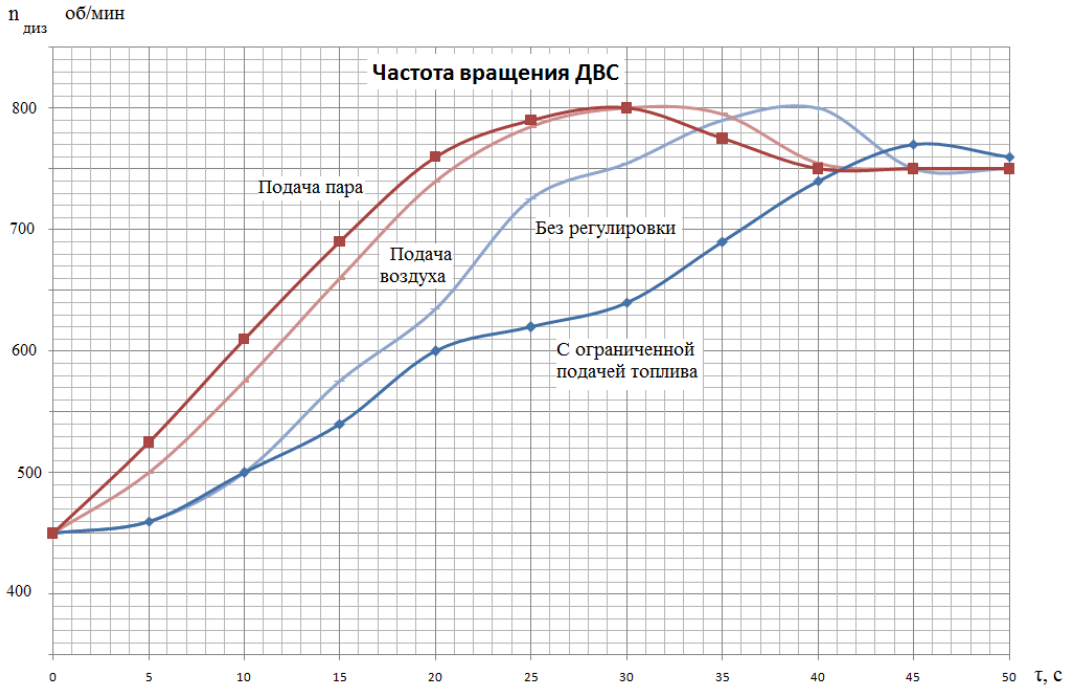


Рис. 4. Зависимости изменения частоты вращения коленчатого вала дизеля 10Д100 по времени переходного процесса при наборе мощности от режима холостого хода до номинальной мощности

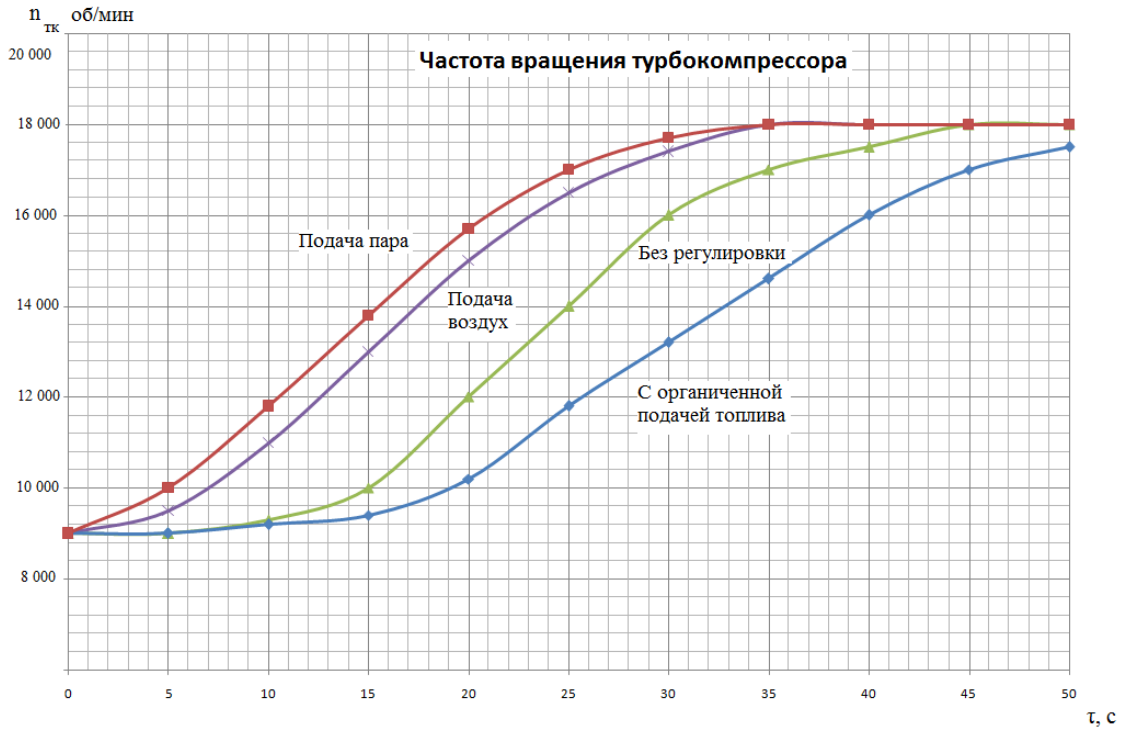


Рис. 5. Зависимости изменения частоты вращения ротора турбокомпрессора по времени переходного процесса при наборе мощности от режима холостого хода до номинальной мощности

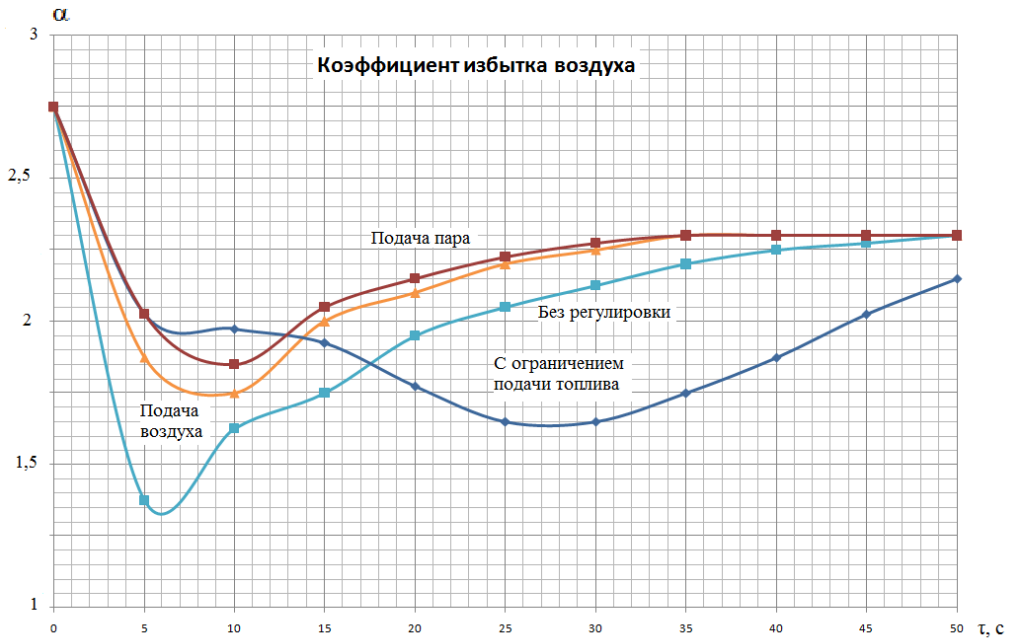


Рис. 6. Зависимости изменения коэффициента избытка воздуха в цилиндрах дизеля по времени переходного процесса при наборе мощности от режима холостого хода до номинальной мощности

В исходном варианте в начале переходного процесса коэффициент избытка воздуха уменьшается до величины 1,33. Продолжительность переходного процесса дизеля составляет 45 секунд, продолжительность переходного процесса турбокомпрессора составляет 45 секунд.

При ограничении подачи топлива характер изменения основных показателей работы дизеля по времени переходного процесса значительно отличается от исходного варианта. Это выражается, прежде всего, в увеличении продолжительности переходного процесса дизеля до 55 секунд, увеличении продолжительности переходного процесса турбокомпрессора до 55 секунд. Коэффициент избытка воздуха в начале переходного процесса уменьшается до величины 1,95, а в середине переходного процесса дополнительно уменьшается до величины 1,65.

При подаче дополнительного воздуха в цилиндры дизеля продолжительность переходного процесса дизеля уменьшается до 41 секунд, продолжительность переходного процесса турбокомпрессора уменьшается до 35 секунд. Коэффициент избытка воздуха в начале переходного процесса уменьшается до величины 1,75.

При подаче пара в цилиндры дизеля продолжительность переходного процесса дизеля уменьшается до 40 секунд, продолжительность переходного процесса турбокомпрессора уменьшается до 35 секунд. Коэффициент избытка воздуха в начале переходного процесса уменьшается до величины 1,85.

При оборудовании дизеля системой подкрутки ротора турбокомпрессора на переходных и неустановившихся режимах увеличивается расход воздуха в цилиндры дизеля, уменьшается продолжительность переходных процессов дизеля и турбокомпрессора, увеличивается коэффициент избытка воздуха на всех стадиях переходного процесса. В результате повышается эффективность работы системы воздухоснабжения тепловозного дизеля на переходных режимах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов А.С. Повешение надежности тепловозных турбокомпрессоров в эксплуатации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, ОмГУПС. Омск 1999. – 175с.
2. Коссов Е.Е. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов / Е.Е.Коссов, С.И. Сухопаров. – М.: Интекст, 1999. – 184с.
2. Фурман В.В., Чертов С. Н., Способ улучшения качества регулирования двигателей внутреннего сгорания и устройство для его осуществления. Патент РФ №2179253, Опубл. 27.02.2003. Бюл. 36.
3. Носырев Д.Я., Становова Ю.Ю. Влияние переходных и неустановившихся режимов работы на рабочий процесс дизеля // Надежность железнодорожной техники и управление: Материалы научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2007. – с.96-99.
4. Носырев Д.Я., Романов Д.В. Система регулирования подачи дополнительного воздуха в дизель. Свидетельство на полезную модель РФ №26328 . Опубл. 27.11.2002. Бюл. № 33.
5. Носырев Д.Я., Становова Ю.Ю., Старикова А.Г. Система для регулирования давления наддува ДВС. Патент РФ № 82005, Опубл. 10.04.2009, Бюл № 10.
6. Носырев Д.Я., Скачкова Е.А., Романов Д.В. Привод турбокомпрессора транспортного двигателя внутреннего сгорания. Патент РФ на полезную модель №35129. Опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36.
7. Носырев Д.Я., Балакин А.Ю., Бурлягин М.Ю., Кабанов П.А., Стенд для испытания турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания. Патент на полезную модель РФ №168392 Опубл. 01.02.2017, Бюл. № 4.
8. Носырев Д.Я., Балакин А.Ю., Барышников Ю.О., Стенд для испытания турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания. Патент на полезную модель РФ №174050. Опубл. 26.09.2017, Бюл. № 27.
9. Носырев Д.Я., Становова Ю.Ю., Особенности расчета неустановившихся режимов работы дизеля с турбонаддувом // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: Материалы IV международной научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2008. – с. 168-171.
10. Носырев Д.Я., Становова Ю.Ю. Расчет газовоздушного тракта тепловозного дизеля типа 10Д100 на переходных и неустановившихся режимах. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011611249 от 14.12.2010. Зарегистрировано 07.02.2011.

УДК 629.4.02

НОСЫРЕВ Д.Я., СВЕЧНИКОВ А.А., ФУРМАН В.В.
(СамГУПС, г. Самара)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ НАДДУВА ТЕПЛОВОЗА, ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИКЛОНА-ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА НА ВХОДЕ В ТУРБИНУ

Согласно целевой программе «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации № 877-р от 17 июня 2008 г., приоритетным направлением развития подвижного состава является повышение надежности и экономичности тягового подвижного состава, а также увеличение эксплуатационного ресурса технических средств.

Повышение экономичности, надежности и эксплуатационного ресурса тепловозов может быть достигнуто путем совершенствования системы выпуска продуктов сгорания.

Материалы, приведенные в настоящей статье, могут найти широкое применение в системе локомотивного хозяйства ОАО «Российские железные дороги» и промышленного транспорта.

Состояние дизеля оказывает значительное влияние на эксплуатационные расходы топлива.

Многолетний опыт эксплуатации дизелей с наддувом свидетельствует о том, что в процессе их работы происходит неизбежное постепенное ухудшение технического состояния и характеристик турбокомпрессора. Основной причиной изменения характеристик турбокомпрессора является загрязнение проточных частей турбины, приводящий к снижению их КПД и изменению пропускной способности. В результате уменьшается расход воздуха на дизель, повышаются температура выпускных газов и удельный расход топлива. Таким образом, в процессе эксплуатации степень согласованности характеристик дизеля и турбокомпрессора, достигнутая при расчете, проектировании и доводке, частично или полностью нарушается. Агрессивность химических соединений, входящих в состав отложений, снижает надежность элементов турбокомпрессора.

Как показывает практика, улучшение качества работы системы газотурбинного наддува дизеля тепловоза, позволяет снизить удельный расход топлива на 2–5 %. К числу основных причин, ухудшающих надежность и экономичность работы дизеля в эксплуатации, относится наличие большого

количества отложений в газовом тракте и закоксованность лопаток турбины несгоревшими продуктами (сажей).

Закоксовавшиеся лопатки турбины теряют подвижность, что приводит к снижению давления наддува, снижению КПД турбокомпрессора и, как следствие, – снижению эффективности и эксплуатационной надежности тепловозных дизелей. Незначительный слой отложения на рабочих и сопловых лопатках колеса турбины, возникающий после 6 часов эксплуатационной работы дизеля, приводит к снижению КПД турбокомпрессора на 4–6 %.

В настоящее время разрабатываются и практически реализуются различные методы повышения эффективности работы турбокомпрессоров в эксплуатации [1]. Среди них: подкрутка ротора, использование комбинированного наддува, совершенствование технологии испытаний турбокомпрессоров после ремонта и др. Большинство из разрабатываемых методов являются сложными и дорогими в реализации. Оригинальной идее авторов данной статьи является предложение не очищать проточную часть турбины при проведении технического обслуживания и текущего ремонта турбокомпрессора, а установить устройство очистки продуктов сгорания от сажи прямо на входе в турбину. Это позволит сохранить проточную часть турбины не загрязненной и обеспечить заданные заводом эксплуатационные характеристики турбокомпрессора на протяжении всего периода эксплуатации.

Используемое в газовом тракте устройство очистки должно обладать максимальной степенью очистки (до 98 %) и минимальным гидравлическим сопротивлением, так как большое гидравлическое сопротивление негативно скажется на работе турбокомпрессора и его характеристиках.

Наиболее эффективными устройствами улавливания твердых частиц из газового потока являются электрофильтры. Существует множество конструктивных исполнений электрофильтров. Основная проблемы использования таких устройств является в том, что необходимо постоянное техническое обслуживание, а именно очистка коронирующих и осадительных электродов от накопившейся сажи.

В тоже время, устройством с наименьшим гидравлическим сопротивлением является циклонный очиститель. Основной недостаток циклонов – это их низкая степень очистки. Такие устройства не способны улавливать частицы маленького размера (3–10 мкм).

Для решения озвученной проблемы предлагается на входе в турбину использовать циклон-электрофильтр. Разработанная схема устройства объединяет два разных метода очистки (электрофильтрация и очистка в

центробежном поле), что позволит убрать недостатки каждого из устройств в отдельности и в тоже время сохранить сильные стороны обоих устройств (высокую степень очистки и маленькое гидравлическое сопротивление).

Устройство (рис. 1) представляет собой центробежный циклон-электрофильтр, который состоит из корпуса 1, с входным патрубком 2, крышки корпуса 3, изоляторов 4, изолирующей пластины 5, коронирующих электродов 6, выходного патрубка 7, отражателя 8, спиц 9, бункера 10 с осевым патрубком выхода шлама 11.

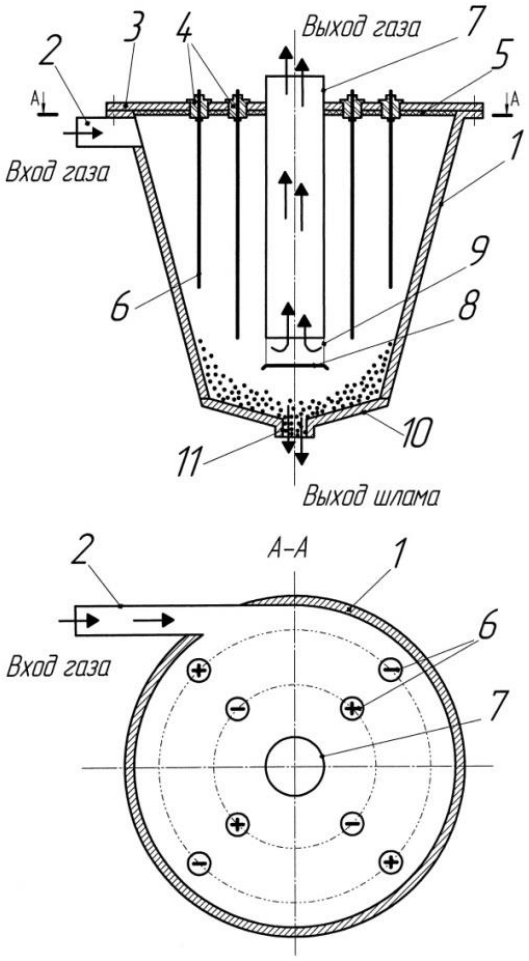


Рисунок 1 – *Принципиальная схема циклона-электрофильтра*

Разработанная конструкция является оригинальной, что подтверждено наличием патента на полезную модель [2]. Суть электродинамического метода очистки продуктов сгорания, используемого в циклоне-электрофильтре, заключается в том, что по средствам униполярного коронного разряда частицам сажи придается дополнительный импульс к коагуляции, а уже увеличенные в размерах частицы с высокой эффективностью осаждаются за счет действия на них центробежных сил.

Расчетно-экспериментальные исследования работы, созданного опытного образца циклона-электрофильтра, проводились на дизеле Д242 в научно-исследовательской лаборатории «Локомотивные энергетические установки», Самарского государственного университета путей сообщения [3].

Для оценки эффективности работы разработанного устройства экспериментальные исследования проводились на продуктах сгорания экспериментального дизеля, исследовалась степень очистки. С помощью прибора измерения дымности замерялась объемная концентрация сажи в продуктах сгорания дизеля без использования каких либо устройств очистки и с использованием циклона-электрофильтра. Для определения влияния циклона-электрофильтра на экономичность дизеля производился замер расхода топлива с помощью гидростатического расходомера.

Основным научным результатом экспериментов стала зависимость массовой концентрации сажи от режима работы дизеля по мощности N_e для различных напряжений на электродах U (рис. 2).

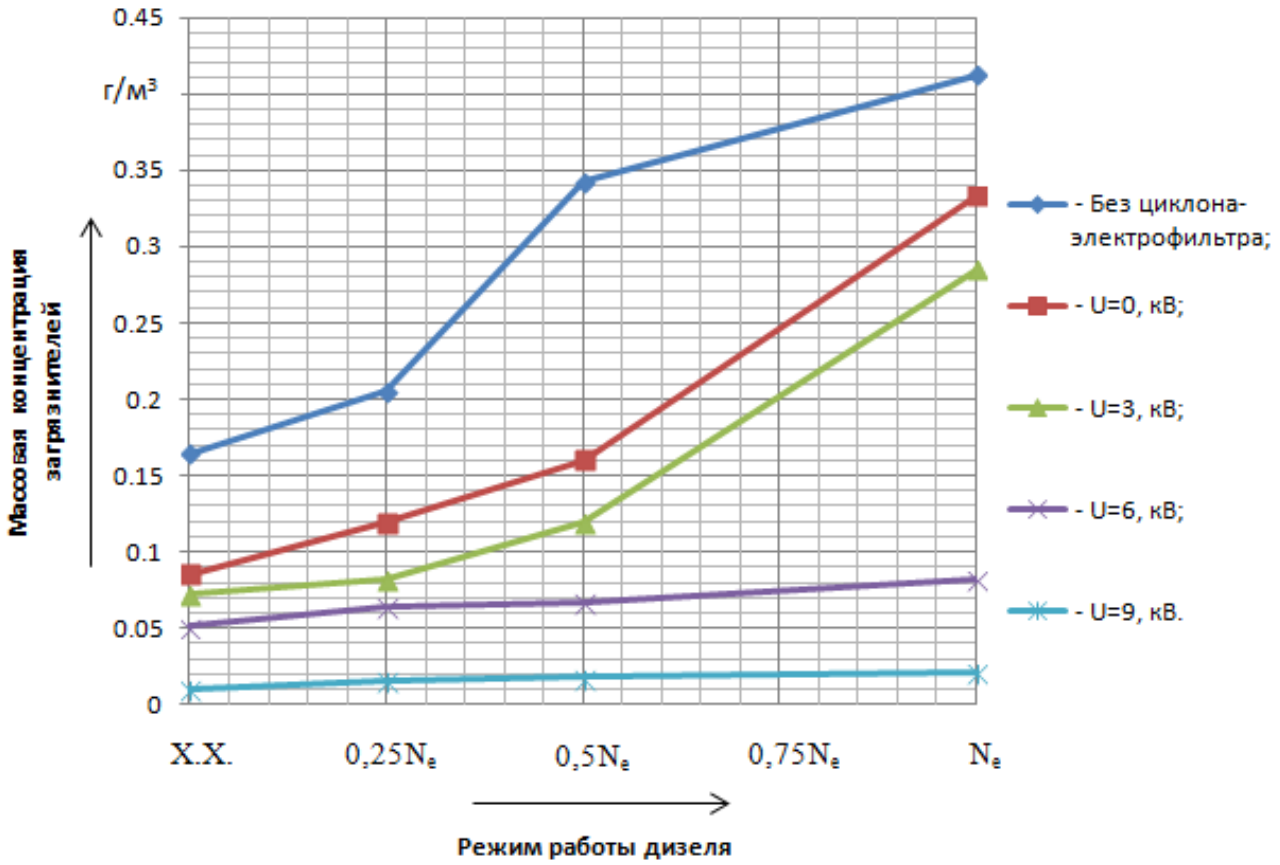


Рисунок 2 – *Зависимость массовой концентрации сажи от режима работы дизеля по мощности N_e для различных напряжений на электродах U*

ВЫВОДЫ: В целом проведенные экспериментальные исследования работы циклона-электрофильтра в газовом тракте дизеля Д242 показали следующее:

1. Степень очистки с использованием циклона-электрофильтра на биполярном коронном разряде в 1,3 – 1,5 раза выше, чем на униполярном коронном разряде.

2. Степень очистки с использованием циклона-электрофильтра работающего на напряжении U=9 кВ держится постоянной не зависимо от режимов работы дизеля.

3. Оптимальное количество коронирующих электродов равно 3–4 парам. Уменьшение количества электродов дает резкое уменьшение степени очистки.

4. Применение циклона-электрофильтра, работающего на биполярном коронном разряде, позволяет на порядок (не менее чем в 10 раз) уменьшить объемную концентрацию сажи в продуктах сгорания.

5 .Установка циклона-электрофильтра в систему газового тракта дизеля не влияет на его мощность и экономичность работы.

Целесообразность очистки продуктов сгорания от сажи на входе в турбине, помимо улучшения эксплуатационных характеристик турбокомпрессора, также подтверждается остро стоящей проблемой больших выбросов сажи тепловозами, особенно старой постройки (2ТЭ10, 2ТЭ116, М62, ТЭМ2, ЧМЭ3 и др.). Использование циклона-электрофильтра на входе в турбину позволяет улучшить экономичность работы дизеля и снизить выбросы вредных веществ с отработавшими газами в атмосферу.

Библиографический список

1. Свечников А.А., Галеев Р.Р. Разработка мероприятий, направленных на повышение надежности и эффективности работы турбокомпрессоров. – Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту». – Самара: Самарский гос. ун-т путей сообщения, 2015. – С. 34-37.

2. Носырев Д.Я., Свечников А.А. Циклон-электрофильтр патент на полезную модель № 117321 от 24.11.2011 г.

3. Носырев Д.Я., Свечников А.А. Экспериментальные исследования работы циклона-электрофильтра в качестве устройства очистки отработавших газов тепловозных дизелей. – Вестник транспорта Поволжья. – Самара: Самарский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – № 6 (36). – С. 18-25.

УДК 656.212.2

ОБУХОВ А.Д.
(ООО *«Кловер Групп», г. Казань)*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ РЕСУРСОВ НА ПОЛИГОНЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С УЧЕТОМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА

В статье рассмотрены современные проблемы эксплуатации тягового подвижного состава на полигонах железных дорог. Определены основные «барьерные» места. В качестве инновационного инструмента решения поставленной задачи предложена оптимизационная модель эксплуатации локомотивного парка на участке железной дороги и модели предиктивного анализа состояния узлов и агрегатов тягового подвижного состава. Рассмотрены критерии и эффекты применения данных моделей для решения эксплуатационных задач на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова. Тяговый подвижной состав, интеллектуальный анализ данных, интеллектуальные транспортные системы, система предиктивного обслуживания ремонта.

OPTIMIZATION OF TRACTION RESOURCES ON THE SALE OF THE ROAD POLYGON GIVEN IMPLEMENTATION, THE ANALYST PREDICTION OF TECHNICAL CONDITION OF LOCOMOTIVE PARK

We deal with the modern problems of operating the traction rolling stock on the railroad tracks in the article. The main "barrier" places are defined. The optimization model of operation of the locomotive fleet on the railway section and the model of the predictive analysis of the state of units and assemblies of traction rolling stock are proposed as innovative tools for solving the task. The criteria and effects of application of these models for solving operational problems in railway transport are considered.

Keywords. Traction rolling stock, data mining, intelligent transport systems, a system of predictive repair services.

Современная трансформация логистического мировоззрения все больше меняет мир и ставит новые задачи в области развития телекоммуникационных и информационных технологий при управлении производством, эксплуатации инфраструктуры. Для этого необходимо развивать цифровые и интеллектуальные технологии в оперативном управлении фондо-ресурсоемкими предприятиями: железнодорожные и автомобильные перевозки, автомобилестроение и локомотивостроение, депо и ремонтные цеха.

Проекты по цифровизации предприятий транспортной отрасли (заводы и депо, инфраструктура) направлены на повышение внешней и внутренней

конкурентоспособности предприятий транспортных сегментов на мировом уровне за счет полной интеграции интеллектуальных коммуникационных технологий между клиентами, транспортными средствами и инфраструктурой, а также системой управления движением поездов [1,2], то есть созданием цифрового двойника.

Интеллектуальные железнодорожные системы получают все большее распространение в мировой практике, а их разработка проводится ведущими транспортными и IT- компаниями. Мощный импульс развитию данных систем придали современные инструменты, такие как HybridModels, Explainable AI, IndustrialInternetofThings, BrigYourOwnDevice, BringYourOwnData, BigData, CloudComputing, Машинное и глубокое обучение, и другие. Данные технологии позволяют оптимизировать транспортные ресурсы, тем самым повысить эффективность перевозок [3].

Важнейшими задачами в процессе эксплуатации железнодорожного тягового подвижного состава являются мониторинг и прогнозирование его технического состояния, планирование и оптимизация проведения предиктивного ремонта с учетом инфраструктурных и технологических ограничений железнодорожного транспорта общего пользования.

По ряду железных дорог России сегодня фактический показатель неравномерности перевозок значительно превышает нормальные показатели. Особенно проблемными являются дороги Восточного полигона. В условиях повышенной неопределенности для оперативного регулирования потребных ресурсов компания – перевозчик вынужден содержать непроизводительные резервы тяговых ресурсов на непредсказуемый рост перевозок. Анализ статистических данных показывает, что, например, показатель бюджета времени локомотивов за первое полугодие 2017 г. делиться на время нахождения в движении – 47,7 % (11,4 ч.), 33% времени локомотивы простаивают на станционных и деповских путях станций оборота, 7% – на станциях смены локомотивных бригад, 6,4% – на станциях приписки, 5,9% – на промежуточных станциях с поездами. Перепростой на плановых видах ремонта, а также заходы на межпоездной ремонт и ожидание свободных ремонтных позиций приводят к необходимости ежесуточно изымать из эксплуатации более 1000 локомотивов [4].

На сегодняшний день наблюдается повышенное избыточное количество локомотивов в инвентарном парке для осуществления объемов работы. В данных условиях большую роль в комплексной программе оптимизации играет повышение надежности новых и отремонтированных локомотивов. Низкий уровень надежности, а также несоблюдение технологии ремонта заводами и депо обуславливают необходимость содержания сверх норматива около 1400 тяговых единиц. При этом экспертным методом установлено, что в настоящее время

существует потребность в локомотиве, который на всем жизненном цикле был бы готов к эксплуатации не менее 95% времени его срока службы.

Существующая система технического обслуживания и ремонта локомотивов на Восточном полигоне не полностью отвечает требованиям эффективного повышения эксплуатационной надежности локомотивов с одновременным снижением затрат на их ТОиР, а средний простой локомотива в депо не может использоваться как достоверный показатель, так как есть простой на ТО-2, ТР-1, ТР-3 и других видах ТОиР, где имеется собственная средняя продолжительность простоя. Следовательно, использование среднего простоя в депо для оценки возможности одновременного проведения обслуживания и ремонта локомотивов зачастую приводит к ошибочным выводам.

Для достижения основной цели комплексной оптимизации эксплуатируемого парка локомотивов, а также совершенствования системы организации своевременного подвода их в сервисные локомотивные депо и пункты технического обслуживания локомотивов специалистами компании Clover Group разработан комплекс программных продуктов, реализующих взаимодействие моделей предиктивного анализа состояния узлов и агрегатов тягового подвижного состава и динамической модели перемещения поездопотоков на участке.

В качестве выбранных критериев оптимизации тягового обслуживания на выбранном участке определены такие ключевые эксплуатационные показатели как: минимизация пробега локомотивов в одиночном следовании, времени нахождения вагонов и поездов на станциях смены локомотивов и локомотивных бригад; максимизация среднесуточной производительности локомотивов рабочего парка. Особенно актуальным для системы оптимизации тягового обслуживания полигона является сокращение времени нахождения локомотивов эксплуатируемого парка на деповских путях и снижение различного рода непроизводительных потерь времени работы локомотивных бригад, в том числе в ожидании работы. При этом для максимально эффективного применения оптимизационной модели в качестве входных данных для ее работы в оперативном режиме используются данные интеллектуальной диагностики, предиктивной аналитики и мониторинга эксплуатации узлов и агрегатов всех локомотивов рабочего парка на участке.

Предиктивная аналитика дает возможность извлечь необходимую информацию об эксплуатации и техническом состоянии оборудования из разнообразных источников данных (таких, как данные КИПиА, АСУ ТП, аналоговых приборов; ведомости и журналы), которая, будучи структурированной с учетом особенностей конструкции рассматриваемого узла, применяется в процессах принятия и оптимизации управленческих решений.

Основной задачей предиктивной аналитики оборудования при решении данной комплексной оптимизационной задачи является определение степени влияния параметров работы оборудования друг на друга и выявление аномалий, дефектов и отказов, исходя из анализа изменения значений этих параметров за имеющиеся периоды наблюдения. Эти закономерности выявляются путем построения модели предиктивного анализа по контролируемому объекту.

Разработанные специалистами Clover Group модели предиктивного анализа инженерно-технических объектов позволяют:

- определить релевантные параметры, характеризующие состояние конструктивных элементов оборудования;
- выявить тренды деградации, аномалии/дефекты и предотказные состояния на работающем оборудовании;
- спрогнозировать вероятность и время наступления отказа конструктивных элементов оборудования.

В настоящее время система способна находить более 50 видов нарушений в работе оборудования и режимах эксплуатации локомотивов. Так, например, по тепловозам серии 2,3ТЭ116У [5,6,7] и ТЭП70БС(У) автоматически определяются нарушения режимов эксплуатации, связанные с неправильными действиями локомотивной бригады при запуске и остановке дизеля, работой локомотива под нагрузкой при температуре воды и масла ниже допуска, а также нарушения в работе оборудования. К их числу относятся: превышение температуры газов по цилиндрам, несоответствие значений мощности генератора и оборотов дизеля установленной позиции контроллера машиниста, выход значений давления и температуры масла за пределы допусков и т.п.

Модуль системы «Math» представляет собой комплекс математических алгоритмов, в котором могут использоваться как open-сорсные библиотеки, так и собственные уравнения разработчиков, описывающие работу конкретного оборудования на основе имеющихся параметров телеметрии. Для снижения взаимной коррелированности используются модели, использующие разные подходы: лес случайных деревьев, бустинг и метод опорных векторов[8]. Для оценки точности моделей, данные делятся на обучающую и на тестовую выборки. Для данного разбиения также может использоваться метод случайного разбиения. Для оценки моделей используются методы: кросс-валидация; внутренняя кросс-валидация; стратифицированный сэплинг; матрица запутанности; матрица запутанности 2-го класса; кривые ROC (ReceiverOperatingCharacteristic); и др.

Приоритетными направлениями в ходе разработки комплекса оптимизационных моделей управления тяговыми ресурсами при переходе на полигонные технологии, которые способствуют повышению эффективности перевозочного процесса, являются:

– совершенствование и оптимизация технологий перевозочного процесса, а также устранение основных технологических потерь при эксплуатации;

– создание инновационных интеллектуальных управляющих систем диспетчерского аппарата;

– оптимизация структуры управления перевозками;

– ликвидация «барьерных» мест, сдерживающих темпы роста пропускной способности;

В части совершенствования и оптимизации эксплуатации тяговых ресурсов на полигоне железной дороги следует также предусмотреть выделение внутренних тяговых полигонов работы локомотивов с учетом соблюдения плана формирования и основных показателей выполнения местной работы на участках, а также оптимизацию участков обращения локомотивных бригад.

Библиографический список

1. Обухов, А.Д. Цифровые технологии в управлении эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте [Текст] / А.Д. Обухов // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 9. – С. 4-8.

2. Обухов, А.Д. Интеллектуальные технологии в управлении перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / А.Д. Обухов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук.–2016.–№ 1.Т.3.–С. 36-39.

3. Шапкин, И. Развитие технологии грузовых перевозов на железнодорожном транспорте в современных условиях / И. Шапкин, А. Обухов // Научно-практический альманах «Вектор транспорта».–2015.–№ 3.– С. 10-19.

4. Валинский, О.С. Повышая эффективность управления локомотивным комплексом [Текст] / О.С. Валинский // Локомотив. – 2017. – № 1. – С. 3-7.

5. Мельников, В.А. Определение предотказного состояния тяговых электродвигателей [Текст] /В.А. Мельников, С.А. Дмитриев // Локомотив. – 2017. – № 6. – С. 36-37.

6. Мельников, В.А. Использование корреляционного анализа при диагностировании тепловозов 2ТЭ116У [Текст] / В.А. Мельников // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Материалы шестой международной научно-практической конференции. Иркутск, 2015 –С. 343-349.

7. Мельников, В.А. Диагностирование тепловозов по данным бортовых микропроцессорных систем [Текст] / В.А. Мельников // /Мир транспорта. – 2014. – № 3. – С. 56-62.

8. Automatic Defect Recognition in Corrosion Logging Using Magnetic Imaging Defectoscopy Data / Rita Gaibadullina, BulatZagidullin, Vladimir Bochkarev // 3rd International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST'2014), Yekaterinburg, Russia, April 10-12, 2014. p 86-91.

ОРЛЕНКО А.И., ЮРЬЕВ А.В., ИЛЬИН Е.С., РАТУШНЯК В.С.
(КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕРЕСАХ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

В Красноярском институте железнодорожного транспорта с 2009 года проводятся прикладные исследования по применению электроимпульсных технологий в интересах транспортной отрасли. На базе конструкторского бюро института воссоздан творческий научный коллектив, подготовлена уникальная материально-техническая база. Исследования получили высокую оценку экспертного сообщества, грантовую поддержку Фонда содействия инновациям, независимую международную экспертизу, по итогам которой получен статус резидента инновационного центра «Сколково».

Технологический комплекс по очистке вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом представлен на Рисунок 1.

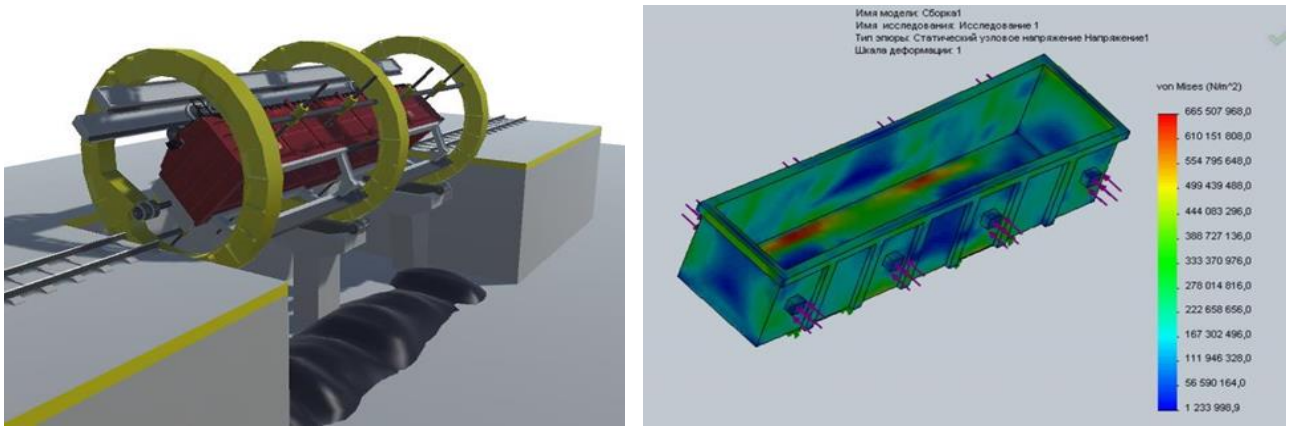


Рисунок 1. Визуализация и результаты моделирования процесса очистки полувагона от примерзшего и слежавшегося груза

Задача – решение проблемы, возникающей у потребителей сыпучих грузов – ТЭЦ, морские порты, заводы (металлургические, химические, обогатительные). Недовыгруз при температурах ниже – 20º С, составляет от 6% до 15 %.

Разработанный комплекс очистки вагонов от слежавшейся и смерзшейся массы магнитоимпульсным способом [1, 2, 3] основана на использовании нелинейных эффектов (большая удельная мощность) при относительно небольшой потребляемой мощности. Импульсное воздействие на стенку вагона (в 7 раз ниже порога деформации) приводит к разрушению смерзания на границе раздела сред: стенка вагона – перевозимый груз.

Комплекс энергоэффективен и выполняет операцию очистки быстрее, чем известные аналоги. Применение продукта не связано с деформирующим воздействием на стенки вагона, что избавляет от возможных затрат на восстановление поврежденного вагона. Попытки освободить вагон от смерзшейся массы традиционными способами (разогрев, дробление) не эффективны – увеличивают как время выгрузки, так и приводят к повреждению вагона.

Преимущества комплекса по очистке вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом по сравнению с традиционными подходами предварительного обезвоживания (сушка), механического рыхления (встряхивание), разогревом вагонов:

- Малое потребление электроэнергии (не более 10 кВт•ч, например, для разогрева вагона требуется более 600 кВт•ч).
- Отсутствие повреждений вагонов.
- Меньшее время на проведение операции по очистке вагона.
- Работоспособность при низких температурах.
- Экологичность (низкий уровень шумов, без пылевая технология).
- Низкие капитальные затраты (нет спец. требований к месту монтажа, не требуется теплоноситель, не образуется влага – нет дополнительной необходимости сушки, больший период межремонтного обслуживания – нет трущихся частей).

При обороте разгрузочного терминала 200 вагонов в сутки, прямые потери составляют от 12 до 30 вагонов/сутки. При перевозке в вагоне порядка 65 тонн и цене на уголь от 500 до 7000 руб./тонну, потери составят:

12*65*500= 390 000 руб. /сутки;

30*65*7000= 13 600 000 руб. /сутки.

Окупаемость комплекса при стоимости 15 млн. руб. – менее месяца.

Предлагаемый подход может использоваться для снятия малых шестерен с вала якоря тягового электродвигателя электровозов.

Следующая разработка института направлена на повышение эффективности очистных сооружений при помощи электрогидроимпульной обработки сточных вод. **Электрогидроимпульная обработка сточных вод** [4] прошла испытания в R&D парке ОАО «Красцветмет» (Рис. 2).

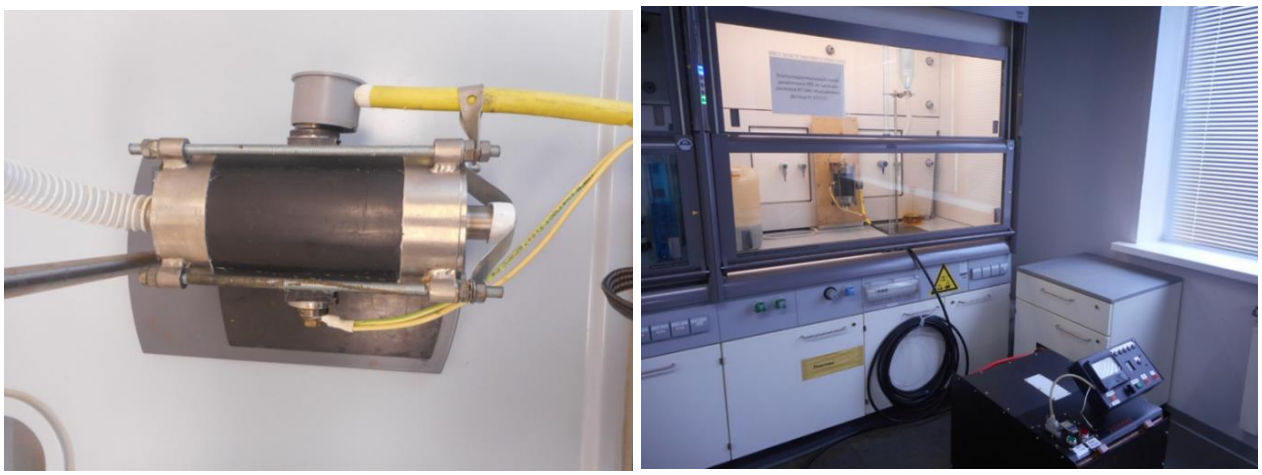


Рисунок 2. Разработанный реактор и его испытания в R&D парке

На сегодняшний день существующие способы очистки воды: биологические, химические, физические, физико-химические и т.д. обладают, как правило, относительно узким спектром очистки, имеют не всегда удовлетворительную степень очистки и высокую себестоимость.

Предлагаемый технологический комплекс реализует электрогидроимпульсный метод очистки технологических и сточных вод. Суть данного метода – высоковольтный разряд в гидросреде (эффект Юткина), характеризующейся следующими эффектами:

– высокая напряженность электрического поля 25-50 кВ/см;
– большая величина разрядного тока (десятки кА);
– вихрь магнитного поля с большими значениями индукции (несколько Тл);
– высокая температура в разряде (10-30 тысяч ºС);
– высокое давление парогазовой области (до 100 тыс. атм.);
– наличие ультрафиолетового излучения;
– небольшой процент рентгеновского излучения.

Вышеуказанные свойства электрического разряда в воде вызывают сложные физико-химические процессы, приводящие к таким эффектам как:

– разрушению органических примесей,
– коагуляции коллоидных, суспензированных веществ,
– коагуляции нефтепродуктов,
– осаждению взвесей,
– дезактивации опасных радикалов.

Технологический комплекс по очистке технологических и сточных вод промышленных предприятий электрогидроимпульсным методом состоит из генератора импульсных токов и реактора со встроенной системой электродов. Реактор представляет из себя проточный коллектор специальной геометрии

(близкой к сферической). Электродная система – это попарно расположенные электроды, установленные в реакторе, через который пропускают обрабатываемую воду. Электрический разряд происходит последовательно от одной электродной пары к другой. Расчётами подбирается режим обработки для получения необходимых характеристик очистки.

Электрогидроимпульсный метод очищает воду от взвешенных веществ на 96%, от нефтепродуктов – на 99,9%, от металлов – на 92,4-97,8%, от фенолов, сульфатов, хлоридов – на 92-94%.

Потребление электроэнергии – 1 кВт*ч на $м^3$.

Занимаемая площадь – от 6 $м^2$.

В 2017г. институтом изготовлен опытный образец установки, который проходит апробацию активации растворов в технопарке ОАО «Красцветмет». Стадия НИОКР завершена, проект готов к тиражированию.

В настоящее время основными методами утилизации железобетонных (ЖБИ) являются метод рециклинга (разрушение с последующим вторичным использованием продуктов разрушения) и захоронение на полигонах.

Для утилизации железобетонных и других конструкций предлагается **электрогидроимпульсная технология рециклинга** (рисунок 3), в основе которой лежит электрогидравлический эффект (ЭГЭ) – вода, заполняющая микротрещины бетона, при электрическом разряде между арматурой и положительным электродом мгновенно вскипает, а образующийся пар вызывает возникновение ударных сил, нагружающих бетон [5].



Рисунок 3. Визуализация и результаты натурных испытаний утилизации ЖБИ электрогидроимпульсным способом

В результате в бетоне образуются радиальные и осевые трещины. Под действием растягивающих напряжений происходит откол и отслаивание бетона от металлической арматуры.

Нашим институтом была изготовлена и опробована установка для разрушения железобетонных опор контактной сети, одним из электродов которой являлась арматура опоры. Проведенные эксперименты показали, что затраты на разрушение 1 $м^3$ ЖБИ составляют не более 5 кВт*час. При этом в разы увеличивается производительность труда и резко уменьшается применение физического труда на указанных работах.

Главные преимущества рециклинга ЖБИ по электрогидроимпульсной технологии:

1. Разрушение бетона без образования взрывной волны, пыли и разброса осколков.
2. Извлечение арматурных каркасов и закладных элементов без их деформации.
3. Получаемый щебень не содержит металлических включений, имеет высокое качество и может быть использован повторно.
4. Снижение затрат на рециклинг ЖБИ относительно стандартных методов, основанных на механическом разрушении.
5. Метод безопасен для людей и оборудования, находящихся в непосредственной близости, поэтому он может применяться не только на открытых строительных площадках, но также и внутри производственных помещений.
6. Увеличение производительности труда с одновременным сведением к минимуму физического труда.

Рециклинг ЖБИ по предлагаемой технологии может быть дополнен изготовлением новых бетонных смесей с улучшенными характеристиками с использованием полученного щебня.

Обледенение проводов ЛЭП в различных регионах России (Серверный Кавказ, Центральная и Южная Россия, Поволжье, Дальний Восток) и за рубежом (Канада, США, Северная Европа) в осенне-весенний сезон становится причиной аварий и приводит к убыткам. На данный момент не существует эффективного и экономичного решения проблем борьбы с образованием и удалением гололеда.

Предлагаемая **электроимпульсная установка для удаления наледи** [6] (рисунок 4) работает на принципе генерации больших усилий за малое время (200 мкс) при минимальных линейных перемещениях провода ЛЭП, что позволяет производить разрушение наледи не «травмируя» очищаемую поверхность. В отличие от традиционных способов борьбы с обледенением проводов ЛЭП, таких как разогрев, механическое скалывание и применение

покрытий, предотвращающих образование наледи, электроимпульсная установка для удаления наледи более энергоэффективна и экономична.



Рисунок 4. Визуализация и прототип устройства для удаления наледи с ЛЭП

Прибор получает питание непосредственно от ЛЭП, имеет малый вес, может работать в режимах удаления наледи или предупреждения гололедообразования. Для работы устройства не требуется отключение участка ЛЭП. Возможно удаленное управление устройством по проводам ЛЭП и мониторинг с помощью устройства степени гололедообразования.

Для **очистки труб от отложений** в институте разработан комплекс на основе разрядно-импульсной технологии. С помощью разработанных технологий можно проводить работы по очистке труб малого и среднего диаметров, а также труб промышленного диаметра.

Применение разрядно-импульсной технологии, базирующейся на использовании генераторов импульсных токов, позволяет осуществлять эффективную высокопроизводительную очистку внутренней поверхности трубопроводов различного назначения от отложений различной крепости: от илоподобных до особо прочных загрязнений.

Технология представляет собой комплекс аппаратно-технических (рисунок 5) и организационных мероприятий, позволяющих производить очистку ливневой канализации, коллекторов отработанных вод от ТЭЦ, канализационных коллекторов с применением разрядно-импульсной технологии.



Рисунок 5. Установка разрядно-импульсной очистки труб и результаты ее работы

Предлагаемая технология позволит:

1. Проводить очистные мероприятия в планово-профилактическом режиме круглый год.

2. Избежать вскрышных работ на расстоянии не менее 200 м (при дальнейшей отработке технологии – 500 м и более).

3. Снизить существующую себестоимость очистки в несколько раз.

Преимущества разрядно-импульсной технологии очистки труб:

1. Сокращение денежных затрат на очистку/замену труб:

– низкая стоимость расходных материалов;

– простота в эксплуатации и обслуживании.

2. Значительное снижение времени, необходимого на очистку труб:

– очистка производится на месте, без демонтажа оборудования;

– сокращен объем вскрышных работ.

3. Увеличение срока полезной эксплуатации без замены:

– удаляются практически любые виды накипи и отложений. Очистка производится полностью, "до металла", что значительно замедляет новое образование накипи;

– не повреждается очищаемое оборудование и не уменьшается ресурс его службы.

4. Возможность производить очистку труб сложной конфигурации, в том числе спиралевидных.

Кроме того, технология обладает абсолютной экологической чистотой. В ней не используются какие-либо химические вещества и воздействия, способные причинить вред природе.

ВЫВОД: имеющийся у института научно-технический потенциал в области электроимпульсных технологий позволяет повысить эффективность ряда технологических процессов промышленных предприятий транспортной отрасли.

Литература:

1. Автоматизация процесса очистки вагона от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом / Е.С. Ильин, О.Ю. Вахрушева // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкальском крае. – Улан-Удэ, 2017. – С. 146-152.
2. Об эксперименте применения магнитоимпульсного способа по очистке вагона от примерзшей массы /Е.С. Ильин, О.Ю. Вахрушева, В.С. Ратушняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. Т. 57, №1. – С.117-123. – DOI: 10.26731/1813-9108.2018.1(57).117-123.
3. Магнитоимпульсный способ очистки вагона / Ильин Е.С., Вахрушева О.Ю.// Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 2. С. 248-251.
4. Электрогидроимпульсный способ очистки сточных вод / Е.С. Ильин, А.И. Орленко, В.С. Ратушняк, Т.А. Сергиенко, А.В. Юрьев // Экология производства. – 2017. – № 2. – С.57-59.
5. Электрогидроимпульсный способ утилизации железобетонных изделий / Е.С. Ильин, А.И. Орленко, В.С. Ратушняк, И.С. Трухина, А.В. Юрьев // Экология производства. – 2017. – № 11. – С.54-57.
6. Аппаратный комплекс по удалению наледи с водостоков и карнизов зданий электроимпульсным способом / Т.А. Сергиенко, Е.С. Ильин, В.С. Ратушняк, А.В. Юрьев // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : труды XIX межвузовской научно-практической (заочной) конференции (26.10.2015-27.10.2015): в 2-х т. / О. В. Колмаков [и др.] ; отв. ред. В. С. Ратушняк ; КрИЖТ ИрГУПС. – Красноярск: КрИЖТ ИрГУПС, 2015. – Т. 1. – С 72-75.

ПАНОВ К. В.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА РЕМОНТ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ЛОКОМОТИВА

Современное научное видение организации ремонта и технического обслуживания (ТО и Р) подвижного состава основывается на интеграции в систему планово-предупредительного ремонта концепции ремонта и обслуживания по состоянию [1, 2]. На рисунке 1 представлены системы ТО и Р используемые на сети железных дорог разных стран.

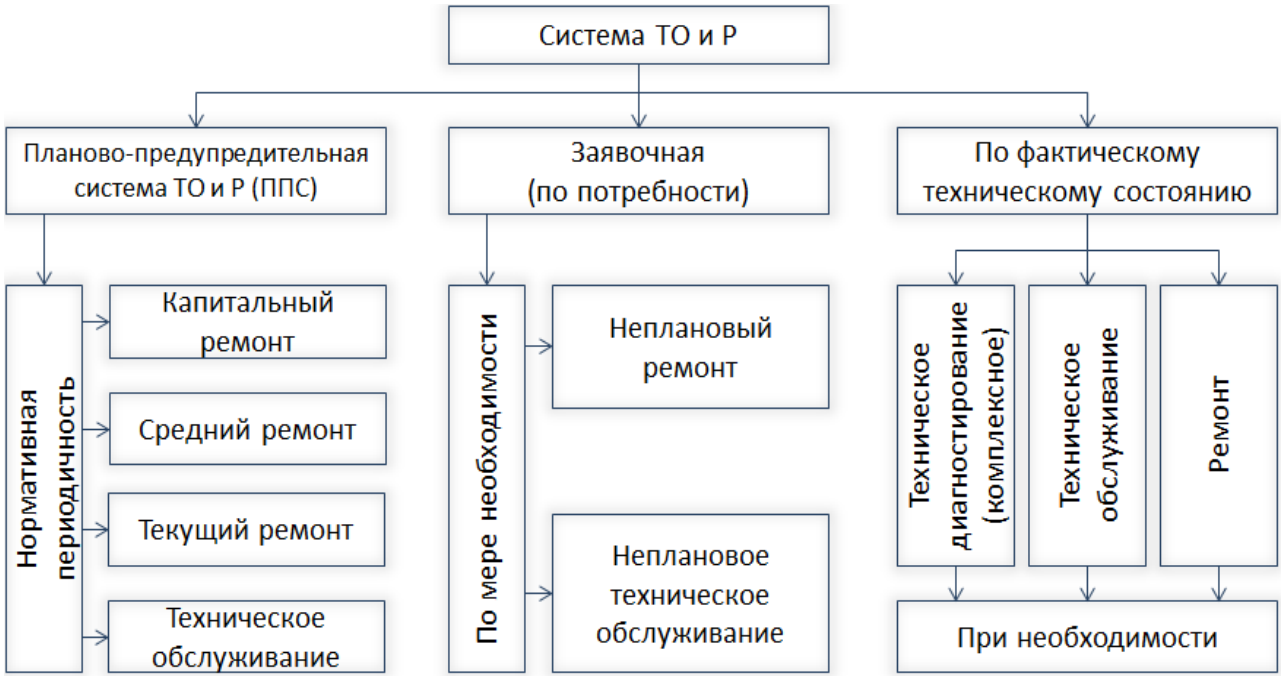


Рисунок 1. *Классификация системы ТО и Р подвижного состава*

Существующие способы организации ремонта подвижного состава по функциональному принципу и характеру привязки к объекту ремонта могут быть разделены на два класса – стационарные и нестационарные. В стационарных системах объект ремонта остается неподвижным, а выполнение заданной технологической последовательности операций производится путем перемещения в зону проведения работ необходимого оборудования и персонала. Для нестационарных систем напротив характерно перемещение объектов ремонта относительно технологических позиций. Классические формы организации производства включают в себя: постовое, цеховое, поточное производство и производство по предметно-замкнутому циклу. [3]

Повышение эффективности производственного процесса капитального ремонта тягового подвижного состава (ТПС) при переходе от стационарной формы организации производства к прямоточной и поточной наглядно представлено на рисунке 2.

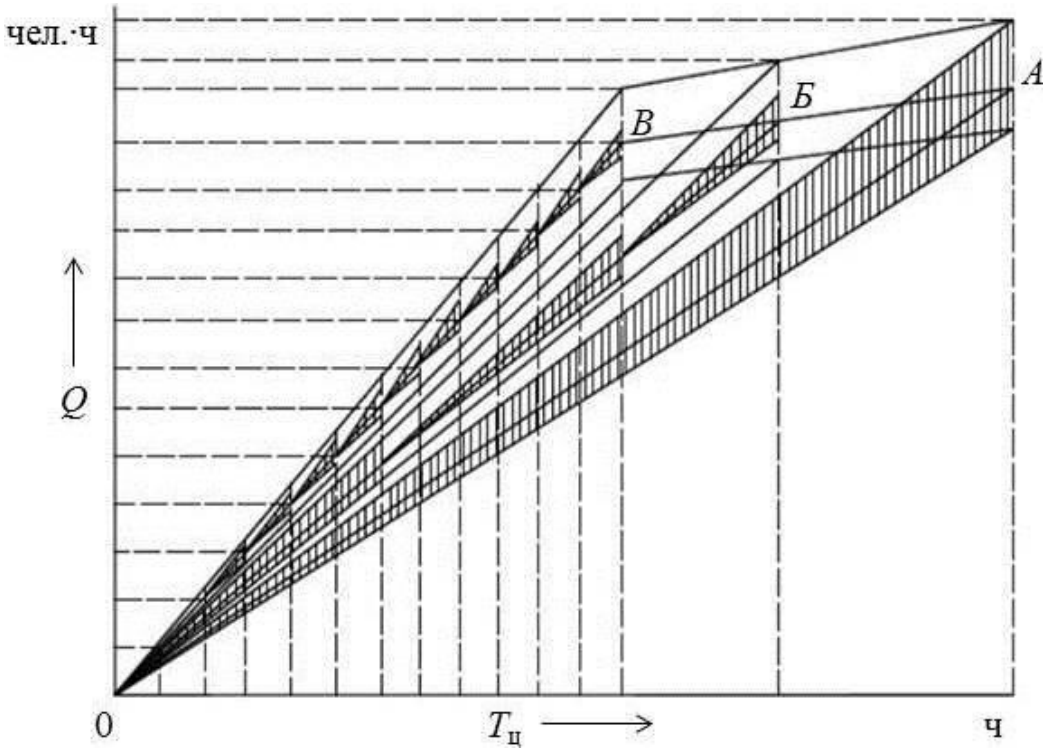


Рисунок 2. *Изменение показателей производственного процесса ремонта при переходе к прогрессивным формам организации производства: Q – трудоемкость ремонта, чел. ч; Гц – продолжительность производственного цикла, ч;*

Организация трех позиций (разборки, восстановления и сборки точка Б) вместо одной (точка А) дает существенный экономический эффект использования трудовых ресурсов за счет ликвидации лишних движений и перемещений рабочих. При дальнейшем увеличении числа позиций (точка В) этот эффект нарастает. Эффективное использование рабочего времени при ремонте ТПС позволяет повысить производительность труда в 2,8 раза, сократив при этом продолжительность производственного цикла в 2,5 раза [4].

В условиях крупного ремонтного производства базовых депо и ремонтных заводов получили распространение поточные методы [5]. Поточное производство предполагает привязку технологического цикла «к месту и времени». Это означает, что рабочие места размещаются точно в соответствии с последовательностью рабочих операций, через которые проходит объект ремонта (например, по прямой линии, по кругу или U-образно).

Отрицательным фактором существующей на данный момент традиционной формы поточных методов производства является их низкая адаптивность к изменению структуры производственной программы и объектов ремонта, которая будет динамечески изменяться в условиях ремонта по фактическому состоянию локомотива. Есть вероятность, что при переходе на новую систему ремонта на некоторых позициях объемы регламентированных ремонтных работ уже выполнены, а на отдельных еще нет. Таким образом, задерживается весь поток, что негативно скажется на загрузке. Кроме того, увеличивается простой тяговго подвижного состава в ремонте и уменьшается пропускная способность поточной линии. Какой-то вагон будет дольше находиться на позиции, а какой-то – меньше.

Одним из возможных решений проблемы является создание поточных линий по ремонту подвижного состава с гибким маневрированием, где дополнительно к основному технологическому контуру, соответствующему типовой последовательности и глубине операций, создаются параллельные участки повышенного объема ремонта, оснащенные дополнительной специальной оснасткой [6] (рисунок 3).

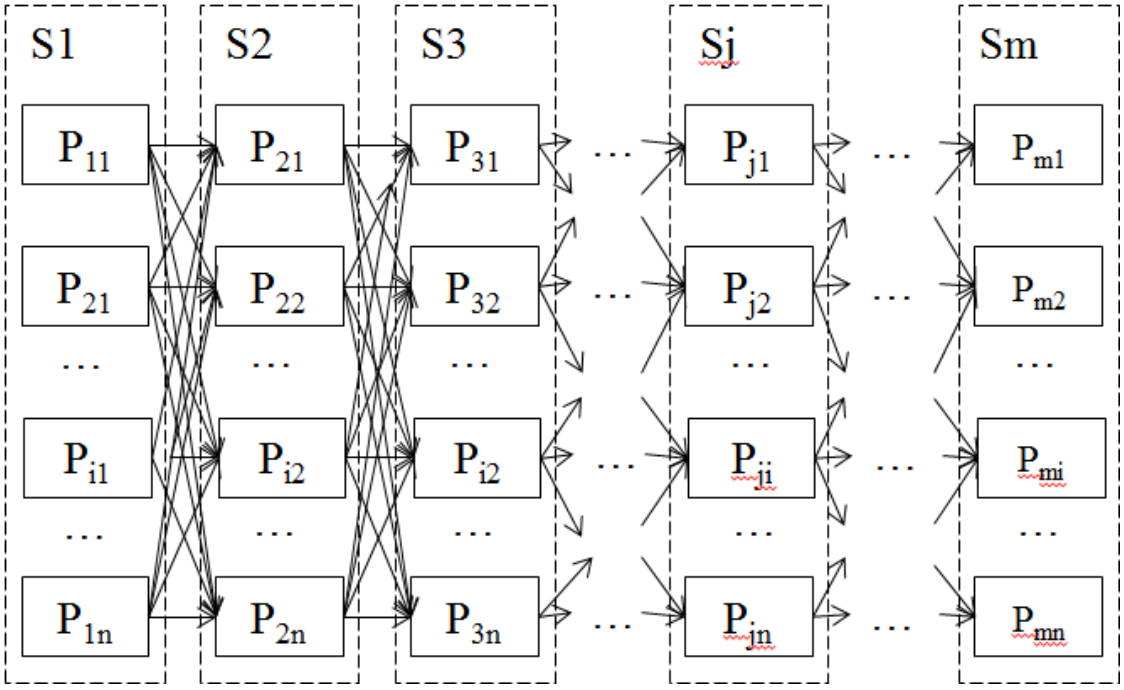
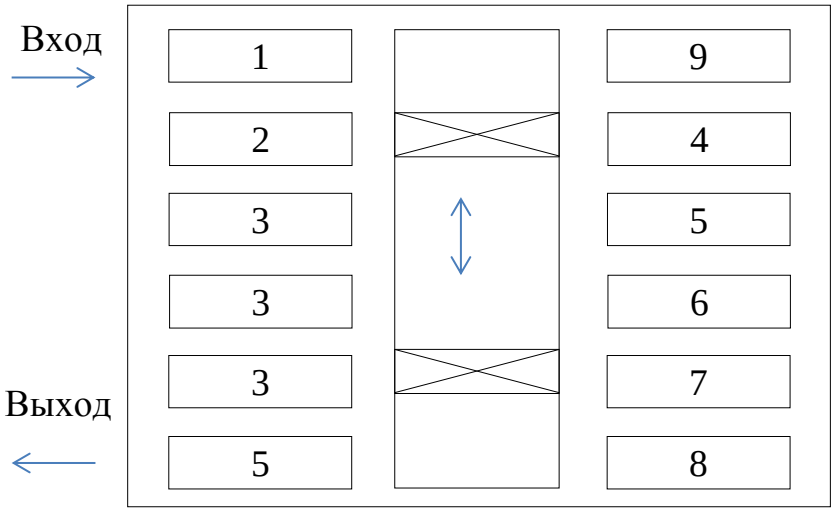


Рисунок 3. *Структурная схема гибкой организации производства*

Поточная линия с гибким маневрированием представляет собой многомаршрутную технологическую линию, позволяющую ремонтировать подвижной состав с различными объемами ремонта [5]. Маршрут движения объекта ремонта определяется техническим состоянием и характером восстановительных операций. Для крупного локомотиворемонтного депо,

выполняющего все виды текущего и среднего ремонта, может быть предложена следующая конфигурация технологического комплекса с гибким маневрированием (рисунок 4).



1 – наружная и внутренняя очистка локомотива перед ремонтом; 2 – входной контроль и диагностирование; 3 – осмотр и текущий ремонт; 4 – обточка колесных пар под локомотивом; 5 – экипировка локомотива; 6 – подъем кузова; 7 – испытания и развеска кузова; 8 – наладка и доводка; 9 – восстановление защитных покрытий.

Рисунок 4. *Поточная организация ремонта локомотивов с гибким маневрированием*

В составе технологического комплекса предусмотрено наличии 9 видов специализированных ремонтных позиций, каждая из которых оборудуется соответствующим набором средств малой механизации, технологического, подъёмного и транспортного оборудования. Перемещение локомотива между позициями осуществляется при помощи двух трансбордеров (второй трансбордер выполняет функции горячего резерва).

Технологический маршрут формируется в зависимости от вида ремонта (ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3, СР) и результатов входного контроля объектов ремонта. Например, для текущего ремонта ТР-1 с обточкой колесных пар: 1 – 2 – 3 – 4 – 5.

За счет специализации технологических позиций существенно повышается качество и производительность работ, а наличие трансбордеров снижает потери времени на перемещение локомотива по сравнению с традиционными способами (стрелочные переводы, поворотный круг).

Такой принцип организации и проектирования предприятия по ремонту ТПС позволяет значительно расширить номенклатуру типов ремонтируемых локомотивов и осуществить переход от однопредметной специализации (один

тип локомтива) к многопредметной (несколько типо и, даже, несколько видов ремонта: деповской, капитальный).

Поточная линия с гибким маневрированием представляет собой следующий, более эффективный этап в совершенствовании и развитии поточного ремонтного производства, обладающий громадными потенциальными возможностями. Однако, при его создании требуется использование более точных методов проектирования и расчёта.

Учитывая, что система ремонта по фактическому состоянию носит стохастический характер, оно практически не может быть точно рассчитано при помощи небольшого количества простых аналитических формул и нуждается в использовании имитационного моделирования производственного процесса на ЭВМ.

Список литературы:

1. Аболмасов, А. А. KPI в условиях реформировали» локомотивного комплекса [Текст] / А.А. Аболмасов // Труды XIV научно-практической конференции «Наука МИИТа - транспорту». – М.: МИИТ, 2013. С. V-2.
2. Михальчук, МЛ. Актуальность развития локомотиворемонтного комплекса при переходе па полное сервисное обслуживание [Текст] / МЛ. Михальчук. // Материалы первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов». М.: ООО «ТМХ-Сервис», 2014. С. 11-18.
3. Смирнов В. А. Сравнительный анализ современных форм организации локомотиворемонтного производства / Смирнов В. А., Панов К. В. // Вестник института тяги и подвижного состава. 2015. № 11. С. 11-15.
4. Собенин, Л. А. Организация, планирование и управление локомотиворемонтным производством [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Собенин, А.А. Зайцев, Б.А. Чмыхов ; под ред. Собенина Л.А.. — Электрон. дан. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2006. — 439 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59208. — Загл. с экрана.
5. Смирнов В.А. Перспективные формы организации локомотиворемонтного производства / Смирнов В.А., Панов К.В. // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы второй Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения. Омск, 2014. С. 43-49.
6. Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматических производств / В.Г. Логашев. Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение. 1985 - 176 с.

ПАНЧЕНКО М.Н., ГРАЧЕВ В.В., БАЗИЛЕВСКИЙ Ф.Ю., ГРИЩЕНКО А.В.
(ПГУПС)

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ЦИЛИНДРАХ ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА ДАТЧИКА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Оперативный контроль качества сгорания топлива в цилиндрах дизеля с целью своевременного выявления его ухудшения и устранения вызвавших его причин является необходимым условием экономичной и надежной работы как дизеля, так и тепловоза в целом. Одним из наименее затратных и надежных способов осуществления такого контроля является анализ сигнала мгновенной угловой скорости коленчатого вала (УСКВ) в частотной области [1–3]. Сигнал УСКВ определяется косвенно посредством извлечения его из выходного напряжения импульсного электромагнитного преобразователя (датчика) частоты вращения. Осуществляется такое извлечение, как правило, подсчетом количества тактовых импульсов высокой частоты между экстремумами выходного напряжения датчика [4]. При этом, с одной стороны, теряется значительная часть информации, которую несет в себе форма сигнала напряжения датчика, а с другой стороны, в сигнал УСКВ вносятся шумы, обусловленные наличием множественных экстремумов импульсов напряжения вследствие искажения формы зубьев, биения зубчатого венца, шероховатости вершин зубьев. Однако главным недостатком такого похода является ограничение частоты f_d дискретизации сигнала УСКВ, равной в это случае произведению числа зубьев z зубчатого венца на секундную частоту n его вращения, т.е.

$$f_d = z \cdot n, \text{ Гц} . \qquad (1)$$

Для дизеля ПД1М с системой электронного управления впрыском топлива ЭСУВТ.01, преобразователь частоты вращения (ПЧВ) которой установлен на зубчатом венце приводной шестерни вала топливных насосов высокого давления со 120-ю зубьями, максимально возможная частота дискретизации сигнала УСКВ составляет 750 Гц. Согласно теореме Котельникова [5], полоса частотного спектра сигнала в этом случае ограничена частотой 375 Гц.

Более эффективным представляется использование непосредственно сигнала напряжения преобразователя частоты вращения без пересчета его в сигнал УСКВ. С целью проверки данного предположения в тепловозной лаборатории кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ПГУПС была выполнена работа по анализу частотного представления выходного сигнала датчика ПЧВ системы ЭСУВТ.01 дизеля ПД1М в различных режимах его

работы. Контроль и регистрация аналогового сигнала датчика осуществлялась с частотой 1 кГц (рис. 1), что обеспечивает возможность достоверного анализа частотного представления сигнала в полосе 0-500 Гц, которая при необходимости может быть расширена увеличением частоты дискретизации.

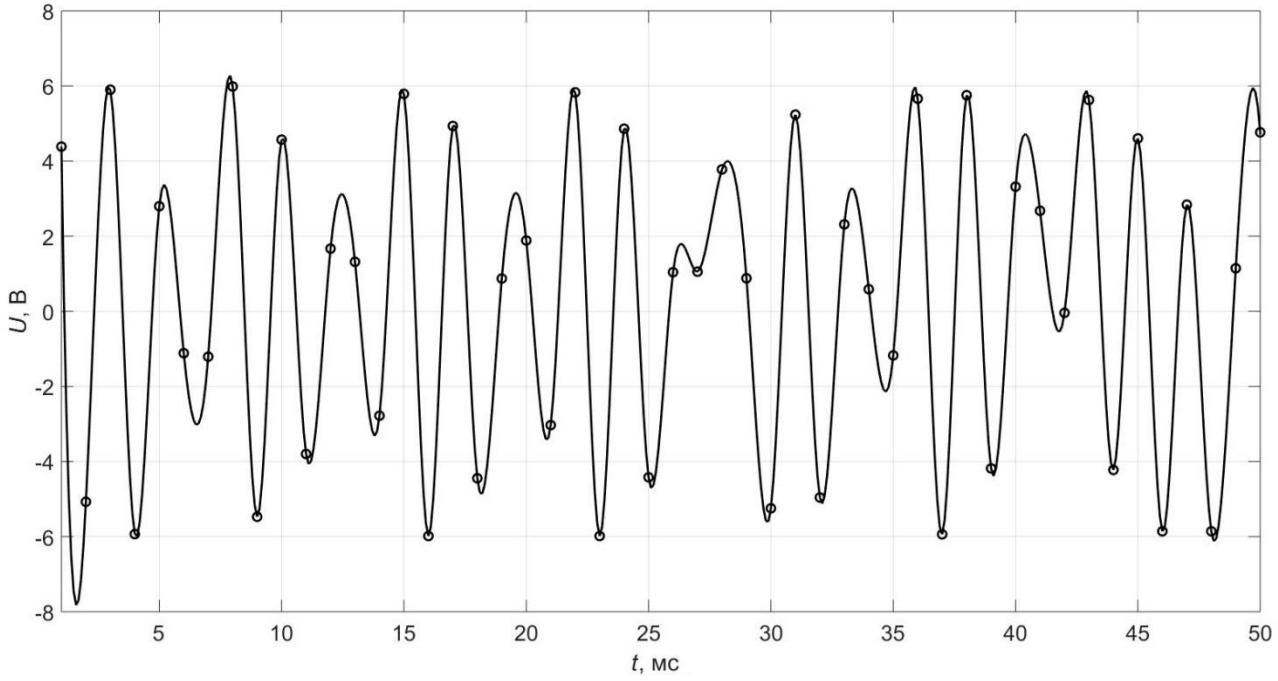


Рис.1. Изменение выходного напряжения датчика ПЧВ системы ЭСУВТ.01.

Представление сигнала напряжения $U_{\text{пчв}}(n)$ преобразователя частоты вращения в частотной области выполняется с помощью дискретного оконного преобразования Фурье (DFT):

$$U_{\text{ПЧВ}}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} U_{\text{ПЧВ}}(n)\, e^{-\frac{2\pi i}{N}kn}\text{, В} \qquad (2)$$

где k - порядок гармоники спектра; n - номер отсчета в окне.

Для обеспечения достаточного частотного разрешения ширина окна выбиралась равной 10 с.

Рассматривались два режима работы дизеля: холостой ход (n = 300 об/мин) и работа под нагрузкой на третьей позиции контроллера машиниста (ПКМ) (n = 430 об/мин). Имитировалась работа двигателя со всеми исправными цилиндрами и одним неисправным (последовательно отключались второй, четвертый и шестой цилиндр средствами системы ЭСУВТ.01). Представление сигнала $U_{\text{пчв}}(t)$ в частотной области (спектр) приведено на рис. 2.

На рис. 3 представлена наиболее информативная область спектра - полоса частот от 420 до 440 Гц.

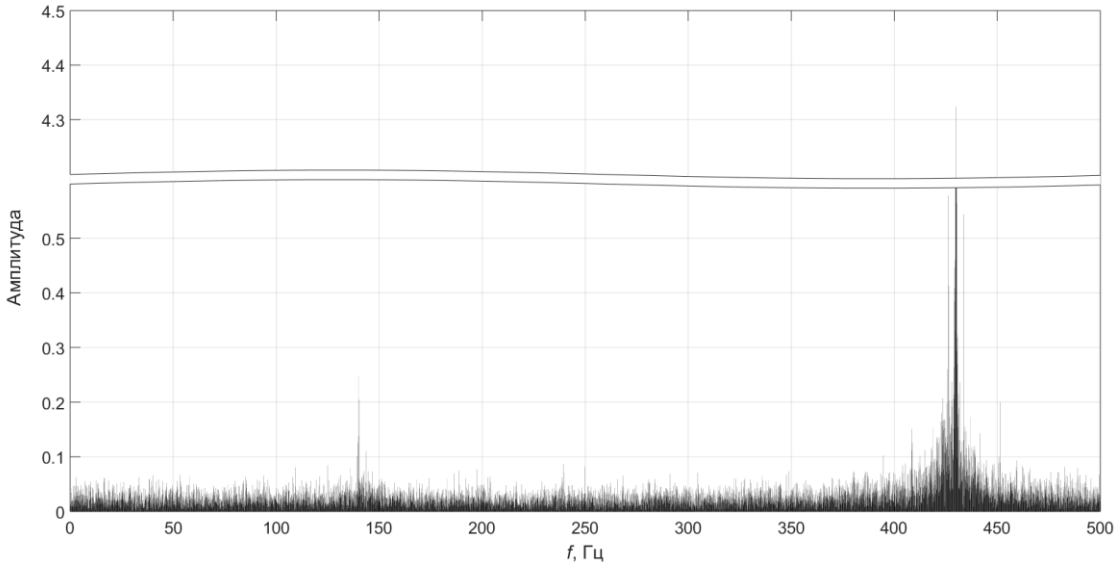


Рис.2. Полный амплитудный спектр выходного напряжения датчика ПЧВ на 3-й позиции контроллера при всех работающих цилиндрах

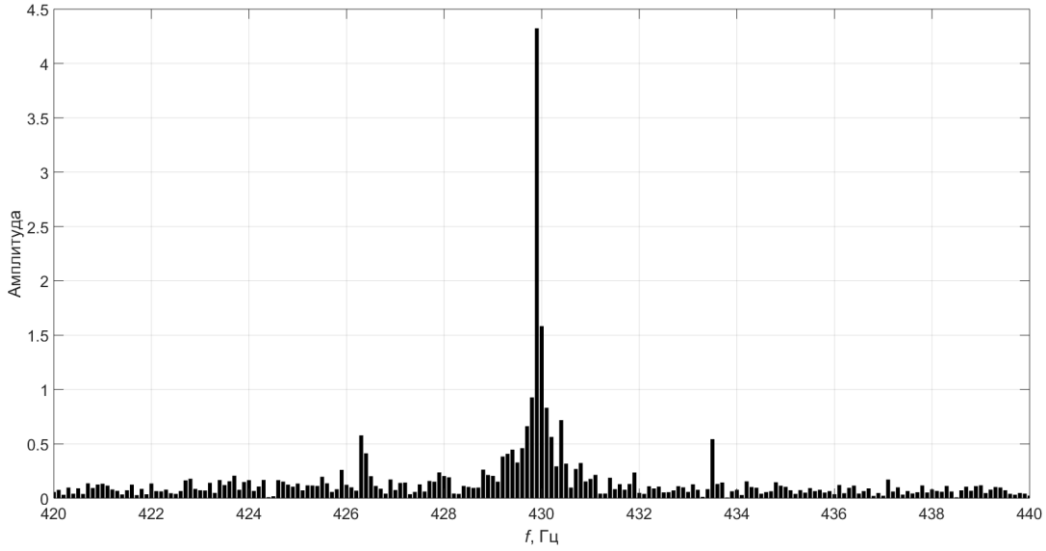


Рис. 3. Информативная полоса частот спектра выходного напряжения датчика ПЧВ на 3-й позиции контроллера машиниста при всех работающих цилиндрах

Спектр сигнала датчика ПЧВ при работе на 3-й позиции контроллера с одним отключенными цилиндром (2-м, 4-м и 6-м) цилиндрами представлены на рис. 4. Анализ рисунков позволяет сделать вывод о том, что отключение цилиндра приводит к заметным изменениям в амплитудном спектре выходного напряжения датчика ПЧВ, которые свидетельствуют о нарушении рабочего процесса одного из цилиндров и могут использоваться в качестве диагностического признака. При этом выбранная ширина окна не позволяет локализовать отказ, т.е. отключение любого цилиндра ожидаемо приводит к идентичным изменениям спектра.

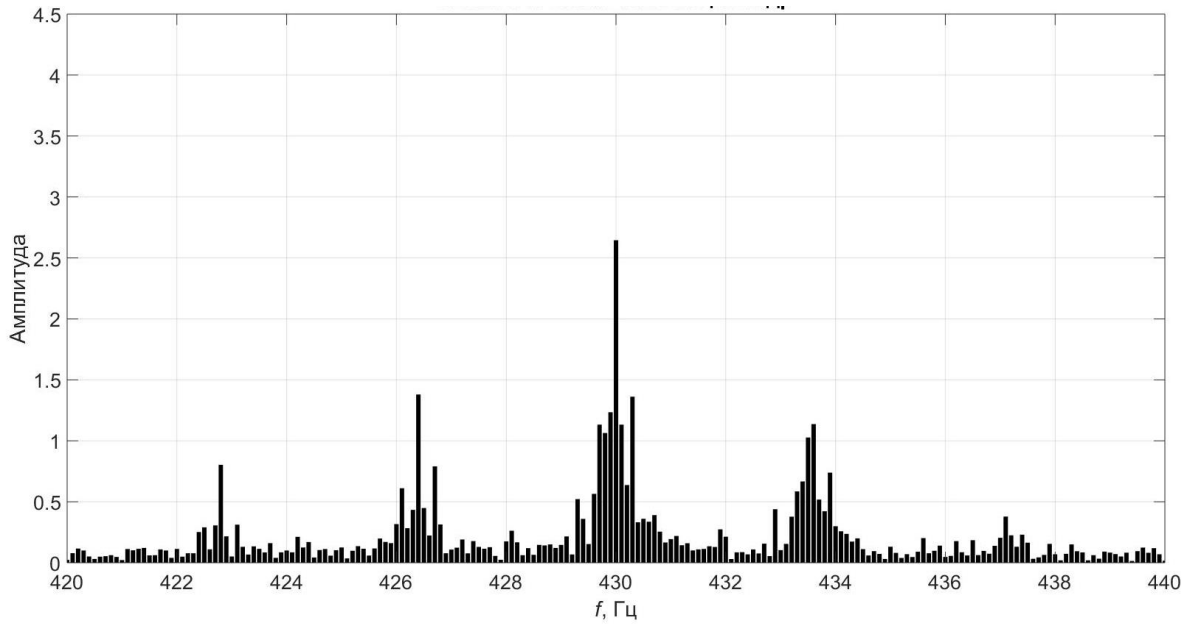


Рис. 4. Информативная полоса частот спектра выходного напряжения датчика ПЧВ на 3-й позиции контроллера машиниста с одним отключенным цилиндром (2,4,6-й цилиндры)

В настоящее время на кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ФГБОУ ВО ПГУПС совместно с ООО «ППП Дизельавтоматика» проводятся работы по совершенствованию метода с целью обеспечения возможности распознавания частичных отказов, а также локализации неисправных цилиндров.

Библиографический список

1. Добролюбов И.П. Экспертиза состояния дизель-генератора по статистическим характеристикам / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. // Труды Международной научно-технической конференции энергообеспечения и энергосбережения в сельском хозяйстве. – 2014. Т. 1. – с. 185–190.

2. Francisco J. Jiménez Espadafor. Measurement and analysis of instantaneous torque and angular velocity variations of a low speed two stroke diesel engine. Francisco J. Jiménez Espadafor, José A. Becerra Villanueva, Daniel Palomo Guerrero, Miguel Torres García, Elisa Carvajal Trujillo, Francisco Fernández Vacas // Mechanical Systems and Signal Processing–2014.–Vol. 49,Issues 1–2.– P.135-153.

3. Tian R. Lin. Condition monitoring and fault diagnosis of diesel engine instantaneous angular speed analysis. Tian R. Lin, Andy C.C. Tan, Lin Ma, Joseph Mathew // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. – 2014. – Vol. 229, Issue 2. – P. 304-315.

4. Науменко Д.С. Метод увеличения точности измерения частоты вращения ротора двигателя-маховика / Науменко Д.С. // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2013, Т. 135, № 4. – с. 13–16.

5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб : Питер, 2005. 604с.

УДК 629.4

ПУДОВИКОВ О.Е., КИСЕЛЕВ М.Д. (РУТ (МИИТ))
O.E. Pudovikov, M.D. Kiselev, (RUT(MIIT))

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКОМОТИВОМ И ОЦЕНКА ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ВЫБОР СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ

Современный тяговый подвижной состав оснащают микропроцессорными системами управления. При этом, при построении систем автоматического управления, необходимо учитывать задержки формирования управляющего воздействия, вызванные внутриблочной обработкой данных и межблочной передачей сигналов.

Ключевые слова: Микропроцессорная система управления, распределённая система управления, система автоматического управления скоростью.

Keywords: Microprocessor control system, distributed control system, automatic speed control system.

Использование средств автоматизации управления движением является значимым средством в повышении безопасности движения поездов, а также более полного использования пропускной и провозной способностей железных дорог. Одним из важных направлений автоматизации является применение на тяговом подвижном составе систем автоматического ведения поездов (САВП). Рядом преимуществ обладают системы автоведения, построенные по многоконтурному принципу [1], у которых внешний контур – управления временем хода – реализует квазиоптимальную по критерию минимума расхода на тягу топливно-энергетических ресурсов траекторию движения поезда при обязательном условии соблюдения графика движения поезда. Внутренний контур – регулирования скорости движения (система автоматического управления (САУ) скоростью), обеспечивает реализацию заданных верхним уровнем САВП режимов движения поезда. Сигнал с выхода контура управления скоростью является задающим для автоматизированного тягового электропривода, создающего вращающий момента на валах тяговых двигателей. Рациональный выбор структуры и параметров САУ скоростью позволяет удовлетворить требованиям к качеству управления, предъявляемым со стороны объекта управления – поезда. Необходимо отметить, что ряд критериев качества управления являются специфическими, учитывающими особенности физической структуры рассматриваемого объекта. Так, применительно к грузовому поезду, такими специфическими критериями являются величины продольных динамических сил, действующих в поезде при переходных режимах движения; величина накопленных усталостных повреждений в автосцепных приборах

поезда, характеризующая протекание переходных процессов в поезде [2]; запасы устойчивости вагонов от схода при выдёргивании и выдавливании [3].

В настоящее время весь современный тяговый подвижной состав оснащается микропроцессорными распределёнными системами управления. Оценка влияния внутриблочных и межблочных задержек при преобразованиях и передаче сигналов на дискретность формирования сигнала управления преобразователями на выходе контура скорости показала, что, например, для электровозов, оборудованных системой управления *MITRAC TCMS* [4] (аналогичная архитектура реализована на электровозе ЭП10 [5], рисунок 1), она может достигать величин порядка нескольких десятков миллисекунд, а при использовании системы распределённой тяги при передаче управления по радиоканалу – нескольких сотен миллисекунд [6].

Как было показано в [8], наличие задержек в тракте измерения скорости оказывает существенное влияние на выбор структуры САУ скоростью движения.

Предлагается САУ скоростью (рисунок 2), учитывающая данные виды задержек, обеспечивающая достаточное качество управления в исследованных переходных режимах.

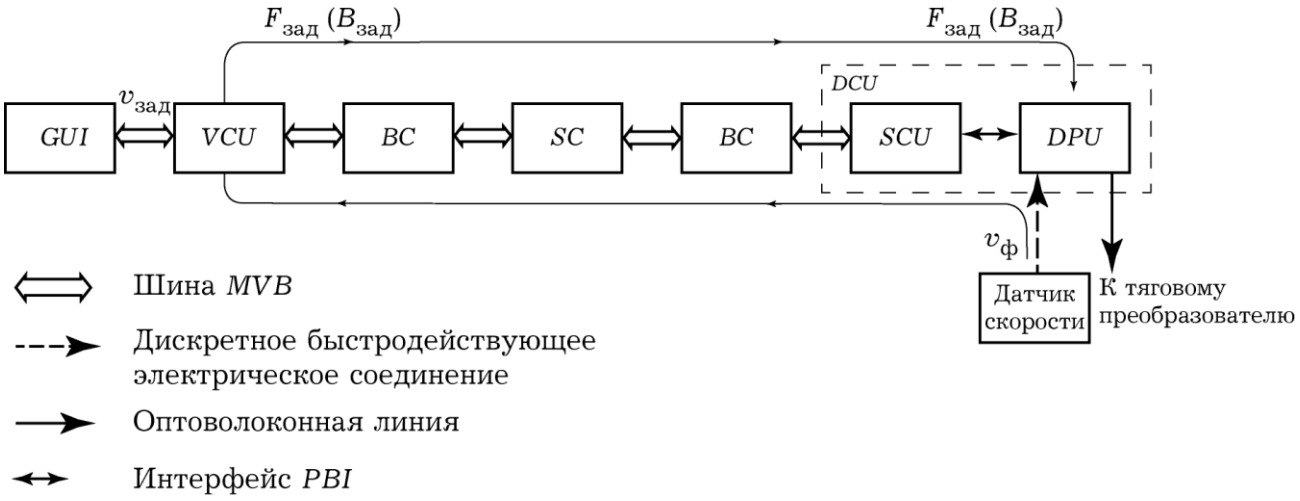


Рисунок 1 – Функциональная структура подсистем управления тяговым электроприводом электровоза семейства TRAXX [4, 5]

Задатчик параметров поезда ЗПП формирует вектор параметров П, содержащий информацию о взаимном расположении локомотивов и вагонов в составе поезда, типе и загрузке вагонов. На основании данной информации, адаптер А вычисляет параметры сглаживающего блока ПУ1, и закона управления, реализуемого в блоке ПУ2. Блок ПУ1 предназначен для сглаживания входного задающего сигнала контура скорости. На его выходе формируется выходной сигнал таким образом, что его соблюдение обеспечивает выполнение ограничения на величины продольных динамических сил,

действующих в составе поезда, а также оказывает существенное влияние на характер протекания переходных процессов в составе поезда.

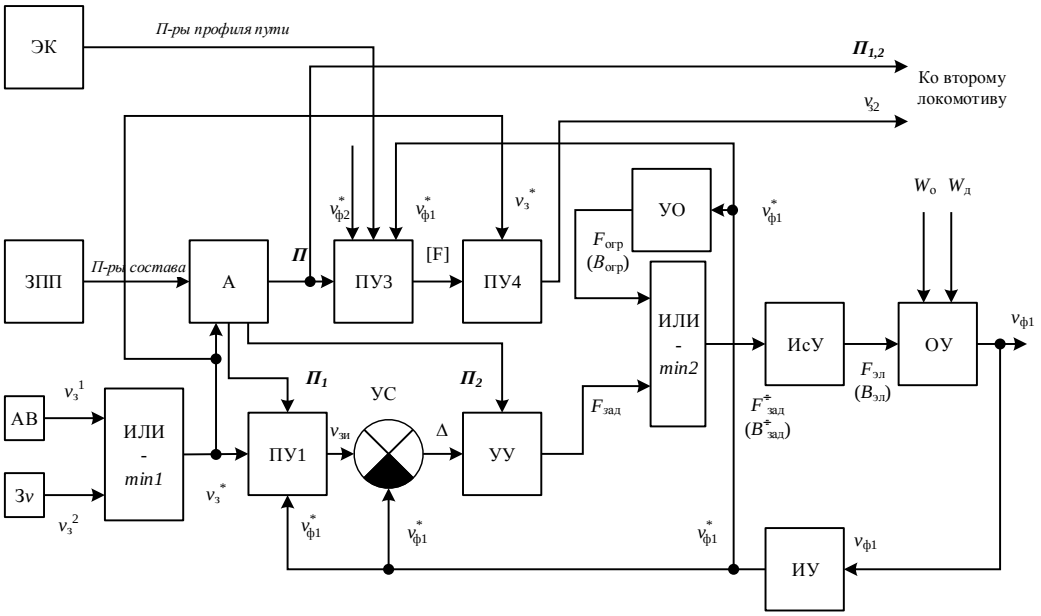


Рисунок 2 – Функциональная схема САУ ведущего локомотива

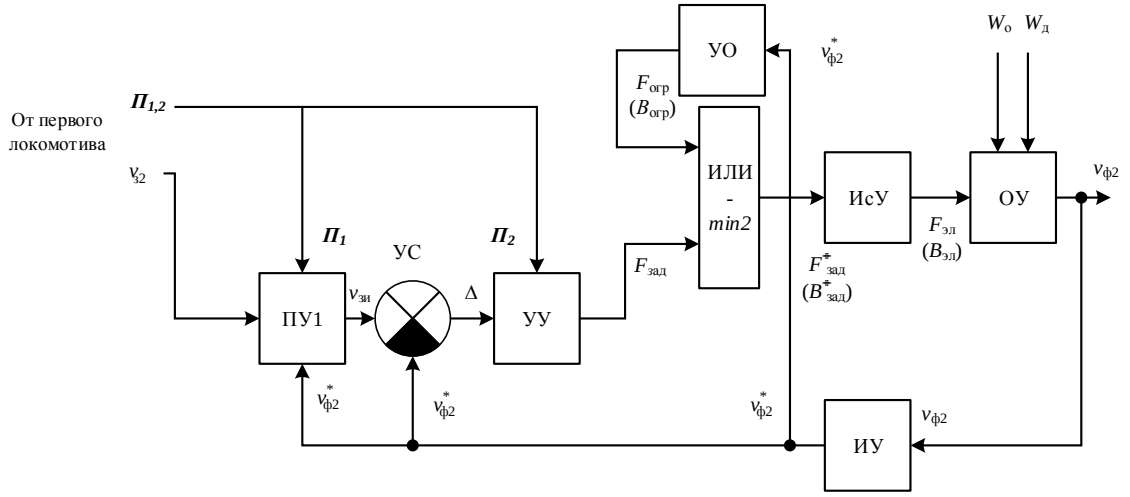


Рисунок 3 – Функциональная схема САУ ведомого локомотива

Блок ПУ2 реализует пропорционально-интегральный закон управления. Также информация с адаптера А поступает на блок ПУ3, содержащий модель исполнительного устройства ИсУ, которым является тяговый электропривод, и эталонную объекта управления ОУ – поезда. Необходимая для работы эталонной модели информация о параметрах пути (величины уклонов, радиусы и длины кривых участков пути) поступает из базы электронной карты системы безопасности локомотива.

Дополнительно в блок ПУ3 поступает информация о фактической скорости движения локомотивов. В результате работы эталонной модели, формируется массив величин продольных сил [F], действующих во всех

сечениях поезда, который передается в блок ПУ4 корректировки скорости ведомого локомотива. Выходным сигналом блока ПУ4 является величина корректировки заданной скорости $v_{з2}$ для ведомого локомотива, а также сигналы, позволяющие при необходимости скорректировать структуру и параметры блоков ПУ1 и ПУ2.

Корректировка заданного значения скорости ведомого локомотива позволяет предотвратить появление факторов, ведущих к выжиманию или выдергиванию вагонов из колеи.

Выполненный имитационный эксперимент по исследованию функционирования САУ скоростью в различных режимах движения на разных участках профиля показал правильность принятых допущений, величины показателей качества управления во всех исследованных режимах находятся в пределах допустимых значений, установленных нормативной документаций. Таким образом, применение данной системы способствует повышению безопасности движения за счёт уменьшения действующих факторов, способствующих разрыву поезда из-за внезапных или постепенных отказов автосцепных приборов, а также сходам вагонов из за потери устойчивости.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-20-03043

Список литературы

1. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Л.А. Баранов, Я.М. Головичер, Е.В. Ерофеев, В.М, Максимов; Под ред. Л.А. Баранова. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
2. Пудовиков О.Е., Баранов Л.А., Савоськин А.Н. Критерии качества регулирования скорость // Мир транспорта. 2009, № 4. С. 50-56.
3. Киселев М.Д., Пудовиков О.Е. Система критериев качества для оценки перспективных систем автоматического управления скоростью грузовых поездов с распределённой тягой // Электроника и электрооборудование транспорта. 2016, № 2. С. 11-15
4. https://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/supporting-documents/BT/BT-MITRAC-Train-Control-and-Management-System-bro-EN.pdf
5. Система управления и диагностики электровоза ЭП10 / Под ред. С.В. Покровского. – М.: Интекст, 2009. – 356 с.
6. Пудовиков, О.Е. Влияние архитектуры распределённой микропроцессорной системы управления локомотивом на выбор структуры системы автоматического управления скоростью // О.Е. Пудовиков, М.Д. Киселев, И.В. Корзина / Сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции «Электропривод на транспорте и в промышленности» (Хабаровск, 20–21 сентября 2018 г.) Хабаровск. – С. 55-58
7. Пудовиков О.Е. Управление длинносоставными тяжеловесными грузовыми поездами./ Электронное научное периодическое издание «Управление большими системами» Выпуск 29 Гос. рег. номер 0421000023\0024. – ИПУ РАН, 2010. – С. 214 – 231.

ПУЗЫРЬ В.Г., ДАЦУН Ю.Н.
Ukrainian state university of railway transport. Kharkiv, Ukraine

ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВОВ

В статье определено, что основным критерием при формировании виртуальных производств по ремонту локомотивов должно быть получение синергетического эффекта. Для его максимизации предложено использовать коэффициенты соответствия производств, в рамках многокритериальной оптимизации. Наличие весовых коэффициентов частных критериев соответствия производств позволяет решать задачу многокритериальной оптимизации методами, использующими процедуры ранжирования критериев и сравнения альтернатив.

FORMATION OF ADAPTIVE PRODUCTION FOR THE REPAIR OF LOCOMOTIVES

The article was determined that the main criterion in the formation of virtual production facilities for the repair of locomotives should be obtaining a synergistic effect. For its maximization, it is proposed to use the conformity coefficients of production in the framework of multicriteria optimization. The presence of weight coefficients of particular criteria for the conformity of productions allows to solve the problem of multicriteria optimization by methods that use procedures of ranking criteria and comparing alternatives.

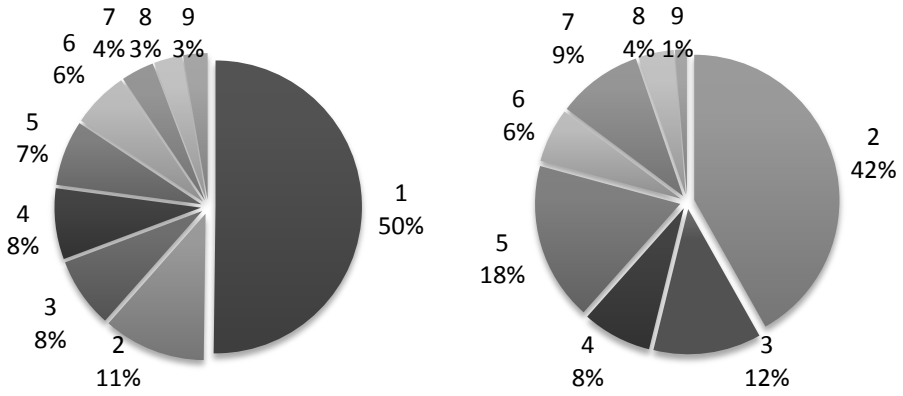
1. ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние ремонтного производства локомотивов железных дорог Украины характеризуется изношенностью основных фондов, высокой себестоимостью работ и низкой производительностью. Длительное недофинансирование хозяйства, отсутствие четкой программы по обновлению основных фондов привели к снижению технологических возможностей ремонтных предприятий. Одной из причин этого является сохранение громоздкой и устарелой организационной структуры предприятий отрасли.

С целью увеличения прибыльности и конкурентоспособности, ремонтные предприятия вынуждены расширять номенклатуру ремонта типов подвижного состава за счет других серий магистрального и промышленного железнодорожного транспорта. При этом ремонтные предприятия не всегда имеют такую возможность, учитывая высокий уровень затрат на переналадку производственного процесса, сложную и инерционную структуру.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНОГО РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Анализ основных статей расходов при ремонте локомотивов (рис. 1) показывает что 50% всех затрат приходится на комплектующие изделия и услуги подрядных организаций. На сырье и материалы тратится 11%. Внутрипроизводственные расходы составляют меньше 40% от общей калькуляции. Это свидетельствует о том, что резервы сокращения расходов при ремонте локомотивов внутри предприятия практически исчерпаны. Масштаб затрат, на ремонт узлов и производство комплектующих на других предприятиях вынуждает искать пути их снижения.



1 Components and services; 2 Raw materials and materials; 3 Expenses for maintenance and operation of equipment; 4 Wages of workers; 5 Profit; 6 Total production costs; 7 Administrative costs; 8 Deductions and other costs; 9 Fuel and Lubricants

Рис. 1. Основные расходы при ремонте локомотивов и их узлов

Качественные изменения в такой ситуации возможны за счет внедрения адаптивных принципов организации ремонтного производства путем кооперации предприятий, коллективов и отдельных людей для решения поставленных задач. Развитие информационных и сетевых технологий вызвало появление новых организационно-производственных форм - виртуальных предприятий, характеризующихся динамичной, гибкой, адаптивной и самоорганизующейся структурой.

Основными системными качествами виртуальных предприятий есть нелинейность развития, устойчивость связей, целостность и структурность

Нелинейность виртуальных предприятий обусловлена возникновением синергетического эффекта функционирования системы как результата совместного действия входящих в нее подсистем и элементов. Это выражается в том, что системе присущи не только качества каждой ее составляющей, но и ряд принципиально новых свойств, системных качеств, порожденных взаимодействием этих частей. [1].

Исследования интеграционных процессов сложных систем [2, 3] в настоящее время показывают, что получение синергетического эффекта есть их основной экономической целью.

Одним из основных этапов эффективного формирования виртуального предприятия является отбор и объединение исполнителей и партнеров, обладающих ключевыми компетенциями для выполнения конкретного заказа, соответственно с целями и задачами проекта [4].

Для обеспечения положительного синергетического эффекта при формировании виртуального предприятия по ремонту локомотивов необходимо избегать дублирования технологических возможностей агентов. Если это условие выразить через коэффициент соответствия ремонтного производства [5], то оно будет иметь вид:

$$K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + \ldots + K_{cn} \to 1 \qquad (1)$$

где $K_{c1\ldots cn}$ – коэффициенты соответствия агентов, входящих в состав виртуального ремонтного предприятия.

Подход, при котором реализуется стремление поиска предприятий – агентов с высокой степенью соответствия требованиям (соответственно высоким значением коэффициента соответствия) будет вызывать дублирование компетенций, а значит часть оборудования, производственных площадей или персонала будет использоваться неэффективно, что будет вызывать отрицательный синергетический эффект. Случаи объединения предприятий с незначительными возможностями может привести к нехватке требуемой компетенции виртуального предприятия, что не позволит в полной мере выполнять поставленные задачи. Однако участие предприятий различной степени подготовки, но с условием дополнения компетенций будет вызывать положительный синергетический эффект (Рис. 2).

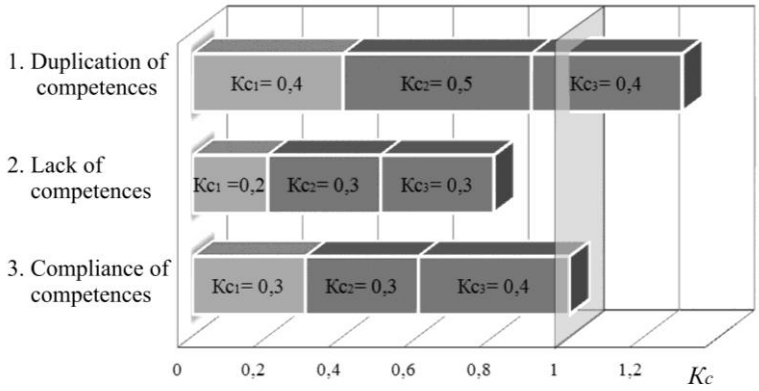


Рис. 2. Определение состава виртуального предприятия по коэффициенту соответствия

Согласно [5], коэффициент соответствия ремонтного производства является комплексным показателем, и его расчет производится на основании четырех компонентов ремонтного производства: «оборудование и инструмент», «персонал», «производственная среда», «документация». Исходя из этого, процесс выбора предприятий-агентов для виртуального предприятия по ремонту локомотивов можно сформулировать как оптимизационную задачу.

Целевая функция в таком случае будет иметь вид:

$$\begin{cases} 1 - \sum \mathrm{К}_{\mathrm{c}}^{d} \\ 1 - \sum \mathrm{К}_{\mathrm{c}}^{o} \\ 1 - \sum \mathrm{К}_{\mathrm{c}}^{s} \\ 1 - \sum \mathrm{К}_{\mathrm{c}}^{p} \end{cases} \rightarrow min \qquad (2)$$

$$\mathrm{К}_{\mathrm{c}}^{i} < 1$$

Представленная задача должна решаться методами многокритериальной оптимизации. Все методы многокритериальной оптимизации различны по своей природе и общем случае дают эффективные (Парето-оптимальные) решения, не совпадающие между собой. Вместе с тем, нельзя аргументировано утверждать, что один из этих методов лучше другого. А сам факт наличия их многообразия, зачастую приводящих к противоположным результатам, свидетельствует об отсутствии какого-либо одного наилучшего метода. Иными словами, не существует априори лучшего метода многоцелевой оптимизации. А значит, при решении многокритериальной задачи некорректно ограничиваться каким-либо определенным методом, необходимо использовать их совокупность, сформированную лицом, принимающим решения (ЛПР) [6].

Все методы решения многокритериальных задач можно условно разделить на две группы. В методах первой группы стремятся сократить число критериев, для чего вводят дополнительные предположения, относящиеся к процедуре ранжирования критериев и сравнения альтернатив. В методах второй группы стремятся сократить число альтернатив в исходном множестве, исключив заведомо плохие альтернативы.

К методам первой группы относятся метод свертки, метод главного критерия, метод пороговых критериев, метод расстояния. Методы второй группы, основанные на сужении множества альтернатив, в которых пытаются уменьшить число возможных вариантов решений, исключив заведомо плохие.

При анализе несоответствий в [5], была определена степень влияния компонентов ремонтного производства, выраженная в коэффициентах

весомости. Применение весовых коэффициентов частных критериев (2) позволит решать поставленную задачу методами первой группы.

3. ВЫВОДЫ

На основе анализа основных расходов при ремонте локомотивов, результатов исследований интеграционных процессов сложных систем, определено, что основным критерием при формировании виртуальных производств по ремонту локомотивов должно быть получение синергетического эффекта.

Для достижения максимального положительного синергетического эффекта, задачу формирования виртуальных производств по ремонту локомотивов предложено рассматривать, используя коэффициенты соответствия производств в рамках многокритериальной оптимизации.

Использование весовых коэффициентов частных критериев соответствия производств, позволяет решать поставленную задачу многокритериальной оптимизации методами, использующими процедуры ранжирования критериев и сравнения альтернатив.

References

1. Haken, H. *Synergetics: Introduction and Advanced Topics*. Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 2004 edition. 2012. 768 p.
2. Malakooti, B. *Operations and Production Systems with Multiple Objectives*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2014. 1114 p.
3. Puranam, P. & Vanneste, B. *Corporate Strategy: Tools for Analysis and Decision-Making*. Cambridge University Press. 2016. 322 p.
4. Дацун, Ю.М. Оцінка критеріїв формування віртуального підприємства з ремонту локомотивів. *Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2017. Nr 3(233). P. 54 – 57. [In Ukrainian: Datsun, Y.M. Evaluation of criteria of the formation of a virtual enterprise for the repair of locomotives. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*].
5. Дацун Ю.М. Оцінка рівня відповідності локомотиворемонтного виробництва. *Наука та прогресс трансп. Вісн. Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп*. 2017. Nr 3. P. 91–98. [In Ukrainian: Datsun, Y.M. Conformance rating for locomotive repair productions. *Bulletin of the Dnopro national university of railway tranport*].
6. Keeney, R. L. & Raiffa H. *Decisions with multiple objectives: preferences and value radeoffs*. Cambridge University Press. 2003. 569 p.

ПУЗЫРЬ В.Г., ДАЦУН Ю.Н., ПИВО В.В. (УкрГУЖТ г. Харьков)

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ В ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Технологические процессы ремонта узлов и агрегатов средств транспорта состоят из операций по их разборке, оценке ресурса, восстановления или замены, сборке и испытания.

Особенности ремонтного производства предусматривают широкое использование ручного труда. Долгое время это объяснялось сложностью применения средств автоматизации в ремонтном производстве и существующему соотношению стоимости рабочей силы и технических средств. В настоящее время низкоквалифицированный или монотонный ручной труд не отвечает требованиям большинства рабочих по условиям работы и содержательности технологических процессов [1]. В то же время перед предприятиями стоят противоречивые задачи снижения расходов и повышения качества продукции. Решение таких задач может достигаться путем автоматизации и роботизации технологических процессов производства. Современные роботизированные технологические комплексы (РТК) могут программироваться методом обучения, имеют широкий набор средств самодиагностики и контроля технологического процесса, тогда как стоимость труда человека возрастает. Это позволяет рассчитывать в обозримой перспективе на применение средств автоматизации и роботизации и на ремонтных предприятиях.

Выбор технических средств для автоматизированного производства является одним из важнейших этапов, определяющих структурно-компоновочные решения, организационные и технологические возможности, эксплуатационные расходы и другие показатели производства [2]. Определение состава средств автоматизированного ремонтного производства должна базироваться на информации о конструктивных особенностей узлов и агрегатов, поступающих для ремонта, требований технологического процесса их ремонта, количественных характеристиках программы ремонта.

Положительным опытом в этом направлении является практика применения поточных линий в локомотиво- и вагоноремонтном производстве железных дорог. Наибольшее распространение получили поточные линии по ремонту тележек, тяговых электродвигателей, колесных пар и букс, кожухов и редукторов тяговых передач, дизелей, шатунно-поршневой группы, секций холодильников [3]. В рамках ремонтного производства целесообразно применение РТК для выполнения наиболее массовых технологических процессов: перемещения, разгрузки-загрузки, очистки, оценки технического

состояния, восстановления, покраски узлов и деталей. Широкая номенклатура и различные характеристики технологических процессов ремонтного производства вынуждает использовать формализованные подходы в определении целесообразности внедрения средств роботизации. Предлагается использование критерия целесообразности, учитывающего ряд ключевых факторов:

$$K = \left\langle \tilde{o}_1, \tilde{o}_2, \tilde{o}_3, x_4, x_5 \right\rangle \quad (1)$$

где: x_1 – степень тяжести труда рабочих (вредности условий работы);

x_2 – степень влияния субъективных факторов на качество продукции работ;

x_3 – необходимая степень модернизации существующего оборудования для внедрения средств роботизации;

x_4 - необходимая степень перепланировки производственных помещений для внедрения средств роботизации;

x_5 – степень соответствия существующих средств роботизации поставленным задачам.

Поскольку часть из приведенных факторов сложно формализовать и нормировать, для их оценки целесообразно применять экспертные методы. То есть оценку факторов экспертами по заранее оговоренной шкале.

Для оценки альтернатив по векторному критерию применяются преобразования, переводящие многокритериальную задачу в однокритериальную. Существует ряд подходов перевода векторного критерия в скалярный вид, однако наиболее распространенным и простым является метод взвешенной суммы. Его применение для решения поставленной задачи может обеспечить большую объективность относительно других методов с компенсирующим эффектом:

$$K = \sum_{i=1}^{n} \mu_i x_i \quad (2)$$

где: μ_i – коэффициент весомости факторов.

Применение такого подхода позволит объективно подходить дооснащению локомотиворемонтных производств средствами автоматизации и роботизации.

Литература

1. Захарова В.И., Васильева М.П. Промышленные роботы [Текст] / В.И. Захарова, М.П Васильева. - М.: 1992 – 286 с.

2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Текст]: учебн. / Н.М. Капустин [и др.]; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2014. – 415 с.

3. Поточные линии ремонта локомотивов в депо [Текст] / Н.И. Фильков, Е.Л. Дубинский, М.М. Майзель, И.Б. Стерлин. – М.: Транспорт, 1983. – 302 с.

УДК 338.312

РЯБИКОВ К.Е.[1], АЙМАКАЕВ Ж.А.[2]
[1] Аспирант ОмГУПС, советник по экономике ТОО «ASTREYA», (г. Павлодар, Казахстан),
[2] И.о директора департамента организации и выполнения технических обслуживаний и ремонтов Евразийской Группы «ERG» (г. Астана, Казахстан)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ ФИНАНСОВОЙ СИТУАЦИИ

ECONOMIC PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF LOCOMOTIVE REPAIR ENTERPRISES OF RUSSIA IN THE CONDITIONS OF UNSTABLE FINANCIAL SITUATION

Развитие локомотиворемонтной отрасли России невозможно без существенных инвестиций и повышения производительности труда персонала локомотиворемонтных предприятий.

Ключевые слова: Локомотиворемонтная отрасль, маржинальность услуг, производительность труда, стандарты железнодорожной отрасли.

Из всех видов транспорта важнейшим для России является железная дорога. Стабильное функционирование железнодорожного транспорта, связывающего в единую систему все отрасли экономики, является необходимым условием устойчивого экономического роста любого государства. Железная дорога производит по данным ВЦИОМ 17,6 % общего объема грузовых перевозок, осуществляемых транспортом общего пользования, или 43,3% общего грузооборота всех видов транспорта в России.

Укрепление благоприятных тенденций по развитию железнодорожной магистрали Российской Федерации невозможно без наращивания экономического потенциала и внедрения инновационных технологий в сегменте переоснащения и модернизации технологических возможностей локомотиворемонтных заводов и линейных сервисных предприятий, осуществляющих ремонт и текущее техническое обслуживание тягового подвижного состава.

Рассматривая высокую изношенность парка 70-78% тепловозов и электровозов России, как фактор возможности повышения маржинальности локомотиворемонтных услуг внутреннего рынка с учетом перехода целых секторов железнодорожной отрасли из-под влияния государственного регулирования к управлению с использованием методологии частно-государственного партнерства, необходимо отметить, сохранение высокого уровня зарегулированности со стороны ОАО «РЖД» процессов согласования процентной ставки доходности при заключении договоров на сервисное обслуживание и сопровождение полного жизненного цикла локомотивов для всех участников рынка.

Понятно, что это объясняется отсутствием достаточного количества инвестиционных средств у ОАО «РЖД» для полноценной замены парка тягового подвижного состава в среднесрочной перспективе 3 -5 лет.

Ниже в таблице №1 приведены количественные показатели необходимости модернизации и замены на новые локомотивы эксплуатационного парка РЖД

Таблица 1 Общая потребность в обновлении подвижного состава железнодорожного транспорта

Подвижной состав	Единица измерения	2008 - 2015 годы		2016 - 2030 годы	
		мини-мальный вариант	макси-мальный вариант	мини-мальный вариант	макси-мальный вариант
Локомотивы - всего	единиц	7600	7828	10500	11445
в том числе:					
приобретение новых		1600	1648	3000	3270
модернизация		6000	6180	7500	8175

С другой стороны, это делает услуги по капитальному, среднему ремонту и модернизации локомотивов ключевыми в поддержании работоспособности отрасли, а значит, обладают одним из важнейших ценообразующих мультипликативных факторов, влияющих на себестоимость железнодорожных перевозок и увеличение валовой продуктивности отрасли в целом.

При этом следует учитывать, что ОАО «РЖД» является самым крупным «Глобальным» доминирующим заказчиком на локомотиворемонтном рынке России.

Доминирующими игроками этого рынка со стороны исполнителей локомотиворемонтных услуг России являются два конкурирующих между собой промхолдинга-гиганта железнодорожного отечественного машиностроения АО «Синара-Транспортные Машины» и группы компаний Трансмашхолдинг - ЛокоТех.

За последние 15 лет им удалось принять под управление 15 локомотиворемонтных завода и 91 линейное депо по ремонту и обслуживанию подвижного состава. Предприятия рассредоточены по территории всей России от Калининграда до Южно- Сахалинска.

Необходимо отметить, что целью любого предприятия в современных условиях является извлечение прибыли с максимально низкими издержками.

Поэтому руководство многих локомотиворемонтных предприятий за последние годы предпринимало попытки выполнить заказы РЖД меньшим количественным составом ремонтного персонала с сохранением качественных характеристик выполняемых услуг. Закрывались многие непрофильные вспомогательные участки предприятий, а некоторые из них передавались в аутсорсинг. В погоне за выполнением растущего госзаказа планов ремонта не уделялось должного внимания на материальное стимулирование ремонтного персонала низшего и среднего звена предприятий. Внедрялась программа «Бережливое производство», ломался привычный выверенный десятилетиями документооборот ради получения Сертификатов соответствия менеджмента Западным и европейским стандартам железнодорожной отрасли. При этом никто не проводил научных исследований возможности адаптации европейских стандартов в реалии отечественных локомотиворемонтных предприятий в условиях нестабильной финансовой ситуации.

Не уделялось должного внимания и вопросам повышения производительности труда и разработке новой кадровой политики отрасли. До настоящего времени отсутствует Центр компетенций для формирования комплексного подхода к реформированию производительности труда, как в отраслевом разрезе, так и в целом по экономике России.

Выработка государственной политики и нормативно-правового регулирования в отношении производительности труда не определена в качестве задачи ни за одним федеральным органом исполнительной власти. Экономия на затратах на рабочую силу не только не стимулирует рост производительности труда, но и ограничивает личное потребление домашних хозяйств и, соответственно, спрос населения на производимые товары и услуги, что, в свою

очередь, сдерживает заинтересованность не только в наращивании, но и в сохранении достигнутых объемов производства. [1]

Согласно новой редакции Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.- производительность труда в транспортном комплексе возрастет по инновационному варианту в 1,25 раза к 2018 г., в 1,34 раза к 2020 г и в 1,54 раза к 2030 г., по базовому варианту: в 1,13 раза к 2018 г., в 1,2 раза к 2020 г. и в 1,34 раза к 2030 г.; [2]

В таблице № 2 приведен прогноз роста производительности труда.

Таблица №2 Прогноз индексов

Показатели прогноза индексов производительности труда по данным Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, %

	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2013-2030
Вариант 1, консервативный сценарий	103,6	104,1	103,6	102,8	103,6
Вариант 2, инновационный сценарий	104,0	104,9	104,6	104,0	104,5
Вариант 3, целевой (форсированный) сценарий	104,6	107,1	105,6	104,2	105,6

Источник: Минэкономразвития России

Хочется верить экспертному Совету, разработавшему столь оптимистический прогноз на повышение производительности труда на транспорте.

Ни один из вариантов прогноза производительности труда в 2011–2015 годах не был реализован. [3]

Вопросы производительности труда отражены также в стратегиях развития отраслей экономики России, утвержденных Правительством Российской Федерации или уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Анализ показал, что в 13 отраслевых стратегиях, в том числе в четырех, принятых позднее 2012 года, вопросы повышения производительности труда и какие-либо показатели, предусматривающие ее повышение, вообще не рассматриваются.

В 9 отраслевых стратегиях, утвержденных Правительством Российской Федерации или уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, содержатся данные о производительности труда, однако, данные о

производительности оказываются несопоставимыми в отраслевом разрезе, в том числе в динамике.

Реалии локомотиворемонтной отрасли показывают, что некоторые предприятия лишь на бумаге справляются с возросшими требованиями и объемами плановых ремонтов локомотивов согласно госзаказу со стороны ОАО « РЖД».

И не последними факторами невыполнения в требуемые сроки объемов заказов является низкая производительность труда и отсутствие должного материального стимулирования для привлечения высококвалифицированных кадров и их удержания с возможностью профессионального роста.

Поэтому в среднесрочной перспективе необходимо переориентировать стратегическое управление сервисных предприятий на повышение производительности труда и рост технико-технологического потенциала каждого работника, занятого в основном объеме работ по продлению жизненного цикла локомотива.

Жизненно важно в срочном порядке пересмотреть мотивационную политику персонала низшего и среднего звена линейных ремонтных предприятий, с привязкой заработной платы к срокам исполнения сервисных услуг по госзаказу и дополнительным стимулированием за качественно выполненный ремонт тягового подвижного состава промышленных предприятий России и стран СНГ**.**

Список использованной литературы и источники:

1. Аналитический центр при правительстве РФ «Социальный бюллетень» 09 июнь 2017г.
2. Журнал «Вестник ГЛОНАСС» декабрь, 2013 №4 (15)
3. Росстат официальный сайт rosstata.ru
4. Сборник научных трудов «Наука, образование, общество, тенденции и перспективы.» часть 3 по материалам Международной научно практической конференции от 28 ноября 2014г.

РЯБЧЕНОК Н.Л.[1], АЛЕКСЕЕВА Т.Л.[2], МИХАЛЬЧУК Н.Л.[3], АСТРАХАНЦЕВ Л.А.[4]

[1] заведующая кафедрой Математики, канд. техн. наук, доцент, ИрГУПС,

[2] доцент кафедры Математики, канд. техн. наук, доцент, ИрГУПС,

[3] Заместитель начальника Дирекции тяги ОАО «РЖД», к.т.н.,

[4] профессор кафедры Электроподвижной состав, д.т.н., профессор, ИрГУПС,

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРЕДЫДУЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

В работе рассмотрена возможность непрерывного и полного использования электрического потенциала контактной сети для повышения пропускной и провозной способности железной дороги за счет модернизации тягового электропривода электровозов. Повышаются динамические качества и энергетическая эффективность электровозов с регуляторами входного электрического сопротивления тягового электропривода с коллекторными ТЭД в цепях якорных обмоток и в цепях обмоток возбуждения при независимом возбуждении. Модернизированный тяговый электропривод позволяет эффективно использовать электрический потенциал контактных сетей постоянного тока 3300 В и более высокого напряжения.

В настоящее время реализация задач по повышению производительности железной дороги выполняется в основном путем реконструкции железнодорожных путей, усиления тягового электроснабжения и совершенствования организации движения поездов. Коэффициент использования мощности локомотивного парка при этих решениях неизбежно снижается, а интенсивность износа тягового подвижного состава и системы электроснабжения увеличивается. Затраты железной дороги на техническое обслуживание и ремонт техники при определенном объеме грузоперевозок придется перекладывать на потребителей транспортной работы, что неизбежно вызовет снижение конкурентоспособности отрасли на рынке транспортных услуг.

На современном тяговом подвижном составе постоянного и переменного тока применяются регуляторы мощности с импульсным способом использования электрического потенциала контактных сетей. Помимо снижения энергетической эффективности электрической тяги поездов такие регуляторы не позволяют повышать напряжение в контактной сети постоянного тока с увеличением веса поездов и скорости движения. Решение сложной наукоемкой задачи [1,2] необходимо начинать с модернизации регуляторов мощности

тягового электропривода электровозов постоянного тока предыдущего поколения. Затраты железной дороги на выполнение научно-технических задач можно снизить за счет использования пригодных для дальнейшей эксплуатации металлоемких частей и дорогостоящего электрооборудования электровозов предыдущего поколения. Нужно накапливать опыт эксплуатации, технического обслуживания и ремонта подвижного состава для работы локомотивов в системе электроснабжения от контактных сетей постоянного тока напряжением 3300 В. Конструкция регулятора входного электрического сопротивления тягового электропривода позволяет в дальнейшем переходить на питание от контактной сети постоянного тока напряжением 12 кВ и 27,5 кВ для вождения тяжеловесных поездов и внедрения скоростного движения с высоким коэффициентом использования мощности локомотивного парка.

В математической модели секции электровоза постоянного тока с ESV (Рис. 1) при работе в середине межподстанционной зоны контактной сети 27,5 кВ с номинальной нагрузкой на валах ТЭД и скоростью движения 50 км/ч из контактной сети постоянного тока потребляется 125,8 А.

Напряжение на токоприемнике 3-х секционного электровоза постоянного тока с ESV при номинальной нагрузке в середине межподстанционной зоны контактной сети составляет 26,3 кВ, что обеспечивает повышенную скорость движения поезда.

За счет повышения КПД тягового электропривода с ESV на 4% и за счет повышения средней участковой скорости движения поезда на 10% по сравнению с тягой электровозом 3ЭС5К расход электроэнергии снижается на 13,4%. При тарифе на электроэнергию 3,54 руб./кВт·ч за один год вождения поездов весом 7100 т 3-х секционным электровозом постоянного тока с ESV только за счет экономии электроэнергии на тягу на участке ст. Тайшет - ст. Таксимо ВСЖД филиала ОАО «РЖД» затраты железной дороги снижаются на 62 млн. руб. по сравнению с тягой поездов электровозом 3ЭС5К.

Разработанные регуляторы тока в обмотках возбуждения коллекторных ТЭД [3] позволяют перейти от последовательного соединения обмоток возбуждения к независимому возбуждению в режиме тяги и электрического торможения с выравниванием мощностей ТЭД, обеспечивать контроль за боксованием и юзом колесных пар электровоза. Данное решение способствует повышению скорости движения поезда на подъемах с кратковременным (в пределах 30 минут) превышением номинальной мощности ТЭД и улучшение динамических свойств локомотива при трогании и разгоне.

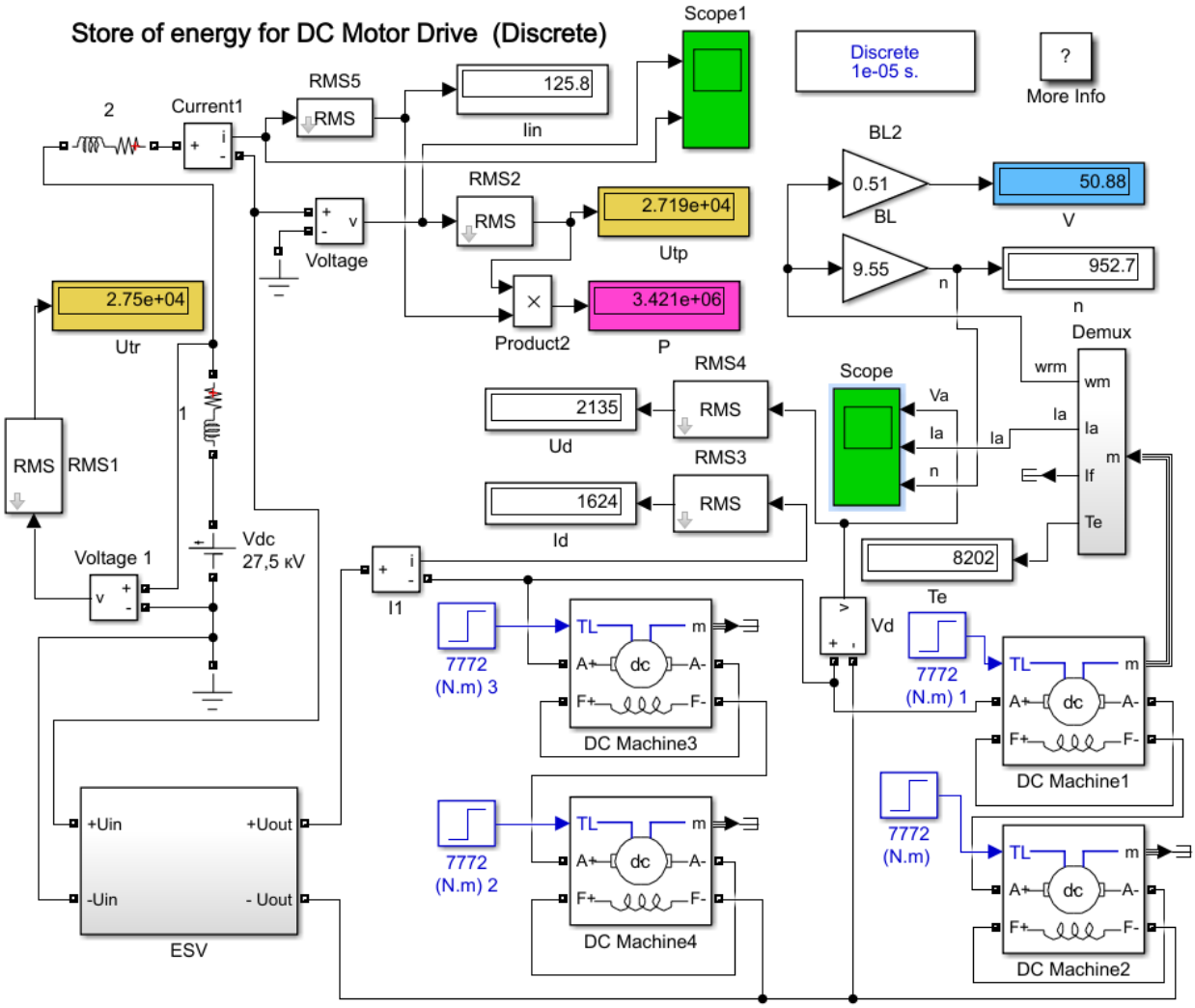


Рис. 1. Математическая модель тягового электропривода секции электровоза постоянного тока с электрическим полупроводниковым вариатором ESV.

Список литературы

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

2. T.L. Alekseeva, N.L. Ryabchyonok, L.A. Astrakhantsev Technology of Electric Power Efficient Use in Transport, Режим доступа: https://orcid.org/reset-password-email/bmRUWhzb282UGx0bFZZN05SUlNSR2dSYlNwQ0ZCRHp2U1JLSTg0bTNqYU9ja1lZWnZqczhyUHlZQ2MvQTAwV1hnSG1nNnRrYkh3YkZIcTNHOUVsNlBCVjFrb0JYTVZmTDRyakpaMzBSZjQ9. (Декабрь 28, 2017).

3. Астраханцев Л.А., Рябченок Н.Л., Алексеева Т.Л. Ресурсосберегающее управление технологическими процессами. – Иркутск: ИрГУПС, 2012. – 130 с.

УДК 629.4.072.2

САРКЕНОВ С.С. (аспирант ОмГУПС, г. Омск, Россия)

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 2ЭС6 В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ПАКЕТНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРОФИЛЯ

Как известно, перевозка различных грузов является основным доходом ОАО «РЖД». В связи с этим особое внимание уделяется грузовым поездам и перевозке груза с минимальными затратами на перевозку. Учитывая пропускную способность участков, оптимальным является пакетный график поездов. В связи с этим является актуальным вопрос организации движения грузовых поездов на различных типах профиля [1].

С 2012 года на полигоне Западно-Сибирской ж. д. эксплуатируются электровозы постоянного тока нового поколения серии 2ЭС6. На полигоне Западно-Сибирской ж. д. встречаются участки всех четырех типов профиля пути, согласно классификации типов профиля пути ВНИИЖТ.

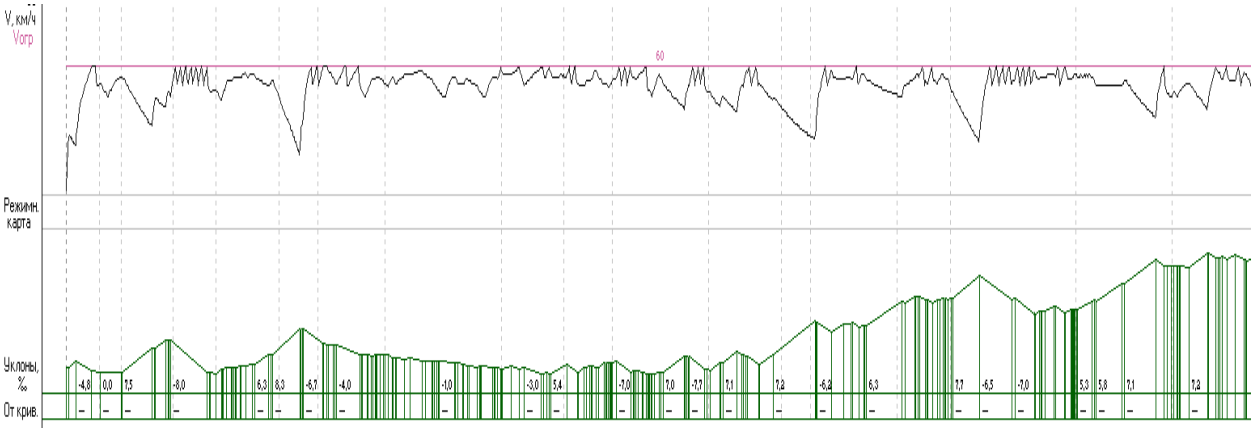


Рисунок 1. *Фрагмент тягового расчета в программном комплексе «КОРТЭС»*

С помощью программного комплекса «КОРТЭС» были сделаны тяговые расчеты на четырех типах профиля. Фрагмент тягового расчета представлен на рис.1. Смоделированы пакетные графики движения с поездами массой от 1000 тонн до 7000 тонн, а также с нагрузкой на ось от 5 т/ось до 25 т/ось согласно ТХО-125 (рис.2). Количество поездов в пакете изменялось от 3 до 8 штук, а интервал между поездами изменялся от 10 минут до 18 минут.

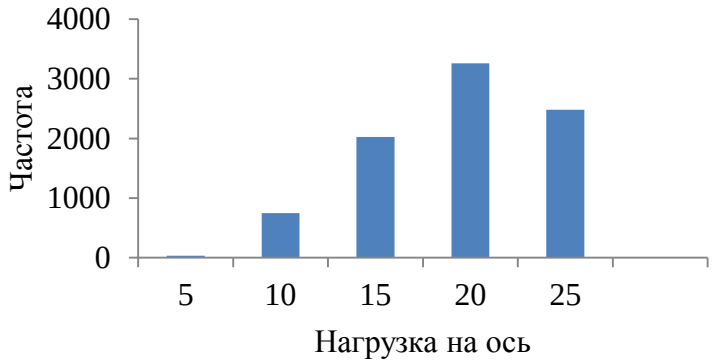


Рисунок 2. *Гистограмма распределение нагрузки на ось на участке по данным ТХО-125*

На основе полученных результатов были построены графики зависимости удельного расхода электроэнергии от параметров графика движения грузовых поездов на различных типах профиля пути и представлены на рис.3.

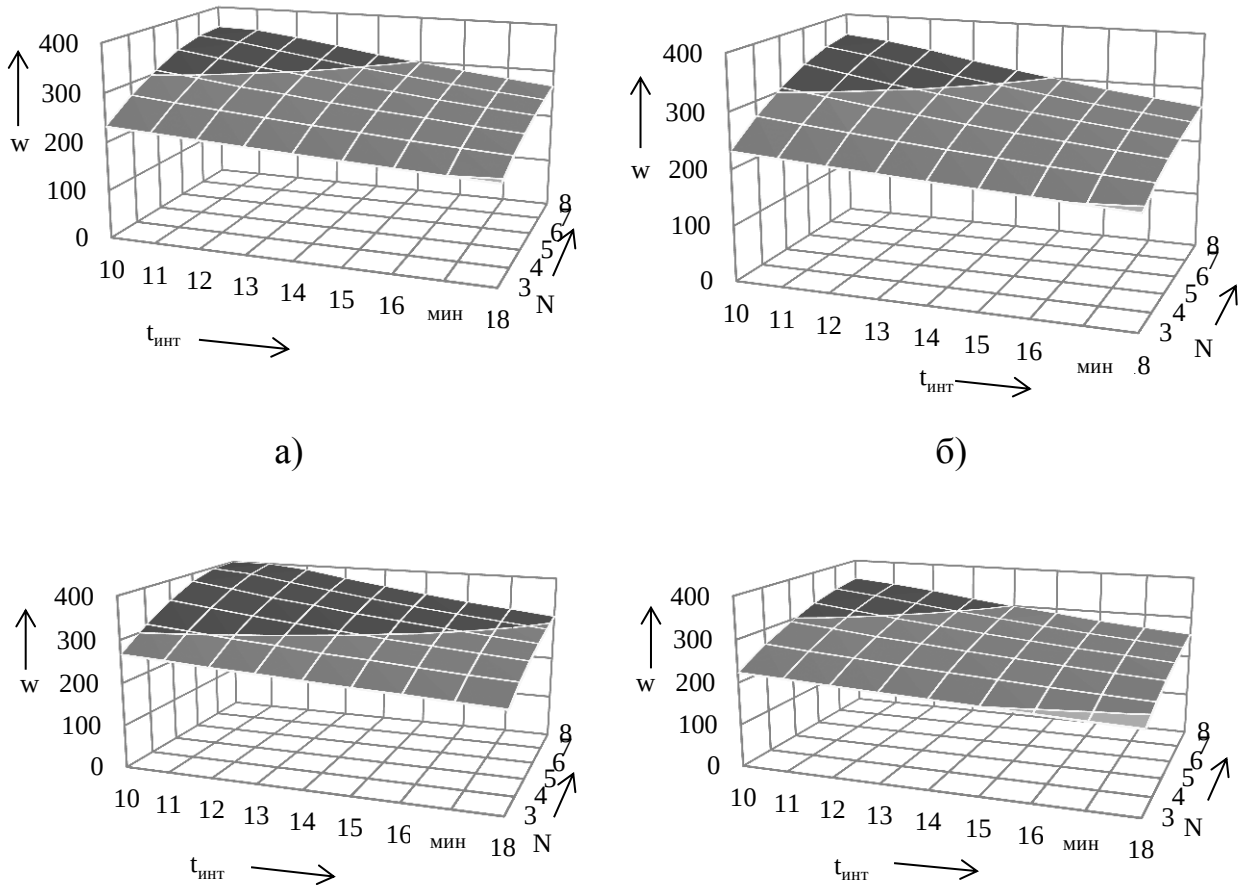


Рисунок 3. *График изменения удельного расхода электроэнергии в зависимости от параметров графика поездов при массе состава 3000 т. и нагрузке на ось 20 т/ось:*

а) I тип профиля, б) II тип профиля, в) III тип профиля, г) IV тип профиля

Анализируя полученные результаты моделирования видно, что на всех типах профиля расход электроэнергии на тягу поездов минимален при межпоездном интервале 18 минут и количестве поездов в пакете равном трем. Максимальный расход электроэнергии на тягу поездов, на всех типах профиля, при межпоездном интервале 10 минут и количестве поездов в пакете равном восьми. Это объясняется тем, что при минимальном интервале и максимальном количестве поездов на участке вырастает потребление электроэнергии.

Для определения влияния параметров на расход и потери электроэнергии на тягу поездов воспользуемся корреляционным анализом [2]. Наиболее сильное влияние на объем электропотребления оказывает масса состава, а из параметров графика движения поездов – количество поездов в пакете. Корреляционная зависимость представлена в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1. *Корреляционная матрица удельного расхода*

	w	$m_{ось}$	m	N	$t_{инт}$
w		-0,07	0,79	0,32	-0,22
$m_{ось}$			0,38	0	0
m				0	0

Так как значительное влияние на удельный расход электроэнергии оказывает масса состава. Поэтому целесообразно рассмотреть каждую массу и нагрузку на ось отдельно.

Таблица 2*. Корреляционная матрица удельного расхода при массе состава 3000 тонн*

	w	N	$t_{инт}$
w		0,79	-0,56
N			0
$t_{инт}$			

Из табл. 2 видно, что корреляционная связь количества поездов в пакете прямо пропорциональна расходу электроэнергии, а корреляционная связь межпоездного интервала обратно пропорциональна.

На основе полученных результатов можно сделать выводы:

- увеличение максимального веса составов приводит к большим электропотреблению, а, следовательно, длительные режимы тяги, особенно на III и IV типах профиля ухудшают температурный режим работы изоляции ТЭД;

- организация интервального графика движения поездов позволяет увеличить ресурс межремонтного пробега локомотивов;

- с целью исключения ползунов на колесных пар локомотивов, на типах профиля пути III и IV необходимо применение рекуперативного торможения;

- график движения поездов следует организовывать таким образом, чтобы в межподстанционной зоне, где находится рекуперирующий локомотив, находился локомотив - потребитель (в тяге).

Список литературы

1. Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года [Текст]: Распоряжение ОАО «РЖД» от 15 декабря 2011 г. № 2718р. – М., 2011. – 97 с.

2. Методика анализа и прогнозирования топливно-энергетических ресурсов: Распоряжение ОАО «РЖД» № 512 от 26.12.2014 г.

3. Сидорова, Е. А. Характеристика энергопотребления на тягу поездов в энергетическом паспорте железной дороги [Текст] / Е. А. Сидорова, А. И. Давыдов // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2010. – № 4 (4). – С. 76 – 80.

4. Черемисин, В. Т. Характеристики профилей пути на электрифицированных участках железных дорог в аспекте классификации типов / В. Л. Незевак, А. В. Перестенко, В. Т. Черемисин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения / Ростовский гос. ун-т путей сообщения. – Ростов-на-Дону. – 2017. № 2. – С. 118 - 128.

5. Черемисин, В. Т. Оценка влияния пакетной организации движения на объем электроэнергии на тягу на участках постоянного тока с I-м типом профиля / В. Л. Незевак, С. С. Саркенов, В. Т. Черемисин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 3 (55). С. 135 - 144.

УДК 629.488

СВЕЧНИКОВ А. А. (СамГУПС, г. Самара)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕРВИСНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ ДЕПО ПРИ РЕМОНТЕ ТЕПЛОВОЗОВ

Ремонтная индустрия железнодорожного транспорта – это сложное, постоянно развивающаяся система с большим количеством предприятий.

Важнейшими направлениями работ по ремонту подвижного состава является переход на наиболее экономичные и прогрессивные технологии, значительное повышение экономичности производства.

В настоящее время в депо используется система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания локомотивов. В соответствии с требованием действующих нормативных документов ОАО «РЖД» тяговый подвижной состав проходит необходимые операции, направленные на поддержание его работоспособного состояния. Локомотив направляют в сервисное депо, где выполняют ремонтные работы и техническое обслуживание необходимых агрегатов, узлов и деталей. Само собой, на ремонт необходимы немалые затраты запасных деталей и человеческого труда. Они рассчитываются заранее в зависимости от рода депо и объемов ремонта, после чего выполняется закупка партии требующихся запасных частей. По различным причинам не всегда удается предугадать точное количество тех или иных деталей, требующихся на устранение неисправностей. Вследствие этого возникает нехватка определенных запасных частей или их неудовлетворительное качество (в процессе хранения или транспортировки). Это приводит к нежелательному увеличению простоя подвижного состава в ремонте [1].

Прогресс не стоит на месте, и люди стали работать над тем, как исключить человека из процесса производства деталей. Появились станки, не требующие участия человека – обрабатывающий инструмент (резец, фреза) перемещается по нужной траектории сам. В настоящее время появились простые копирующие станки, чуть позднее появились станки с числовым программным управлением. В станках с числовым программным управлением необходимые команды на перемещение рабочего органа, включение подач, вращения заранее записаны в программу (на перфоленте, на магнитной ленте или вообще в памяти персонального компьютера), выполняя которую станок изготовит деталь. Автоматизация позволит исключить человека из производственного цикла

полностью. В результате человек нужен только для работы в качестве операторов станков, что приводит к значительному снижению себестоимость изготовления детали.

Во избежание случаев с нехваткой деталей при ремонте локомотивов возможно применение современных технологий XXI века – аддитивных технологий.

При внедрении аддитивных технологий в сервисное локомотивное депо определенный вид деталей будут не закупаться, а изготавливаться в нем. Производство деталей будет занимать меньше времени, проходить практически на месте ремонта, вследствие чего простои локомотивов в депо сократятся.

Трехмерная печать – это аддитивная технология, когда изделие получается путем добавления материала, где необходимо. Причем под трехмерной печатью подразумевается автоматизированный процесс выполняемый компьютером при помощи устройства под названием 3Д принтер.

В результате проведенного анализа сменяемости основных запасных частей на текущий ремонт тепловозов 2ТЭ10 по данным сервисного локомотивного депо «Ершовское» Приволжской железной дороги составлена карта сменяемости деталей дизеля 10Д100 (рисунок 1).

Представленные на рисунке 1 детали дизеля наиболее часто требуют замены при выполнении планового или непланового ремонта. Стремительный прогресс в области применения аддитивных технологий в промышленности обращает внимание на перспективы использования 3Д принтеров в сервисных локомотивных депо для создания собственного склада запасных частей и деталей. Данные детали предлагается изготавливать в условиях механического отделения сервисного локомотивного депо с использованием технологии послойного лазерного спекания металлопорошковых композиций [2].

Наряду с обычными токарными, фрезерными и другими станками в механическом цехе будет располагаться участок 3Д печати. Технологическое оборудование данного участка составит 2-3 единицы 3Д принтеров, в зависимости от объемов ремонта, и один станок для финишной доводки детали.

На сегодняшний день номенклатура металлических композиций имеет широкий спектр материалов на основе *Ni* и *CO*, на основе *Fe*, на основе *Ti*, на основе *Al*, что позволяет с уверенностью утверждать о возможности применения данной технологии для создания деталей и узлов подвижного состава.

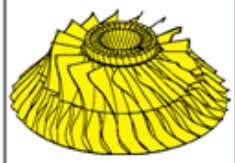
Наименование	3D модель	Норма расхода на секцию, шт			Затраты на секцию до внедрения установки, руб		
		ТР-1	ТР-2	ТР-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3
Поршень		0	5	2	0	20617,28	82469,12
Распылитель форсунки		0,1	2	15	55,46	1 109,20	8 319,00
Колесо воздуходувки		0	0	1	0	0	10731,49
Лопатка рабочая турбины		0	1	3	0	4076,50	12229,50

Рисунок 1 – *Карта сменяемости деталей дизеля 10Д100*

Из металлических порошков «выращивают» заготовки пресс-форм, специальные инструменты, оригинальные детали сложной конфигурации, которые затруднительно или невозможно получить литьем или механообработкой и многое другое. Уже сейчас при штучном и мелкосерийном производстве зачастую становится экономически выгодным «вырастить» небольшую партию деталей на 3Д принтере, чем изготавливать литейную или штамповую оснастку. В сочетании с горячим изостатическом прессовании и соответствующей термообработкой такие детали не только не уступают литым или кованым изделиям, но и превосходят их по прочности на 20-30 %.

Применение аддитивных технологий в сервисных локомотивных депо возможно только в том случае, если имеется квалифицированный персонал по обслуживания 3Д принтеров и персонала по 3Д моделированию деталей

подвижного состава. Трехмерные модели деталей дизеля 10Д100 предполагается создавать в системах автоматизированного проектирования (САПР). Такая трехмерная модель служит основой для послойного изготовления детали с использованием устройства лазерного спекания металлопорошков. В качестве средств автоматизированного проектирования могут быть использованы такие программные продукты как: Solid Works, Kompas 3D и др. Наиболее предпочтительно использование Solid Works, так как данный программный продукт позволяет не только создать твердотельную трехмерную модель детали, но и рассчитать ее на прочность.

Целесообразность применения аддитивных технологий в сервисных локомотивных депо подтверждается наличием большого числа непреднамеренных отказов оборудования в эксплуатации и большим простоем локомотивов на неплановых видах ремонтах из-за отсутствия запасных частей на складе депо. Изготовление запасных частей при помощи 3Д печати для нужд ремонта исключит вероятность сверхнормативного простоя тепловозов в сервисных депо по причине нехватки запасных частей.

Библиографический список

1. Балакин А.Ю., Курунов А.В., Носырев Д.Я., Свечников А.А., Стришин Ю.С. Виртуальный склад как средство оптимизации запаса и расходования запасных частей в структуре сервисного обслуживания. – Сборник: Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов / Материалы второй международной научно-практической конференции. Общая редакция: И.К.Лакин. 2015. С. 107-109.

2. Носырев Д.Я., Балакин А.Ю., Свечников А.А. Применение аддитивных технологий в структуре сервисного обслуживания локомотивов. – Сборник: Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов / материалы третьей Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения. 2016. С. 11-15.

СЕМЕНОВ А.П. (НИИТКД, г. Омск)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ

В статье на основании выполненных статистических расчётов по данным об эксплуатации основных серий отечественных локомотивов определены основные направления повышения эффективности эксплуатации локомотивов. Предложен в качестве универсального показателя коэффициент полезной работы. Показано, что, наряду с повышением надёжности локомотивов, большим резервом является повышение эффективности системы управления тягой поездов. Доказано, что число секций локомотивов можно сократить не менее чем на 2000 тыс. секций.

Для статистического анализа эффективности эксплуатации локомотивов разработана методика, согласно которой с использованием программы MS Excel и специально написанных программ на встроенном языке программирования Visual Basic for Application (VBA) [4] выполнены расчёты. Исходные данные об эксплуатации локомотивов взяты из информационной системы ОАО «РЖД» АСОУП. Рассмотрены данные за 400 – 500 дней по 40 экземплярам локомотивов (всего 4,8 млн событий) по следующим массовым сериям:

- электровозы переменного тока: ВЛ80С, ВЛ80Р, ВЛ85, 2ЭС5К, 3ЭС5К;
- электровозы постоянного тока: ВЛ10, 2ЭС4К, 3ЭС4К;
- тепловозы: 2ТЭ10МК, 3ТЭ10МК, 2ТЭ116У, 2ТЭ25КМ.

В среде Excel на VBA последовательно по каждому локомотиву каждой серии выполнена обработка исходных данных: вычислено общее время нахождения локомотива в различных состояниях, характеризующих эффективность тяги поездов и затраты времени на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР). В результате обработки данных по каждому локомотиву получены следующие данные: общее время в эксплуатации и в ремонте (в минутах и %), нахождение в каждом состоянии (в минутах и %). Полученные по каждому локомотиву данные сведены в единую Excel-таблицу. Статистическая обработка выполнена с использованием «классических» методов математического анализа.

Согласно кодировке состояний локомотива АСОУП локомотив может находиться более чем в ста различных состояниях как связанных с его эксплуатацией (тяга поезда, ожидание работы, перемещение, приёмка и др.), так и с его обслуживанием (ожидание ТОиР, ТОиР, перемещение в ТОиР и др.). Полезную работу локомотив совершает, когда подцеплен к поезду: в АСОУП – это состояние с кодом 1 «ГОЛ.П» (в голове поезда). Кроме этого состояния все

остальные состояния, по сути, являются вспомогательными: ожидание работы, приёмка локомотива, обслуживание, экипировка – всё это плановые или внеплановые потери рабочего времени локомотива.

Для оценки эффективности эксплуатации локомотивов предлагается ввести понятие «Коэффициент (процент) полезной работы» $K_{АП}$:

$$K_{АП} = T_{тяга} / \Sigma T_i \quad \text{или} \quad K_{АП} = 100\% * T_{тяга} / \Sigma T_i,$$

где: $T_{тяга}$ - время нахождения локомотива в состоянии «Тяга в голове поезда»;

ΣT_i - общее время жизненного цикла локомотива за рассматриваемый период.

В таблице 1 приведены результаты расчёта процента нахождения локомотивов рассмотренных серий в голове поезда: математическое ожидание по каждой серии $K_{АП}$, среднеквадратичное отклонение $K_{АП}$, минимальное и максимальное значения за год по одному из 40 локомотивов.

Таблица 1 *– Коэффициент полезной работы локомотивов* $K_{АП}$

Серия	**Средний $K_{АП}$**	**СКО**	**Min**	**Max**
ВЛ80С	53,2%	14,2	18,1%	73,2%
ВЛ80Р	64,9%	5,4	53,5%	73,1%
ВЛ85	71,4%	3,6	60,7%	76,2%
2ЭС5К	44,3%	12,8	16,3%	71,0%
3ЭС5К	66,2%	8,1	29,2%	76,2%
ВЛ10	40,4%	13,2	7,6%	52,2%
2ЭС4К	32,8%	11,2	4,7%	50,5%
3ЭС4К	50,6%	6,9	33,7%	57,8%
2ТЭ10МК	34,4%	12,3	14,3%	56,8%
3ТЭ10МК	37,4%	13,0	4,8%	55,5%
2ТЭ116У	40,5%	10,9	14,8%	57,5%
2ТЭ25КМ	40,9%	7,0	24,2%	49,5%
По всем сериям	48,1%			76,2%

Полученные данные свидетельствуют о следующем:

1. В среднем полезная работа локомотива составляет менее 50% общего времени его жизненного цикла. При этом самый низкий процент у тепловозов – в среднем $K_{АП}$ = 38,3%, при этом по отдельным тепловозам достигал за год $K_{АП}$ = 57,5%. Самый высокий – у электровозов переменного тока: в среднем $K_{АП}$ = 60%, при этом по отдельным электровозам достигал $K_{АП}$ = 76,2%. Таким образом, согласно практически достигнутым результатам, полезную работу локомотивов можно поднять на 20-25% только за счёт лучшей организации перевозочного процесса.

2. Полученные данные нельзя считать унимодальными, причиной чему являются различные условия эксплуатации локомотивов в течение года. Относительно унимодальными являются данные по локомотивам серии 2ЭС5К (Р=0,5), занятых в местной и вывозной работе.
3. Самой эффективной является эксплуатация локомотивов серии ВЛ85 (71,4% при максимальном 76,2%).
4. Сравнение лучших показателей эффективности эксплуатации локомотивов со средними показывает, что резерв повышения эффективности эксплуатации локомотивов составляет в среднем 14,4%. Даже при повышении эффективности эксплуатации локомотивов на 10% позволит высвободить не менее 1,5 тыс. локомотивов.
5. С ростом процента полезной работы уменьшается среднеквадратичное отклонение параметра с коэффициентом корреляции r=-0,42. Это подтверждает, что упорядочивание перевозочного процесса повышает эффективность тяги. Но при этом связь между процентом полезной работы и соответствием нормальному закону отсутствует: r = -0,07.

ВЫВОД: первый существенный резерв повышения эффективности эксплуатации локомотивов заключается в улучшении организации перевозочного процесса и увеличении времени нахождения в состоянии «Тяга поезда» до 70%.

Второй показатель, характеризующий эффективность эксплуатации локомотивов – это среднесуточный пробег, результаты анализа которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 *– Эффективность тяги поездов* $K_{АП}$ *по показателю «среднесуточный пробег»*

Серия	**Средне-суточный пробег, км**	СКО	**Min**	**Max**
ВЛ80С	452	126	204	735
ВЛ80Р	569	40	473	631
ВЛ85	603	33	509	643
2ЭС5К	379	116	114	594
3ЭС5К	578	44	466	643
ВЛ10	306	99	63	385
2ЭС4К	238	81	40	373
3ЭС4К	391	96	190	485
2ТЭ10МК	276	105	124	465
3ТЭ10МК	293	56	154	370
2ТЭ116У	329	93	116	460
2ТЭ25КМ	340	63	191	449

Данные по пробегам аналогичны данным по проценту тяги в голове поезда. Это подтверждается и коэффициент корреляции между этими двумя параметрами, который практически равен 100%: r=0,993. При этом соответствие нормальному закону несколько выше. Но параметр «В голове поезда» является более удобным, т.к. позволяет сравнивать эффективность тяги по различным сериям локомотивов различных полигонов вне зависимости от установившегося среднесуточного пробега.

ВЫВОД: важным информативным показателем оценки эффективности эксплуатации локомотивов является процент нахождения локомотива в состоянии «В голове поезда». Показатель «Среднесуточный пробег» не универсален т.к. существенно зависит от серии локомотива и полигона его эксплуатации.

В качестве одного из видов эксплуатационных потерь времени в таблице 3 приведены потери в состоянии «Ожидание работы». В этом состоянии локомотив исправен, полностью готов к работе, но не участвует в движении. Из таблицы видно, что время ожидания тяги может превышать 10% и составлять до 40% от полезной работы.

Таблица 3 *– Процент времени в состоянии «Ожидание работы»*

Серия	Ожидание работы	СКО	Min	Max	Тяга	Доля ожидания работы от тяги
ВЛ80С	4,6%	1,46	1,6%	8,9%	53,2%	8,6%
ВЛ80Р	2,7%	1,04	1,3%	4,9%	64,9%	4,2%
ВЛ85	1,8%	0,45	1,2%	3,2%	71,4%	2,5%
2ЭС5К	6,5%	3,20	1,7%	13,9%	44,3%	14,7%
3ЭС5К	2,9%	0,69	1,9%	5,2%	66,2%	4,4%
ВЛ10	9,4%	3,16	2,0%	16,4%	40,4%	23,3%
2ЭС4К	13,2%	6,06	3,4%	26,8%	32,8%	40,2%
3ЭС4К	9,1%	2,99	5,1%	15,4%	50,6%	18,0%
2ТЭ10МК	9,7%	5,55	1,5%	27,8%	34,4%	28,2%
3ТЭ10МК	6,1%	2,39	3,6%	14,2%	37,4%	16,3%
2ТЭ116У	7,2%	2,93	2,9%	13,7%	40,5%	17,8%
2ТЭ25КМ	10,9%	3,78	5,4%	20,0%	40,9%	26,7%

ВЫВОД: повысить эффективность эксплуатации локомотивов за счёт сокращения простоя в ожидании работы возможно:

- по электровозам переменного тока: на 2%;
- по электровозам постоянного тока: на 3%;
- по тепловозам: на 10%.

Следующий резерв – повышение эффективности технического обслуживания и ремонта локомотивов (ТОиР). В качестве самого общего показателя взят процент нахождения локомотивов во всех состояниях, связанных с ТОиР (таблица 4).

Таблица 4 *– Процент времени ТОиР в общем бюджете локомотива*

Серия	ТОиР	СКО	Min	Max	Вероятность соответствия нормальному закону (унимодальность данных)
ВЛ80С	10,4%	3,74	4,1%	20,1%	0,3
ВЛ80Р	10,8%	2,07	6,6%	14,6%	0,7
ВЛ85	10,4%	1,94	6,0%	14,4%	0,7
2ЭС5К	10,5%	4,59	2,9%	20,4%	0,1
3ЭС5К	9,8%	3,86	4,7%	18,5%	0,02
ВЛ10	12,9%	6,63	2,5%	30,8%	0,001
2ЭС4К	16,7%	6,87	5,1%	37,1%	0,2
3ЭС4К	11,8%	5,16	5,8%	26,5%	0,02
2ТЭ10МК	20,4%	7,29	5,4%	36,8%	0,5
3ТЭ10МК	25,3%	9,46	10,2%	51,9%	0,1
2ТЭ116У	18,5%	6,42	8,2%	33,6%	0,7
2ТЭ25КМ	14,9%	4,22	6,7%	23,9%	0,05

Полученные данные свидетельствуют о следующем:

1. Соответствие нормальному закону (унимодальность) достаточно высокое у электровозов переменного тока старых серий: ВЛ80 и ВЛ85. Также низкий коэффициент вариации. У новых серий 2ЭС5К и 3ЭС5К продолжается отладка технологических процессов ТОиР, из-за чего процесс мультимодален. У тепловозов и электровозов постоянного тока унимодальность практически отсутствует, что связано с наличием неплановых ремонтов и сверхцикловых работ. Об этом же свидетельствует высокий коэффициент вариации. Примечание: далее по указанной причине вероятность нормальному закону не приводится.
2. Процент времени на ТОиР существенно превышает ожидаемые в перспективе 5% [1] и составляет от 11,6 до 37,1(!) процентов.
3. Наименьший простой на ТОиР имеют электровозы переменного тока: 10,5%. Это свидетельствует как о надёжности этих локомотивов, так и об отлаженности за последние десятилетия технологии их ТОиР.
4. Имеются претенденты по отдельным локомотивам, когда среднегодовой простой на ТОиР (по данным за 400 дней) был меньше целевых 5% - это электровозы серий ВЛ80С (4,1%), 3ЭС5К (4,7%) и ВЛ10 (2,5%). Есть примеры, когда простой близок к 5%: 2ЭС4К (5,1%), 3ЭС4К (5,8%),

2ТЭ10МК (5,4%). Таким образом, сокращение простоя по электровозам переменного тока до 5% следует считать теоретически достижимым.

5. Простой на ТОиР существенно влияет на среднесуточный пробег локомотивов и процент нахождения в тяге (r=-0,87).
6. У тепловозов новых серий простой на ТОиР существенно ниже, чем у тепловозов старых серий: 2ТЭ116У – 18,5%, 2ТЭ25КМ – 14,9%. При этом простой остаётся недопустимо высоким.

Расчёты показали, что существенную долю в проценте простоя на ТОиР составляет ожидание ТОиР. В таблице 5 приведен процент простоя в ожидании различных видов ремонта и общий процент простоя в состоянии ожидание ремонта (третий столбец справа) и составляет от 5% до 19,6%! При этом в общем времени, затраченном на ТОиР, ожидание ТОиР составляет в среднем (даже без учёта 2ТЭ25КМ) 58%. Таким образом, непроизводительные потери в области ТОиР только за счёт снижения простоя в ожидании обслуживания можно сократить вдвое. Это тем более важно, что в этой области нужны не столько капитальные затраты, сколько наведение логистического порядка.

Примечание: в АСОУП [2] нет различия ожидания ремонта по их объёму, поэтому данные приведены как «Ожидание планового ТОиР».

Таблица 5 *– Влияние ожидания ТОиР на эффективность эксплуатации ТПС*

Серия	Доли (%) времени в общем бюджете локомотива					Доля ожидания от ТОиР
	Ожидание планового ТОиР	Ожидание ТО-2	Ожидание НР	ВСЕГО ожидание	Все виды ТОиР	
ВЛ80С	1,5%	1,2%	1,0%	3,7%	10,4%	36,1%
ВЛ80Р	1,5%	1,5%	1,5%	4,4%	10,8%	40,9%
ВЛ85	0,8%	1,6%	1,1%	3,6%	10,4%	34,4%
2ЭС5К	3,3%	1,3%	0,9%	5,5%	10,5%	52,5%
3ЭС5К	2,1%	1,2%	0,8%	4,1%	9,8%	41,9%
ВЛ10	1,2%	1,1%	0,4%	2,7%	12,9%	20,6%
2ЭС4К	3,5%	1,9%	0,9%	6,3%	16,7%	37,6%
3ЭС4К	1,9%	0,7%	0,8%	3,4%	11,8%	28,6%
2ТЭ10МК	2,8%	1,4%	2,3%	6,5%	20,4%	32,1%
3ТЭ10МК	3,5%	1,8%	3,2%	8,4%	25,3%	33,4%
2ТЭ116У	3,3%	0,9%	2,9%	7,1%	18,5%	38,3%
2ТЭ25КМ	4,0%	0,9%	1,1%	6,0%	14,9%	40,5%

ВЫВОД: важным направлением повышения эффективности эксплуатации локомотивов является сокращение времени простоя в ожидании ТОиР. При этом по имеющимся статистическим данным видно, что практически время ожидания можно сократить в 2 – 3 раза, сократив общее время ТОиР на 15 – 25% и повысив, тем самым, коэффициент полезной работы на $\Delta K_{АП.}$

В таблице 6 приведены влияния различных видов ТОиР на долю ТОиР в $К_{АП}$. Из таблицы видно, что сам ТОиР составляет примерно 5,2% потерь $К_{АП}$, что достаточно не много. Но вместе с ожиданием ТОиР потери составляют 14,4%, что уже существенно. При этом основную долю (85,2%) в собственно ТОиР составляют обслуживания в объёме ТО-2 (27,5%), ТР-1 (35,9%) и НР (21,8%). Из статистики работы локомотивов за год видно, что есть локомотивы у которых эти показатели существенно ниже. Поэтому можно утверждать о возможности двойного сокращения времени простоя локомотивов на ТОиР.

Таблица 6 *– Доля видов ТОиР в общем бюджете обслуживания без учёта времени ожидания и прочих простоев*

Серии	**Доля ТОиР в бюджете времени**	**Доля различных видов ТОиР в общем бюджете ТОиР без учёта ожидания**				
		ТО-2	**ТР-1**	**ТР-2**	**ТР-3**	**НР**
ВЛ80С	4,1%	29,4%	45,8%	3,9%	5,2%	15,7%
ВЛ80Р	4,8%	30,6%	35,2%	5,3%	4,6%	24,2%
ВЛ85	6,1%	26,5%	37,4%	7,1%	10,3%	18,7%
2ЭС5К	2,9%	45,3%	28,3%	3,4%	7,9%	15,1%
3ЭС5К	3,3%	35,9%	34,6%	5,9%	11,6%	12,1%
ВЛ10	7,6%	13,8%	74,0%	3,0%	2,9%	6,3%
2ЭС4К	5,2%	37,0%	37,0%	1,3%	9,0%	15,5%
3ЭС4К	4,5%	14,5%	44,8%	8,1%	15,3%	17,3%
2ТЭ10МК	7,3%	19,4%	31,6%	6,7%	6,2%	36,2%
3ТЭ10МК	10,3%	17,4%	22,3%	9,9%	1,4%	49,0%
2ТЭ116У	4,4%	21,1%	15,7%	14,1%	13,1%	36,1%
2ТЭ25КМ	2,4%	39,1%	24,5%	21,5%	0,0%	14,9%
Среднее	**5,2%**	**27,5%**	**35,9%**	**7,5%**	**7,3%**	**21,8%**

ВЫВОДЫ

1. Общую эффективность эксплуатации локомотивов можно оценить через коэффициент (процент) полезной работы, определяемый как отношение времени нахождения локомотива в состоянии «В голове поезда» к общему времени эксплуатации: $К_{АП} = Т_{тяга} / \Sigma Т_i$ или $К_{АП} = 100\% * Т_{тяга} / \Sigma Т_i$. Нахождение во всех остальных состояниях следует считать потерями первого (можно устранить) и второго (устранить сложно) рода согласно теории Lean Production.
2. Полезная работа локомотивов в среднем составляет $К_{АП} = 48\%$ (рисунок 2). При этом есть прецеденты (Best Practice), когда все локомотивы серии имеют $К_{АП} > 70\%$ (ВЛ85). Отдельные локомотивы достигали в среднем за год имел

$K_{АП}$ > 75% (ВЛ85-233: 76,2%, ВЛ85-268: 75,7%, ВЛ85-140: 75,3%, 3ЭС5К-777: 76,2% и др.). Таким образом, за счёт совершенствования технологии перевозочного процесса и сокращения потерь времени в эксплуатации полезную работу локомотивов можно поднять на $\Delta K_{АПЭ}$ = 10%, что приведёт к сокращению потребного парка на 2 тыс.секций.

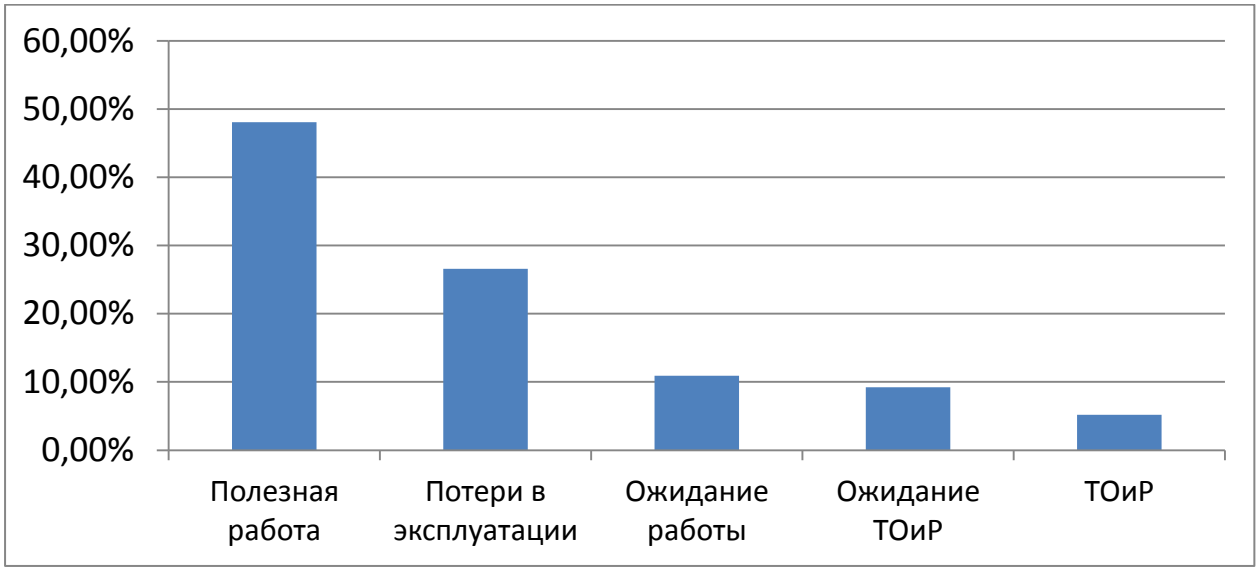


Рисунок 2 *– Среднее распределение бюджета времени локомотивов*

3. Потери на ТОиР в сумме составляют 14,4%, из них ожидание ТОиР: 9,2%. Из них в ожидании работы: 10,9%. Сокращение времени простоя в ожидании в два раза позволит повысить коэффициент полезной работы $\Delta K_{АПОЖ}$ = 5%.
4. Сам простой локомотивов на ТОиР составляет 5,2% и не является решающим резервом повышения коэффициента полезной работы, поэтому решающим для перевозочного процесса является стоимость жизненного цикла локомотива.
5. Для сокращения времени простоя локомотива на ТОиР необходимо:
   - увеличение межремонтных пробегов за счёт совершенствования конструкции локомотивов;
   - внедрение крупно-агрегатных методов ремонта;
   - внедрение бортовых систем технического диагностирования на базе микропроцессорных систем управления и соответствующих датчиков для частичного перехода на ремонт по техническому состоянию [7];
   - внедрение деповских переносных и стационарных автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД) для дальнейшего внедрения системы ремонта по фактическому техническому состоянию;
   - цифровизация процессов управления сервисным локомотивным депо и жизненным циклом локомотива с целью создания прозрачной технологии ТОиР.

СЕМЕНОВ А.П. (НИИТКД, г. Омск)

О ПОДХОДЕ К КОМПЛЕКСНОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ЛОКОМОТИВОВ

В ОАО «РЖД» с июля 2014-го года техническое обслуживание и ремонт локомотивов (ТОиР) передан частным сервисным компаниям. При этом качественно поменялась система мотивации ТОиР: если раньше оплачивался каждый ремонт локомотива (бюджетный подход), то сервисным компаниям оплачивается полезный пробег магистральных и часы работы маневровых локомотивов - сам ТОиР непосредственно не оплачивается. Ещё более строгие правила устанавливаются контрактом жизненного цикла (КЖЦ), по которому планируется осуществлять ТОиР всех вновь выпускаемых отечественных локомотивов. Эти обстоятельства по новому ставят задачу мониторинга технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов и их диагностирования: бортовые, переносные и стационарные автоматизированные системы технического диагностирования должны стать неотъемлемой частью системы ТОиР.

ОАО «НИИТКД» - научно-исследовательский институт, занимающийся задачами научного сопровождения технологических процессов, метрологического обеспечения, обслуживания и ремонта подвижного состава на всех этапах его эксплуатации. Предприятие обладает богатым опытом, высококвалифицированным кадровым составом, располагает научно-исследовательскими лабораториями, конструкторскими бюро, богатой экспериментальной базой, типографией и видеостудией. С 2014 г. НИИТКД входит в группу компаний «ЛокоТех».

В НИИТКД разработан комплекс диагностических приборов для выполнения всех видов ремонта всех видов оборудования (материал размещён на сайте НИИТКД niitkd.com/katalog-produktsii). Например, для автотормозного отделения ремонтного депо разработаны: комплексная система контроля параметров автотормозного оборудования, пост контроля воздухораспределителей, пост контроля кранов машиниста и вспомогательного тормоза и др. Для колёсного цеха: комплекс оперативного вибродиагностирования «Прогноз», стенд для дефектоскопии колесных пар и др. Для выполнения «лёгких» ремонтов: система контроля и диагностики (СКД) «Доктор», измеритель параметров иммитанса «Имметр», мобильный прибор диагностики электрических машин и аппаратов, переносное микропроцессорное устройство для контроля давления (разряжения) и температуры воздуха в

наддувочной системе дизеля и многое другое. Отдельное место занимает система автоматизации проведения реостатных испытаний тепловозов. Таким образом, сама задача диагностирования может считаться решенной.



Рисунок 1 *– Диагностические системы НИИТКД (примеры)*

Кроме задачи разработки приборов и систем диагностирования возникает проблема стоимости приобретения этих систем. Выполненные в НИИТКД исследования применительно к условиям сервисного локомотивного депо (СЛД) «Тында-Северная» показали, что комплексное оснащение СЛД автоматизированными системами технического диагностирования (АСТД) потребует не менее 450 млн руб. Следовательно, ожидаемые расходы на все СЛД ЛокоТех составить более 40 млрд руб.

Оценить целесообразность затрат на АСТД можно через экономическую целесообразность. Для этого следует ответить на вопрос: а что даст внедрение

комплексной АСТД? По опыту сервисного обслуживания в ЛокоТех можно ответить, что эффекты от АСТД могут быть следующие:

1. Сокращение времени простоя локомотивов в СЛД.
2. Сокращение себестоимости ТОиР за счёт частичного перехода на ремонт по фактическому состоянию.
3. Сокращение затрат на неплановые ремонты за счёт предотвращения их на раннем этапе развития дефекта (предотказа).
4. Сокращение неплановых ремонтов за счёт объективной оценки качества ранее выполненных ремонтов.

В результате для сервисной компании сократятся штрафы за низкий коэффициент технической готовности, уменьшаться затраты на неплановые ремонты, возможно сокращение затрат на плановые ремонты за счёт их объёма.

Экспертная оценка позволяет оценить возможную экономию на уровне максимум 5 млрд руб., а фактически – не более 2 млрд руб. Таким образом, срок окупаемости комплексной системы технического диагностирования составит 20 лет, что делает её внедрение не рентабельной.

Оценка экономической целесообразности комплексного внедрения АСТД позволяет сделать вывод о необходимости индивидуального для каждого вида оборудования подхода выбора средств диагностирования с индивидуальной оценкой экономической целесообразности её внедрения.

В мировой практике есть тенденция перехода на необслуживаемые виды оборудования даже за счёт частичного ухудшения характеристик или повышения стоимости. Например, переход на безмаслянные трансформаторы, Или на необслуживаемые подшипники. Такой подход вообще исключает потребность в системах диагностирования.

Другая тенденция – переход на использование бортовых автоматизированных систем технического диагностирования на базе микропроцессорных систем управления (МСУ): для управления приводом и автоведения поезда МСУ используют комплекс датчиков (тока, напряжения, температуры, давления и др.), которые могут одновременно использоваться и для определения объёма потребного ТОиР.

ВЫВОД: задача автоматизации технического диагностирования локомотивов должна решаться как оптимизационная в силу её высокой стоимости.

СЕМЧЕНКО В.В., МАЛЬЦЕВ Е.А. (ДЦВ, ЛокоТех)
С.А.БОГИНСКИЙ (РЖД)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80Р

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеются проблемы с эксплуатацией электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП), связанные с массовым выходом из строя тяговых электродвигателей (ТЭД). В модернизированных электровозах серии ВЛ80р, оборудованных микропроцессорной системой управления электровозом (МСУЭ), разработана система регистрации параметров работы локомотива и накоплены данные о поездной работе. Такой подход обеспечивает качественную обратную связь при техническом обслуживании и ремонте электровозов и позволяет выявлять предотказные состояния узлов и агрегатов электровозов. В процессе мониторинга технического состояния локомотивного парка, а также после анализа накопленной информации о поездной работы локомотивов подтверждается наличие фактов нарушений эксплуатации электровозов. Таким образом, выявлено следующее:

- Эксплуатация электровоза с недопустимо высоким напряжением на ТЭД, как следствие, более 70% отказов ТЭД – круговой огонь на коллекторе;
- Работа локомотива с недопустимо большими токами: при трогании с места ток ТЭД не редко превышает 1200А (более 4 минут), также не соблюдение часовых и длительных токов;
- Часто регистрируются случаи боксования.

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ЗАЩИТЫ

Для уменьшения количества отказов, а также для предотвращения нарушений эксплуатации электровозов, Дорожным Центром Внедрения (ДЦВ) Красноярской ж.д. по заказу ООО «ТМХ-Сервис», были разработаны следующие алгоритмические защиты:

1. Защита ТЭД от высоких напряжений: установка датчика напряжения на выходе одного из ВИП секции с последующим логическим ограничением в микропроцессорной системе управления (МСУ) углов открытии тиристоров ВИП в IV зоне регулирования в тяге вплоть до снижения напряжения на ТЭД до 950В.
2. Защита ТЭД от перегрева при трогании поезда: алгоритмический контроль пусковых токов в МСУЭ со снижением напряжения на выходе ВИП

реализуется программно путем контроля не превышения в течение последних 10 минут выделения энергии более
I^2* 4 мин*60 сек * 10^{-6} = 350 у.е. (МДж/Ом).

3. Снижение мощности ВИП при наличии боксования или юза, определяемых по разности токов, уменьшение недопустимо высокий заданный ток с защитой от боксования путем снижения мощности.
4. Защита от несанкционированного отключения машинистом накопителя информации: запрет эксплуатации электровоза с выключенным монитором МСУЭ с токами выше длительного.
5. Дополнительно разработан алгоритм отключения с задержкой вентилятора охлаждения резисторов ББР после выхода локомотива из рекуперативного режима. Для этого внесены изменения в схему электровоза.

Для внедрения данных защиты было доработано программное обеспечение для БУВИП-199 и МСУЭ, произведен монтаж необходимого оборудования на электровозе и проведены опытные поездки.

МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОВОЗ

Установка датчика напряжения

В схему локомотива включён датчик напряжения LV 100/SP84 (Рис 1.) согласно схеме по Рис. 2.



Рисунок 1. Датчик LEM (LV 100/SP84)

Датчик подключен на вход аналогово-цифрового преобразователя МСУ. Для работы датчика использован дополнительный прецизионный источник питания. На Рис. 2.а показана схема включения штатного вольтметра, измеряющего напряжение на якоре ТЭД. На Рис.2.б – схема включения вновь установленного датчика напряжения. На Рис.2.в – порядок подключения датчика напряжения к цепям управления электровоза. На Рис. 2.г приведена силовая схема секции электровоза серии ВЛ80р с указанием красным квадратом схемы включения вольтметр и датчика напряжения в силовой цепи электровоза.

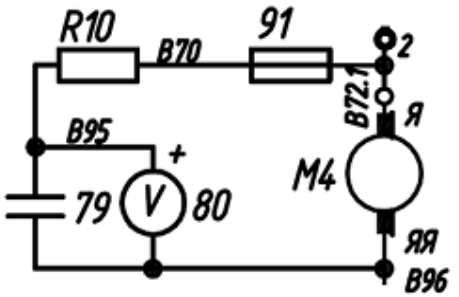
Модернизация схемы управления вентилятором

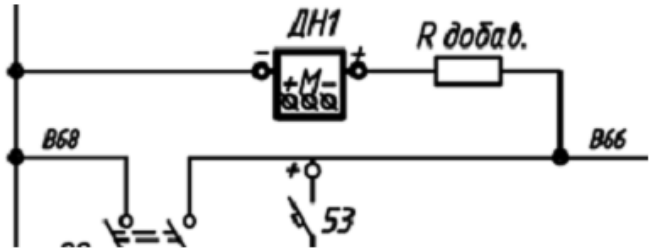
В схеме реализована задержка отключения мотор-вентилятора № 5 для более длительного охлаждения блока балластных резисторов (ББР) после выхода из рекуперативного режима с целью исключения их перегрева. На Рис.3 приведена схема модернизации цепей управления электровоза.

СХЕМНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОРАБОТКИ МСУ

Дорабатывались измерительные интерфейсы БУВИП-199 и МСУЭ:

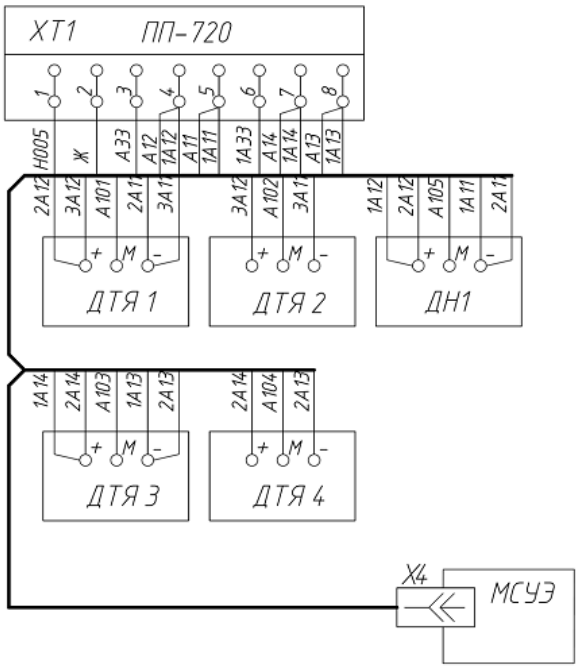
1. Корректировка делителя ДТВ (изменение номиналов резисторов) на кассете БФ001 БУВИП-199 (Рис. 4).
2. Корректировка делителя на кассете БВВ-2 МСУЭ.
3. Дорабатывалось программное обеспечение БУВИП-199 и МСУЭ



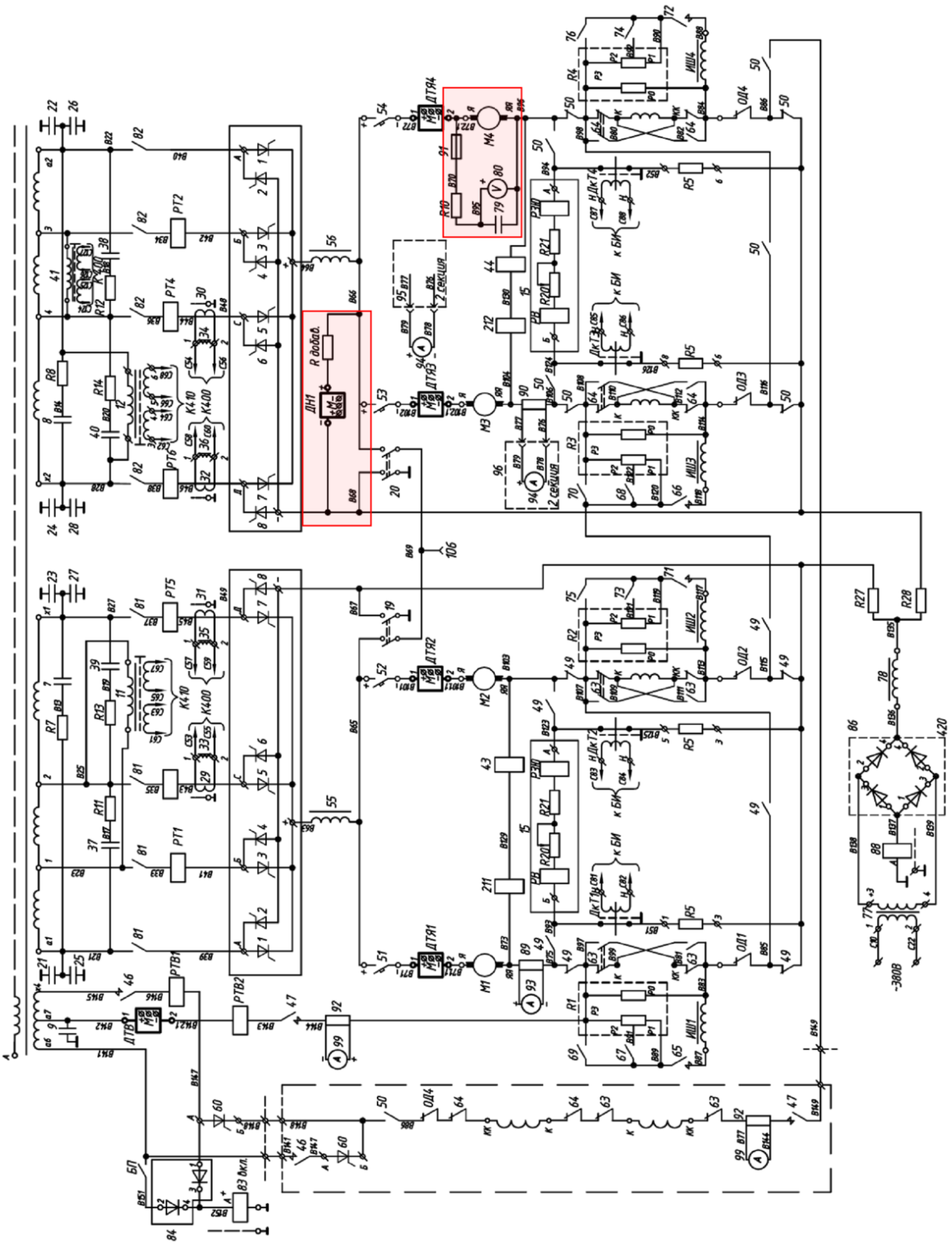


а – схема включения штатного вольтметра

б – схема включения датчика напряжения



в – схема включения датчика напряжения ТЭД в цепь управления электровоза



г – силовые цепи электровоза серии ВЛ80р с указанием места включения датчика напряжения на ТЭД и вольтметра ТЭД

Рисунок 2 *– Схемы включения датчика напряжения ТЭД на электровозе серии ВЛ80р*

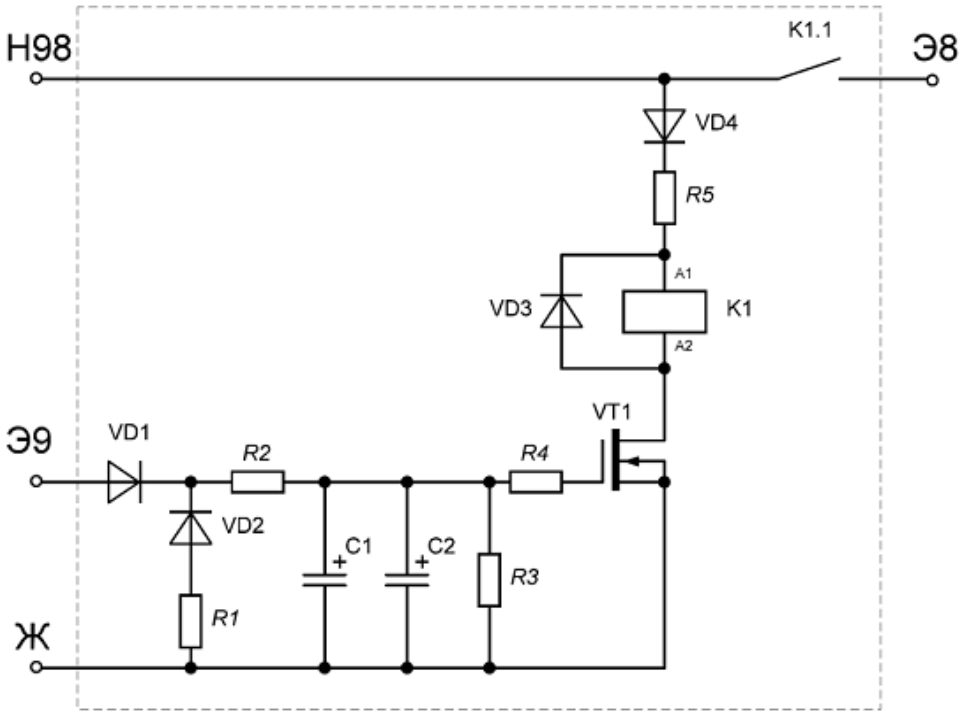


Рисунок 3 *– Схема управления вентилятором электровоза серии ВЛ80р*

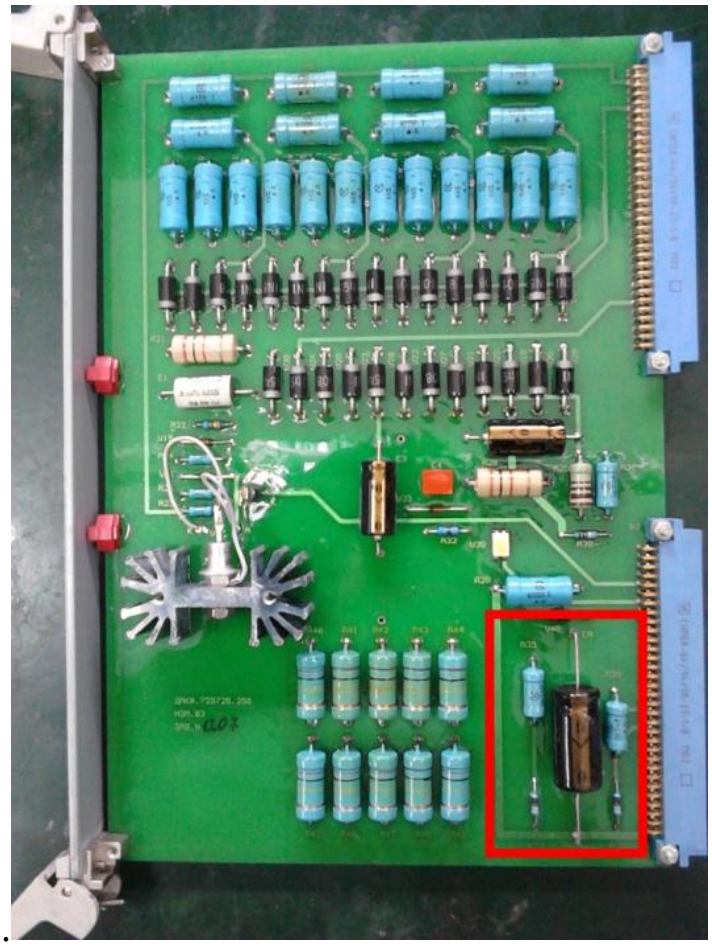


Рисунок 4. *Не модернизированная кассета БФ001. Красным выделен делитель ДТВ подлежащий модернизации.*

ОПЫТНАЯ ПОЕЗДКА

Испытания разработанных алгоритмов проводились на электровозе ВЛ80р-1698 16 июня 2014 г. на участке Боготол – Мариинск (Рис.5).



Рисунок 5 *– Участок проведения испытаний Боготол – Мариинск*

Испытания проводились с грузовым поездом № 2863 массой 3564 т при начале движения с места, при движении в тяговом и рекуперативном режимах и на выбеге.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ЗАЩИТА ТЭД ПО НАПРЯЖЕНИЮ

Данная защита оказалась самой востребованной, т.к. напряжение в контактной сети вместо допустимых 29кВ превышало 32 кВ (Рис.6).



Рисунок 5 *– Напряжение в контактной сети при испытаниях*

а – Вольтметр для измерения напряжения в контактной сети
б – Завышенное напряжение в контактной сети

При скорости более 50 км/ч регулярно срабатывала защита по напряжению: при заданном машинистом положением контроллера конца четвертой зоны регулирования защита, реализованная программно в МСУ, ограничивало напряжение на уровне 950В.

Опытная поездка показала, что локомотив регулярно работает с повышенным напряжением на ТЭД, что, безусловно, приводит к дополнительным отказам по причине пробоя изоляции и возникновения кругового огня по коллектору. Поэтому защиту необходимо вводить, хотя это может привести к затруднению вождения тяжеловесных поездов из-за защиты от опасного нарушения режима эксплуатации.

На Рис.6 приведены расшифровки осциллограммы опытных поездок, полученные на АРМ МСУЭ (разработан по заданию ТМХ-Сервис в 2013 году).

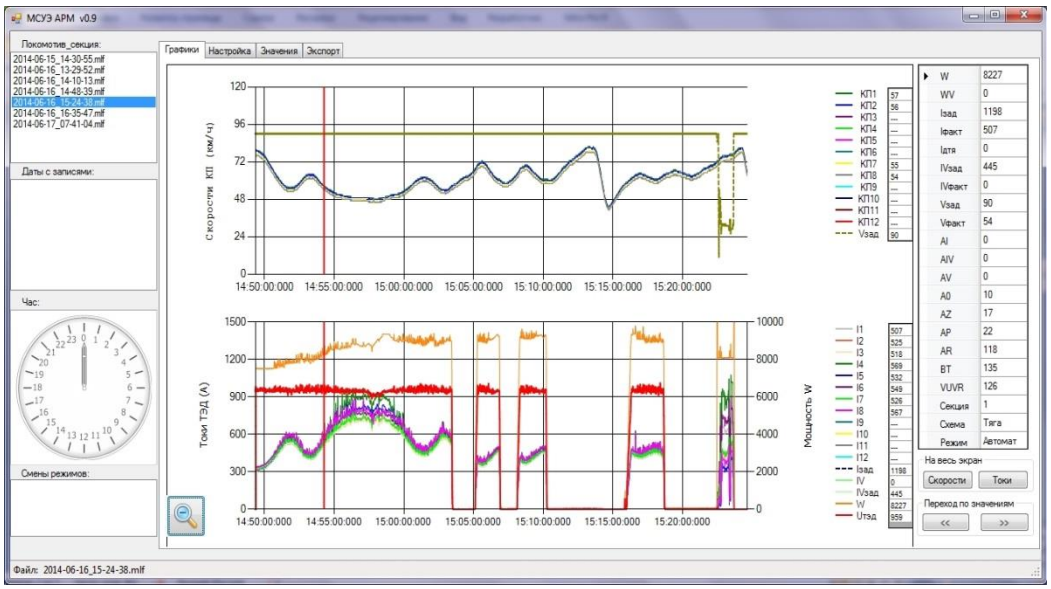
Во время опытной поездки также выяснено, что ограничение напряжения и соответствующее снижения тягового тока можно компенсировать применением ослабления поля, которое возможно без увеличения напряжения на ТЭД. На Рис.7 показано, как машинист во время срабатывания защиты по напряжению компенсировал недостаток мощности применением ослабления поля. Т.к. защита по напряжению срабатывает на больших скоростях (по наблюдениям более 50 км/ч), то применение позиций ОП возможно.

ЗАЩИТА ПРИ ТРОГАНИИ

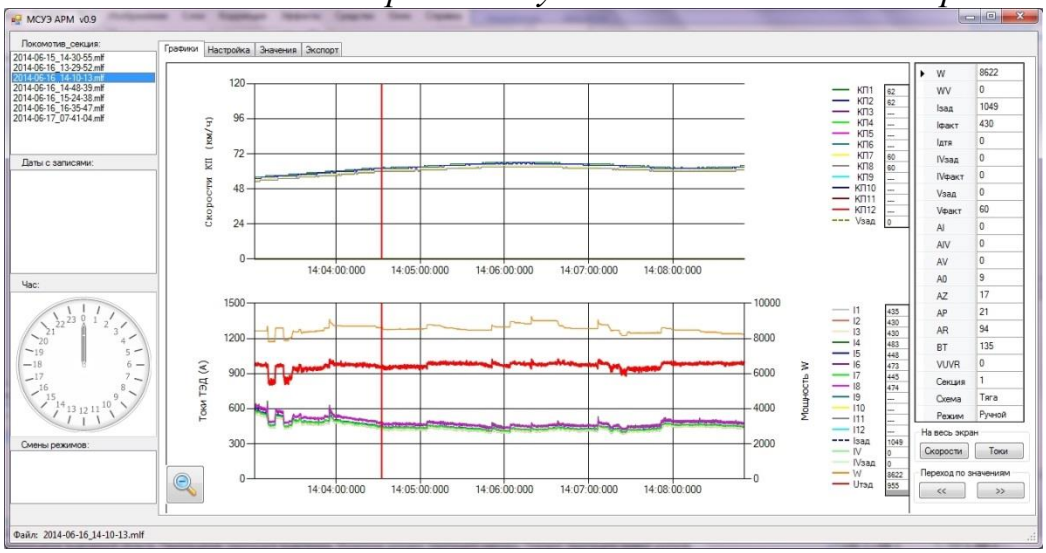
Две следующих актуальные защиты связаны с защитой электровоза от перегрузки при трогании и разгоне: защита от боксования и недопустимо долгой езды с пятиминутным током. На Рис.8 показано срабатывание обеих защит. При начале боксования (зафиксировано по падению тока ТЭД) МСУ автоматически уменьшил нагрузку на ТЭД (уменьшил зону регулирования ВИП) и тем самым ликвидировал боксование. При длительной езде с большими токами начала срабатывать защита по перегреву ТЭД. Защиту также следует считать актуальной и обязательной для применения.

РАБОТА ВЕНТИЛЯТОРА

В процессе опытное поездки была проверена работа вентилятора охлаждения ББР после выхода из режима рекуперации и перехода в режим выбега вентилятор № 5 продолжал работать несколько минут для защиты резисторов от перегрева. Работа новой функциональности проверена визуально по показаниям приборов на пульте машиниста.



а - Работа датчика напряжения установленного на электровозе



б - Ограничение мощности по напряжению. Тяга, ручной режим

Рисунок 6. *Защита тяговых двигателей по напряжению*

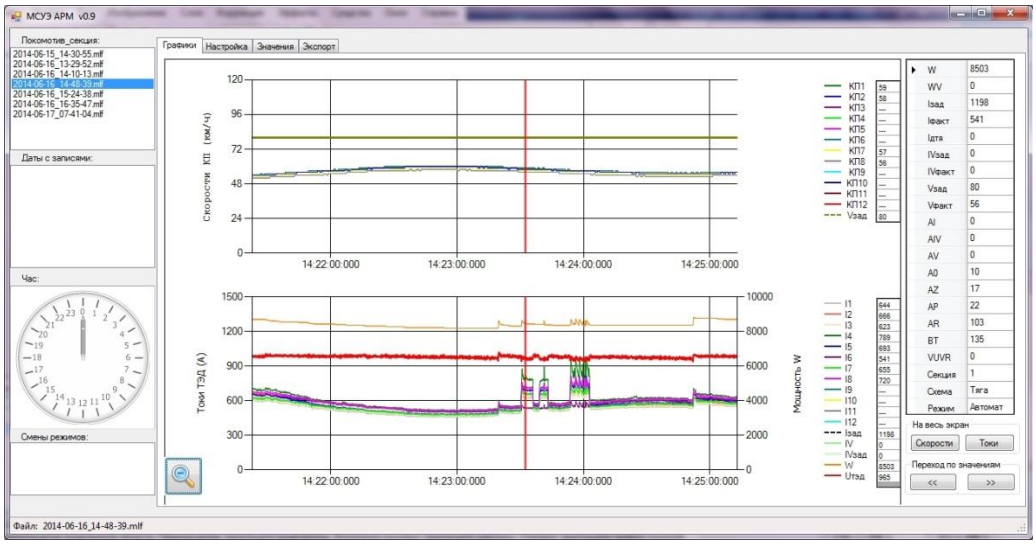
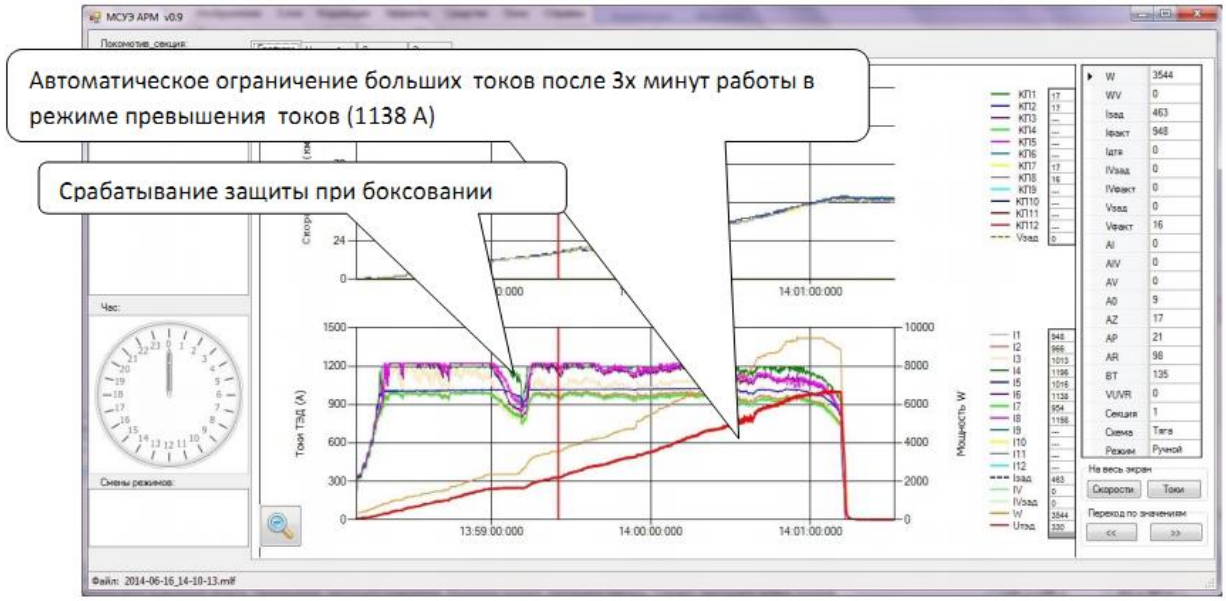
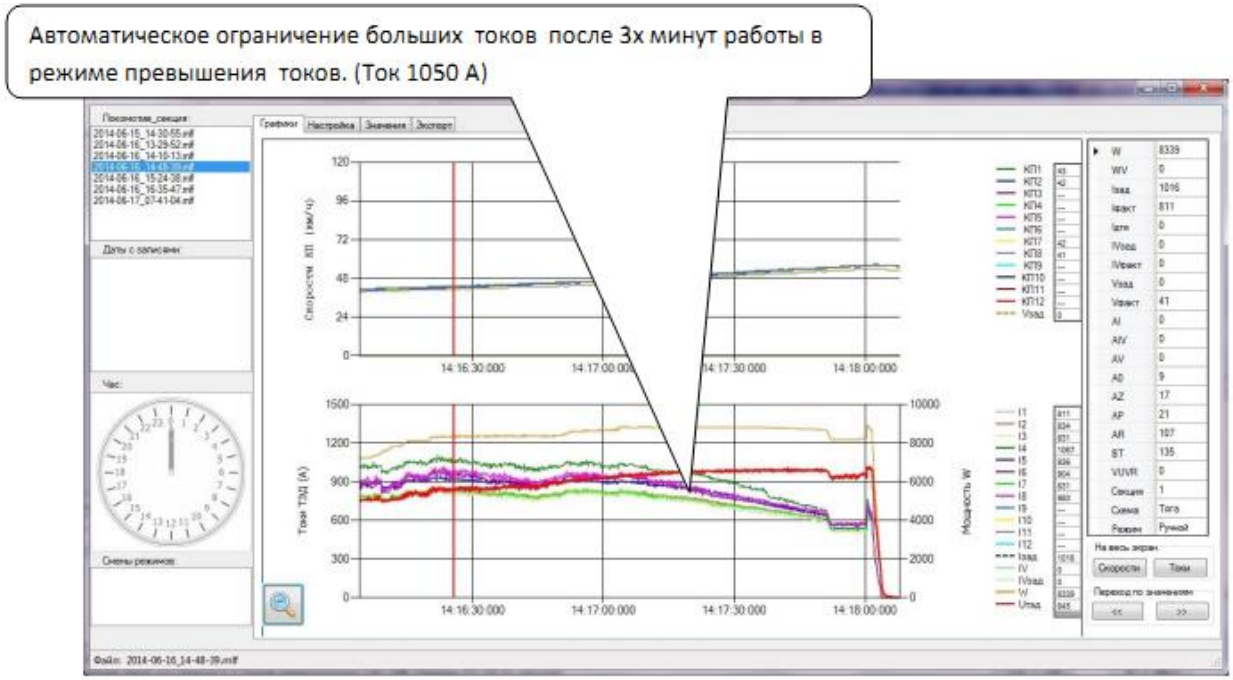


Рисунок 7*. Применение ослабления поля для увеличения тягового тока при срабатывании защиты по напряжению*



а *– Пример 1: защита от боксования и перегрева*



б *– Пример 2: защита от перегрева ТЭД*

Рисунок 8 *– Защита электровоза от перегрева ТЭД и боксования*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опытная поездка подтвердила работоспособность разработанного в программного обеспечения. Опытная апробация и натурные испытания показали функциональную работоспособность доработанного программного обеспечения и контрольно-измерительных схем МСУ и обеспечивают алгоритмическую защиту электровоза ВЛ80Р, на базе БУВИП-199 и МСУЭ от опасных режимов его эксплуатации.

СЕМЧЕНКО В.В., ЛАКИН И.К., МАЛЬЦЕВ Е.А. (ДЦВ, ЛокоТех)

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80Р

ВВЕДЕНИЕ

Первым шагом в реализации комплексной системы мониторинга технического состояния электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) было создание микропроцессорной системы управления электровозом (МСУЭ) [1] выполненное ЗАО Дорожным Центром Внедрения (ДЦВ) Красноярской жд. Данная разработка послужила платформой для создания системы мониторинга. В данной статье пойдет речь об опыте создания и результатов внедрения системы мониторинга на базе МСУЭ.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Масштабируемость программно-аппаратной платформы МСУЭ позволила включить в данную систему функции полноценного мониторинга и контроля за техническим состоянием подвижного состава, за счет внедрения модулей регистрации параметров работы локомотива. К основным задачам, решаемым данной системой, кроме управления локомотивом, можно отнести повышение надежности локомотива за счет анализа своевременно полученной информации о фактическом состояния электровоза, контроль аварийных ситуаций, анализ сбойных узлов локомотива в целях прогнозирования объема его планового ремонта. Возможность подключения различных видов датчиков к системе (к примеру датчик напряжения, датчик температуры) расширяет диапазон регистрируемых параметров работы локомотива. В связи с этим МСУЭ позволяет контролировать режимы эксплуатации электровоза за счет алгоритмических защит разработанных ЗАО ДЦВ Красноярской жд, по заказу ООО «ТМХ-Сервис» [2]. Опираясь на [3] следующим обоснованным шагом развития программно-аппаратной платформы МСУЭ было внедрение поддержки геопозиционнирования электровозов на базе модулей ГЛОНАСС/GPS.

Реализованная система комплексного мониторинга обеспечивает качественную обратную связь при техническом обслуживании и ремонте электровозов и позволяет выявлять предотказные состояния узлов и агрегатов электровозов, а данные о поездной работе позволяют фиксировать наличие фактов нарушений эксплуатации локомотивов [4].

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

За время эксплуатации системы мониторинга накоплены значительные объёмы данных о поездной работе локомотивов. Используя выборки эти данных возможно получать информационные продукты для анализа в требуемых информационных срезах. Далее рассмотрен пример возможности получения и анализа статистических данных о срабатывании алгоритмической защиты по перенапряжению на тяговом электродвигателе (ТЭД) электровоза, с использованием описанной выше системы мониторинга. Выбран временной срез с 01.08.2016г. по 01.09.2018, электровоз ВЛ80Р № 1547.

Общее количество срабатывания защиты от перенапряжения на ТЭД за указанный период мониторинга для данного электровоза составило: 10 430 раз.

Время агрегации и усреднения данных выбрана 1 секунда. Стоит отметить что система накапливает данные в более точном временном интервале. Общий информационный срез данных о состоянии всех опрашиваемых узлов и агрегатов электровоза выполняется с частотой 20Гц. Опрос более приоритетных подсистем производится более чаще, так к примеру, информация о работе подсистемы управления ВИП может сохраняться каждый полупериод сети контактного провода, соответственно с частотой 100 Гц. Что так же может являться отдельным направлением для проведения исследований и анализа. На рисунке 1 представлена гистограмма распределения случаев срабатывания защиты от превышения напряжения на ТЭД значения 950В, для указанного электровоза на всем указанном временном интервале:



***Рисунок 1**. Гистограмма распределения количества срабатываний защиты от превышения напряжения на ТЭД за весь указанный период для электровоза ВЛ80Р №1547*

Пик гистограммы, приходящийся на сентябрь 2017 года, можно подробнее рассмотреть с использованием разработанного автоматизированного рабочего места для анализа данных МСУЭ (АРМ МСУЭ) (рисунок 2).

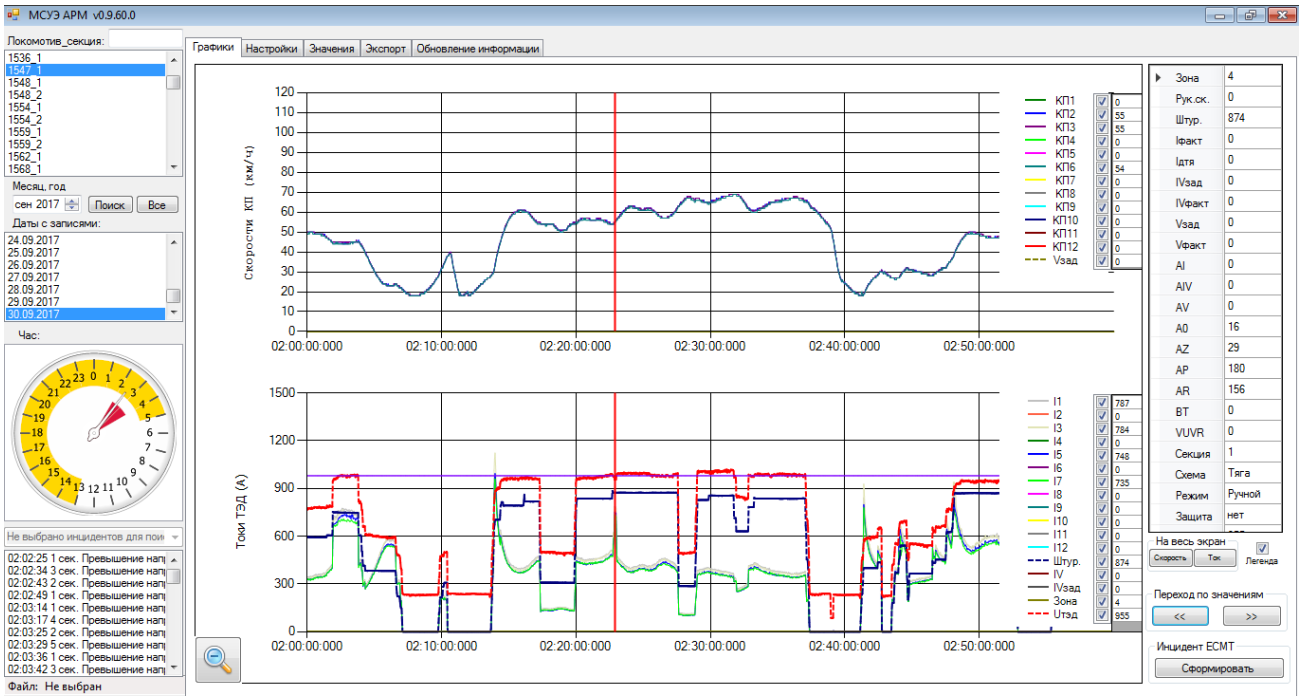


Рисунок 3. *АРМ МСУЭ. Осциллограммы работы электровоза ВЛ80Р №1547 на дату 30.09.2017 время с 2.00 до 3.00*

На осциллограммах (рисунок 2) зафиксировано срабатывание защиты при превышении допустимого напряжения на ТЭД электровоза, в данном режиме локомотив следовал в практически непрерывном 30 минутном интервале.

С использованием внедренной поддержкой ГЛОНАСС/GPS возможно проследить путь электровоза в указанный промежуток времени (рисунок 3)

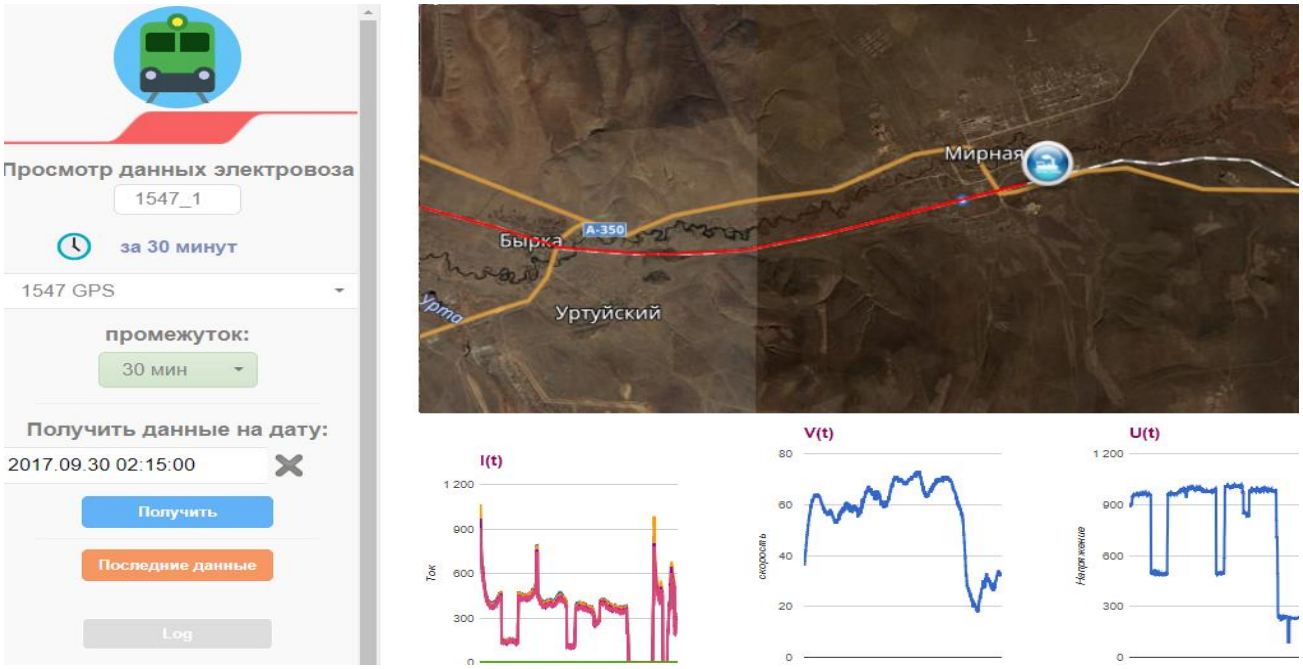


Рисунок 3. *Геопозиционирование электровоза на карте ВЛ80Р №1547 на дату 30.09.2017 время с 2.00 до 3.00*

СВОДНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ ДОПУСТИМОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЭД

В таблице 1 представлен список электровозов для анализа, оборудованных системой МСУЭ с системой регистрации параметров и установленными датчиками напряжения и ГЛОНАСС/GPS геопозиционированием.

Таблица 1. *Номера электровозов для анализа.*

Электровоз №	1670	1574	1519	1547	1733	1536

Сводные данные по количеству срабатываний защиты от перенапряжения на ТЭД для выбранного ряда электровозов представлены в таблице 2.

Таблица 2. *Сводные данные о случаях срабатывания защиты от перенапряжения на ТЭД*

Электровоз №	1670	1574	1519	1547	1733	1536
Общее количество срабатываний защиты	10749	5287	11129	10423	11099	5907

Общая гистограмма распределения количества срабатываний защиты от превышения напряжения на ТЭД для выбранного ряда электровозов представлена на рисунке 4.

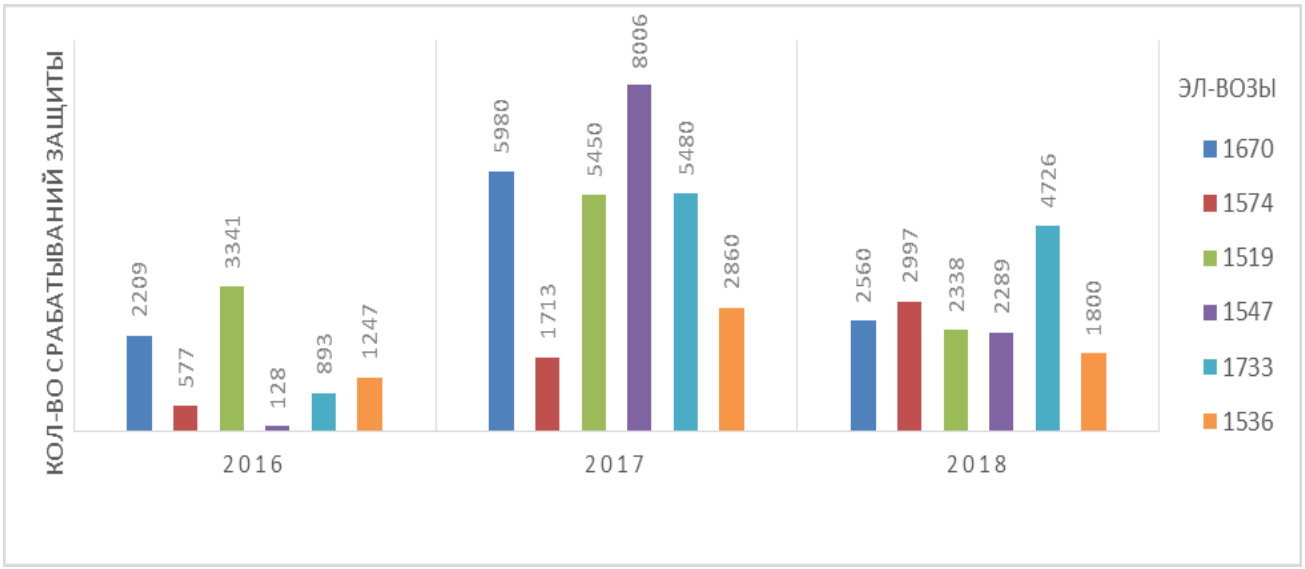


Рисунок 4. *Общая гистограмма распределения количество срабатываний защиты от превышения напряжения на ТЭД для выбранного ряда электровозов за указанный период монинторинга*

Из гистограммы на рисунке 5 можно заключить, что алгоритмическая защита от перенапряжения регулярно работает, защищая электровоз от опасных режимов работы, которые могут приводить к дополнительным отказам по причине пробоя изоляции и возникновения кругового огня по коллектору. Информация о срабатывании защиты может использоваться для прогноза ремонта до захода локомотива в депо [5].

КАРТОГРАММЫ ЗАЩИТЫ ТЭД ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ ДОПУСТИМОГО НАПРЯЖЕНИЯ

С использованием внедренной системы геопозиционирования локомотива возможно совместить гео-данные и полученные статистические данные о поездной работе электровоза, в результате возможно получить инструмент аналитики и информационной поддержки при принятии решений в виде картограммы (рисунок 5).

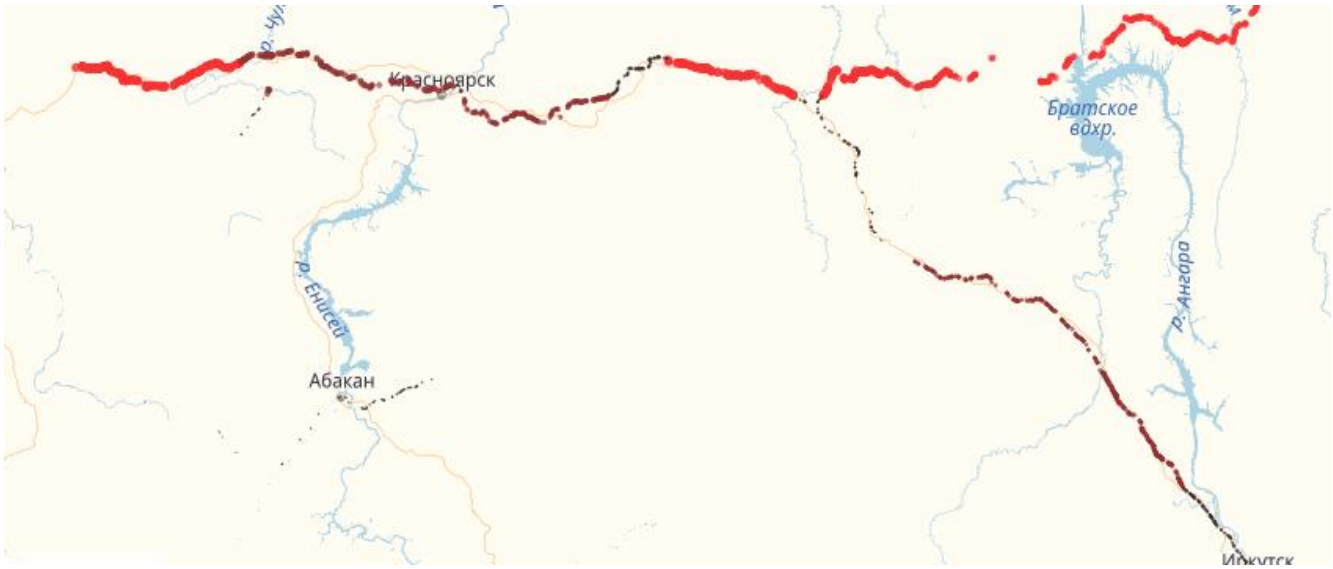


Рисунок 6. *Картограмма для локомотива ВЛ80Р №1547. Совмещенные гео-данные и статистические данные о срабатывании защиты от перенапряжения на ТЭД за указанный период эксплуатации системы мониторинга. Градиентом от черного до красного показана частота срабатывания защиты на участках*

На рисунке 6 представлена картограмма совмещенных данных о случаях срабатывания защиты от перенапряжения для всех выбранных электровозов (таблица 1). Участки, выделенные красным, показывают наиболее частую отработку защиты от перенапряжения на ТЭД. Как один из факторов такого распределения, может служить сложный рельеф местности на данных перегонах.

ВЫВОДЫ

Разработанная система управления и мониторинга для электровозов серии ВЛ80Р является масштабируемой системой и позволяет подключать различные виды датчиков расширяя диапазон регистрируемых параметров работы локомотива. Накапливаемые системой данные позволяют получать информационные продукты для дальнейшего анализа в различных информационных срезах.



Рисунок 7. *Картограмма для локомотивов с локализованными участками наиболее частого срабатывания защиты от перенапряжения на ТЭД (выделены красным)*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семченко, В.В. Особенности эксплуатации и технического обслуживания электровозов ВЛ80Р с МСУЭ [Текст] / А.Г. Замятной, Е.Н. Зиновьев, Д.Л. Киржнер, И.К. Лакин, Е.А. Мальцев, Ю.В. Митрохин, В.В. Семченко, О.А. Терегулов, М.Н. Турсунов, И.Е. Чмилев // - Красноярск: Издательство дорожного центра внедрения Красноярской железной дороги, 2011. – 60 с.
2. Мельников, В.А. Алгоритмическая защита локомотивов [Текст] / В.А. Мельников, А.А. Аболмасов, И.И. Лакин // Локомотив. – 2015. – №3- 2015. – С. 8 – 10.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. N 641 г. Москва "Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS
4. Семченко, В.В. Анализ режимов эксплуатации электровозов серии ВЛ80р [Текст] / В.В. Семченко, Е.А. Мальцев, И.И. Лакин // Локомотив / – 2015. – №11-2015. – С. 40 – 41.
5. Семченко, В.В. Оптимизация ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока восточного полигона [Текст] / Семченко В.В., Лакин И.К., Мальцев Е.А., Чевер А.А. // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы второй международной научнопрактической конференции –М: ООО «Локомотивные технологии», 2015 г. – С.269-279.

СКРЕБКОВ А. В. – к.т.н., кафедра «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)
БЕЗБОРОДОВ С. О. – студент РУТ (МИИТ)

ПРИЧИНЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОЗГОРАНИЙ НА ЛОКОМОТИВАХ

Современный локомотив в силу особенностей конструкции, больших значений действующих токов и напряжений в электрических цепях, наличия горючих материалов представляет собой пожароопасный объект. Вероятность возникновения пожара зависит от множества единовременных факторов, что усложняет контроль состояния элементов систем жизнеобеспечения силовых агрегатов. Проблема контроля оборудования усугубляется тем, что факторы, провоцирующие появление предпосылок возгорания, проявляют себя при движении локомотива, а на стоянках можно обнаружить только следы их проявления, если эти следы остались.

Комплекс мер, направленный на предотвращение пожаров на тяговом подвижном составе, предусмотрен действующей планово-предупредительной системой ремонта и технического обслуживания локомотивов.

Проведенный анализ случаев за последние годы показал, что большой процент возгораний приходятся на тепловозы. При этом, пожары чаще случаются после выхода локомотива с текущего ремонта 2-го и 3-го объёмов.

Одной из причин является то, что при выпуске локомотивов из ремонта автоматические системы пожаротушения разоборудованы, не укомплектованы или по техническим причинам отключены. Также наблюдаются сбои в алгоритме работы системы пожарной сигнализации.

На основании анализа ранжирования узлов локомотивов, явившихся причинами пожаров за период 2008 – 2016 годов и 5 месяцев 2017 года, самыми распространёнными причинами пожаров являются неисправности силовых электрических цепей. Большой процент возгораний на локомотивах связан с некачественным проведением ремонта.

К неисправностям силовых электрических цепей относятся:

– перегрев с повреждением изоляции и последующим загоранием силовых кабелей тяговых электродвигателей;

– механическое разрушение покровной изоляции с последующим пробоем и соединением жил силовых кабелей;

– провисание силового кабеля от рубильника аккумуляторной батареи и касание его с последующим перетиранием изоляции кабеля;

– короткое замыкание клемм силовых кабелей;

– выплавление наконечников шунта.

К неисправностям масляной системы относятся течь масла по соединениям и повреждения маслопровода.

К неисправностям топливной системы дизеля и турбокомпрессора, приводящие к возгораниям, относятся:

– отказы подогревателя топлива – попадание дизельного топлива в водяную систему;

– попадание топлива на компенсатор турбокомпрессора и выхлопные коллекторы;

– воспламенение дизельного масла и топлива, скопившегося в выпускном коллекторе левого турбокомпрессора по причине закоксованности дренажного трубопровода.

Применительно к электровозам основное количество пожаров относится к отказам тягового трансформатора:

– пробой изоляции между первичной и вторичной обмотками;

– динамические удары;

– повреждение резиновых уплотнений;

– повреждение выводных изоляторов;

– неисправность сливных кранов.

Перечисленные причины пожаров на локомотивах обусловлены нарушением технологии их ремонта и упущениями в процессе проведения технического обслуживания локомотивными бригадами.

Анализ случаев пожаров на локомотивах показывает, что подавляющее количество их происходит из-за технических неисправностей оборудования. Все случаи возгораний приводят к неплановым видам ремонта локомотивов.

Особенно следует отметить факты возгорания локомотивов, у которых не были выдержаны сроки и межремонтные пробеги при их постановке на плановые виды ремонтов в депо.

СКРЕБКОВ А. В.– к.т.н., доцент кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)
ВОРОБЬЕВ А. А. – д.т.н., профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)
БОДРИКОВ Д. И. – аспирант кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ПОСТАНОВКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПЛАНОВЫЙ РЕМОНТ

В области эксплуатации и ремонта тягового подвижного состава в настоящее время решаются различные актуальные задачи: повышение уровня эксплуатационной готовности подвижного состава, снижение затрат на проведение плановых и неплановых технических осмотров и ремонтов, оптимизация системы ремонта, оценка эффективности системы эксплуатации и многое другое. Масштаб практической и теоретической части поставленных задач определяет их существенную значимость в части возможности оценки технической и экономической эффективности реализации.

В настоящее время для оценки эффективности единицы подвижного состава используется показатель – затраты жизненного цикла. Стоимость жизненного цикла (далее – СЖЦ) характеризует суммарные затраты на приобретение подвижного состава, эксплуатационные расходы за весь срок службы, ликвидационные расходы [1]. СЖЦ подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, включающая все затраты потребителя при их использовании, характеризует с экономической точки зрения их конкурентоспособность и предопределяет выбор потребителя. В связи с этим существует необходимость установления взаимосвязи между показателями готовности и СЖЦ с целью определения значений, обеспечивающих ее рациональную стоимость.

Имитационное моделирование является самым эффективным в этом случае методов, позволяющих проводить эксперименты с моделями объектов, которые опираются на возможности современных компьютеров. Это позволяет в определенные моменты времени получить наиболее подробную информацию о состоянии объекта моделирования и изменить различные параметры системы без использования трудоемких задач и вычислений. Имитационное моделирование возможно реализовать компьютерной программой AnyLogic [2].

Для решения поставленной задачи оценки оптимальной вероятности постановки на плановый ремонт единицы тягового подвижного состава определим, как межинтервальное время между плановым и неплановым

ремонтом влияет на величину СЖЦ. В ходе эксперимента рассчитаем вероятности нахождения рассматриваемого объекта в эксплуатации, на плановом и неплавном ремонте и определим минимальную величину СЖЦ, варьируя вероятностью попадания единицы тягового подвижного состава после эксплуатации на плановый и неплановый ремонт [3]. Для всех дальнейших расчетов использована информация, относящаяся к процессу эксплуатации и ремонта электропоездов серии ЭС1 и ЭС2Г.

Зависимости вероятности нахождения подвижного состава в эксплуатации – P_1, на плановом ремонте – P_2 и неплановом ремонте – P_3 от времени эксплуатации (в часах) приведены на рисунке 1.

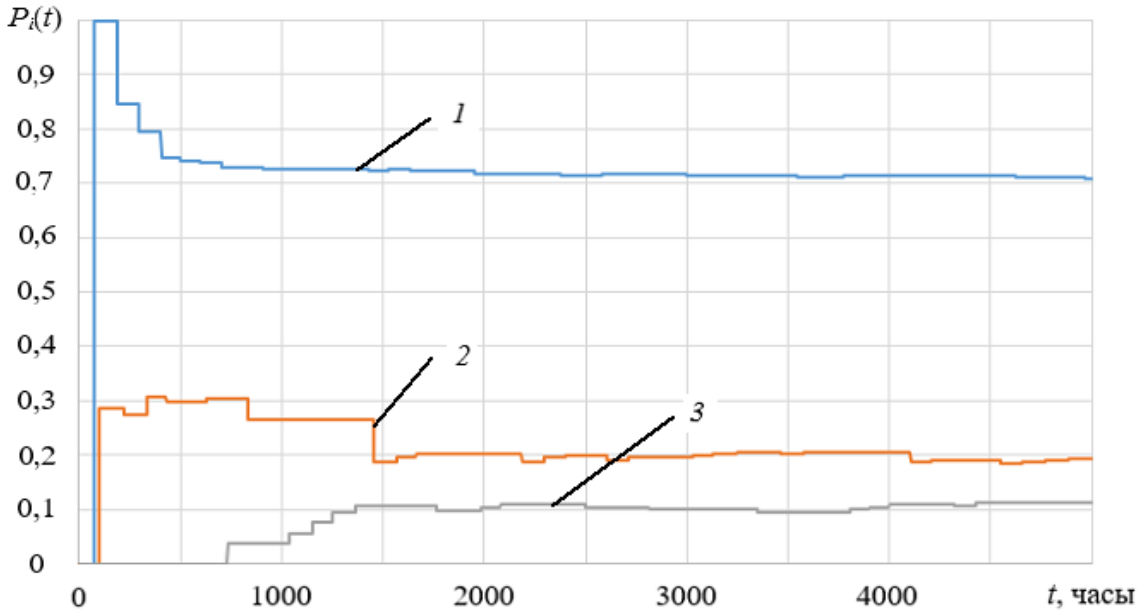


Рисунок 1 – Изменение вероятностей нахождения подвижного в каждом состоянии от наработки (1 – вероятность нахождения подвижного состава в эксплуатации, 2 – вероятность нахождения подвижного состава на плановом ремонте, 3 – вероятность нахождения подвижного состава на неплановом ремонте)

Проинтегрировав вероятности P_2 и P_3 от наработки можно рассчитать СЖЦ с увеличением наработки (рисунок 2). Как видно из рисунка 2 СЖЦ подвижного состава можно определить не только за весь срок службы, но и для любого значения наработки. Зададим вероятность попадания подвижного состава на плановый ремонт равной P_2=0,64, соответственно, вероятность постановки на неплановый ремонт будет равняться P_3=0,36. Для определения оптимального значения межинтервального времени/пробега прохождения планового ремонта проанализируем СЖЦ, увеличивая вероятность попадания на плановый ремонт на 0,02. Результаты расчетов величин вероятности нахождения в каждом из состоянии в общую таблицу 1.

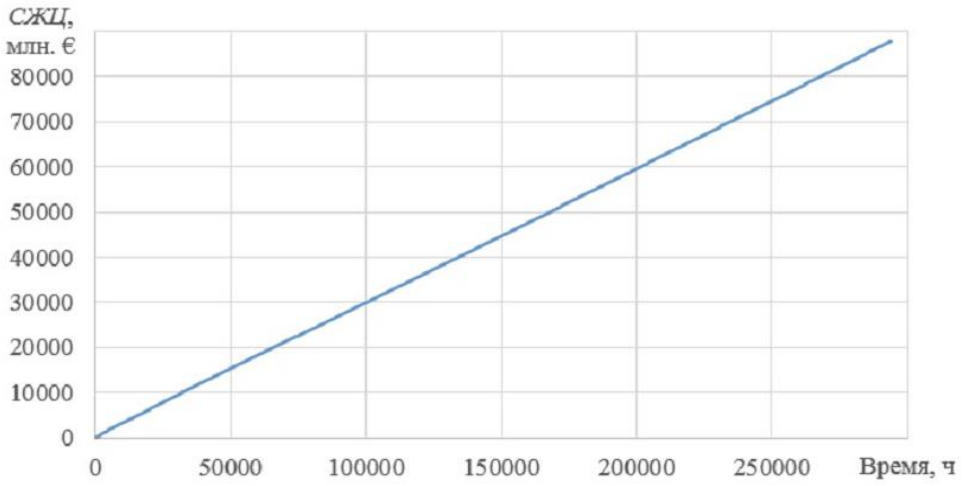


Рисунок 2 – Зависимость стоимости жизненного цикла от наработки

Таблица 1 – Зависимость вероятности нахождения подвижного состава в эксплуатации, на плановом и неплановом ремонте.

Обозначение эксперимента	Вероятность перехода		Вероятность состояния		
	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
A	0,64	0,36	0,715	0,185	0,100
B	0,66	0,34	0,713	0,193	0,094
C	0,68	0,32	0,713	0,198	0,089
D	0,70	0,30	0,712	0,204	0,083
F	0,72	0,28	0,713	0,213	0,073
G	0,74	0,26	0,712	0,220	0,068
H	0,76	0,24	0,713	0,221	0,066
I	0,78	0,22	0,712	0,228	0,060
J	0,80	0,20	0,711	0,235	0,054
K	0,82	0,18	0,710	0,243	0,047
L	0,84	0,16	0,709	0,250	0,041
M	0,86	0,14	0,711	0,253	0,036

После вычислений и варьирования исходных данных в среде имитационного моделирования, получены зависимости стоимости жизненного цикла от наработки (Рис.3), которые позволяют определить величину СЖЦ при любой наработке и соответственно вероятность постановки на плановый и неплановый ремонт. Для определения оптимальной величины СЖЦ и межинтервального пробега/время работы можно рассчитать зависимость затрат от коэффициента соотношения неплановых и плановых ремонтов. Результаты этих расчетов представлены в таблице 2 и на рисунке 4, где отчетливо видно, что оптимальная величина стоимости жизненного цикла на всем сроке службы подвижного состава (30 лет) составила 95598 млн €, с вероятностью постановки на плановый ремонт P_2=0,78, а на неплановый P_3=0,22.

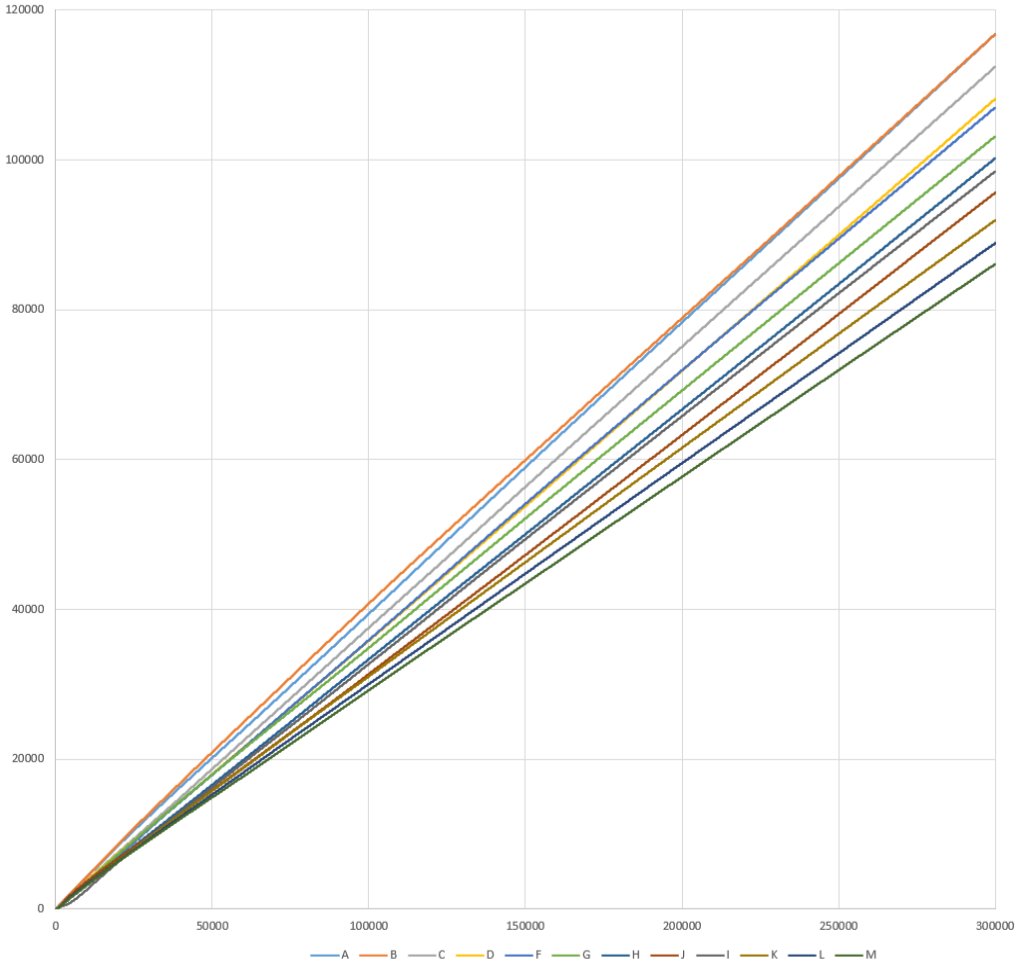


Рисунок 3 – Зависимость стоимости жизненного цикла от наработки при изменении вероятности перехода на плановый ремонт

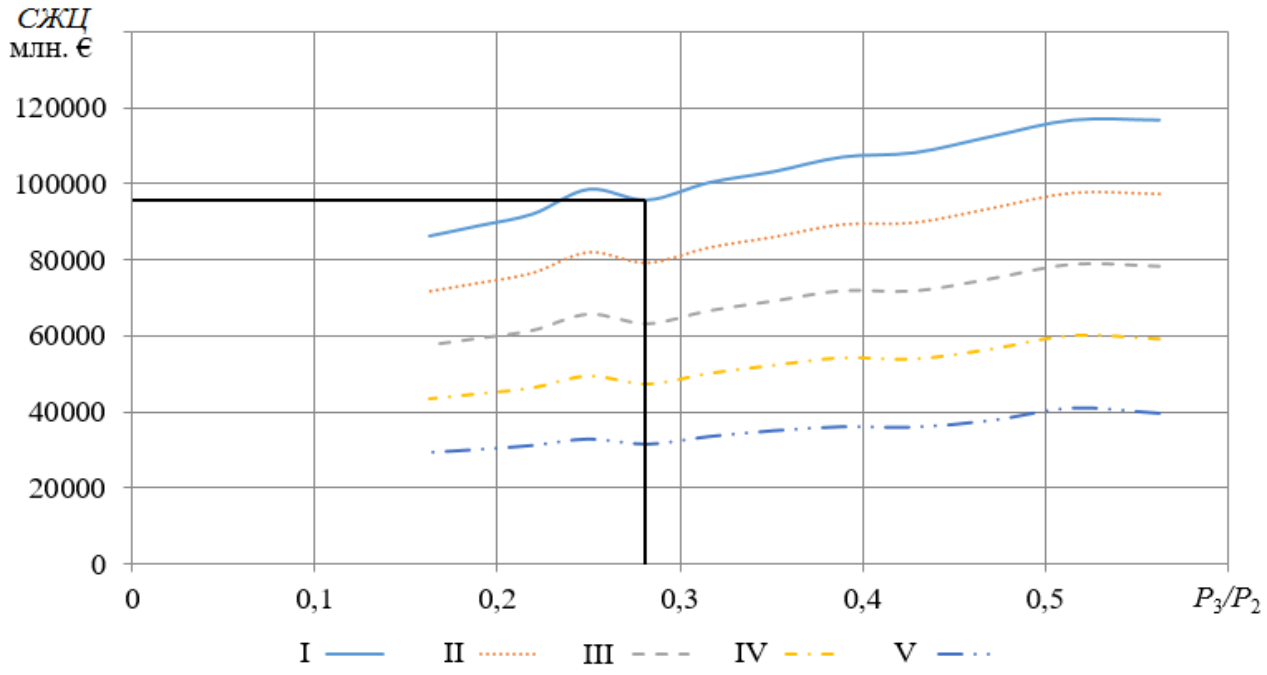


Рисунок 4 – Зависимость величины СЖТ от коэффициента соотношения неплановых и плановых ремонтов

Таблица 2 – Зависимость СЖЦ и коэффициента соотношения непланового и планового ремонта

P_2	P_3	P_2/P_3	*СЖЦ*, млн €				
			Номер эксперимента				
			I	II	III	IV	V
0,64	0,36	0,56	116756	97485	78303	58966	39413
0,66	0,34	0,52	116761	97753	78856	59925	40783
0,68	0,32	0,47	112402	93715	75050	56355	37550
0,70	0,30	0,43	108113	89934	71835	53759	35810
0,72	0,28	0,39	106972	89455	71900	54082	35914
0,74	0,26	0,35	103113	86165	69203	52139	34874
0,76	0,24	0,32	100183	83393	66672	50027	33358
0,78	0,22	0,28	95599	79378	63261	47249	31372
0,80	0,20	0,25	98429	82167	65777	49369	32723
0,82	0,18	0,22	91922	76765	61550	46296	31065
0,84	0,16	0,19	88861	74160	59509	44773	30033
0,86	0,14	0,16	86068	71916	57694	43447	29234

Таким образом, имитационное моделирование позволяет не только оптимизировать составляющие СЖЦ на протяжении всего срока службы тягового подвижного состава, но и предоставляет возможным определить срок окупаемости и полную СЖЦ от момента проектирования до вывода из эксплуатации и утилизации. Кроме того, появляется возможность вырабатывать основные направления для дальнейшего совершенствования подвижного состава как существующего, так и перспективного.

Литература

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 17.03.2008 № 509Р «О регламенте определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта» // Экономика железных дорог, 2008, № 7, с. 159-187.
2. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 // БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
3. Четвергов В. А., Швецов С. В., Воробьев А. А., Горский А. В., Пузанков А. Д., Скребков А. В. Надежность подвижного состава // ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. –301 с.
4. Плохих И. В. Совершенствование методики оценки показателей готовности и их анализ для высокоскоростного поезда VELARO RUS – «САПСАН» с учетом опыта России и Германии // дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук, Москва, 2013 г.–198 с.

СКРЕБКОВ А. В. – к.т.н., доцент кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)
КОЛЬЦОВ Ю. А. – аспирант кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ)

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММЫ ПАРАМЕТРА ПОТОКА ОТКАЗОВ

Для нового подвижного состава система ремонта определяется заводом-изготовителем, но следует учитывать условия эксплуатации, которые могут оказать существенное влияние на ресурс оборудования.

Для оценки эксплуатационных показателей надежности проанализирована информация об отказах оборудования электровозов серииЭП20, приписанных к депо Москва-Сортировочная Московской дирекции тяги. С помощью данной информации появляется возможность определить показатели безотказности и долговечности оборудования электровозов. Электровоз серии ЭП20 является новым и технически сложным видом подвижного состава, ввиду чего решение этой задачи является актуальным.

Диаграмма параметра потока отказов оборудования используется для принятия решения о продолжении дальнейших расчетов по определению оптимальных сроков восстановления. Построение диаграммы проводится группированием числа отказов в интервалах наработки.

С целью определения эксплуатационных показателей безотказности проанализирована информация об отказах следующего оборудования электровозов:

– антивилятельные гасители колебаний;
– буксовые гасители колебаний;
– кузовные гасителей колебаний;
– буксовые подшипники;
– колесные пар (по причине выщербин на поверхности катания).

Полученные диаграммы приведены на рисунках 1 – 5.

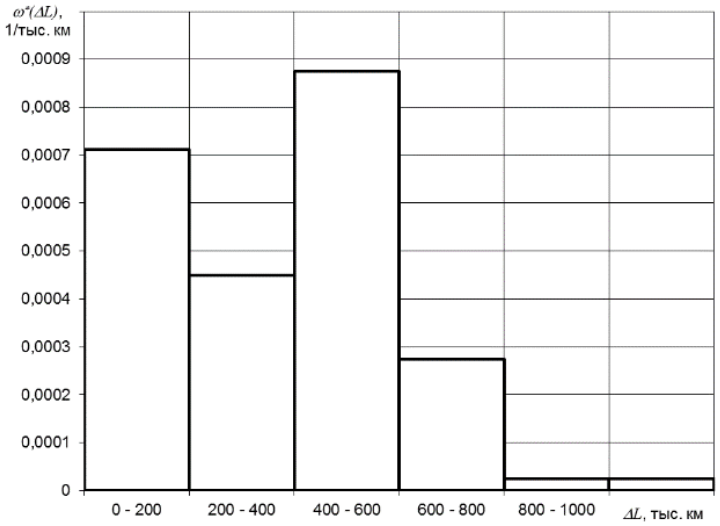


Рисунок 1 – Диаграмма параметра потока отказов антивилятельных гасителей колебаний

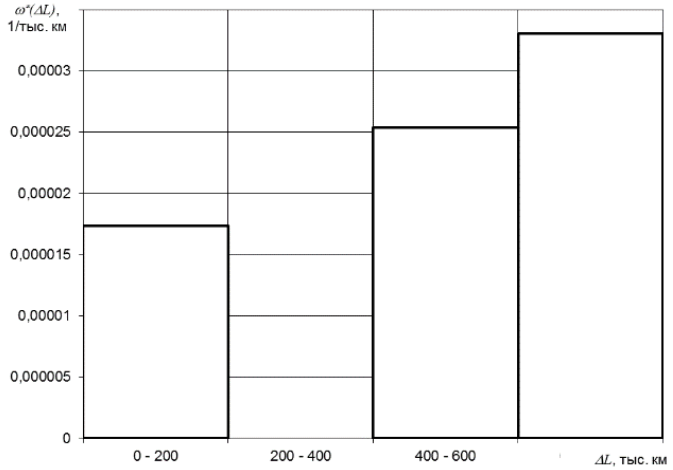


Рисунок 2 – Диаграмма параметра потока отказов буксовых гасителей колебаний

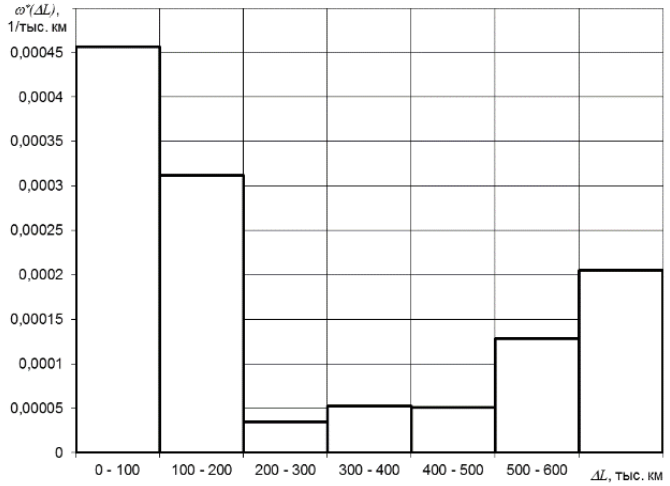


Рисунок 3 – Диаграмма параметра потока отказов кузовных гасителей колебаний

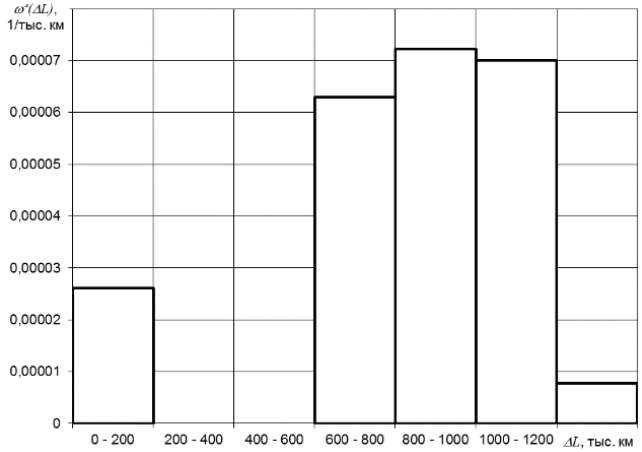


Рисунок 4 – Диаграмма параметра потока отказов буксовых подшипников.

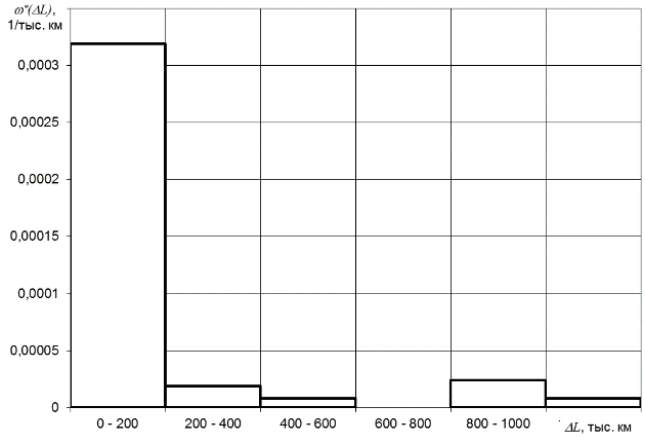


Рисунок 5 – Диаграмма параметра потока отказов колесных пар по причине выщербин на поверхности катания.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для буксовых гасителей колебаний, кузовных гасителей колебаний, а также буксовых подшипников межремонтные пробеги вполне соответствуют установленным межремонтным пробегам.

Из диаграммы параметра потока отказов антивилятельных гасителей колебаний можно сделать вывод, что их состояние не ухудшается, следовательно, есть возможность увеличения межремонтного пробега при условии дальнейшего сбора и анализа информации об отказах.

На диаграмме параметра потока отказов колесных пар по причине выщербин на поверхности катания видно, что после начала эксплуатации или проведения очередного ремонта параметр потока отказов увеличивается скачком, а затем довольно быстро снижается до существенно низкого уровня. Такая зависимость объясняется возможным наличием скрытых дефектов в узлах и деталях, либо нарушениями в технологии изготовления и ремонта.

СМАЗНОВ П.П., к.т.н., доцент МИИТ

НОВЫЙ ТОКОПРОВОДЯЩИЙ КОНТАКТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ЭПС И ТЕПЛОВОЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На ЭПС и тепловозах железнодорожного транспорта находят широкое применение в качестве токопроводящего контактного элемента угольные пантографные вставки, щётки тяговых электрических машин (ТЭМ), угольные подвижные и неподвижные контакты.

При утверждении материалов межведомственной комиссии по приёмке щёток ЭГ141 руководство Департамента локомотивного хозяйства МПС предложило изготовить и испытать пантографные вставки из материала ЭГ141 [1]. Это послужило основой для создания и разработки вставок, особенно для электровозов ВЛ82 двойного питания. Указанные вставки (марка «Г») были изготовлены и на основании указания Главного управления локомотивного хозяйства № ЦТЭ-Р-15/2 от 04.02.1988 испытаны в локомотивном депо Купянск Южной ж.д. на грузовых электровозах ВЛ82М. Износ вставок составил 1,56 – 1,75 мм/1000 км (при нажатии 11,5 – 12,5 кгс) и 0,77 – 0,97 мм/1000 км (при нажатии 9 – 10 кгс) при искрении в пределах нормы, отсутствии пережогов и местных перегревов со сколами в отличие от вставок «Б», эксплуатируемых в тех же условиях [2], которые имели данные дефекты.

К сожалению работы в дальнейшем не получили продолжения по причине высокой стоимости вставок «Г» и отсутствия финансирования. На необходимость продолжения работ в данном направлении указано в работе [3]. Совместно со специалистами МИИТ был разработан и апробирован способ изготовления токопроводящих контактных элементов, включающий подготовку композиции, содержащей кокс, технический углерод, графит, антифрикционную добавку, например полимер на основе фурфурилового спирта и связующее, отличающейся тем, что антифрикционную добавку и кокс предварительно объединяют композиционно в гранулы в соотношении от 1:4 до 1:49 по массе, а затем гранулы смешивают с остальными ингредиентами композиции при следующем соотношении компонентов, мас.%:

- композиционно объединенные гранулы 2,9 – 54,0;
- технический углерод 3,0 – 52,4;
- графит 2,9 – 55,9;
- связующие остальное. [4].

Это позволило:

- повысить износостойкость элементов - уменьшить износ в 1,2 – 1,6 раза при испытаниях на установке КЗК-95 по ГОСТ 9506.7-74;
- улучшить антифрикционные свойства - на 10 – 15 % уменьшается коэффициент трения;

- существенно повысить шлифующие свойства – политура более равномерная и тонкая.

Работы по снижению цены токопроводящих контактных элементов выполнять за счет использования отходов электроугольного производства (углеродистый аэрогель с фильтр. очистных сооружений, молотые отходы обожжённого и графитированного материала) при следующем соотношении компонентов, мас.%:

- молотые отходы обожженного материала	1 – 16;
- молотое отходы графитированного материала	1 – 16;
- углеродистый аэрогель	2 – 20;
- технический углерод	2 – 20;
- графит	3 – 6 ;
- кокс	6 – 32;
- связующие	остальное.

Были достигнуты следующие преимущества:

- на 20 – 40 % сокращается длительность подготовки пресс – композиции в вибромельнице;
- на 15 – 30 % снижается коэффициент трения;
- в 1,3 – 1,6 раза уменьшается износ в эксплуатации;
- ликвидируются местные перегревы. [5].

Однако указанные мероприятия не нашли достаточного распространения по причине неразберихи, связанной с развалом СССР, ликвидацией доступного сырья, главным образом связующего, получаемого из Украины. Возникла острая, аварийная необходимость в поисках новых источников российского сырья для изготовления токосъёмных элементов, главным образом щёток ТЭМ. По инициативе заводов – изготовителей (ОАО «Опытный завод электроугольных изделий», ОАО «Урал Морган Карбон», ОАО «Электроконтакт») при активном участии Департамента локомотивного хозяйства, заинтересованных ведомств была разработана и реализована краткосрочная программа по созданию и внедрению щёток ЭГ61А, ЭГ14 с использованием сырья собственного российского производства, которая успешно была выполнена в 1998г. созданием и внедрением щёток ТЭМ [6].

Сложная ситуация возникла с обеспечением пантографными вставками «А» и «Б». Совместно с руководством АО «ГРАФИ» (реорганизованного Московского электродного завода) было решено использовать электродную продукцию для изготовления пантографных вставок.

Для изготовления пантографных вставок была выбрана самая массовая и дешевая марка электродного графита ГМЗ с характеристиками, которые наиболее подходили для токосъема. Для повышения прочности вставок, снижения коэффициента трения и водопоглащения вставки подвергали пропитке

фурфуриловым спиртом по действующей методике пропитки щёток ЭГ61А, ЭГ841. Работы были начаты в локомотивном депо Железнодорожная и продолжались в течение двух лет. Одновременно руководство депо Москва – Сортировочная Московской ж.д. обратилось с просьбой о разработке для новых электровозов ЭП10 – двойного питания пантографных вставок, так как вставки «А» и «Б» оказались непригодными, имели очень высокий износ, значительное количество пережогов, вызывавших разрушение вставок, их хватало только на эксплуатацию в один конец, обратно брали запасной комплект и устанавливали вместо изношенного. На запасном комплекте электровозы ЭП10 возвращались в депо приписки Москва – Сортировочная.

После удачных испытаний были разработаны и согласованы технические условия и рабочие чертежи. Поставка вставок согласована с ОАО «Кудиновский завод «Электроугли»». Вставки поставлялись с 2009 по 2014г. через ООО «Элкон». В связи с закрытием ОАО «Кудиновсий завод «Электроугли»» пропитку фурфуриловым спиртом осуществляется в АО «Опытный завод электроугольных изделий». Вставка защищена патентом [7].

В настоящее время проводятся массовые эксплуатационные испытания щёток ТЭМ, изготовленных по данному патенту. Предварительные результаты испытаний показали обнадёживающие неплохие результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.1335095. Композиция для щёток электрических машин. / П.П.Смазнов, А.М.Бордаченков, Н.В.Родионов, Г.И.Скорин, А.С.Фиалков. 1985.
2. Акт по результатам испытаний угольных вставок марки «Г» и «О» на грузовых электровозах серии ВЛ82М в локомотивном депо Купянск Южной ж.д. – 02.04.1988г.
3. А.С.Фиалков. Научно-исследовательский институт электроугольных изделий: Итоги работы и взгляд в будущее. М.,Информэлектро,1990 - 176с.
4. Патент РФ 2030044. Способ изготовления токоприводящих контактных элементов. /П.П.Смазнов, А.А.Реморов, Я.И.Гаврилов, Г.И.Нардая, В.В.Белоглазов, И.Г.Бадаев. – Опубл. в Б.И., 1995, №6.
5. Патент РФ 2075805. Способ изготовления материала для токопроводящих контактных элементов. /П.П.Смазнов, В.Д.Морковин, В.В.Белоглазов, В.Я.Берент. – Опубл. в Б.И., 1997, №8.
6. Патент РФ 2115982. Способ изготовления щёток для электрических машин. /П.П.Смазнов, Ф.Ф.Гончарова – Опубл. в Б.И., 1998, №20.
7. Патент РФ 2647498. Способ изготовления токопроводящих контактных элементов. /О.Е.Пудовиков, П.П.Смазнов. – Опубл. в Б.И., 2018, №8.

СМЕТАНИН Р.С., аспирант МИИТ

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЁСНЫХ ПАР НОВЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Ресурс бандажей колёсных пар тягового подвижного состава, как правило, лимитирует межремонтные пробеги до ремонта ТР-3. Поэтому поставлена задача: оценить показатели долговечности бандажей колёсных пар электровозов 2ЭС10 с асинхронными тяговыми двигателями, поступивших в эксплуатацию.

Анализ процессов изнашивания бандажей колёсных пар выполнен методами регрессионного анализа. Были получены и проанализированы данные об изменении толщины бандажа на электровозах в реальных условиях эксплуатации. На основании анализа полученных данных были построены зависимости от наработки среднего значения $m_h(t)$ и среднеквадратического отклонения $\sigma_h(t)$ толщины бандажей. Эти зависимости позволили рассчитать функцию распределения ресурса бандажей и определить их гамма-процентный ресурс при заданном уровне вероятности безотказной работы.

Установлено, что нормативный межремонтный пробег электровозов 2ЭС10 до ремонта ТР-3 в 800 тыс.км. практически недостижим. Расчетным путем было определено, что межремонтный пробег до смены бандажей колёсных пар, обусловленной их износом не могут превышать 600 тыс. км. При этом рассматривался только естественный износ бандажей, т.к. не удалось получить информацию об ослаблении бандажей в процессе эксплуатации. С учётом внезапных отказов ресурс бандажей естественно уменьшится.

Работа выполнена под руководством преподавателя д.т.н., профессора Воробьёва А.А.

СМИРНОВ В.А., ПАНОВ К.В. (ОмГУПС, г. Омск)

РОБОТОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА: ПРОБЛЕМЫ И ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ

Сложность роботизации технологических процессов локомотиворемонтного производства обуславливается существенной номенклатурой и разнообразием технологических операций, а также необходимостью работы исполнительных механизмов в системе пространственных координат. Традиционное решение предполагает применение манипуляторов с тремя и более степенями свободы, оснащенными интеллектуальной системой управления со следящей обратной связью [1].

Однако, как показывает анализ передового отечественного и зарубежного опыта, использование подобных технологий при производстве и ремонте подвижного состава носит единичный характер. Это объясняется сложностью и дороговизной оборудования, высокими профессиональными требованиями к обслуживающему персоналу, в том числе при программировании и обучении роботов, непригодностью многих типовых промышленных решений системы интеллектуального управления к жестким условиям ремонтного производства (например, тактильных и сенсорных датчиков и т. д.) [2]. В качестве одного из положительных примеров применения роботизированного оборудования при производстве и ремонте подвижного состава можно привести дробеструйную установку очистки кузовов производства фирмы Blastman Robotics Ltd (рисунок 1) [3].

Установка оснащена роботом Blastman B20S, который может перемещать дробеструйное сопло в самые труднодоступные участки обрабатываемого изделия. Траектория перемещения робота задается программно — путем его предварительного обучения оператором. Необходимость довольно длительного, трудоемкого и требующего высокой квалификации оператора обучения робота при смене номенклатуры объектов производства становится существенным недостатком установки, снижающим ее оперативную технологическую гибкость.

Альтернативный вариант управления роботами-манипуляторами сборочного производства — применение систем следящего управления, использующих различного типа сенсоры в качестве данных о пространственном расположении объекта обработки (рисунок 2). Чувствительные сенсоры воспринимают информацию о внешней среде, пространственном положении объекта технологической обработки и манипуляторах и после предварительной обработки передают ее в систему управления с целью формирования управляющих воздействий для исполнительных механизмов.



Рисунок 1. *Дробеструйная установка очистки кузовов подвижного состава с промышленным роботом Blastman B20*

Получение точной информации о пространственных характеристиках изделия — одна из самых технически сложных задач. Попытки практического использования нескольких типов тактильных и видеодатчиков в системах следящей обратной связи робототехнических комплексов, предпринятые нами, показали их недостаточную устойчивость к агрессивным воздействиям внешней среды ремонтного производства подвижного состава (в частности, неустойчивая работа в условиях высокой влажности, запыленности и загрязненности, невозможность размещения датчиков в непосредственной близости от исполнительных механизмов моечных машин, установок дробеструйной очистки и т. д.).

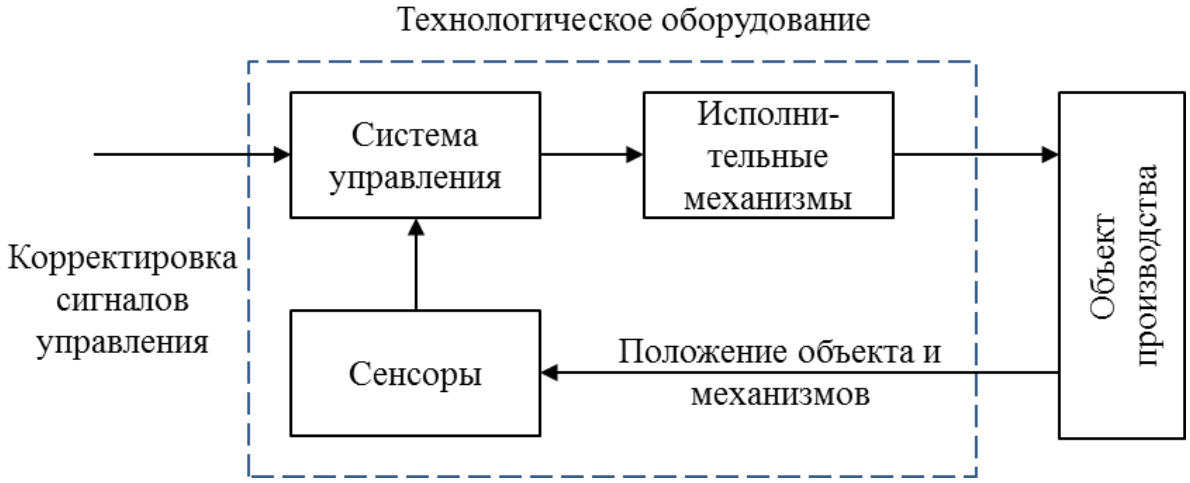


Рисунок 2. *Структурная схема роботизированного комплекса со следящей обратной связью*

Альтернативным вариантом системам со следящего обратной связью является получение пространственно-геометрического изображения поверхности объекта до начала технологической обработки, например, путем его лазерного

триангуляционного сканирования [4]. В этом случае управление исполнительными механизмами осуществляется по заранее сформированной жесткой траектории, повторяющей контуры обрабатываемого изделия, что позволяет решать целый ряд практических задач автоматизации таких операций, как дробеструйная очистка кузовов подвижного состава, колесных пар и рам тележек, мойка узлов и агрегатов, нанесение лакокрасочных покрытий и т. д. [5, 6].

Лазерный триангуляционный метод измерения в последние годы получил достаточно широкое распространение как один из наиболее точных и быстрых способов получения цифровых трехмерных моделей реальных объектов [7, 8]. Метод основан на определении координат изображения отраженного лазерного луча на фоточувствительной площадке матричного фотоприемника.

Принцип действия лазерного триангуляционного датчика показан на рисунок 3. Источник лазерного излучения *1* под определенным углом α освещает объект лазерным лучом. Изображение объекта с лазерным лучом на его поверхности регистрируется цифровой видеокамерой *2*. Путем определения положения лазерного луча на изображении вычисляются трехмерные координаты точек поверхности объекта, на которых присутствует лазерный луч или линия. Сканирование всего объекта возможно путем смещения лазерного луча (линии) вдоль всей поверхности.

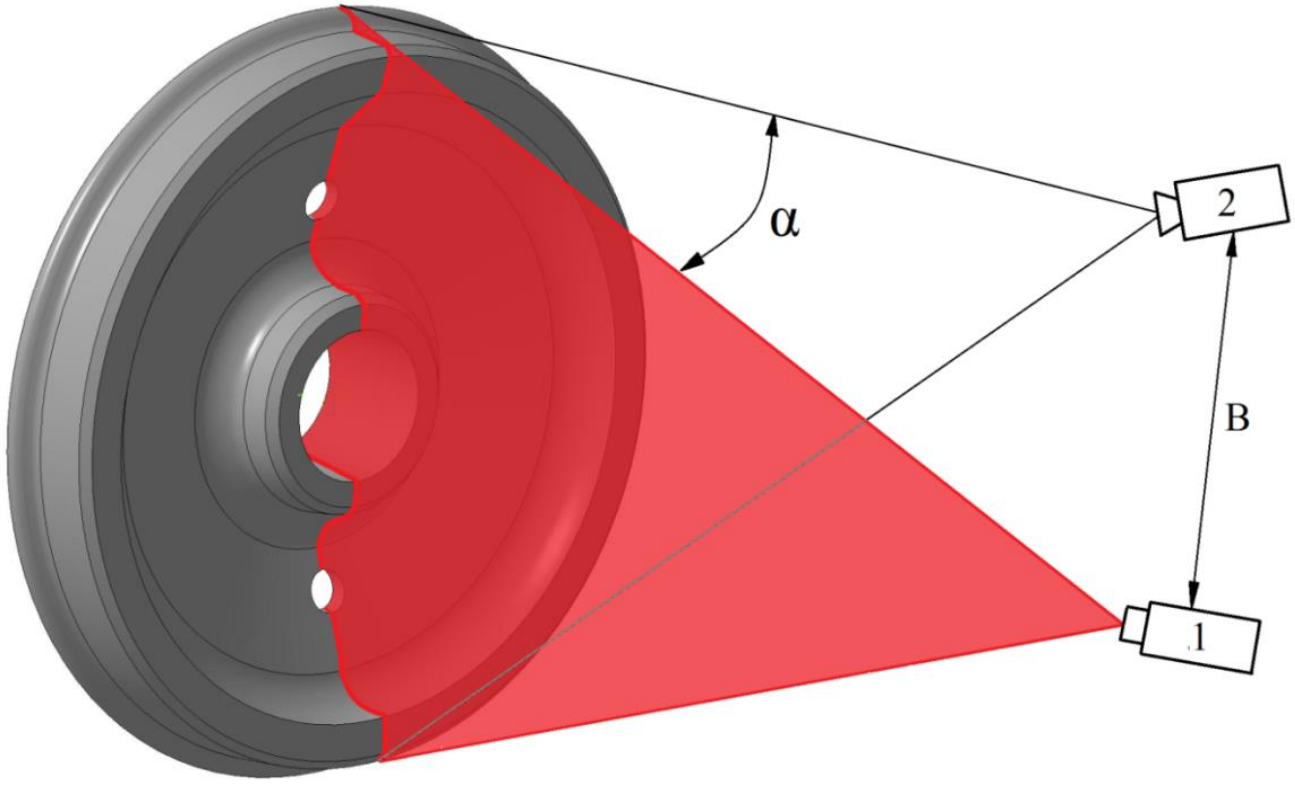


Рисунок 3. *Схема лазерного триангуляционного метода*

При помощи специального программного обеспечения можно получить пространственную математическую модель объекта производства. Зная позицию каждой вершины, связь координат с вершиной, нормаль для каждой вершины, система управления формирует сигналы управляющих воздействий исполнительными механизмами роботизированного технологического оборудования [9].

С целью исследования потенциальных возможностей лазерного триангуляционного метода для получения трехмерных моделей узлов подвижного состава сложной геометрической формы в лаборатории ОмГУПС был проведен эксперимент с использованием макета рамы тележки электровоза (рисунок 4). Программная обработка результатов сканирования и построение 3D-модели выполнены при помощи программы DAVID-laserscanner.



Рисунок 4. *Трехмерная модель макета тележки подвижного состава, полученная в результате лазерного сканирования*

Лазерный модуль с длиной волны 650 нм (красного цвета) мощностью 5 мВт формировал перемещающийся сканирующий лазерный луч. Его проекция считывалась при помощи цифровой веб-камеры с разрешением 1024×768 пикселей.

По окончании трехмерного сканирования результаты сохранялись в формате OBJ — общепринятом формате данных, который содержит 3D-геометрию объекта, а также связь координат текстуры с вершиной, позицию каждой вершины, ее нормаль и параметры, которые создают полигоны [8].

Программа DAVID-laserscanner позволяет определить линейные геометрические размеры различных элементов полученной трехмерной модели,

что дает возможность сравнить и оценить точность полученной модели и макета тележки подвижного состава.

В качестве значений измеряемой физической величины берем размеры определенных участков тележки подвижного состава с сравниваем с макетом. Определение погрешностей измерения данного эксперимента описаны в статье [4]. По результатам расчета построен график зависимости относительной погрешности δ от истинных значений измеряемой физической величины *L* (рисунок 5).

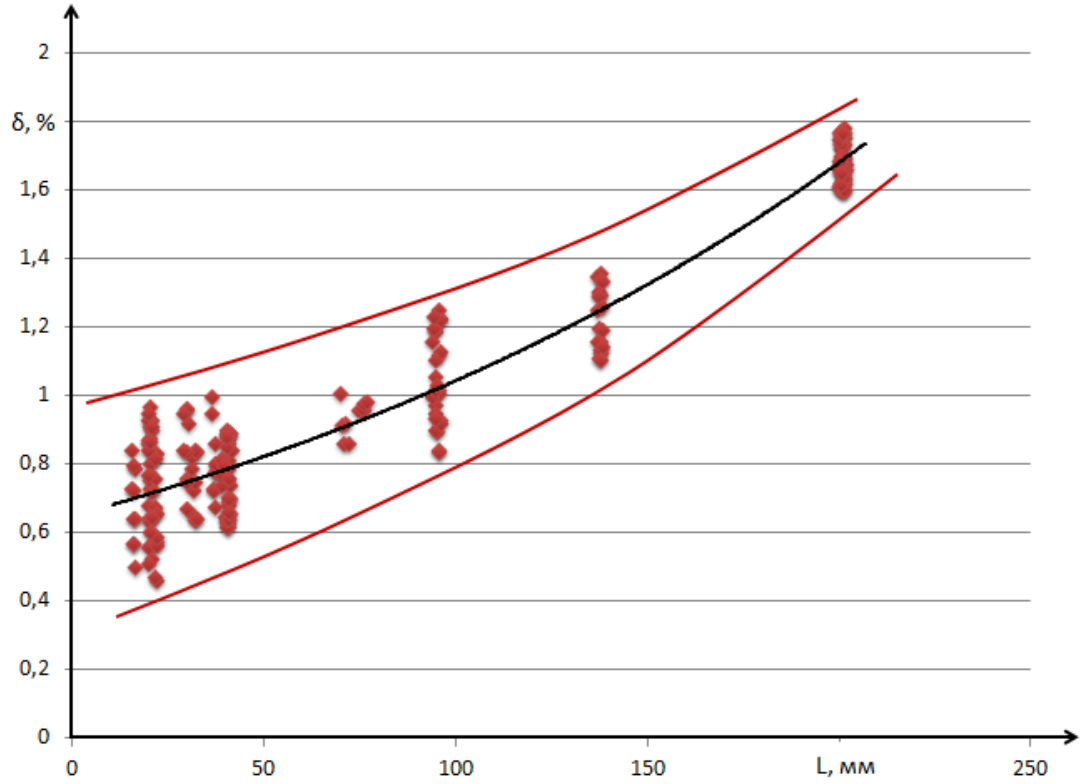


Рисунок 5. *График зависимости относительной погрешности δ от истинных размеров макета тележки L*

Статистические показатели оценки точности по результатам обработки всей совокупности данных приведены в таблице 1.

Таблица 1. Статистические показатели оценки точности результатов сканирования макета тележки подвижного состава

Параметр	Значение параметра
Коэффициент корреляции *R*	0,9888
Коэффициент детерминации R^2	0,9777
Средняя ошибка аппроксимации $\overline{A}$, %	4,9917

Данный эксперимент показывает, что при помощи трехмерного сканирования, по методу активной лазерной триангуляции, перед началом обработки объекта ремонта можно получить отличную систему технического зрения для совместного использования с роботами-манипуляторами в составе

автоматизированного оборудования для ремонта подвижного состава. Например, для автоматизации таких операций, как дробеструйная очистка кузовов подвижного состава, колесных пар и рам тележек, мойка узлов и агрегатов, нанесение лакокрасочных покрытий и т. д.

Литература

1. Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов : учеб. пособие. М. : Машиностроение, 2007. 380 с.

2. Смирнов В. А., Панов К. В. Повышение технологической гибкости ремонтного производства // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 1–2. С. 47–50. ISSN 2071-3827.

3. Роботы мостовой конструкции BLASTMAN [Электронный ресурс]. URL: http://www.blastman.ru/products-and-industries/products/robots/gantry-type-robots-ru/ (дата обращения: 05.03.2018).

4. Смирнов В. А., Панов К. В. Применение метода активной лазерной триангуляции для решения задач автоматизации технологических процессов ремонта подвижного состава // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 52–57. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-52-57. ISSN 1815-9400.

5. Автоматизированный комплекс очистки деталей и узлов подвижного состава / В. А. Смирнов, К. В. Панов : пат. на полезную модель 169641 Рос. Федерация. № 2016115036 ; заявл. 18.04.16 ; опубл. 28.03.17, Бюл. № 10.

6. Автоматизированный комплекс дробеструйной очистки кузовов подвижного состава железных дорог / В. А. Смирнов, К. В. Панов : пат. на полезную модель 170076 Рос. Федерация. № 2016125051 ; заявл. 22.06.16 ; опубл. 13.04.17, Бюл. № 11.

7. 3D-лазерные информационные технологии / П. Е. Твердохлеб, В. П. Коронкевич, Э. Г. Косцов и др. / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т автоматики и электрометрии. Новосибирск, 2003.

8. Шандыбина Г. Д., Парфенов В. А. Информационные лазерные технологии : учеб. пособие / НИУ ИТМО. СПб., 2008. 107 с.

9. Панов К. В. Перспективы повышения уровня автоматизации технологических комплексов на предприятиях по ремонту подвижного состава // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте : матер. науч. конф., посвящ. Дню рос. науки. Омск : Изд-во ОмГУПС, 2016. С. 252–257.

УДК 629.47.001.5

ТАРМАЕВ А.А., к.т.н. (ИрГУПС, МИИТ), ПЕТРОВ Г.И., д.т.н. (МИИТ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Повышение эффективности железнодорожного транспорта требует увеличения скорости движения, повышения максимальной осевой нагрузки, внедрения новых конструкций, улучшения характеристик подвижного состава (ПС) при условии обеспечения безопасности движения.

В современных условиях изменились параметры железнодорожного пути: изменились нормативы устройства, несущая способность земляного полотна (просадки), увеличились допуски на содержание рельсовой колеи. Проведен ряд комплексных мер по совершенствованию конструкции ПС. Это привело к изменению динамики ПС, процесса взаимодействия в системе колесо-рельс, износов колеса и рельса, значительно изменило условия эксплуатации ПС и, прежде всего, ходовых частей. Сохраняется высокий риск схода подвижного состава.

Поэтому для оценки рациональности конструкции и анализа безопасности движения ПС с учетом отступлений от норм содержания ходовых частей и пути, необходимо иметь достоверную методику и математические модели движения ПС, адекватно описывающие процессы, происходящие в сложной динамической системе железнодорожный экипаж-путь.

Современные железнодорожные экипажи представляют собой сложную статически неопределимую механическую систему, на которую при движении по железнодорожному пути в условиях эксплуатации действуют сложные силовые нагрузки, носящие, как правило, случайный статистический характер.

Моделированию движения железнодорожных экипажей посвящено большое количество работ, в которых, как правило, используется теория «крипа» с различными уточнениями уравнений движения. Зачастую при моделировании динамики ПС используются упрощенные, линеаризованные модели экипажей, в которых поверхности катания колес принимаются коническими, взаимодействие с рельсами – одноточечным, зависимость сил крипа от псевдопроскальзываний – линейной с постоянными коэффициентами.

Результаты, полученные на линеаризованных моделях, адекватны только для колебаний с малыми амплитудами и дают качественную, а не количественную картину движения. Такие модели могут быть полезны для понимания физического смысла некоторых динамических процессов, общей зависимости динамических показателей ПС от параметров жесткости, упругости и демпфирования, инерции, технического состояния экипажа.

При движении по пути при радиусах кривых менее 1000 м всегда происходит набегание гребня на рельс, что вызывает их динамическое взаимодействие. В кривых с радиусом менее 600…800 м гребни отдельных колес рельсовых экипажей прижаты к наружному рельсу почти на всем протяжении кривой. При гребневом контакте наблюдается ряд динамических явлений, требующих специальных методов исследования и оценки, при его моделировании невозможно использовать линейную теорию и теорию Шена-Хедрикса-Элкинса.

Между тем, в нелинейных моделях, не всегда учитывается необходимость использования различных подходов для динамики экипажей, имеющих гребневый контакт и не имеющих его. В результате в процессе численного решения возникают эффекты и ситуации, не адекватно отражающие физический смысл происходящих механических процессов (обезгрузка колес, движение с «нулевой» скоростью и т.д.).

Таким образом, при численном моделировании динамики рельсовых экипажей не в полной мере учитываются особенности динамических силовых связей, возникающих в движении.

Предложена математическая модель с использованием программных комплексов «ДИОНиС» («Динамика, оптимизация, нагруженность и статика») (Российский университет транспорта (МИИТ)) и «Универсальный механизм» (Брянский государственный технический университет). Методика и модель [1] теоретически обоснованы, учитывают необходимые особенности динамических силовых связей, способны адекватно моделировать движение железнодорожных экипажей, соответствуют физическому смыслу действия учитываемых сил.

Расчетная схема экипажа представлена в виде системы отдельных твердых и податливых тел, соединенных между собой нелинейными упруго-фрикционными связями с кинематическими и динамическими ограничениями, внутренних и внешних сил и моментов.

Подскальзывающее колеса в колесной паре железнодорожного экипажа определяется по соотношению моментов сил трения скольжения с точным учетом условий взаимного контактирования колесных пар с рельсами, процессов качения и подскальзывания колес (псевдоскольжения), скольжения гребней по боковым граням рельсов.

Математическая модель движения экипажа представляет собой совокупность нелинейных дифференциальных уравнений с переменной структурой. Дифференциальные уравнения составлены с использованием принципа Д'Аламбера, их количество определяется принятым в расчетной схеме количеством независимых координат. Система уравнений имеет вид

$$[m]\cdot W+[A]\cdot P=Q, \qquad (1)$$

где W – смешанный вектор угловых и линейных ускорений и скоростей элементов расчетной схемы;

P – смешанный вектор внутренних сил и моментов (вектор реакций между телами расчетной схемы);

Q – вектор внешний усилий и моментов, определяемых криволинейным движением;

$[m]$ – матрица преобразования вектора W в вектор инерционных сил и моментов;

$[A]$ – матрица влияния для внутренних усилий и моментов.

Компоненты вектора P представляют собой нелинейные функции, которые могут иметь точки разрыва в окрестностях нулевых значений деформации связей и их первых производных (скоростей деформаций).

В общем случае j-ая компонента вектора P представляет собой нелинейную функцию

$$P = f(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n, t) \qquad (2)$$

где n – количество координат в расчетной схеме;

$q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n$ – угловые и линейные координаты и скорости тел расчетной схемы;

j = 1,2,…, n – номер координаты;

t – время.

В матрицы [m] и [A] входят все геометрические, жесткостные, фрикционные и инерционные характеристики и отступления в содержании подвижного состава и пути.

Система дифференциальных уравнений (1) записывается для общего случая движения экипажа по прямым, переходным и круговым участкам пути.

Методика моделирования движения заданного экипажа по прямым и криволинейным участкам заключается в численном интегрировании систем дифференциальных уравнений (1) на заданном отрезке времени или пройденного пути. Определяются значения координат, скоростей и ускорений всех тел в принятой расчетной схеме и по зависимостям (2) усилия в связях, а также величины:

- коэффициент запаса устойчивости каждого колеса против схода с рельсов;
- подъем гребня каждого колеса на головку рельса с оценкой возможности схода;
- динамические боковые, направляющие и рамные силы во всех узлах колесо – головка рельса, колесная пара – рельсовые нити, буксы колесной пары – рамы тележки и т.д.;
- коэффициенты динамики по необрессоренным и обрессоренным деталям каждой тележки и др.

Предложенная методика позволяет получить при выполнении расчетов динамические процессы, аналогичные регистрируемым при натурных

испытаниях железнодорожных экипажей. Определение величин динамических параметров позволяет производить адекватную оценку безопасности движения.

Основными показателями, которые характеризуют безопасность движения, являются критическая скорость движения Vкр, коэффициент запаса устойчивости против схода колеса с рельса, коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания.

Наиболее актуальными для эксплуатации ПС являются аспекты, связанные с обеспечением безопасности движения по устойчивости против схода колеса с рельса. Так, в 2017 году частота составила 0,69 случая в день, общие потери от схода ПС составили 161 млн. руб.

В этой связи, проведем краткий анализ критериев схода.

Критерий Надаля, лежащий в основе большинства современных методик, предполагает, что все действующие на колесо силы проходят через одну точку, рассматривает отдельно взятое колесо и не принимается во внимание, что в процессе схода колесная пара катится по рельсам, а не просто выдавливается из колеи, что происходит сход не отдельного колеса, а колесной пары в целом.

Учет силы взаимодействия второго (ненабегающего) колеса с рельсом приводит к модификации условий схода колеса с рельса, предложенной Марье. Однако формула Марье выведена без учета вращения колеса и трения гребня колеса о головку рельса.

Используемый в действующей нормативной документации [2, 3] «коэффициент запаса устойчивости против вкатывания колеса на головку рельса», фактически является обратной величиной к коэффициенту Надаля, и имеет схожие достоинства и недостатки. Поэтому исследователями предлагаются новые методы и критерии оценки устойчивости движения.

Научная школа профессора М. Ф. Вериго определяет критическую величину отношения горизонтальной рамной силы и вертикальной силы при данном распределении вертикальных нагрузок на оси одной и той же колесной пары. В работах Д.Ю.Погорелова Ю.М.Черкашина рассмотрен комбинированный критерий, где предлагается использовать отношение величин сил крипа к нормальной реакции в точке контакта, вводится понятие «нормировочный коэффициент».

Известна энергетическая трактовка вкатывания колеса на головку рельса, сформулированная В.Н. Котурановым, когда сравнивается кинетическая энергия движения набегающей на рельс колесной пары, и работа сил, возникающих в контакте поверхностей гребня и колеса, которую они совершают при подъеме на высоту гребня, а также предложенный В.М. Кондрашевым энергетический критерий, связывающий силы в контакте со временем их действия.

Вероятностный характер сил, действующих в их контакте, угла набегания колеса на рельс предложено учитывать А.Я. Коганом.

Критерий Г.Вайнштока уточняет критерий Надаля с использованием отношения поперечной и вертикальной силы на набегающем колесе и сбегающем колесе. Также за рубежом делались попытки связать сход с рельсов с приведенной обезгрузкой колеса. Допускаемые уровни обезгрузки приняты на уровне 80-90%.

Для определения опасности схода в разработанной модели используется уточненный метод, в которой путем сравнительной оценки значений трех коэффициентов запаса устойчивости, рассчитываемых по формуле Марье с учетом обезгрузки kуст_Марье, по давлению в пятнах контакта kуст_д и по энергетическому соотношению kуст_эн выбирается минимальное значение коэффициента устойчивости.

Таким образом, предложенная методика и математическая модель движения рельсовых экипажей позволяет:

- более корректно оценивать условия безопасности от схода колеса с рельса;
- выполнять оценку динамических свойств железнодорожных экипажей в прямых и кривых участках пути в заданном диапазоне скоростей, устанавливать их соответствие нормативным требованиям;
- исследовать влияние изменяющихся в ходе эксплуатации параметров ходовых частей на динамические качества экипажа с целью установления или корректировки норм его содержания и ремонта.

Литература

1. G. Petrov and A. Tarmaev “Modeling of railway vehicles movement having deviations in the content of running parts”. Proceedings of the International Conference «Aviamechanical Engineering and Transport» (AVENT 2018). Series: Advances in Engineering Research, Atlantis Press, 2018, vol. 158, pp. 410-415. DOI:10.2991/avent-18.2018.79
2. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М.: МПС России, 1998. – 145 с.
3. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств экипажной части моторвагонного подвижного состава железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М.: МПС России, 1998. – 148 с.

ТЕПТИКОВ Н.Р., МУСТАФИН А.Ш., ШАПШАЛ А.С.
РГУПС, РЭРЗ (г. Ростов-на-Дону)

СТАЦИОНАРНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В настоящее время на сети дорог России с целью повышения эффективности локомотивов осуществляется переход с планово-предупредительной системы ремонта к системе ремонта по техническому состоянию.

Реформа локомотивного комплекса предполагает повышение интенсивности использования тягового подвижного состава (ТПС), что достигается за счет увеличения весовых норм, сокращение простоя на ТО и Р за счет внедрения перспективных технологий обслуживания и ремонта, увеличение межремонтного пробега и полигона обращения локомотивов. Эти и ряд других факторов привели к необходимости реализации новых подходов к управлению техническим состоянием ТПС.

В настоящее время для оценки технического состояния ТПС применяются стационарные и бортовые системы диагностики [1] которые обеспечивают качество работы подвижного состава. Разработана программа «Реорганизация и развитие отечественного локомотиво- и вагоностроения, организация ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава. Задачи программы:

- улучшение потребительских свойств существующего подвижного состава через капитальный ремонт с продлением срока службы (КРП);

- реорганизация системы эксплуатации и ремонта подвижного состава.

Данные направления предусматривают внедрение более совершенных технических средств. Их внедрение основывается на широком использовании сложных автоматизированных систем и комплексов. При этом ставится задача обеспечить создание и освоение серийного выпуска не только самих технических систем, но и автоматических средств их контроля и диагностирования. Для успешного решения этих задач большую роль призваны сыграть автоматизированные системы управления различного назначения. Общей тенденцией развития этих систем является значительное усложнение их аппаратурного состава и увеличение потоков разнородной информации, циркулирующей между отдельными компонентами системы.

Вместе с тем резко возросли требования к надежности и эффективности функционирования данных систем в процессе их целевого применения. Возможны два пути обеспечения указанных требований: разработка более

совершенных систем, обладающих заранее заданными свойствами, и организации надежного эксплуатационно-технического контроля. Оба эти пути взаимосвязаны и должны рассматриваться в рамках единого подхода.

На кафедре «Тяговый подвижной состав» в течение нескольких лет проводились исследования по созданию автоматизированной испытательной станции для приемосдаточных испытаний электровозов переменного тока после капитальных ремонтов. Совместно с проектной организацией ОАО «Гипрозаводтранс» г. Харьков на Ростовском электровозоремонтном заводе внедрена стационарная автоматизированная испытательная станция электровозов (САИС).

Научно-технический совет РЭРЗа рекомендовал расположить САИС в отдельно стоящем помещении (строительном модуле – ангаре). Общий вид испытательной станции приведен на рис.1. Все электрическое, механическое и пневматическое оборудование испытательной станции размещается в двух «условных» 6-метровых пролетах сборного строительного модуля.

Технические требования к проекту автоматизированной станции предусматривают:

- разработку планировки размещения оборудования САИС;
- выбор основного оборудования САИС и его размещение по согласованию с заказчиком и проектной организацией «Гипрозаводтранс»;
- разработку схемы энергоснабжения испытательной станции;
- разработку принципиальных схем цепей управления, сигнализации и защиты испытательной станции;
- разработку монтажных схем, описание схем раскладки труб и кабельных каналов для разводки силовых цепей и цепей управления САИС;
- разработку технической документации компрессорной станции и схемы разводки пневматических цепей САИС;
- рабочий проект перечня комплектующего оборудования покупных изделий для монтажа САИС;
- разработку установки для испытания оборудования электровоза на диэлектрическую прочность и программного обеспечения для компьютерной обработки результатов испытаний;
- выбор аппаратных средств для контроля параметров электрических аппаратов электровозов;
- обоснование и выбор устройства для измерения нажатия пантографа на контактный провод;
- разработку методики проверки секвенции работы управления электровоза;
- выбор оборудования для диагностирования устройств безопасности

(САУТ-ЦМ/485, КЛУБ-У, ТСКБМ и др.);

- выбор аппаратуры бесконтактного теплового контроля оборудования электровозов;

- разработку прибора для определения правильности направления вращения асинхронных двигателей электровоза;

- разработку алгоритмов, программного обеспечения и аппаратуры диагностирования электронного оборудования электровозов.

Согласно проекту планировки испытательной станции на площадях первой позиции испытания электровозов размещается следующее оборудование:

- пункт управления автоматизированной испытательной станции;
- контрольный пункт АЛСЕ;
- автоматизированная позиция по вывешиванию электровозов;
- преобразователь статический стабилизированного питания ИПД-30.02;
- система испытания тормозного оборудования СИТОЛ-ЭПТ;
- система контроля и диагностики «Доктор-030»;
- установка для проверки электрической прочности изоляции оборудования электровозов.

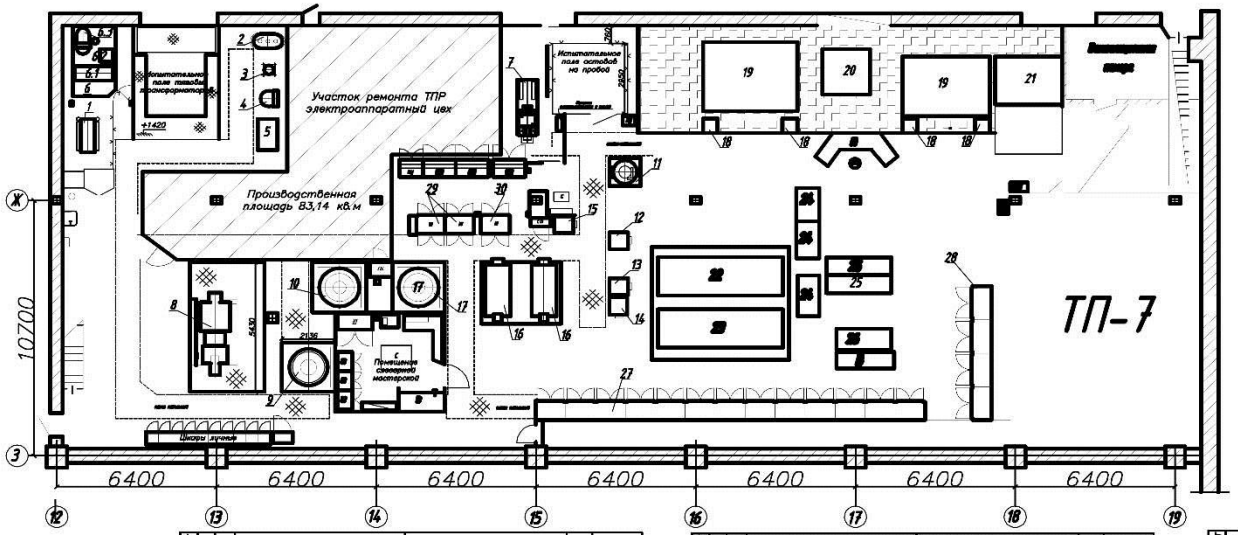
Для повышения качества ремонта и диагностики электровозов переменного тока выполнены исследования по применению тепловизионного контроля и диагностики электрооборудования электрического подвижного состава. Проведен анализ применения термографии и пирометрии для диагностики объектов электрического подвижного состава. Разработана методика диагностики тяговых электродвигателей электровозов. Показана целесообразность применения тепловизора для выявления деффектных контактных соединений на электрическом подвижном составе. Приведены данные инфрокрасной диагностики трансформаторов тягового подвижного состава и результаты экспериментальных исследований тепловых полей электрооборудования электровозов [1,2] .

Библиографический список:

1.Тептиков Н.Р. Стационарная автоматизированная испытательная станция для послеремонтных испытаний электровозов : монография / Н.Р.Тептиков ; Рост.гос. унт. Путей сообщения. Ростов н/Д, 2011.

2.Губарев П.В.,Пронников Ю.В., Сериков М.В., Тептиков Н.Р. Диагностирование электровозов переменного тока при приемо-сдаточных испытаниях методом тепловизионного контроля. Сборник трудов молодых ученых, докторантов и аспирантов. РГУПС. Ростов-на-Дону, 2010.

Испытательная станция электромашинного цеха (фрагмент)
План расположения оборудования на отм. 0.000



Испытательная станция электромашинного цеха (фрагмент)
План расположения оборудования на отм. +2.600

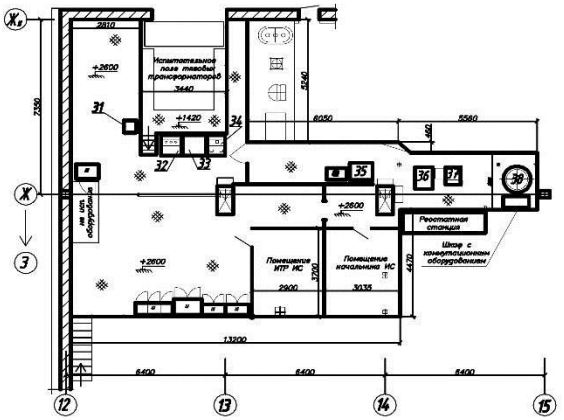


Рисунок 1 – Планировка испытательной станции

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
			Оборудование на отм. 0.000			
		1		Трансформатор	1	
		2	мод. АТ–380/0–380В	Автотрансформатор	1	
			инв. N3Н–0799			
		3	мод.Т2–ОМ–5/15 5кВа	Трансформатор высоко–		
			220/1500В	вольтный	1	
		4	мод.Т1 НОМ–100/100кВа	Трансформатор	1	
			350/10000 В			
		5	мод. ТМ–160/10–66	Трансформатор ОСУ	1	
			инв. N3Н–0813			
		6	инв. N 9Х–0026	Стенд для испытания		
				трансформаторов типа		
				ОДЦЭ индуктивным	1	
				напряжением, в составе:		
		6.1	инв. N 53 –0520	Агрегат		
				преобразовательный	1	
		6.2	инв. N 53 –0523	Шкаф коммутации	1	
		6.3	мод.ТМ100/6	Трансформатор	1	
			инв. N 53 –0521			
		7	мод.П–111; инв. N3Н–0819	Генератор	1	
		8	мод.СГ–13–52–6/1000	Генератор с агрегат–	1	
			чертN ЭК–48–74/14.00	ным двигателем		
			инв.N3Н–0820			
		9	мод.МА–195–118/35	Регулятор напряжения		
			инв.N3Н–0824	индукционный	1	
				(испытание трансформаторов)		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
		10	мод. МА–195–99/25	Регулятор напряжения	1	
			инв.N3Н–0822	индукционный		
				(испытание трансформаторов)		
		11	мод. ИР14/40; инв.N3Н–0823	Регулятор напряжения		
				индукционный	1	
		12	мод. РОТ25/5;	Трансформатор	1	
			инв. N3Н–0807	(испытание вспом. машин		
				ВЭ–056; ВЭ–089; Д–810)		
		13	мод. РОТ25/5;	Трансформатор		
			инв. N3Н–0807	(испытание ТЭД на х.х)	1	
		14	мод. РОТ25/5;	Трансформатор	1	(консерв.)
			инв. N3Н–0807			
		15	мод. РОТ25/5;	Трансформатор	1	
			инв. N3Н–0807	(испытание вспом. машин		
				ВЭ–056; ВЭ–089; Д–810)		
		16	мод. МА–195/190кВа	Двухмашинный агрегат	2	
			чертN ЭК–46–74/25.00			
		17	мод. МА–195–99/25	Регулятор напряжения		
			инв.N3Н–0811	индукционный	1	
				(испытание вспом. машин		
				постоянного тока)		
		18		Клеммовая колонка		
				аппаратуры испытания	4	
		19	Черт.ЭК–48/74–34–00	Стенд испытательный		
			Инв№ 3Н–0106	тягового двигателя	2	
		20	Черт. 06–80–523 НЭВ3	Стенд для проверки		
				уровня вибрации тягового		
				двигателя	1	
		21		Стенд для испытания т.д		
				электровозов ЧС	1	
		22	Мод.АС–ВДМ–1–ЛГ	Трехмашинный агрегат	1	
		23	Мод.АС–ВДМ–2–ЛГ	Трехмашинный агрегат	1	
			Черт. ЭК–48–74/55–00			
			Инв№ 3Н–0803			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
		24	Черт. ЭК–48–74/41–00	Шкаф переменного тока		
			Инв№ 3Н–0018			
			Черт. ЭК–48–74/42–00			
			Инв№ 3Н–0810	Ячейки КСМ 366	3	
		25	Черт. ЭК–48–74/57–00	Агрегат возбудителей АГ и		
			Инв№ 3Н–0808,	ВДМ	1	
			Инв№ 3Н–0809		1	
		26	Черт. ЭК–48–74/58–00	Агрегат преобразователя		
				частоты (тягового		
				двигателя)	1	
		27	Черт. ЭК–48–74/43–00	Электрошкаф испытатель–		
			Черт. ЭК–48–74/50–00	ной станции ТЭД №1	1.3	
		28	мод.11 ДК421413.003	Испытательная станция		
			инв. номер 9Х–0030	ТЭД №2	1	
		29	Черт. ЭК–48–74/24.00	Шкаф фазорасщепительный		
			Инв№ 3Н–0113	аппаратуры испытания	2	
		30	Черт. ЭК–48–74/24.00.01	Шкаф фазорасщепительный	1	
			Инв№ 3Н–0113			
		31		Пульт управления		
				стендом поз.6	1	
		32	инв. N3Н–0153	Стенд для измерения Rом	1	
		33	инв. N3Н–0147	Стенд для испытания	1	
		34	инв. N3Н–0157	Стенд для испытания		
				трансформаторов	1	
		35		Регулятор напряжения	1	
				(агрегат проверки		
				надежности пайки)		
		36	Инв№ 3С–0101	Регулятор напряжения	1	
				(агрегат испытания		
				вспомогательных машин)		
		37	Инв№ 3Н–0817	Трансформатор	1	
		38	инв. N3Н–0816	Автомат АРН–50А	1	
				(индукционный регулятор)		

ТОРОПОВ М.Н., КРУГЛОВ В.М. КОКОТКИН В.З., СЕЛИВАНОВ А.С., ПЕРКОВ И.Е., ВАСИЛЬЕВ Н.В. (МИИТ, г. Москва).

НОВЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ, ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И РЕСУРСА СИСТЕМ ВОДООХЛАЖДЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ, ВОДОПРОВОДНЫХ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

От качества водопроводной воды зависят энергоэффективность и ресурс эксплуатации как систем водоохлаждения локомотивов, так и систем водотеплоснабжения ремонтных предприятий. Образующиеся при работе систем на поверхностях, контактирующих с жидкостью, накипно-коррозионные отложения значительно уменьшают теплоотдачу и теплопередачу конструкций. Тем самым в значительной степени ухудшают эффективность работы указанных систем.

К этому добавляется два существенных фактора: коррозионная агрессивность воды в системах и интенсивность накипеобразования, не регламентируемые санитарными нормами. Так на территории РФ, скорость коррозии трубопроводов систем водотеплоснабжения превышает аварийные значения (0,2 мм/год) в 2-8 раз. Толщина накипно-коррозионных отложений в трубах составляет от 2 до 12 и более мм. Известно, что теплопроводность накипно-коррозионных отложений составляет от 0,1 до 3,0 Вт/м2·0С при теплопроводности трубной стали 55 Вт/м2·0С, латуни, применяемой для конструкций водоохлаждения локомотивов порядка 111 Вт/м2·0С. То есть они уменьшают теплопередачу и теплоотдачу трубной стали в 18,3-550 раз, латуни в – 37-1110 раз, обуславливая тем самым перерасход ТЭР при эксплуатации систем, значительно уменьшая их надёжность и ресурс.

Для приведения качества воды в системах в соответствие с нормативами, разработан энергетический метод воздействия (ЭМВ). Метод основан на использовании электрических полей веществ, применяемых при изготовлении специальных ремонтно-восстановительных составов, для управления направленностью физико-химических процессов при разрушении накипно-коррозионных отложений (при их наличии) и создания защитной плёнки на поверхности. В качестве ингредиентов составов используют инертные материалы, разрешённые для очистки питьевой воды и прошедшие дополнительную активацию. Под активацией подразумевается увеличение энтальпии и площади эффективной поверхности. Никакие химически активные элементы в методе не используются. Обработка одноразовая на срок не менее 5-7 лет.

Применение ЭМВ происходит на работающем объекте без вывода его из эксплуатации. Разработанная методика обработки обеспечивает мелкодисперсное разрушение накипно-коррозионных отложений, что в сочетании со своевременной гидравлической промывкой контура, исключает забивание системы продуктами разрушенных отложений. При этом новых отложений на поверхности не образуется вследствие получения низкой адгезии частиц отложений к материалу конструкции. При сбросе продуктов разрушенных отложений в канализацию предельное содержание загрязняющих веществ находится в соответствие с санитарными нормами. На поверхности, в том числе и не покрытой отложениями, образуется тонкая, плотная, прочная защитная плёнка, соответствующая по своим физико-механическим свойствам таковым у основного металла. Она способствует и затягиванию мелких дефектов на поверхности систем. За счёт вышеуказанных явлений, а также мелкодисперсной коагуляции взвеси в объёме охладителя или теплоносителя обеспечивается автоматическое регулирование параметров водно-химического режима (ВХР), даже при отказе от традиционной химводоподготовки. Положительные стабильные результаты при использовании ЭМВ обеспечиваются адресным применением того или иного состава в зависимости от состояния как самого теплоносителя (охладителя) так и системы. Учитываются и интенсивность накипеобразования, коррозионная агрессивность среды, то есть параметры, активно влияющие на процессы снижения надёжности и ресурса эксплуатации. Окупаемость указанных технологических мероприятий находится в пределах - 9-15 месяцев. Химический состав воды на объекте теплоснабжения не является препятствием для ЭМВ.

А теперь о некоторых результатах проведённых работ. На магистральных тепловозах 2М62У технология была проверена при вскрытии цилиндро-поршневых групп и сравнительного комиссионного осмотра водяной системы необработанной и обработанной ремонтным составом секций через год после обработки. В результате комиссионного осмотра было установлено, что не разрушаются элементы водяной системы. Состав не мешает обычной эксплуатации даже при низких отрицательных температурах (-360С). Водяные системы не засоряются продуктами отмывки, состав очищает систему от отложений и накипи, улучшается работа узлов даже не контактирующих с водой.

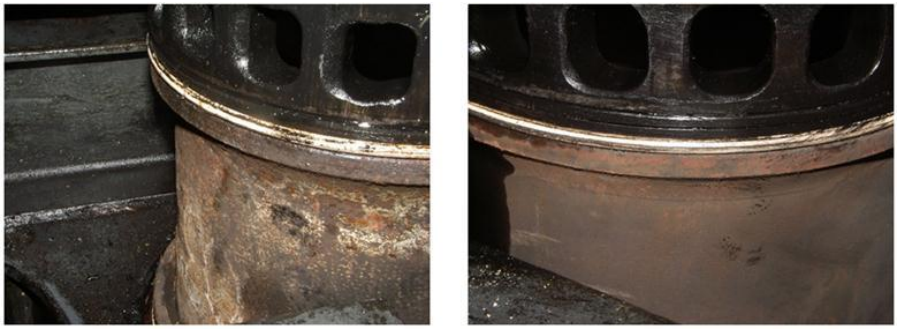


Рисунок 1. Состояние цилиндровых втулок до и после обработки ЭМВ

Метод проверен и на системах водоохлаждения тепловозов ТГМ-4, работающих на «сырой» воде. Установлено, что при использовании ЭМВ параметры воды в системах водоохлаждения приводятся в соответствие с требованиями распоряжения Минтранса РФ от 30.03.2001 г. № АН-25-р (табл. 1).

Таблица 1. Параметры воды в системе водоохлаждения ТГМ-4 до и после применения ЭМВ в сравнении с нормативами Минтранса

Параметры воды	До обработки	После обработки	Норматив Минтранса
Жесткость, мг-экв/л	3,25	1,90	2,50
Cl, мг/л	55,20	7,90	30,00
Ph	8,95	10,70	10,80-11,50
Взвешенные вещества, мг/л	0,85	0	0
Щёлочность, мг-экв/л	2,20	1,90	1,50-2,50

При этом отмечено значительное уменьшение скорости коррозии в системах и уменьшение расхода топлива (в пределах 2-8%).

География применения ЭМВ на ремонтных предприятиях отрасли приведена на рисунке 2.



Рисунок 2.

Во всех случаях применения параметры ВХР на объектах были приведены в соответствие с нормативными документами. Системы очистились от накипно-коррозионных отложений. Отмечены стабильные положительные результаты в течение длительного срока наблюдения (рисунок 3).



Рисунок 3. Внешний вид верхнего барабана парового котла (толщина отложений 2,2-2,5 мм) до, через 6 и 44 месяца после применения ЭМВ (однократная обработка).

Возможные статьи экономии материальных средств при использовании ЭМВ на котельных контурах: уменьшение затрат ТЭР за счёт увеличения теплоотдачи конструкций на 9-18%; сокращение затрат на ремонт оборудования и перекладку теплопроводов за счёт кратного уменьшения скорости коррозии; уменьшение водопотребления и водоотведения за счёт ликвидации утечек; уменьшения вредных выбросов в атмосферу; уменьшение расходов электроэнергии на транспортировку теплоносителя.

Динамика изменения скорости коррозии в тепловых сетях одного из московских вокзалов в течение 9 лет после обработки представлена на рисунке 4.

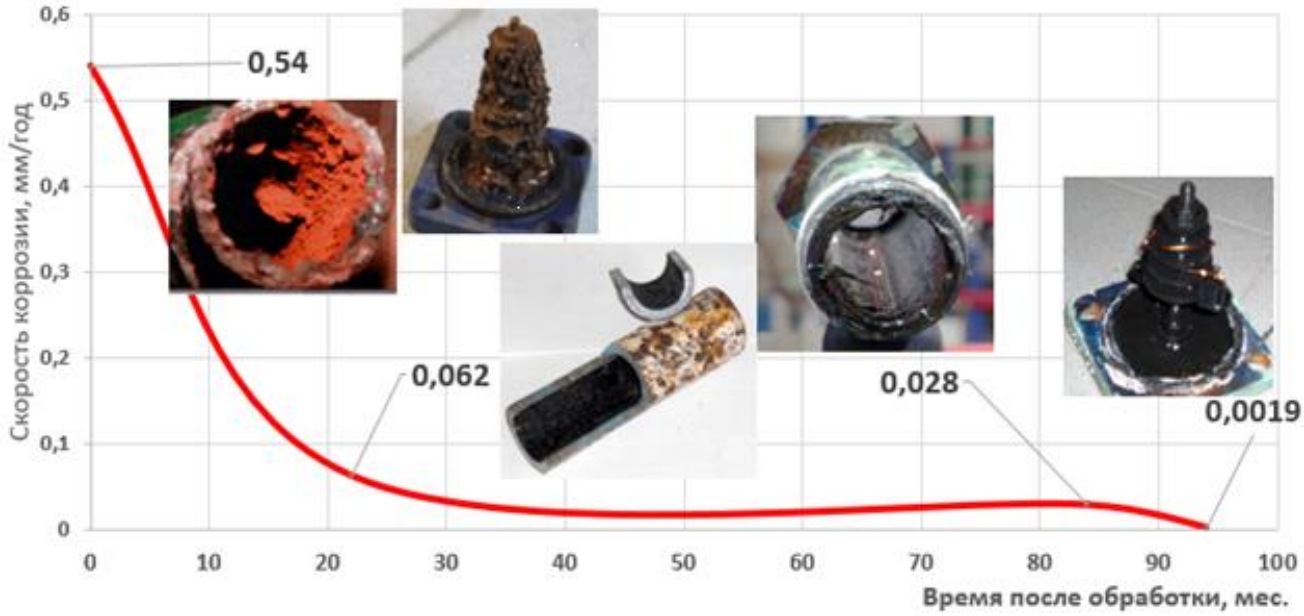


Рисунок 4. Кратное уменьшение скорости коррозии в тепловых сетях в результате применения ЭМВ

Как видно из рисунка 4, скорость коррозии на объекте в результате применения ЭМВ уменьшилась в 285 раз.

Основные виды экономического эффекта от применения ЭВМ на тепловых сетях следующие:

- Сокращение затрат на текущий и капитальный ремонт трубопроводов в виду кратного уменьшения скорости коррозии и интенсивности накипеобразования. Новые стальные трубы, при подобных скоростях коррозии могут прослужить 50-70 лет.
- При кратном уменьшении скорости коррозии, получении стабильного ВХР изменяется подход к проведению ремонтных работ – от единовременной замены всех трубопроводов к выборочно-поэтапной. Это значительно сократит расходы и улучшит качество ремонта. Следует учитывать, что даже после замены 2/3 всего объема обработанных трубопроводов на новые, энергетический потенциал, образующийся при энергетическом методе, переносится и на новые участки.
- Существенное сокращение потребления теплоты после ЭМВ (10-15%).

В результате применения метода на водопроводных сетях качество воды приведено в соответствие нормам СанПиН (рисунок 5).

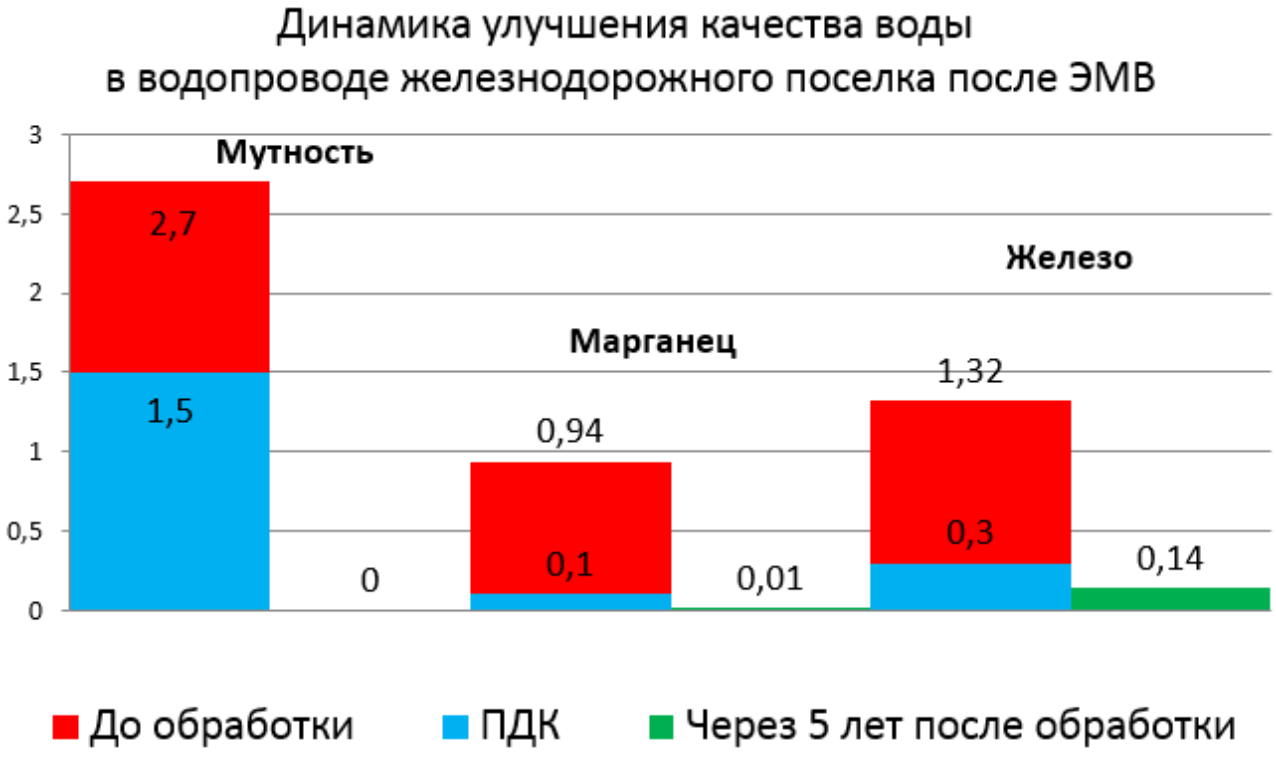


Рисунок 5.

Метод использован на системах питьевого водоснабжения более чем 1500 пассажирских вагонов, в том числе и дальнего международного сообщения. Обработка проводилась как при эксплуатации, так и при капитальных ремонтах.

На трёх международных выставках в области водоподготовки (ЭКВАТЭК 2006, ЭКВАТЭК 2008, «Мир чистой воды») разработка отмечена золотой медалью и дипломами.

ТЭТТЭР В.Ю., (Энергосервис, г. Омск)

ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Цели цифровизации в локомотивном хозяйстве:

- Снижение затрат на неплановые ремонты;
- Повышение качества ремонтов;
- Повышение коэффициента готовности локомотивов;
- Устранение фактов нарушения режимов эксплуатации локомотивов.

Авторитетные специалисты предлагают поэтапный поход с решением следующих технических и организационных задач:

1) оценка фактического технического состояния максимально возможного количества наиболее ответственных узлов;
2) прогнозирование остаточного ресурса отдельных узлов и локомотива в целом;
3) выявление нарушений режимов эксплуатации;
4) осуществление эффективного управления движением.

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Применительно к локомотивам оценку технического состояния желательно проводить как в процессе эксплуатации, так и в процессе ремонта или технического обслуживания (входной и выходной контроль). Основой для оценки должны стать современные программно-аппаратные средства контроля и диагностирования. В первом случае потребуются бортовые системы, во втором – стационарные или передвижные (переносные) системы.

К их минимальным функциональным возможностям можно отнести:

- наличие измерительных функций для определения количественных характеристик значимых параметров (параметров, характеризующих возможность объекта выполнять заданные функции) отдельных узлов и устройств локомотива с целью дальнейшего сравнения их с пороговыми значениями;
- наличие достаточного объема памяти для хранения данных о результатах диагностирования за длительный период, например, 3-4 года;
- возможность передачи данных в сетевые структуры (предпочтительно по беспроводной связи);
- возможность автоматизированной идентификации отдельных деталей, узлов и агрегатов, подвергающихся контролю и диагностированию;
- программное обеспечение (ПО) должно быть не лицензионным;
- ПО должно обеспечивать самотестирование диагностического оборудования (ДО);

- ПО должно отвечать требованиям ОАО «РЖД» о безопасности передачи и хранения информации.

«Белые пятна» в проблеме с точки зрения разработчиков диагностического оборудования:

1) модернизировать или заменять существующее устаревшее диагностическое оборудование;
2) прогнозирование остаточного ресурса – сложная и пока далекая от решения проблема (нет моделей развития отказов; количество моделей должно быть достаточно велико;
3) кадровая проблема.

ВЫВОДЫ:

1. Внедрение технологий 4.0 в локомотивное хозяйство – перспективный проект, направленный на сокращение расходов и улучшение качества ремонта и обслуживания локомотивов.
2. Цифровые технологии предполагают переход от планово-предупредительной системы ремонта локомотивов к ремонту по фактическому состоянию.
3. Наиболее сложными и трудоемкими задачами перехода к новой системе ремонта являются:
   - оценка фактического технического состояния;
   - определение остаточного ресурса отдельных узлов и локомотива в целом.
4. Переход от одной системы ремонта к другой должен осуществляться постепенно и поэтапно, в течение трех – пяти лет.
5. Для реализации проекта необходимы дополнительные организационные меры:
   - разработка четкой стратегии поэтапной реализации проекта;
   - определение источников финансирования;
   - конкретизация технических требований к первому уровню системы – диагностическому оборудованию;
   - разработка программы замены или модернизации устаревшего диагностического оборудования;
   - создание программы по разработке новых видов диагностического оборудования;
   - мероприятия, координирующие действия заказчиков и разработчиков диагностического оборудования.
6. Необходимо стимулировать разработку программ переподготовки специалистов по диагностическому оборудованию.

ХРАПИН А.А., ХРОМОВ И.Ю
(Инжиниринговый центр ЛокоТех)

ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЛОКОМОТИВОВ

На отечественном железнодорожном транспорте в 2014-м году произошёл переход на сервисную систему технического обслуживания и ремонта локомотивов (ТОиР). С 2018 года для вновь выпускаемых локомотивов предусмотрен контракт жизненного цикла (КЖЦ). Эти обстоятельства предъявляют повышенные требования к управлению надёжностью локомотивов, стоимостью их жизненного цикла. Необходимо создать единое информационное пространство, в котором будут регистрироваться параметры локомотивов и его оборудования при выпуске, эксплуатации и ТОиР, с целью обеспечения КЖЦ комплексной информацией об эксплуатации, надёжности и сервисном техническом обслуживании локомотивов. Для этого предлагается на основании всех источников информации (прежде всего – уже имеющихся) реализовать комплексное хранилище данных с наглядным и дружественным интерфейсом. Схема предлагаемой системы приведена на рисунке 1.

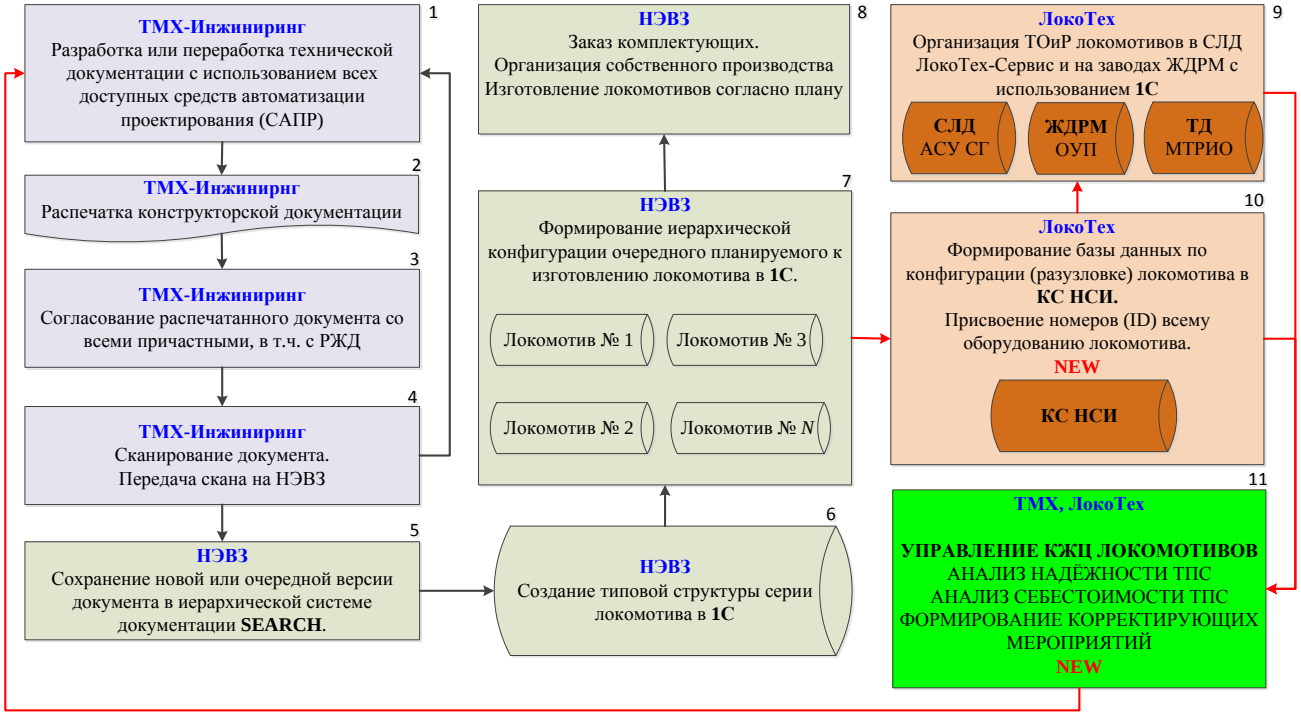


Рисунок 1 *– Схема интеграции информации для КЖЦ*

Предлагаемая модель была подробно рассмотрена на примере интеграции с АСУ Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ). Первая группа работ по цифровизации НЭВЗ связана с внедрением различных технологий, входящих в понятия «Индустрия 4.0», CPS (Cyber Physical Systems)

и «Интернет вещей»: установка различного рода датчиков для мониторинга производственных процессов. Аналогичные экспериментальные работы велись в СЛД «Волхов» и ведутся в настоящее время в СЛД «Братское». Вторая группа работ по цифровизации НЭВЗ связана с автоматизацией управления производством локомотивов (Рисунок 1). В результате разработки документации (блок 1), её согласования (блоки 2 – 3) формируется база данных документации с учётом всех изменений (блоки 4 – 5) с использованием программного продукта Search. На основании информации Search в 1С формируется информация о составе серии (разузловка) – блок 6. Далее для каждого изготавливаемого локомотива формируется его индивидуальная конфигурация (блок 7), на основании которой формируется план подготовки производства.

В качестве особенностей АСУ НЭВЗ следует отметить следующее: в базе данных НЭВЗ нет пономерного учёта установленного на локомотиве оборудования (блок 7). Эту проблему можно решить путём установки в условиях СЛД RFID меток на оборудование как на вновь поступающих, так и на уже эксплуатируемых локомотивах. При разработке конструкторской документации логично сразу указывать, какое техническое обслуживание и ремонт будут нужны для разрабатываемого узла, а также график проведения данных ТО и ремонтов. Необходимо организовать эту работу силами НЭВЗ с подключением Инжинирингового центра АО «Желдорреммаш» (ИЦ ЖДРМ).

Предлагается, в качестве пилот-проекта единого информационного пространства АО «Трансмашхолдинг» (ТМХ), осуществить стыковку АСУ НЭВЗ (Рисунок 1, блок 7) с АСУ ЛокоТех (блок 9) в части передачи в Корпоративную систему нормативно-справочной информации (КС НСИ) ЛокоТех данных о разузловке экземпляров локомотивов (блок 10) и на основании исходной информации о локомотиве из АСУ НЭВЗ (блоки 7 и 10) и данных о техническом обслуживании и ремонте локомотивов из АСУ ЛокоТех (блок 9) формировать комплексную информацию для управления жизненным циклом (КЖЦ) локомотива.

В АСУ «Сетевой график» формируются следующие данные жизненного цикла по каждому локомотиву каждого сервисного локомотивного депо: пробеги локомотивов; режимы их эксплуатации (нарушения); предотказные состояния и замечания, в т.ч. по данным МСУ локомотивов; выполненные цикловые работы с привязкой к классификатору оборудования; выполненные сверхцикловые работы с привязкой к классификатору оборудования; трудовые затраты по каждой работе; затраты ТМЦ со склада или выданных на подотчёт; затраты МПИ со склада МПИ; исполнители работ; продолжительность простоя

локомотива в СЛД с разбивкой по состояниям; пономерные данные о замене и ремонте линейного оборудования (МПИ). В АСУ ЖДРМ (ОУП и ЭПП) формируется аналогичная информация при выполнении средних и капитальных ремонтов (СР и КР). В АСУ заводов ТМХ (НЭВЗ, КЗ, БМЗ), в информационных системах ТМХ-Инжиниринг и Инжинирингового центра формируются данные о номерах чертежей каждого вида линейного оборудования (будущего МПИ).

Реализация единого информационного пространства планируется путем создания программного обеспечения «Электронный паспорт локомотива», проектная архитектура системы и взаимодействия которого приведены на рисунке 2.

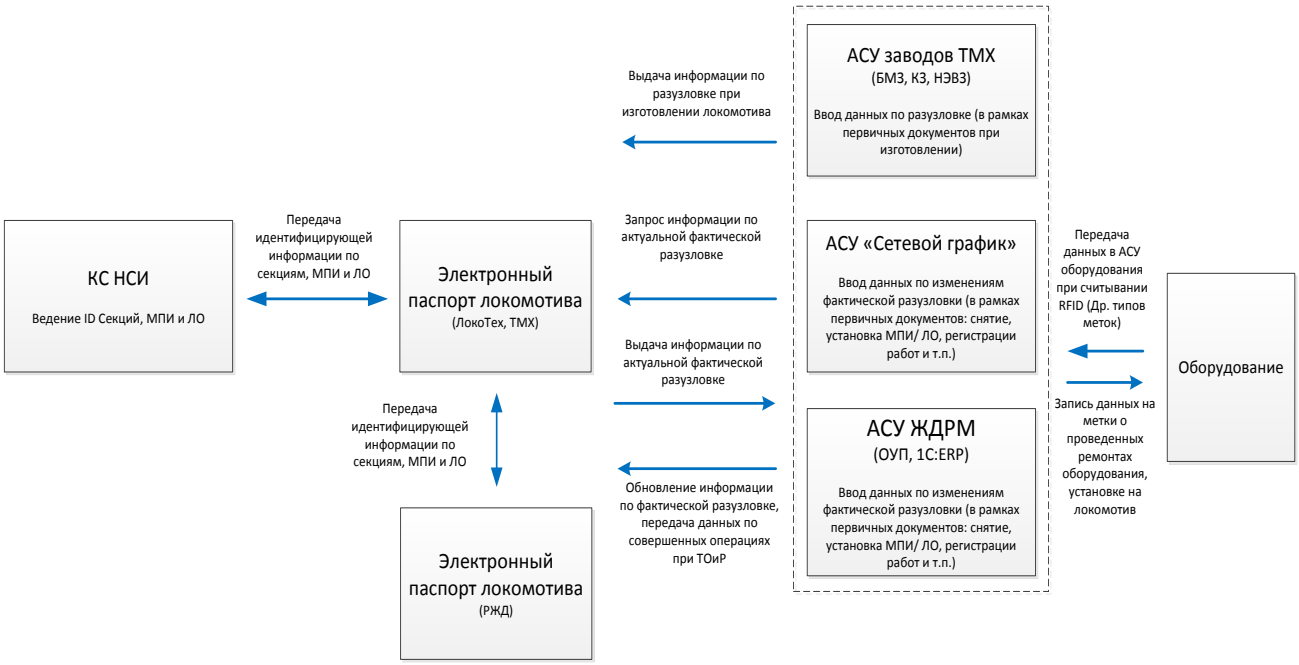


Рисунок 2 *– Функциональная архитектура и взаимосвязи со смежными системами*

Цели проекта:

1. Повышение качества ремонтов и снижение сверхцикловых работ за счет обеспечения всех участников процесса единой и консолидированной информацией о состоянии локомотива;
2. Снижение стоимости жизненного цикла локомотива за счет повышения информированности управленческих решений, что в свою очередь обеспечивается за счет создания аналитической базы данных по различным характеристикам ЖЦ локомотива и истории их изменений с возможностью перекрестного анализа данных.

ПЛАНИРУЕМЫЙ ФУНКЦИОНАЛ ПРОЕКТА:

1. Ведение идентификационной информации по конкретной секции локомотива (серия, год выпуска, производитель, депо приписки и т.п.)
2. Просмотр эталонного состава узлов локомотива по серии
3. Просмотр информации по актуальному пономерному составу узлов локомотива
4. Просмотр информации по истории замены узлов локомотива
5. Просмотр информации истории выполненных заводских ремонтов по секции локомотива\конкретным узлам
6. Просмотр информации по выполненным деповским ремонтам по секции локомотива\конкретным узлам
7. Просмотр информации по пробегу локомотива, по наработке узлов локомотива, измеряемым техническим параметрам локомотива и их истории изменений
8. Просмотри информации по истории перемещений локомотива: заход\выход в депо\завод, передвижения по полигону
9. Просмотр информации по истории замечаний\результатов диагностики локомотива, по отказам локомотива\узлов локомотива. Просмотр информации по актуальным не устраненным замечаниям
10. Консолидация показателей жизненного цикла локомотива (стоимость, сроки, трудоемкость и т.п.)
11. Возможность анализа информации по выборке серий локомотивов:
    - по структуре парка локомотивов;
    - по заменам узлов;
    - по выполненным ремонтам;
    - по перемещениям\пробегам;
    - по отказам\инцидентам;
    - сводных показателей по различным этапам жизненного цикла локомотива.
12. Автоматическая передача информации по актуальному составу узлов локомотива в ЭПЛ РЖД.

ХРОМОВ И.Ю., БАРКУНОВА А.А., НИКИШКИНА Е.А.

МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ

Термин «Мониторинг» употребляется в современных языках в достаточно широком смысле. Происходит термин от латинского слова «monitor» (наблюдение, контроль, предостережение), являющегося производным от глагола «monere» («предостерегать»). В данной статье под Мониторингом будет пониматься процесс сбора, обработки и регистрации информации о работе локомотива, диагностической информации о техническом состоянии локомотива с целью поддержки принятия управленческих решений по сервисному техническому обслуживанию и ремонту локомотивов для поддержания их в исправном техническом состоянии.

Понятие «Мониторинг» тесно связано с понятием «Техническое диагностирование», в рамках которого решаются следующие три задачи:

- определение технического состояния локомотива (исправен – не исправен, работоспособен – не работоспособен, правильно функционирует – не правильно функционирует);
- локализация места отказа (с точностью до типа оборудования, узла, детали);
- прогнозирование работоспособности.

Все три задачи систем диагностирования входят в задачи системы Мониторинга: отличие Мониторинга от Диагностирования связанно с временными характеристиками процессов. Кроме того, Мониторинг подразумевает одновременный контроль всех локомотивов, диагностирование, как правило, касается конкретного объекта [1].

В ООО «ЛокоТех» поставлена задача использовать возможности бортовых микропроцессорных систем управления и диагностики локомотивов для определения технического состояния локомотивов. Развёрнута крупномасштабная работа по мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) всех видов. Созданы группы диагностики в 78 сервисных локомотивных депо общей численностью 182 человека. По данным МСУ выявляются предотказные состояния локомотивов, устраняемые при проведении сервисного обслуживания.

Основными источниками формирования информации по нарушениям режимов эксплуатации и предотказным состояниям являются:

- МСУ для непосредственного управления локомотивом: МСУД, МСУЭ, МПСУ-ТП, МСУ-ТП, МСУ-ТЭ, УСТА и др.;
- Системы автоведения (УСАВП);

- Системы учёта топлива: АПК «Борт», РПРТ и др.;
- Приборы безопасности: КЛУБ-У, САУТ-ЦМ, БЛОК и др.;
- Прорабатывается вариант использования системы КВАРЦ.
- Информационная система ОАО «РЖД» АСУ НБД и АСУ НБД-2.
- Система ГИД «Урал».

Мониторинг показал, что в процессе эксплуатации локомотивов допускаются нарушения режимов эксплуатации локомотивов, которые значительно влияют на надежность локомотива на всем контракте жизненного цикла (КЖЦ).

Надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [2].

Заложенная на стадии изготовления надежность локомотивов реализуется в конкретных условиях эксплуатации, причем на элементы оборудования локомотивов оказывают влияние как параметры климатических условий, так и показатели режимов работы.

Нарушения режимов эксплуатации (НРЭ) локомотивов существенно влияют на надёжность локомотива в целом и его отдельные узлы, приводят к преждевременному износу оборудования, возникновению риска отказов тягового оборудования и дизель генераторной установки, увеличению времени нахождения локомотивов в неэксплуатируемом парке, дополнительному отвлечению ремонтного персонала на сверхцикловые работы [3].

Наиболее подвергнутые отказам из-за НРЭ являются тяговые электродвигатели (ТЭД), колёсно-моторный блок, дизель и дизельное оборудование, ремонт или замена которых составляет существенную статью расходов сервисной компании.

Расходы на устранение отказов, последовавших за нарушениями, относятся за эксплуатационным депо как непредвиденные расходы. Такой подход к выявленным нарушениям эксплуатации локомотива позволяет уменьшить затраты сервисной компании на устранение последствий браков, но не позволяет в полной мере решить проблему наличия самих нарушений [4].

Рассмотрим десять наиболее часто встречающиеся НРЭ тепловозов и электровозов за 9 месяцев 2018 г. (таблица 1), зафиксированных в Единой системе мониторинга технического состояния (ЕСМТ).

Анализ приведенных в таблице данных показал, что на первые 10 позиций приходится 72% от общего количества НРЭ.

Таблица 1 – Нарушения режимов эксплуатации локомотивов

№	Нарушения режимов эксплуатации локомотивов (НРЭ)	%
1	Следование по лимитирующему подъему со V ниже расчетной	19,1%
2	Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу	18,7%
3	Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей	9,3%
4	Боксование колёсных пар	8,6%
5	Нарушение порядка продувки тормозной системы	3,6%
6	Отключение мотор-вентиляторов на выбеге	3,6%
7	Превышение массы поезда	2,9%
8	Нет вентилирования тяговых электродвигателей	2,6%
9	Работа дизеля под нагрузкой при заниженной температуре теплоносителей	1,9%
10	Отключение системы автоподачи песка	1,7%

Самым распространённым НРЭ локомотивов является ведение поезда на руководящем подъеме с критической массой поезда со скоростью ниже установленной (8566 случаев), что может привести к повреждению и выходу из строя ТЭД. Преимущественно данное НРЭ наблюдаются на Восточном полигоне. Помимо этого, допущено 8382 случая работы дизель-генераторных установок (ДГУ) тепловозов на нулевой позиции контроллера машиниста более двух часов (рисунок 1). Это влечёт за собой выход из строя оборудования и агрегатов дизеля: турбокомпрессора, выпускного коллектора, форсунок. Зафиксировано 3845 эпизода боксования колёсных пар (приводит к выходу из строя тяговых электродвигателей).

По статистическим данным компании ООО «ЛокоТех», 2486 случая неплановых ремонтов (НР) произошли из-за НРЭ локомотивов, что составляет примерно 5,6% от общего числа НРЭ. Следует отметить, что большинство этих отказов являются дорогостоящими, т.к. связаны с ремонтом тяговых электродвигателей и дизеля.

На «пространстве 1520» существует положительный опыт применения встроенных защит локомотивов, в рамках внедрения технологии «Встроенное качество», в которых система управления способна корректировать действия машиниста, чтобы предотвратить появление НРЭ.

Такие защиты в ООО «ЛокоТех» носят название «Алгоритмические защиты» и реализованы на примере некоторых серий тепловозов и электровозов.

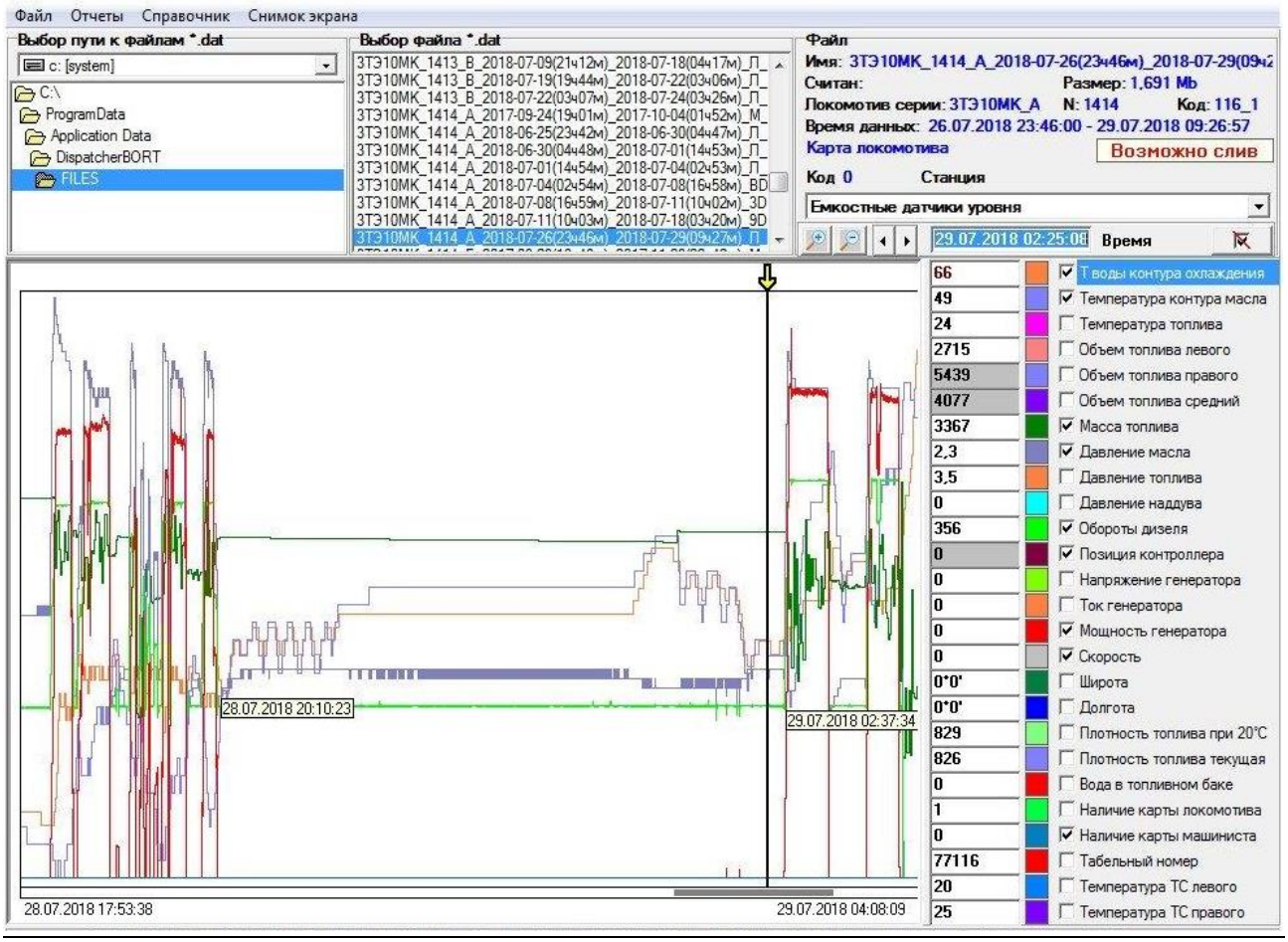


Рисунок 1 *– Пример обнаружения нарушения режимов эксплуатации*



Рисунок 2 *– Внедрение алгоритмических защит на локомотивах, оборудованных МСУ*

На рисунке 3 отображено, сколько НРЭ приходится на различные серии локомотивов, а также просчитан удельный показатель, показывающий, какое количество НРЭ приходится на секцию локомотива каждой серии.

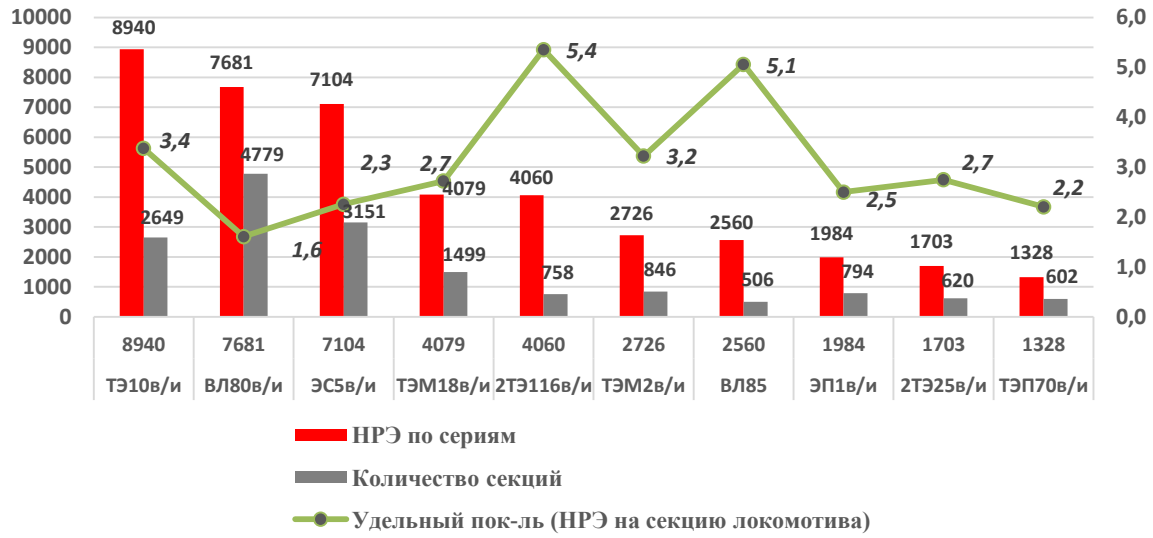


Рисунок 3 *– Распределение НРЭ по секциям локомотивов*

На некоторых опытных локомотивах алгоритмы защиты уже установлены. Так, по данным на 2017 год, внедрение алгоритмических защит на тепловозе 3ТЭ10МК-1267 позволило существенно повысить его надёжность: число неплановых ремонтов было снижено на 26 % [5].

ВЫВОД: Таким образом, алгоритмические защиты существенно снижают количество НРЭ, минимизируя влияние человеческого фактора. Необходимо продолжить внедрение алгоритмических защит локомотивов, непрерывно совершенствуя и дополняя алгоритмы программы. Кроме того, внедрение алгоритмических защит в программное обеспечение МСУ локомотивов позволит сократить потери компании из-за отказов оборудования, произошедших вследствие нарушений режимов эксплуатации.

Библиографический список

1. Лакин, И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов [Текст]. Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. И.И. Лакин.–М, МИИТ,2016.– 18 с.
2. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения [Текст]. 2015, 2 с.
3. В.Минаков. Без хозяйского подхода [Электронный ресурс], – http://www.gudok.ru/zdr/167/?ID=1378871&archive=43655
4. Алгоритмическая защита локомотивов [Электронный ресурс], – http://scbist.com/scb/loc15/loc15%20-%200040.htm
5. Аболмасов, А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания [Текст]. Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. Наук. А.А. Аболмасов. – М, МИИТ, 2017. – 122 с.

ХУДОРОЖКО В.А., ВАСИЛЬЕВ А.В., ВАНИН И.В.
(Инжиниринговый центр ЛокоТех)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Сложившаяся ситуация по техническому состоянию эксплуатируемого парка локомотивов и требования безопасности движения поездов делают актуальным обновление парка локомотивов и (или) обоснованное установление и продление назначенного срока службы (далее – ПНСС) локомотивов и их основного оборудования.

В соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации железных дорог РФ (ПТЭ), запрещается установка на подвижной состав деталей и узлов, назначенный срок службы которых истек, а также требований Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) определяющего требования к продлению срока службы локомотивного оборудования.

Оценка ресурса проводится в отношении критических элементов базовых частей оборудования, испытывающих при эксплуатации наибольшее действие механических нагрузок в диапазоне чисел циклов от 100 (статическое нагружение) до 109 (многоцикловое нагружение) и осуществляется в начале или на любой стадии эксплуатации с использованием данных о состоянии объекта. При этом учитываются накопленные в процессе эксплуатации циклические, временные, коррозионные и др. повреждения, а также основные конструкционные, технологические и эксплуатационные факторы, изменяющие характеристики и определяющие наступление предельных состояний критических элементов оборудования.

К такому оборудованию относятся агрегаты и детали силового и вспомогательного оборудования, в том числе дизельные двигатели, тяговые генераторы, электродвигатели и др.

Сроки их службы определяются, прежде всего, достижением регламентированных Правилами ремонта, техническими условиями и Руководствами по эксплуатации предельных значений: геометрических (диаметр, толщина и т.п.), физических (износ, старение и проч.) и электрических (потеря электротехнических свойств и т.п.) параметров. Для установления новых назначенных сроков службы оборудования необходимо определить их базовые части, критические элементы (по ГОСТ Р 57445-2017) и в отношении этих элементов, после исчерпания ими допусков на указанные параметры, провести работы по оценке ресурса.

Критерии предельного состояния устанавливают по совокупности признаков, на основании которых следует считать невозможным дальнейшее использование объектов по неустранимым причинам:

- нарушения требований безопасности;
- выход заданных параметров за допускаемые пределы.

Признаками предельного состояния являются:

- снижение несущей способности и коэффициента запаса сопротивления усталости ниже допускаемого уровня, обеспечивающего безопасность эксплуатации объекта в течение назначенного срока службы;
- исчерпание ресурса;
- появление неустранимых дефектов в конструкции (трещины, деформации, коррозия, износ и др.);
- снижение электротехнических свойств железа электрических машин и аппаратов сверх допустимых).

В результате для проведения капитальных ремонтов локомотивов и локомотивного оборудования с назначением нового срока службы необходимы следующие этапы (Рисунок 1):

1. Принять решение об экономической целесообразности эксплуатации оборудования и текущего технического состояния оборудования,
2. Разработать ремонтную документацию на капитальный (средний) ремонт;
3. Подготовить ремонтное производство;
4. Провести предварительные и приемочные испытания отремонтированных объектов;
5. Утвердить ремонтную документацию для ремонта партии или серийного ремонта объектов, а также (при необходимости) новую эксплуатационную документацию, содержащую данные о послеремонтном/ межремонтном ресурсе (сроке службы) объекта (приемочная/квалификационная комиссия).

Анализ всего процесса продления срока службы локомотивного оборудования показал, что процесс занимает не меньше года, а даже более, что экономически не выгодно эксплуатирующим и сервисным компаниям с точки зрения времени и финансовых расходов.

Поэтому предлагается проводить вместо натурных испытаний железнодорожной техники расчетно-теоретический анализ с использованием 3D моделирования.

На сегодняшний день имитационное моделирование широко распространено в конструкторских бюро, инжиниринговых компаниях и наукоемких отраслях промышленности (атомная энергетика, автомобилестроение, авиационная промышленность, ракетно-космическая отрасль и т.д.).

На данных предприятиях используют различные различное программное обеспечение с использованием супер-ЭВМ для решения следующих задач (Таблица 1):

- быстропротекающие высоконелинейные процессы динамического деформирования конструкций;
- статическое и квазистатическое деформирование конструкций;
- вибрационная прочность конструкций;
- контактное взаимодействие с учетом трения;
- разрушение;
- теплопроводность;
- кинематика механических систем;
- детонация взрывчатых веществ.

Таблица 1. *Программное обеспечение для имитационного моделирования*

Пакеты программ	США, Евросоюз	Россия
Коммерческие пакеты программ STAR-CD (CCM+) ANSYS, LS-DYNA, ABAQUS, NASTRAN, MATFLOW и другие	**Продукты для коммерческого рынка (решение основных классов задач: гидро-,аэродинамики, прочности и т.д.)**	**Основные пакеты программ, используемые на предприятиях России.** **Полная зависимость от зарубежных коммерческих пакетов**
Пакеты программ крупных промышленных компаний: Boeing, Airbus, General Motors, Toyota	**Специализированные пакеты – основной инструмент проектирования продукции.** **Имеют закрытый характер и не доступны для широкого использования.** **Основа для разработки компьютерных моделей высокотехнологичных изделий крупных компаний.**	**Недоступны для использования в России**

ВЫВОД: применение имитационного моделирования на железнодорожном транспорте имеет перспективы в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение «Локомотивы. Порядок продления назначенного срока службы».П.15.01-2009, утвержденное решением Совета по железнодорожному транспорту государств – участников содружества № 53 от 20.10.2010 : ВНИКТИ», 2009.
2. Технический регламент ТС «О безопасности железнодорожного подвижного состава», ТР ТС 001/2011, утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 15.07.2011 № 710.

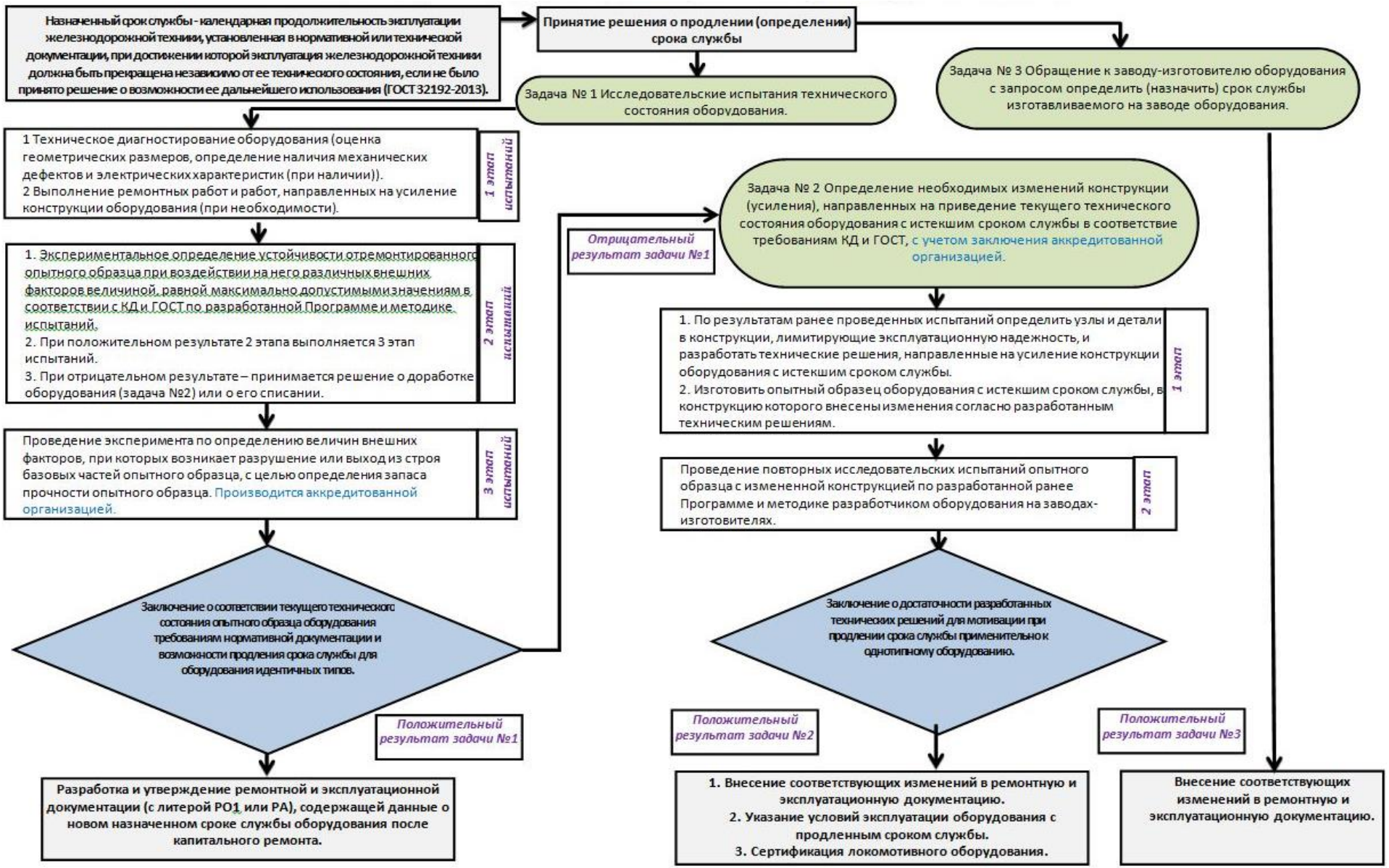


Рисунок 1. *Алгоритм продления (определения) срока службы или ресурса оборудования локомотивов*

УДК 629.423

ЧЕРЕМИСИН В.Т. д.т.н., профессор, ДОМАНОВ К.И. аспирант (ОмГУПС, г. Омск))

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОВОЗОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Повышение надежности локомотивного парка на сегодняшний день для компании ОАО «РЖД» является одним из стратегических направлений развития. Основные положения этого развития эксплуатационного локомотивного комплекса отражены в утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации 17 июня 2008 г. № 877-р «Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской федерации до 2030 года» (далее Стратегия) [1]. В соответствии со Стратегией повышение надежности подвижного состава возможно достичь путем внедрения в эксплуатацию комплексных инновационных проектов, в том числе необходима модернизация локомотивного хозяйства, что в свою очередь позволит повысить эффективность перевозочного процесса.

В Стратегии отражены проблемы локомотивного парка, которые заключались в отсутствие серийного производства магистральных грузовых электровозов постоянного тока, магистральных грузовых тепловозов, двухсистемных локомотивов и локомотивов с асинхронным тяговым приводом. Как результат решения поставленных задач перед локомотивным хозяйством – сегодня продолжаются поставки для внедрения в эксплуатацию грузовых магистральных электровозов постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем 2ЭС6. В настоящее время передан в эксплуатацию первый российского производства грузовой магистральный тепловоз с электрической передачей переменно-постоянного тока и коллекторным тяговым двигателем 2ТЭ25КМ. Проблема отсутствия локомотивов с асинхронным тяговым приводом была решена за счет создания и успешного внедрения в эксплуатацию грузовых магистральных электровозов постоянного тока 2ЭС10. Так же широко эксплуатируются грузовые магистральные электровозы переменного тока с коллекторным тяговым приводом 2ЭС5К.

Однако, некоторые задачи поставленные Стратегией перед локомотивостроением так и не получили своего технического решения –

серийное производство и внедрение в эксплуатацию грузовых двухсистемных электровозов. Данная проблема может быть решена путем внедрения в эксплуатацию магистрального грузового двухсистемного электровоза 2ЭВ120 нового поколения (рисунок 1) разработанного ООО «Первая Локомотивная компания» совместно с компанией Bombardier Inc. (отделение Bombardier Transportation в России). Производство локомотива осуществляет Энгельсский локомотивостроительный завод.

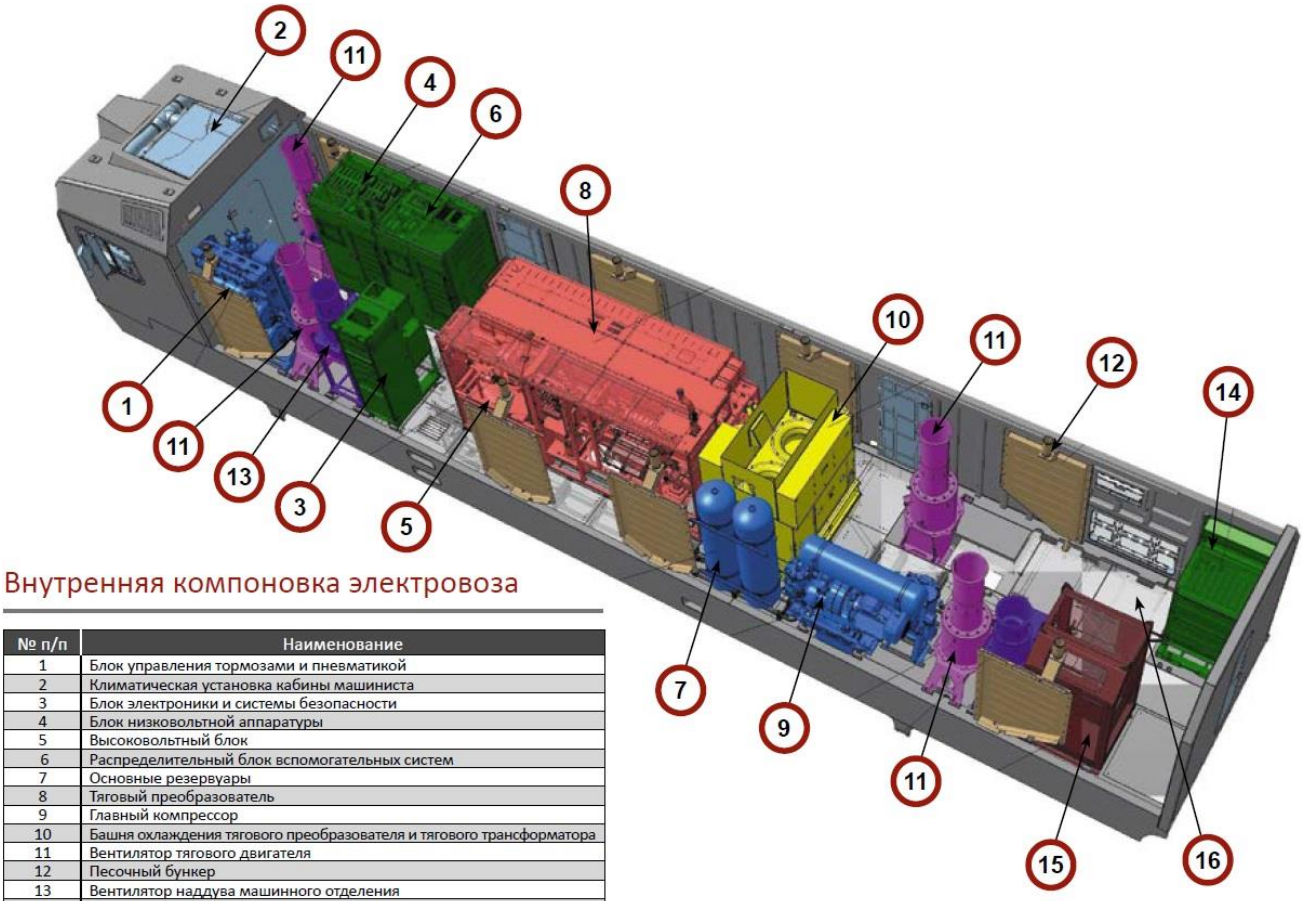


Рисунок 1. *Электровоз двойного питания 2ЭВ120 «Князь Владимир»*

Новый локомотив впервые был представлен в сентябре 2015 года на международном салоне Expo 1520. Он сразу же привлек внимание комплексом необычных для отечественного электровозостроения технических решений. В июне 2016 года после пусконаладочных работ и предварительных испытаний начаты приемочные и сертификационные испытания двух опытных электровозов. В мае 2017 года межведомственная приемочная комиссия признала двухсистемный электровоз 2ЭВ120 соответствующим техническому заданию, разработанного компанией ОАО «РЖД», тем самым утвердив технические условия на изготовление установочной серии. В октябре 2017 года

электровоз получил сертификат соответствия требованиям технического регламента ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава». В ноябре 2016 года проводились тягово-энергетические испытания на Южно-Уральской железной дороге. С ноября 2017 года по май 2018 года два опытных электровоза 2ЭВ120 прошли подконтрольную эксплуатацию на Северо-Кавказской, Приволжской и Куйбышевской железных дорогах, с мая 2018 года по настоящее время проводится комплекс испытаний на Северо-Кавказской железной дороге на участке Белореченская – Майкоп, который включают в себя тормозные испытания, тяговые испытания и испытания по воздействию на путь при скоростях движения до 154 км/ч [2].

Двухсистемный электровоз 2ЭВ120 сконструирован с учетом особенностей климатических условий нашей страны. Принципиальной особенностью созданного электровоза является то, что механические узлы и оборудование проектировались с повышенными показателями и основными характеристиками надежности.



Внутренняя компоновка электровоза

№ п/п	Наименование
1	Блок управления тормозами и пневматикой
2	Климатическая установка кабины машиниста
3	Блок электроники и системы безопасности
4	Блок низковольтной аппаратуры
5	Высоковольтный блок
6	Распределительный блок вспомогательных систем
7	Основные резервуары
8	Тяговый преобразователь
9	Главный компрессор
10	Башня охлаждения тягового преобразователя и тягового трансформатора
11	Вентилятор тягового двигателя
12	Песочный бункер
13	Вентилятор наддува машинного отделения
14	Блок аккумуляторной батареи
15	Санитарный узел
16	Свободное пространство для опции «Дизель последней мили»

Рисунок 2. *Расположение оборудования в кузове электровоза 2ЭВ120*

Кузов электровоза двойного питания 2ЭВ120 изготовлен в соответствии с требованиями габарита 1-Т по ГОСТ 9238. Минимальный радиус проходимых кривых 125 м. Расположение оборудования в кузове локомотива выполнено на основе концепции семейства электровозов TRAXX компании «Bombardier Transportation». В представленной концепции применен отход от ставшего традиционным одного центрального или бокового прохода в машинном отделении (рисунок 2).

В центральной части кузова в виде составного модуля расположены:

- высоковольтный блок;
- единый на секцию электровоза тяговый преобразователь;
- башня охлаждения тягового преобразователя и тягового трансформатора.

По центру под кузовом подвешен тяговый трансформатор, в баке которого размещены сетевые реакторы постоянного тока, разделенные трансформаторы цепей собственных нужд и реакторы резонансных фильтров для промежуточных звеньев тягового преобразователя. Такие технические решения позволили значительно снизить объем, массу и стоимость оборудования, а так же существенно упростить кабельную разводку.

По обеим сторонам центрального модуля предусмотрены продольные проходы для обслуживания оборудования. Со стороны тягового преобразователя сквозной проход всегда открыт, а со стороны высоковольтного блока сервисный проход имеет дверь с защитной блокировкой электробезопасности. В передней части машинного отделения, примыкающей к кабине, расположены: блок управления пневматикой и тормозами, блок электроники; распределительные шкафы цепей 110 и 380 В. Это сделано для удобства работы с этими блоками локомотивной бригаде при возникновении нештатных ситуаций и неисправностей в пути следования. В этой области проход по кузову выполнен по центру машинного отделения [2].

В задней части машинного отделения расположены: главный компрессор, главные резервуары, санитарный узел, шкаф с инструментами, отсек с аккумуляторной батареей. В этой области проход по кузову выполнен по центру машинного отделения. В задней части кузова, кроме того, зарезервировано место для установки модуля с дизель-генератором для местных маневровых работ. Поперечный тамбур и боковые входные двери отнесены от кабины более чем на 2 м в область мощной поперечной

трансформаторной балки рамы кузова. Данное инновационное исполнение необходимо для повышения стойкости дверей к заклиниванию при деформациях кузова от любых соударений и исключить невозможность оперативной эвакуации локомотивной бригады из поврежденного кузова. С одной стороны кузова секции так же сделан распашной люк для удобства обслуживания оборудования сервисной бригадой.

Важно отметить, что при необходимости двухсистемный электровоз «Князь Владимир» может быть дооборудован приборами безопасности для обеспечения работы машиниста «в одно лицо» [3].

Представленный грузовой электровоз двойного питания учитывает в себе мировой опыт локомотивостроения, нормативную базу и условия эксплуатации на железных дорогах России. Двухсистемный электровоз 2ЭВ120 спроектирован с учетом повышения эксплуатационной надежности с минимизацией потока отказов и оптимального сочетания возможностей резервирования оборудования. Технические решения, которые были применены на данном локомотиве, позволяют повысить качество сервисного обслуживания электровозов в условиях депо за счет использования технологии управления техническим состоянием локомотива на протяжении всего жизненного цикла. Инновационные автоматизированные системы управления упрощают процедуру технического диагностирования электровоза. Электровоз двойного питания «Князь Владимир» имеет перспективные возможности по замене устаревших локомотивов переменного и постоянного родов тока, эксплуатируемых на участках, имеющие стыковые и смежные станции, электрифицированных на постоянном и однофазном переменном токе, в местах стыкования таких участков в масштабах организации управления движением подвижного состава по принципам полигонных технологий.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации 17 июня 2008 г. № 877-р «Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской федерации до 2030 года».

2. Знакомьтесь: Электровоз 2ЭВ120 / Локомотив, 2015. № 11. С. 42-45.

3. Покровский С. В. Электровоз 2ЭВ120: Итоги испытаний / Локомотив, 2018. № 2. С. 33-36.

ЧЕРЕМИСИН В. Т., С. Г. ИСТОМИН (ОмГУПС, г. Омск)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ И МОТИВАЦИИ МАШИНИСТОВ К ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ РЕЖИМАМ ВОЖДЕНИЯ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ

Компания ОАО «Российские железные дороги» является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов, на долю которого приходится около 4,4 % от всей вырабатываемой в России электроэнергии, 85 % которой расходуется на тягу поездов, поэтому приоритетными задачами энергетической стратегии холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года являются: качественное улучшение структуры управления потреблением тягово-энергетическими ресурсами (ТЭР) на основе использования современных информационных технологий, систем учета, нормирования и мониторинга потребления ТЭР и значительное повышение показателей энергетической эффективности тяги поездов [1]. Так, в целом по ОАО «РЖД» прогнозируемое снижение удельного расхода ТЭР на тягу поездов к уровню 2015 г. должно составить к 2020 г. от 2,5 до 4,4 %, к 2030 г. от 8,0 до 9,0 %, что может быть достигнуто, в частности, за счет реализации на практике разработанного в Омском государственном университете путей сообщения метода снижения удельного расхода и непроизводительных потерь электроэнергии в границах зон учета железной дороги.

В основе разработанного в ОмГУПС метода заложено два варианта организации контроля потребления электроэнергии электроподвижным составом (ЭПС):

1. На сервере обработки данных;
2. На борту ЭПС.

Первый вариант позволяет по итогам суток локализовывать зоны учета с повышенным значением удельного расхода и непроизводительных потерь электроэнергии с детализацией по четному и нечетному направлениям, по принадлежности к локомотивному депо, сериям и номерам локомотивов, и разрабатывать мероприятия по повышению эффективности использования электроэнергии ЭПС на плече обслуживания локомотивных бригад.

Данный вариант учитывает непроизводительные потери электроэнергии при неграфиковых остановках, задержках поездов у запрещающих сигналов светофоров, ограничениях скорости движения на участке, нагоне графикового времени, простоях на тракционных путях локомотивных депо и пунктах

оборота, простоях в пути следования и в ожидании работы, а также потери электроэнергии, связанные с неудовлетворительным техническим состоянием локомотивов и неприменением машинистами рациональных режимов вождения поездов. Первый вариант организации контроля потребления электроэнергии ЭПС был довольно подробно освещен в трудах [2-9].

Второй вариант подразумевает визуальное представление информации об эффективности потребления электроэнергии в пути следования, которое позволит машинисту производить оперативный анализ своих действий и способствовать мотивации к энергосберегающему режиму движения. В данном сообщении приводим информацию, касающуюся второго варианта организации контроля потребления электроэнергии ЭПС.

Технологию визуального контроля потребления электроэнергии электроподвижным составом и мотивации машинистов к энергосберегающим режимам вождения в пути следования можно представить в виде алгоритма, представленного на рисунке 1.

Блок 1. Машинист на рабочем месте вводит свой табельный номер, который является идентификационным признаком для формирования и отправки на борт электроподвижного состава необходимой информации.

Блок 2. После ввода табельного номера машинист нажимает на кнопку «Получить информацию на борт». Для организации передачи информации с сервера обработки данных используется технологическая ремонтно-оперативная радиосвязь ОАО «РЖД» на базе подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM в режиме GPRS с помощью бортовых GSM-модулей. По беспроводному каналу связи на борт ЭПС поступает следующая информация: нормы расхода электроэнергии в границах плеча обслуживания и перегонов, координаты участка, а также результаты 100 лучших поездок за предыдущий период, исполненных в сопоставимых условиях (масса состава, нагрузка на ось, температура окружающего воздуха и т.д.).

Блок 3. Информация, поступившая с сервера сбора данных, записывается в запоминающее устройство.

Блок 4. На экране монитора рабочего места машиниста отображается информация о нормах расхода электроэнергии в границах плеча обслуживания локомотивных бригад и перегонов с целью визуальной оценки ориентиров по расходованию энергетических ресурсов (для ознакомления).

Блок 5. Перед отправлением поезда на мониторе рабочего места машиниста отображается информация о нормах расхода электроэнергии в границах первого перегона по ходу следования. При этом на мониторе отображается информация о допустимом диапазоне расхода электроэнергии

(верхняя граница, среднее значение и нижняя граница расхода электроэнергии), полученном на основе обработки данных 100 лучших поездок за предыдущий период, исполненных в сопоставимых условиях (масса состава, нагрузка на ось, температура окружающего воздуха и т.д.).

Блок 6. Определение начальных координат перегона по ходу следования поезда. При стоянке перед отправлением, а также в момент трогания с места электроподвижного состава происходит определение координат местоположения электроподвижного состава с использованием данных систем глобального спутникового позиционирования GPS/ГЛОНАСС. Момент соответствия координат местоположения ЭПС начальным координатам первого по ходу следования перегона плеча обслуживания локомотивных бригад, переданных с сервера обработки данных, является началом следования электроподвижного состава по первому перегону по ходу следования поезда.

Блок 7. В процессе следования ЭПС по перегону на мониторе отображается информация о фактическом приращении расхода электроэнергии и нормы расхода электроэнергии в границах перегона по ходу следования поезда, что позволяет машинисту осуществлять визуальный контроль потребления электроэнергии и при необходимости вносить коррективы в управление ЭПС.

Блок 8. Момент соответствия координат местоположения ЭПС конечным координатам первого по ходу следования перегона плеча обслуживания локомотивных бригад, переданных с сервера обработки данных, является окончанием следования ЭПС по первому перегону по ходу следования поезда.

Блок 9. На экране монитора отображаются итоговые результаты эффективности использования электроэнергии при следовании в границах первого перегона по ходу следования поезда (рисунок 2). При попадании результата в допустимый диапазон отклонения от среднего значения выводится на экране фраза «НОРМА ВЫПОЛНЕНА С ДОПУСТИМОЙ ЭКОНОМИЕЙ» или «НОРМА ВЫПОЛНЕНА С ДОПУСТИМЫМ ПЕРЕЖОГОМ».

При превышении нижней границы расхода электроэнергии и отсутствии неисправности систем учета электроэнергии (исправное функционирование систем учета электроэнергии оценивается по данным бортовых систем мониторинга технического состояния) на мониторе выводится фраза «ЭКОНОМИЯ» и графический символ  , который свидетельствует о применении машинистом рациональных режимов вождения поездов. В данном случае результат проследования в границах первого перегона может быть внесен в базу данных «100 лучших поездок».

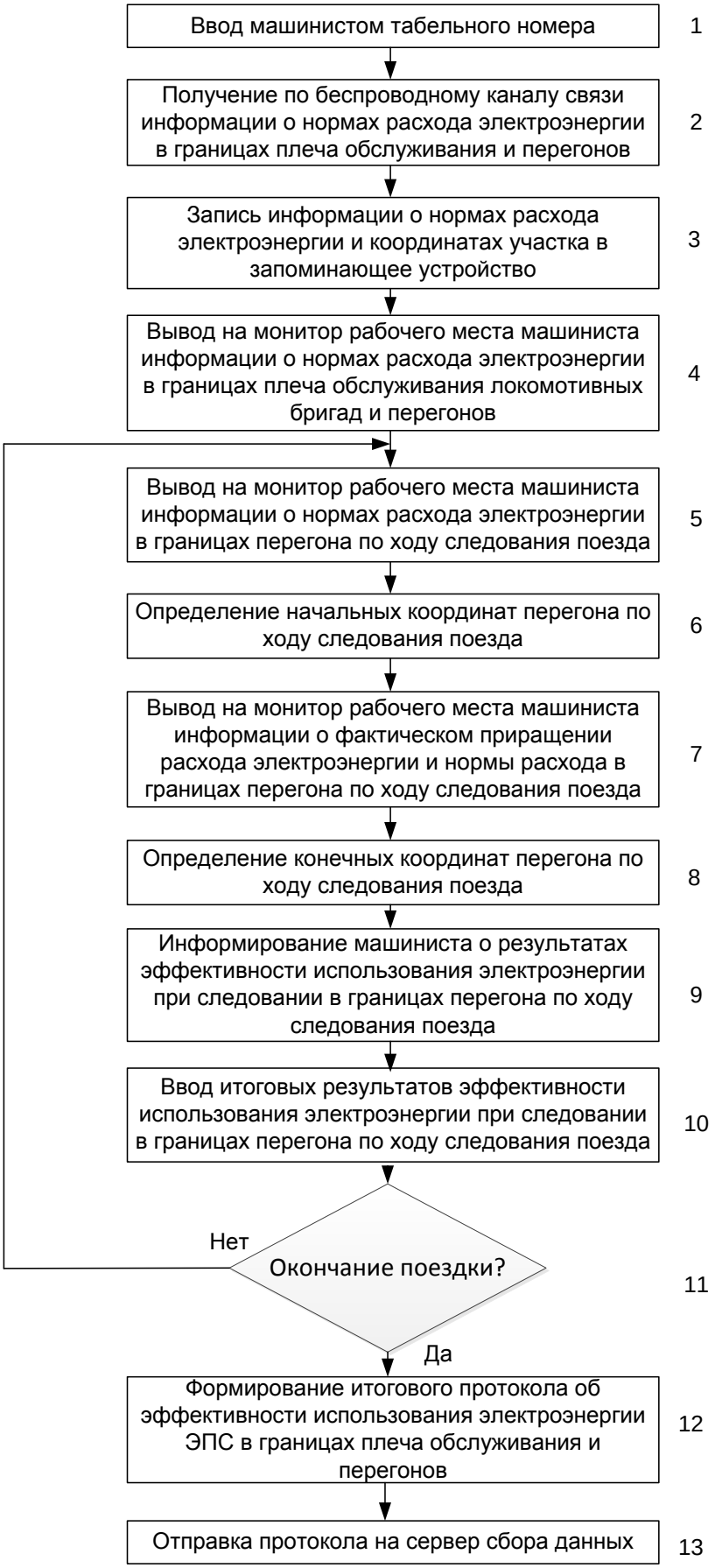


Рисунок 1 – Алгоритм визуального контроля потребления электроэнергии электроподвижным составом и мотивации машинистов к энергосберегающим режимам вождения в пути следования

При наличии неисправности приборов учета электроэнергии на мониторе выводится только фраза «ЭКОНОМИЯ».

При превышении верхней границы расхода электроэнергии и отсутствии потерь электроэнергии вследствие организации движения (неграфиковые остановки, остановки у запрещающих сигналов светофоров, временные ограничения скорости на участке, нагон графикового времени), а также потерь электроэнергии вследствие неудовлетворительного технического состояния ЭПС (техническое состояние оценивается по данным бортовых систем мониторинга технического состояния) на мониторе выводится фраза «ПЕРЕЖОГ» и графический символ  , который свидетельствует об использовании машинистом нерациональных режимов вождения поездов и причастности его к данному ущербу. В данном случае результат проследования в границах первого перегона вносится в базу данных «100 худших поездок» для последующего анализа в условиях депо с целью разбора ошибок и дальнейшего обучения рациональным режимам вождения поездов.

При наличии вышеизложенных потерь на мониторе выводится только фраза «ПЕРЕЖОГ», что свидетельствует о непричастности машиниста к данному виду ущерба.

Блок 10. Ввод итоговых результатов эффективности использования электроэнергии ЭПС при проследовании первого по ходу следования перегона в протокол поездки.

Блок 11. Проводится проверка соответствия координат местоположения ЭПС координатам из базы данных запоминающего устройства на борту электроподвижного состава с целью выявления момента окончания поездки. В случае если выявлено, что поездка не окончена, то повторяются операции, заложенные в блоках 5-10. В случае если выявлено, что поездка окончена, то происходит переход к блоку 12.

Блок 12. Формирование итогового протокола об эффективности использования электроэнергии ЭПС в границах плеча обслуживания и перегонов (таблица 1). В таблице 1 приведен пример протокола для поездки, в которой на перегонах № 4 и 6 плеча обслуживания локомотивных бригад Барабинск – Московка (нечетное направление) имелись временные ограничения скорости движения.

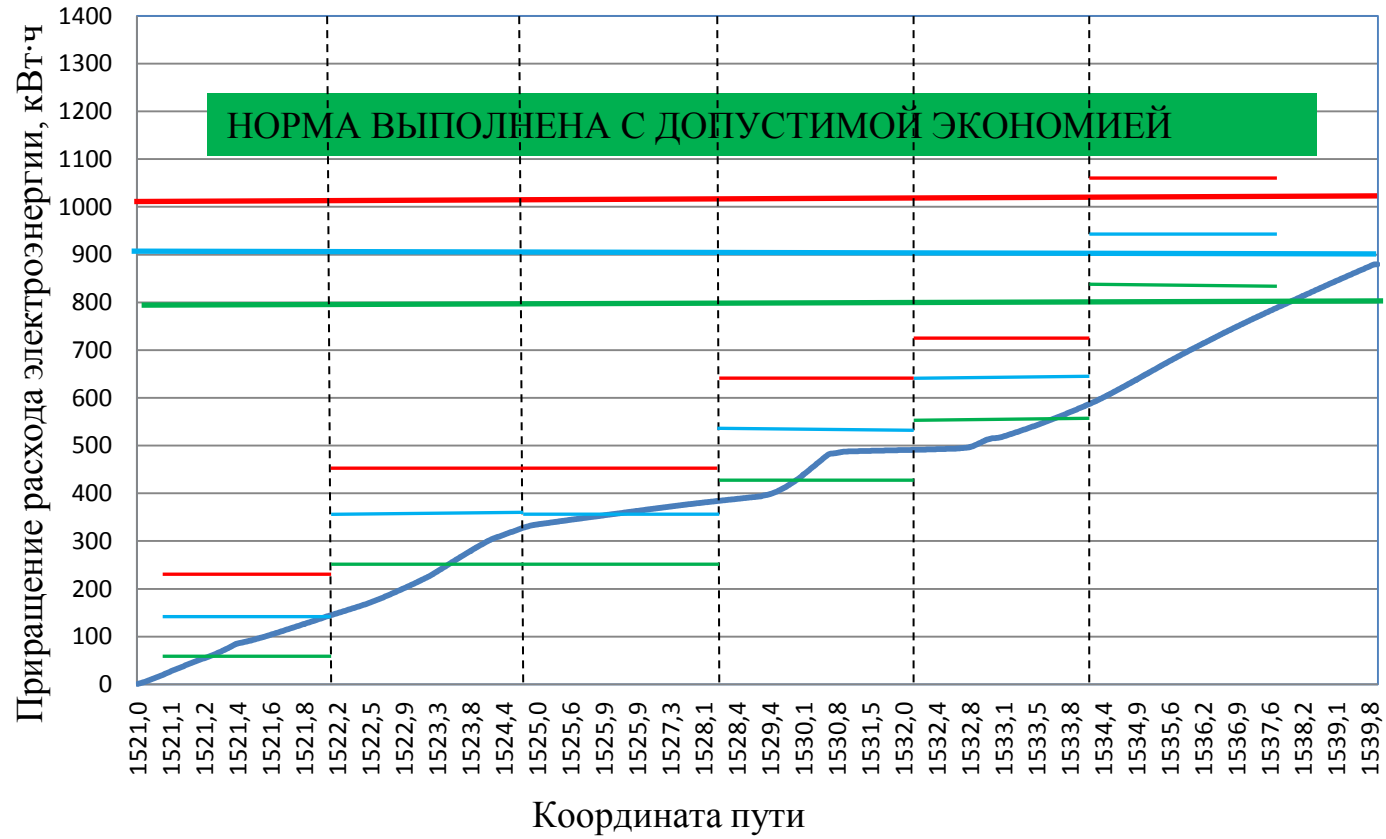


Рисунок 3 – Отображение информации на мониторе рабочего машиниста о фактическом приращении расхода электроэнергии и нормы расхода электроэнергии в границах перегона по ходу следования поезда

Блок 13. Отправка протокола на сервер сбора данных.

В заключении необходимо отметить, что реализация на практике визуального контроля потребления электроэнергии ЭПС позволит существенно сократить удельный расход и непроизводительные потери электроэнергии за счет непрерывной коррекции режимов вождения поездов в пути следования с точки зрения рационального использования энергетических ресурсов, что имеет существенное значение для развития транспортной отрасли Российской Федерации.

Библиографический список

1. Гапанович, В. А. Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог / В. А. Гапанович, С. Н. Епифанцев, В. А. Овсейчук. – М.: Эко–Пресс, 2012. – 196 с.
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.
3. Черемисин В. Т. Оценка влияющих факторов на значение интегрального показателя энергетической эффективности электровозов ЭП2К и 2ЭС6 на основе данных регистраторов параметров движения [Текст] / В. Т. Черемисин, О. В. Гателюк, С. Г. Истомин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока / Новосибирская гос. акад. водного транспорта. Новосибирск. – 2015. – №2. – С. 85 – 89.
4. Черемисин В. Т. Разработка алгоритма определения причин ущерба и ответственных за него участников перевозочного процесса при невыполнении локомотивной бригадой удельной нормы электроэнергии на поездку [Текст] / В. Т. Черемисин, С. Г. Истомин // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2015. – №2 (22). – С. 101 – 109.
5. Черемисин В. Т. Контроль нерационального использования электрической энергии на тягу поездов с применением бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии [Текст] / В. Т. Черемисин, С. Ю. Ушаков, С. Г. Истомин // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2015. – №1 (21). – С. 69 – 74.
6. Истомин, С. Г. Определение непроизводительных потерь электроэнергии электроподвижным составом с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии [Текст] / С. Г. Истомин // Вестник РГУПС. – 2015. – №2 (58). – С. 19 – 24.
7. Пат. 2591559 Российская Федерация, МПК B 60 L 3/00. Способ определения потерь электроэнергии электроподвижным составом при неграфиковых остановках с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии [Текст] / В. Т. Черемисин, С. Г. Истомин А. Л. Каштанов, В. Л. Незевак, Д. В. Пашков, С. Ю. Ушаков, А. П. Шатохин. (РФ). заявитель и патентообладатель ОмГУПС. – №2015105231/11; заявл. 16.02.2015; опубл. 20.07.2016. Бюл. №20.
8. Пат. 2591558 Российская Федерация, МПК B 61 L 3/12. Способ определения непроизводительных потерь электроэнергии электроподвижным составом при нагоне графикового времени с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии [Текст] / В. Т. Черемисин, С. Г. Истомин,
Д. В. Пашков, С. Ю. Ушаков (РФ). заявитель и патентообладатель ОмГУПС. – №2015114306/11; заявл. 16.04.2015; опубл. 20.07.2016. Бюл. №20.
9. Пат. 2600960 Российская Федерация, МПК B 60 L 3/12. Способ определения непроизводительных потерь электроэнергии электроподвижным составом при проследовании участков с временным ограничением скорости с использованием бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии / Черемисин В. Т., Пашков Д. В., Ушаков С. Ю., Истомин С. Г.; заявитель и патентообладатель Омский гос. ун-т путей сообщения. – № 2015114900/11; заявл. 20.04.15; опубл. 27.10.16. Бюл. № 30.

Таблица 1 – Пример итогового протокола о выполнении норм расхода по поездке локомотивной бригады в границах действующего участка железной дороги

№ зоны учета	Номер локомотива	Номер поезда	Масса состава, т	Нагрузка на ось, т	Температура, °С	Длина участка, км	Фактический УРЭ, кВт·ч/10^4тким брутто	Норма УРЭ, кВт·ч/10^4ткм брутто	Фактический расход электроэнергии, кВт·ч	Норма расхода электроэнергии, кВт·ч	R, %
1	009	2311	5225	20,1	3	25,5	132,8	97,5	1768	1387	27,5
2						30,9	79,7	63,8	1288	1030	25,1
3						34,5	71,7	55,2	1293	995	29,9
4						12,4	145,6	101,4	942	657	43,4
5						27,5	68,8	53,1	988	763	29,4
6						24,4	100,8	74,9	1287	956	34,6
7						22,9	…	…	…	…	…
8						25,2	…	…	…	…	…
9						26,8	…	…	…	…	…
10						15,1	…	…	…	…	…
11						31,2	…	…	…	…	…
12						15,1	…	…	…	…	…
13						24,5	…	…	…	…	…
Ито						**316**	**83,9**	**58,2**	**13862**	**9601**	44,4

УДК 519.25:621.31:621.33

ЧЕРЕМИСИН В.Т., КОМЯКОВ А. А., ЭРБЕС В. В., ИВАНЧЕНКО В. И.
(ОмГУПС, г. Омск)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО СЕРВИСНОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЛОКОМОТИВОВ НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ «УМНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ»

Статья посвящена рассмотрению вопросов повышения энергетической эффективности предприятий по сервисному обслуживанию локомотивов. Описана концепция «Умное предприятие». Приведены варианты управляющих воздействий по снижению расхода электрической энергии на примере энергоемкого участка производства, основанные на результатах имитационного моделирования. Рассмотрена технико-экономическая оценка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации компрессорной станции пункта технического обслуживания локомотивов.
Ключевые слова: энергетическая эффективность, «умное предприятие», имитационное моделирование, технико-экономическая эффективность

Предприятия по сервисному обслуживанию локомотивов являются достаточно энергоемкими. Так, средний объем потребления электроэнергии сервисным депо составляет 2 – 4 млн. кВт·ч в год.

В настоящее время известно достаточно большое количество организационных и технических мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности по условно-постоянной составляющей энергопотребления, практически не зависящей с производственным процессом (освещение, отопление, вентиляция и кондиционирование). Более того, широко известны проекты по автоматизации и управлению процессами энергопотребления в данной области [1], [2].

Однако исследования показывают, что на предприятиях по сервисному обслуживанию локомотивов значительная часть от общего расхода электроэнергии относится к так называемой переменной составляющей энергопотребления, непосредственно связанной с производственным процессом. К данной категории можно отнести расход электроэнергии станочным, сварочным, компрессорным оборудованием, подъемно-транспортными механизмами.

К сожалению, в настоящее время недостаточное внимание уделяется вопросам повышения энергоэффективности данного направления.

Для решения указанной задачи авторами предлагается концепция «Умное предприятие», направленная на контроль и повышение показателей

энергетической эффективности по переменной составляющей энергопотребления. К данным показателям относятся расход и удельный расход на единицу продукции топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), в частности – электрической энергии.

Концепция «Умное предприятие» включает в себя четыре этапа.

На первом этапе осуществляется сбор исходных данных о расходе ТЭР и об объеме выполненной работы в течение определенного периода времени при помощи установленных форм отчетности и устанавливаются измерители работы для структурных подразделений. В рамках первого этапа необходимо оснащение предприятия (подразделения) автоматической системой сбора данных об объеме работы и о расходе ТЭР (установка счетчиков и сервера сбора данных).

На втором этапе осуществляется обработка данных, вычисление и анализ показателей, характеризующих энергетическую эффективность производственной деятельности предприятия. Эта задача выполняется сервером сбора данных на основе собранной информации для всех производственных участков предприятия.

На третьем этапе осуществляется выявление участков в рамках одного предприятия, имеющих наиболее низкие показатели энергетической эффективности. Эта задача также выполняется сервером сбора данных.

На четвертом этапе осуществляется разработка программы мероприятий (управляющих воздействий), направленных на повышение энергетической эффективности, т.е. на снижение расхода ТЭР и способов их реализации.

Система управления энергетической эффективностью предприятия, исходя из основных положений теории автоматического управления [3], может быть выполнена в виде системы управления по отклонению, с обратной связью.

В такой системе (рис. 1) в качестве основных контролируемых показателей приняты отклонения удельного расхода электроэнергии $\Delta w_{relative}$, коэффициента мощности $\Delta \cos\varphi$ и потерь электроэнергии Δw_{losses}, которые определяются как разность заданных (predetermined) и фактических значений.

Факторы, влияющие на эти показатели, можно условно разделить на две группы: а) независимые (климатические показатели, объем работы), которые обусловлены производственным процессом или внешними условиями и которые не подлежат регулированию; б) зависимые (время работы оборудования, напряжение в сети, мощность устройства компенсации реактивной мощности), управление которыми осуществляется регулятором в зависимости от величины отклонения контролируемых показателей от заданных значений.

Заданные значения, являющиеся базовыми для расчета величины отклонения, определяются на основе статистических методов с использованием данных о расходе ТЭР и влияющих на него факторов за предыдущие периоды времени. В частности, может быть определен месячный уровень эффективного расхода электрической энергии как для предприятия в целом, так и для участков производства. Для этой цели предлагается использование метода опорных векторов, дающего приемлемую точность моделирования при ограниченном объеме выборки (наличие данных только за несколько последних лет).

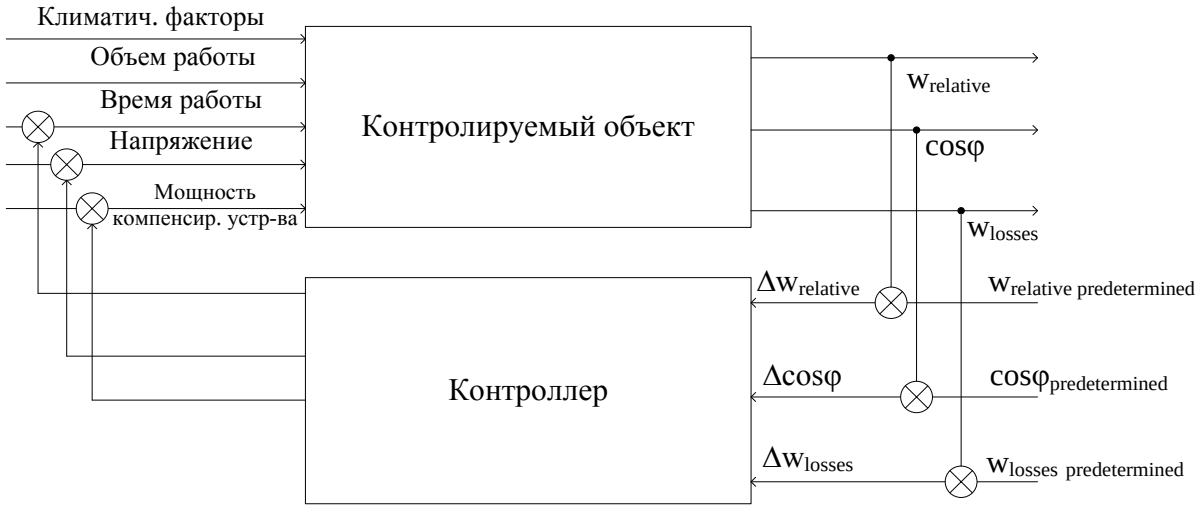


Рис. 1 – Система управления энергетической эффективностью предприятия

В качестве контролируемого объекта могут выступать наиболее энергоемкие производственные участки (цеха) предприятий, а контроллер (регулятор) выбирается в зависимости от состава электрооборудования.

Предлагается рассмотреть подход к реализации концепции «Умное предприятие» применительно к пункту технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) Иртышское на примере одного из энергоемких подразделений – компрессорной станции. Компрессоры питаются от отдельного участка электрической сети, при этом в работе всегда находится только один из компрессоров.

В рамках первого и второго этапа выполнен анализ оснащенности объекта необходимыми приборами учета энергоресурсов. В наличии имеется прибор учета электроэнергии, включенный в АИИС КУЭ, однако отсутствует прибор учета сжатого воздуха, что не позволяет максимально объективно оценить показатели энергоэффективности. Поэтому данные показатели определены в расчёте на единицу технического обслуживания локомотивов (суточное значение составило 112 кВт·ч на одно ТО-2).

В рамках третьего этапа выполнен анализ показателей энергоэффективности, которые более чем в 2 раза превышают аналогичные показатели схожих предприятий. Основной причиной этого является неоптимальный режим работы компрессорного оборудования, а именно, компрессоры находятся во включенном состоянии длительное время, а после превышения давления в магистрали более 8 атм. на ресивере срабатывает клапан сброса сжатого воздуха. Такой режим обусловлен большими пусковыми токами синхронных двигателей компрессоров. Частые включения/отключения вызывают подгорание главных контактов силовых выключателей в распределительном устройстве.

На четвертом этапе предложены ряд мероприятий (управляющих воздействий), направленных на повышение энергетической эффективности:

1) Внедрение и выбор рациональных параметров регулируемого устройства компенсации реактивной мощности (КУ) на основании имитационного моделирования компрессорной станции ПТОЛ Иртышское в системе MATLAB/Simulink [4, 5]. В качестве основного контролируемого показателя приняты потери мощности ΔP, коэффициент мощности cosφ и коэффициент реактивной мощности tgφ, а в качестве влияющего фактора – мощность управляемого устройства компенсации реактивной мощности Q_c.

Зависимости величин ΔP, cosφ и tgφ от ступени регулирования КУ для компрессорной станции ПТОЛ Иртышское представлены на рис. 2. Красным цветом выделена зависимость $\Delta P(Q_c)$.

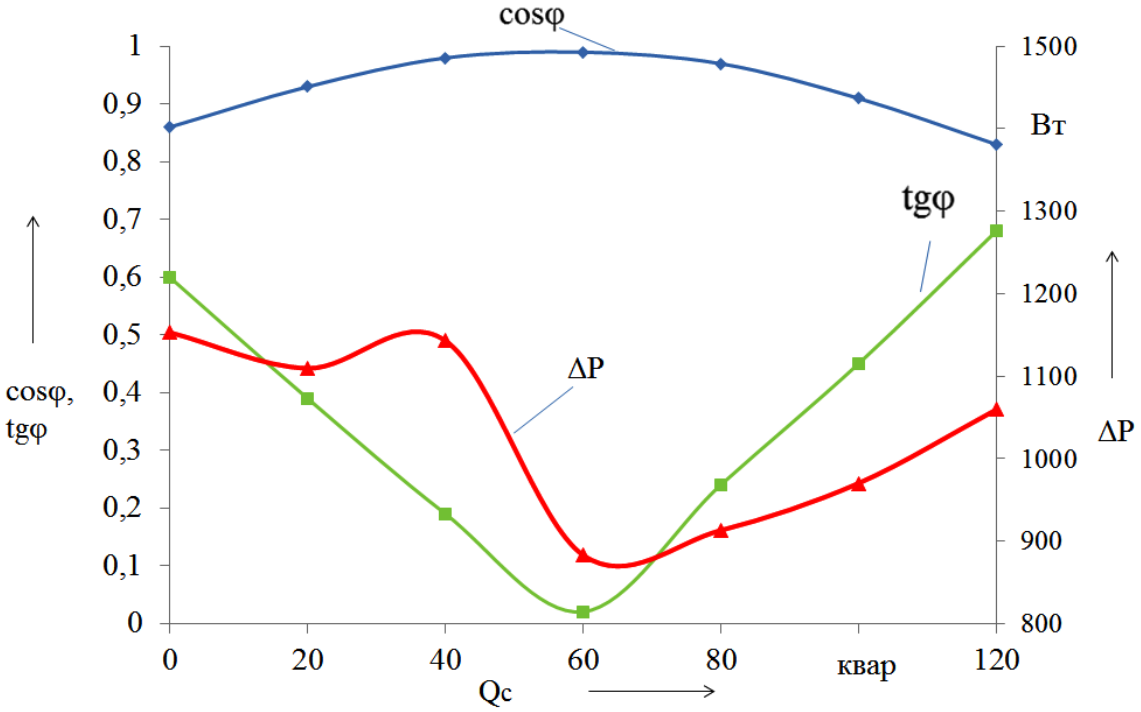


Рис. 2 – Зависимости ΔP, cosφ, tgφ от мощности компенсирующего устройства для компрессора ПТОЛ Иртышское

Таким образом, в режиме работы компрессорной станции ПТОЛ Иртышское потери мощности ΔР при увеличении мощности КУ изменяются неравномерно и минимальны при Q_c = 60 квар. Однако технико-экономический расчет показывает, что срок окупаемости данного мероприятия достаточно высок.

2) Внедрение устройств, снижающих пусковые токи.

Для снижения пусковых токов может быть использовано полупроводниковое устройство плавного пуска, либо пусковой реактор. Применение устройств плавного пуска SSI-132/264-04 марки INSTART на двигатель мощностью 132 кВт позволяет получить технический эффект, равный 449 тыс. кВт·ч в год.

Таким образом, для реализации концепции «Умного предприятия» в рамках рассматриваемого подразделения необходима реализация следующих технических решений: установка приборов учета сжатого воздуха и объединение их в единую систему с приборами учета электроэнергии, монтаж устройства сбора данных, внедрение устройств плавного пуска двигателей компрессоров с системой управления. Потенциальное снижение энергоемкости цеха в этом случае составит около 50 % от текущего значения.

Список литературы

1. Первый умный вокзал в России. Здания высоких технологий. № 1. М. 2013. С. 60 – 69.
2. A. R. Al-Ali, I. A. Zualkernan, M. Rashid, R. Gupta and M. Alikarar, "A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach," in *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63, no. 4, pp. 426-434. doi: 10.1109/TCE.2017.015014 (2017).
3. Дядик, В. Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В. Ф. Дядик, С. А. Байдали, Н. С. Криницын // Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.
4. Давыдкин, М.Н. Лабораторный практикум «Электротехника и электроника»/ М.Н. Давыдкин, С.Н. Басков // Новотроицк.: НФ НИТУ «МИСиС», 2013.- 164 с.
5. Казакбаев, В.М. Расчет рабочих характеристик синхронного реактивного двигателя в приводе насоса [Электронный ресурс] / В. М. Казакбаев, В. А. Прахт, В. А. Дмитриевский // Актуальные проблемы энергосберегающих электро-технологий (АПЭЭТ-2014): материалы III международной конференции. – УРФУ. – Екатеринбург. – 2014. – С. 238–243. – Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36382/1/aptee-2014-53.pdf.

ШАНТАРЕНКО С. Г., ЧЕРЕМИСИН В.Т., КАПУСТЬЯН М.Ф., СУПЧИНСКИЙ О.П. (ОмГУПС, г. Омск)

КАЧЕСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Качественный ремонт локомотивов является важнейшим фактором надежности и безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте [1] и во многом определяет эффективность использования локомотивного парка. Качество ремонта характеризуется техническими, технологическими, экономическими показателями, в том числе эффективностью использования отремонтированного локомотива, важнейшим показателем которой является энергоэффективность (использование мощности локомотива).

Проводить оценку использования мощности локомотива возможно по коэффициенту полезного действия (КПД), который определяется как отношение количества энергии, отданной локомотивом для выполнения перевозочной работы за некоторый период эксплуатации, к количеству энергии, полученной при сгорании топлива или из контактной сети, израсходованной локомотивом за тот же период [2]. Для уменьшения расхода электроэнергии и топлива необходимо, чтобы локомотив работал в зоне высоких значений КПД [3].

Коэффициент полезного действия электровоза при работе тяговых двигателей на полной мощности при скорости, соответствующей продолжительному режиму работы, и при номинальном напряжении на токоприемнике должен быть не менее 0,860 на переменном токе и 0,875 на постоянном токе [4].

Снижение КПД происходит из-за роста потерь мощности при ее преобразовании на локомотиве, которые во многом определяются техническим состоянием его деталей, узлов и агрегатов. Поэтому необходимо искать резервы снижения потерь мощности за счет проведения качественного ремонта узлов и агрегатов подвижного состава, улучшающего их технические характеристики. Потери – разность между потребляемой мощностью и полезной мощностью какой-либо системы или устройства [5,6], в нашем случае – локомотива.

Был выбран и обоснован показатель энергоэффективности ($ПЭЛ_{эл}$), который определяется на основе технологических параметров узлов и агрегатов, получаемых во время ремонта и фиксируемых в отчетной документации и электронном паспорте электровоза. Для определения показателя энергоэффективности электровоза учитываются только те технические характеристики и технологические параметры узлов и агрегатов, которые определяются во время его ремонта или диагностирования после ремонта. Потери, связанные с режимами эксплуатации, в расчет не принимаются.

В ОмГУПС разработана «Методика расчета показателя энергоэффективности локомотива для оценки качества ремонта электровозов ($ПЭЛ_{эл}$)», которая была утверждена старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А. Гапановичем распоряжением от 23 декабря 2016 г. № 2652р для расчета указанного показателя оценки качества ремонта и энергоэффективности электровоза и ввода этих данных в «Энергетический паспорт локомотива».

Объектом применения указанной методики являлись магистральные грузовые и пассажирские электровозы постоянного и переменного тока, эксплуатируемые на сети железных дорог ОАО «РЖД». В методике установлен общий порядок определения показателя для оценки качества ремонта электровоза с точки зрения энергоэффективности.

Показатель энергетической эффективности – это абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса [2].

Расчет показателя энергоэффективности выполняется для электровоза, прошедшего текущий ремонт ТР-3 или аналогичного объема и готового для предъявления приемщику.

В современных электровозах на так называемые собственные нужды (питание вспомогательного оборудования, преобразователей и т.п.) расходуется на постоянном токе 15-20 %, а на переменном токе 25-30 % от общего количества используемой электрической энергии. Основная часть (70-85 %) электрической энергии, потребляемой электровозом, приходится на тяговые электродвигатели и преобразуется в колесно-моторных блоках в механическую энергию вращения колесных пар и тяговое усилие для передвижения состава поезда.

Таким образом, для обеспечения баланса между трудоемкостью ремонта и точностью расчета $ПЭЛ_{эл}$ достаточно учитывать дополнительные потери

мощности, связанные с параметрами после ремонта моторно-осевых подшипников, зубчатой передачи, колесных пар и тяговых электродвигателей (скоростные характеристики).

В качестве показателя энергоэффективности электровоза принимается отношение экспериментально-расчетного коэффициента полезного действия, полученного с учетом прогнозируемых дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах электровоза, определяемых на основе их технических параметров в результате выполненного ремонта, к контрольно-расчетному КПД, принятому по паспортным данным электровоза данной серии [7],

$$\text{ПЭЛ}_{\text{эл}} = \frac{\eta_{\text{эр}}}{\eta_{\text{кр}}}, \tag{1}$$

где $\eta_{\text{эр}}$ – экспериментально-расчетный КПД (определенный на основании после-ремонтных параметров узлов и агрегатов, взятых из ремонтной документации);

$\eta_{\text{кр}}$ – контрольно-расчетный КПД (принятый по паспортным данным электровозов данной серии).

После выполненного ремонта в сборочных единицах, узлах и агрегатах электровоза могут появиться дополнительные потери мощности, обусловленные отклонением их технических параметров и характеристик от заводских значений, установленных в конструкторской документации, что снижает КПД электровоза. Дополнительные потери мощности зависят от установленных в ремонтной документации допусков на технические параметры и характеристики агрегатов и узлов: чем больше допуски, тем более значительными могут быть дополнительные потери мощности. Значение экспериментально-расчетного КПД электровоза после ремонта

$$\eta_{\text{эр}} = \eta_{\text{кр}} - \frac{\sum_i \Delta P_i}{P_{\text{эл}}}, \tag{2}$$

где ΔP_i – прогнозируемые дополнительные потери мощности в i-ом узле электровоза, определяемые на основании технических параметров и характеристик этого узла после выполненного ремонта, внесенных в ремонтную документацию;

$P_{эл}$ – мощность продолжительного режима на валах тяговых электродвигателей электровоза рассматриваемой серии.

Для рассматриваемой серии электровоза необходимо определить суммарные прогнозируемые дополнительные потери мощности, когда все допуски на ремонт отдельных узлов и агрегатов, установленные в нормативной документации, соблюдены, но при этом потери в каждом узле или агрегате максимальны

$$\Delta P_{max} = \sum_i \Delta P_i^{max}. \quad (3)$$

При таком уровне дополнительных потерь экспериментально-расчетный КПД $\eta_{эр}$ и показатель энергоэффективности $ПЭЛ_{эл}$ будут иметь минимальные значения:

$$\eta_{эр}^{min} = \eta_{кр} - \frac{\Delta P_{max}}{P_{эл}}; \quad (4)$$

$$ПЭЛ_{эл}^{min} = \frac{\eta_{эр}^{min}}{\eta_{кр}}. \quad (5)$$

Для каждой серии электровозов $ПЭЛ_{эл}^{min}$ будет иметь свое значение, обусловленное особенностями конструкции.

Для оценки качества ремонта полученное в результате расчета значение показателя энергоэффективности $ПЭЛ_{эл}$ сравнивается с $ПЭЛ_{эл}^{min}$ для данной серии электровозов.

Когда $ПЭЛ_{эл}$ меньше, чем $ПЭЛ_{эл}^{min}$, качество ремонта с точки зрения энергоэффективности считается неудовлетворительным. В этом случае необходимо проведение дополнительных ремонтных работ по узлам, имеющим наибольшие прогнозируемые дополнительные потери мощности.

Используемые для определения $ПЭЛ_{эл}$ прогнозируемые дополнительные потери мощности, связанные с качеством ремонта, определяются дополнительными потерями в моторно-осевых подшипниках (МОП), зубчатых передачах, а также потерями мощности из-за разности скоростных характеристик колесно-моторных блоков и диаметров бандажей колес.

Исходными данными для определения приращения потерь мощности в выше перечисленных узлах в зависимости от их технического состояния при выходе электровоза из ремонта являются радиальные зазоры в моторно-осевых подшипниках, общие боковые зазоры в зубчатых передачах, скоростные характеристики колесно-моторных блоков и диаметры бандажей колес, зафиксированные в паспорте электровоза после проведения ремонтных работ (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование узла	Моторно-осевой подшипник		Зубчатая передача		Колесно-моторный блок		
Контролируемый параметр	Радиальный зазор, мм		Боковой зазор, мм		Диаметр колеса, мм		Разность скоростных характеристик, %
№ оси	Сторона против коллектора (СПК)	Сторона коллектора (СК)	левый	правый	левого	правого	

Значения прогнозируемых дополнительных потерь мощности в узлах и агрегатах электровоза, определенные на основании их технических параметров и характеристик после выполненного ремонта [8,9], сводятся в таблицу.

Таблица 2 – Прогнозируемые дополнительные потери мощности в узлах и агрегатах электровоза, определяемые качеством ремонта

Узлы и агрегаты электровоза	Дополнительные потери мощности, кВт	Дополнительные потери мощности, % от общей мощности электровоза
Моторно-осевые подшипники		
Зубчатые передачи		
Колесные пары		
Колесно-моторные блоки		
Суммарные потери		

Полученное значение суммарных прогнозируемых дополнительных потерь мощности в электровозе, определенное на основании взятых из ремонтной документации технических параметров и характеристик узлов и агрегатов после выполненного ремонта, используются при определении показателя энергоэффективности электровоза $ПЭЛ_{эл}$ для оценки качества ремонта согласно выражению (1).

По результатам опытной эксплуатации энергетического паспорта локомотива в сервисных локомотивных депо (Московка, Барабинск и Вихоревка на основании полученных данных расчета $ПЭЛ_{эл}$ для электровозов 2ЭС6, 2ЭС5К, ЭП2К) можно сделать вывод о том, что уточненная методика определения $ПЭЛ_{эл}$работоспособна и позволяет оценивать качество ремонта с точки зрения энергоэффективности.

Для эффективного управления и обеспечения качества технического обслуживания и ремонта необходимо определять оптимальный график контроля энергоэффективности, минимизирующий общие затраты в единицу времени, связанные с проведением диагностирования, ремонта и работой оборудования, технические характеристики которого, находятся в зоне предельных значений допустимого диапазона.

Например, для выкатки и подкатки КМБ, имеющего неоптимальные значения технических характеристик, требуется дополнительное время, которое приведет к возникновению потерь. Поэтому необходимо определить оптимальное время t_i, в течение которого простой электровоза в ремонте не приведет к существенным издержкам. Значение оптимального времени находим путем решения относительно t_i следующего уравнения [10]:

$$\frac{C_j}{C_i} = \int_0^{t_i} R(t)dt, \qquad (13)$$

где C_j – общие потери от использования КМБ с различными скоростными характеристиками;

C_i – общие затраты в единицу времени, связанные с простоем при перекатке КМБ;

$R(t)$ – функция надежности (долговечности), или вероятность того что отказ случится не раньше, чем через время t.

При оптимальном решении заменять КМБ, имеющий неоптимальные значения технических характеристик, необходимо на следующем (очередном) плановом ремонте, внеплановые замены производить только в том случае, если до планового ремонта осталось не меньше времени, чем t_i.

Таким образом, применение $ПЭЛ_{эл}$ в качестве показателя эффективности использования электровозов позволит влиять на улучшение их технического состояния за счет управления качеством ремонта и использованием мощности посредством снижения дополнительных потерь, связанных с неоптимальными значениями технических характеристик лимитирующих узлов и агрегатов после ремонта. Кроме того, при дальнейшем накоплении и систематизации данных о динамике изменения показателя энергоэффективности, появляется возможность проводить сравнительную оценку $ПЭЛ_{эл}$ с фактическими данными энергоэффективности локомотивов в эксплуатации для определения причин перерасхода электроэнергии и принятия мер по их устранению. Предложенный подход может быть использован для оценки качества ремонта отдельных лимитирующих узлов механического оборудования, а также для прогнозирования их остаточного ресурса, на основании данных об изменениях показателя энергоэффективности.

Особенно актуальной проблема организации и качества ремонта становится при обновлении локомотивного парка, когда на смену старым машинам приходят локомотивы новых серий с современными системами управления, электрической аппаратурой и новыми конструкциями механической части и тягового привода.

В общем случае в комплексе вопросов организации ремонта локомотивов новых серий можно выделить следующие основные направления:

- технологическая подготовка производства;
- технологическое оснащение рабочих мест и участков;
- укомплектованность цехов и отделений ремонтным персоналом соответствующей квалификации;
- наличие необходимых производственных площадей;
- материально-техническое снабжение.

Технологическая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску локомотивов из ремонта при установленных сроках, объеме выпуска, материальных и трудовых затратах. Она

осуществляется в соответствии с требованиями Единой системы технологической подготовки производства и в общем случае включает решение следующих основных задач: проектирование и применение технологических процессов; проектирование и применение средств технологического оснащения; метрологическое обеспечение; инструментальная подготовка; обеспечение средствами транспортировки и складирования сырья, материалов и готовой продукции; разработка форм и методов организации производственных процессов и методов технического контроля; применение технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ.

При подготовке локомотивных депо к техническому обслуживанию и ремонту локомотивов новых серий проектирование технологических процессов занимает ключевую позицию, поскольку подготовленная согласно требованиям ГОСТ технологическая документация содержит исчерпывающую информацию о необходимом технологическом оборудовании, инструменте для выполнения операций, а также нормы времени на их выполнения. В результате можно оценить реальную потребность в ресурсах (кадровых, временных и др.), определить будущую планировку участков.

Руководства по ремонту локомотивов требуют подкрепления необходимой технологической документацией (технологические инструкции, типовые технологические процессы). Работа при отсутствии полного комплекта технологической документации с одним лишь Руководством сильно затруднена. Необходима разработка комплектов технологической документации по всем видам технического обслуживания и ремонта на все эксплуатируемые локомотивы новых серий.

При разработке технологической документации необходимо обеспечивать ее соответствие, прежде всего, с выполняемым технологическим процессом и требованиями ГОСТ. В технологических процессах особо обратить внимание на последовательность операций, строгое соблюдение маршрутной технологии, исключения вариативности выполнения технологических операций, пооперационный контроль.

Здесь же стоит задача пересмотреть регламенты технологического оснащения сервисных локомотивных депо в сторону увеличения ремонтных позиций, применения современного диагностического оборудования. Необходимо обеспечить производственные участки и цеха сервисных

локомотивных депо современными источниками освещения, слесарным инструментом, в том числе средствами малой механизации (гайковерты, динамометрические ключи, автоматические домкраты, приспособления для снятия и постановки кожухов зубчатой передачи и т.п.), дозаторами для заправки смазочными материалами, нестандартным технологическим оборудованием, средствами диагностики. Организовать на основе аутсорсинга сервисное (послегарантийное) обслуживание нестандартного технологического оборудования, установленного в цехах сервисных локомотивных депо.

Для качественной подготовки ремонта нужна методика расчета необходимого переходного оборудования, запасных частей и материалов для выполнения технического обслуживания и ремонта локомотивов новых серий на основе научно-обоснованных нормативов расхода материалов на технологические процессы ремонта. Заявка на запасные части и материалы должна составляться инженером-технологом при участии мастера цеха на основе разработанных методик с учетом внедрения в депо системы менеджмента качеств и неснижаемого технологического запаса. Необходимо разработать технологические карты входного контроля, а также на основе ГОСТ методику выборочного и полного контроля поступающих в депо запасных частей и материалов.

Все это позволит обеспечить качество и своевременность выполнения технологических процессов при ремонте локомотивов новых серий.

В ОмГУПС одним из основных направлений научных исследований является совершенствование системы учета, мониторинга и управления энергоэффективностью электровозов новых серий.

Компания ОАО «РЖД» как в грузовом, так и в пассажирском движении находится на лидирующих позициях в мире по удельному расходу электроэнергии. Это достигнуто за счет внедрения локомотивов новых серий, совершенствования технологии управления электроподвижным составом, организации движения поездов и усиления системы тягового электроснабжения.

Дальнейшее снижение удельного расхода электроэнергии является сложной задачей и требует серьезных затрат. В этих условиях на первое место выходит проблема выявления так называемых «узких мест», как в технологии вождения поездов, так и в обеспечении качества электроэнергии и организации движения поездов.

Для решения указанных задач в ОмГУПС выполняются следующие работы:

Тема 1: «Разработка рекомендаций по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии электровозов новых серий».

Целью работы является обоснование применения рекомендаций по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии новых серий электровозов постоянного и переменного тока для обеспечения возможности определения энергетической эффективности электроподвижного состава в границах зон учета железной дороги за произвольное время вплоть до межподстанционной зоны.

В работе решаются следующие задачи:

1) анализ технических характеристик автоматизированных систем учета электроэнергии новых серий электровозов постоянного и переменного тока;

2) анализ экспортируемых данных с картриджей существующих автоматизированных измерительных систем учета электрической энергии новых серий электровозов постоянного и переменного тока;

3) разработка предложений по модернизации автоматизированных систем учета электроэнергии электровозов новых серий постоянного и переменного тока.

Тема 2: «Концепция автоматизированной системы учета расхода электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя на тракционных путях сервисного локомотивного депо».

Целью работы является совершенствование системы учета и отчетности о потреблении электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя на тракционных путях сервисных локомотивных депо при внедрении бортовых информационно-измерительных комплексов учета электроэнергии на электроподвижном составе, оснащенных устройствами спутниковой навигации.

В работе решаются следующие задачи:

анализ существующих бортовых комплексов регистрации параметров электровозов и иных информационных систем ОАО «РЖД» на предмет возможности использования их данных для реализации разрабатываемой технологии;

разработка технологии обработки данных, полученных с бортовых комплексов электровоза и внешних информационных систем;

определение методов автоматизированной идентификации нахождения электровозов на тракционных путях сервисного локомотивного депо и

автоматизированной фиксации моментов приемки-передачи электровозов в ремонт и в эксплуатацию с использованием данных ИИК ЭПС и других бортовых комплексов;

разработка порядка определения расхода электроэнергии электровозами в режиме горячего простоя с учетом потерь электроэнергии в системе тягового электроснабжения;

разработка форм электронных отчетов о расходе электроэнергии электровозами в горячем простое на тракционных путях с детализацией по отдельному электровозу, сводных отчетов по сериям, по депо приписки, по дороге, с выделением времени нахождения в ожидании ремонта и работы.

Следующая задача, это повышение энергетической эффективности предприятий по сервисному обслуживанию локомотивов на базе концепции «умное предприятие».

Предприятия по сервисному обслуживанию локомотивов являются достаточно энергоемкими. Так, средний объем потребления электроэнергии сервисным депо составляет 2 – 4 млн. кВт·ч в год. К сожалению, в настоящее время недостаточное внимание уделяется вопросам повышения энергоэффективности в части переменной составляющей общего расхода ТЭР по предприятию. Эта составляющая определяется станочным, сварочным, компрессорным оборудованием, подъемно-транспортными механизмами и другим технологическим оборудованием.

Предлагаемая концепция «Умное предприятие» предполагает сбор данных о расходе ТЭР и объеме выполняемой работы по производственным участкам предприятия, анализ и выявление наиболее энергоемких участков и разработку для них управляющих воздействий на основе автоматической системы управления энергоэффективностью.

Для реализации концепции «Умного предприятия» необходима установка приборов учета сжатого воздуха и объединение их в единую систему с приборами учета электроэнергии, монтаж устройства сбора данных, внедрение устройств плавного пуска двигателей, устройств компенсации реактивной мощности, стабилизаторов напряжения с разработкой единых алгоритмов управления этими устройствами.

Список литературы

1. Смирнов, В.А. Целевые показатели оценки качества технологических решений предприятий по ремонту подвижного состава. [Текст] / В.А. Смирнов / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока /СГУВТ. – Новосибирск, 2013. – №1 – С. 32-38.

2. ГОСТ Р 51387-99Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения /М.: ГосСтандар, 1999. 16 с.

3. Осипов, С.И., Осипов, С.С., Феоктистов, В.П.Теория электрической тяги / С.И. Осипов, С.С.Осипов, В.П. Феоктистов:Учебник для студентов вузов ж.-д. трансп. – М.: Учебно-метод. центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2006. – 436 с.

4. ГОСТ Р 55364- 2012 Электровозы. Общие технические требования / М.:Стандартинформ, 2013. 34 с.

5. ГОСТ 28627-90 (МЭК 1020-1-89) Электромеханические переключатели, используемые в электронной аппаратуре. Общие технические условия / М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. 45 с.

6. Муравьев, Д.В. Анализ потерь мощности в электромагнитных контакторах типа МК электровозов постоянного и переменного тока. [Текст] / Д.В. Муравьев / Транспорт Урала. – УрГУПС, 2016. - № 1(48) – С. 46-52.

7. Шантаренко, С.Г., Капустьян, М.Ф., Супчинский, О.П. Качество ремонта и энергоэффективность электровозов. [Текст] / С.Г. Шантаренко, М.Ф. Капустьян, О.П. Супчинский / Вестник РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2015. - №1 (57) – С. 46-52.

8. Шантаренко, С.Г., Капустьян, М.Ф., Обрывалин, А.В. Оценка потерь мощности в узлах экипажной части электровозов. [Текст] / С.Г. Шантаренко, М.Ф. Капустьян, А.В. Обрывалин / Известия Транссиба. – ОмГУПС, 2015. - №3 (23) – С. 62-68.

9. Бочаров, В.И. Магистральные электровозы. Электрические машины и трансформаторное оборудование электровозов / В.И. Бочаров, П.А. Золотарев, М.А. Козорезов, Ю.В.Куприанов, А.Л.Курочка, А.Л.Лозановский, И.Л.Шапиро, В.П. Янов: М.: Машиностроение, 1968. – 444 с.

10. Браун, Р. Исследование операций. Модели и применение. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. М.: Мир, 1981. – 677.

ШАШЛЮК Ю.А., д.т.н. (генеральный директор ГК «Видеотехстронг»)

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКОМОТИВНОГО ЦИФРОВОГО КОМПЛЕКСА СЕРИИ КВАРЦ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

В современной цифровой концепции развития железных дорог ОАО «РЖД» наличие полной информационной картины эксплуатации подвижного состава является залогом повышения безопасности движения, уровня профилактической работы, контроля технического состояния локомотива и предотвращение нештатных ситуаций.

Группа компаний «Видеотехстронг» совместно с Дирекцией тяги, Проектно-конструкторским бюро – филиалов ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» разработала комплекс видео-аудио регистрации цифровой серии «КВАРЦ», который устанавливается на локомотивы различных серий и предназначен для контроля соблюдения технологий эксплуатации тягового подвижного состава.

Комплекс серии КВАРЦ установлен на более 1200 локомотивах для контроля качественного выполнения эксплуатационной работы, используется в качестве технического средства профилактической работы, направленной на повышение уровня безопасности движения и охраны труда, на основе анализа выполнения должностных обязанностей, для повышения профессионального мастерства, уровня технологической дисциплины и предупреждения нештатных ситуаций. Комплекс имеет подключение к штатным радиостанциям и приборам безопасности для ведения регистрации переговоров и телеметрических данных эксплуатационной работы локомотива.

Определен порядок автоматизированного сбора данных в локальных хранилищах эксплуатационного депо с применением системы АСТУ-В (АПК КВАРЦ), при котором машинисты обязаны по окончании поездки произвести считывание с носителя съемного комплекса КВАРЦ на терминале самообслуживания.

В настоящее время на основании предложений АО «Трансмашхолдинг», ООО «Локомотивные Технологии» реализуется совместный проект «Внедрение комплексной системы сервисного обслуживания локомотивов с использованием диагностических данных МСУ и комплексов КВАРЦ».

Целью данного проекта является развитие информационных технологий на базе бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ) для мониторинга технического состояния локомотивов, их режимов эксплуатации и повышение надежности на всем контракте жизненного цикла (КЖЦ).

Унифицированный сбор диагностической информации технологически реализован с борта локомотива через съемный носитель комплекса КВАРЦ. В качестве базового канала связи между МСУ локомотива и комплексом КВАРЦ принят цифровой канал Ethernet (как основной). За основу передачи данных из эксплуатационного депо в диагностический центр принят протокол VipNet. Системой расшифровки данных является программа «Умный локомотив». Потребитель информации система ЛокоТех – АСУ «Сетевой график» (АСУ СГ) является подсистемой 1С ERP группы компаний «Локомотивные Технологии».

Формирование единой базы данных жизненного цикла локомотива необходимо для организации технического обслуживания и ремонтов (ТОиР) по принципу «Контракт жизненного цикла». Заводы ТМХ получают полную информацию для управления надежностью локомотивов. Сервисные компании получают исходную информацию для управления ТОиР. Балансодержатель локомотивов (ОАО «РЖД») получает прозрачную информацию о техническом состоянии тягового подвижного состава и его эксплуатации. При этом все заинтересованные стороны работают в едином информационном пространстве с согласованными правилами формирования базы данных.

Информация о нарушениях режимов эксплуатации передается в систему АСУ НБД-2 (в электронный журнал формы ТУ-133, часть 4).

Для практической реализации данного технического решения группа компаний «Видеотехстронг» совместно с ООО «Локомотивные Технологии» сформировала рабочую группу и согласовала предлагаемое техническое решение с АО «Трансмашхолдинг». Разработаны и произведены опытные образцы «Устройства сопряжения интерфейсов» (УСИ) для модернизации комплексов серии КВАРЦ, что позволило произвести подключение к микропроцессорной системе управления (МСУ) локомотива МСУД-001 на локомотиве 3ЭС4К и регистрировать диагностические данные, формирующиеся при работе локомотива. Подключение и протокол взаимодействия КВАРЦ и МСУ согласованы и утверждены по результатам опытных испытаний с разработчиками МСУ.

Группой компаний «Видеотехстронг» разработан и произведен новый цифровой комплекса видео-аудио регистрации «КВАРЦ-М3» для реализации проекта на вновь строящихся локомотивах. Данный комплекс является инновационной разработкой с применением современных подходов регистрации цифровых и аналоговых данных, а так же включат в себя весь спектр накопленного опыта эксплуатации предшествующих серии комплексов «КВАРЦ», «КВАРЦ-М1», «КВАРЦ-М2» и полный функционал УСИ.

Опытная эксплуатация модернизированного комплекса «КВАРЦ-М2» с УСИ и «КВАРЦ-М3» проходит в СЛД Туапсе Северо-Кавказской Дирекции тяги.

В комплексе «КВАРЦ-М3» использована архитектура с изменяемой функциональностью за счет подключения соответствующих блоков и аппаратных программных модулей. Может использоваться как базовая площадка для внедрения методик и алгоритмов, анализа и прогнозирования состояния локомотива. Реализован сбор диагностических данных микропроцессорных систем управления локомотивом для возможности автоматического анализа на борту.

Дальнейшего развитие комплекса «КВАРЦ-М2/М3» направлено на использование международного опыта по анализу регистрируемых цифровых данных для формирования «кода ошибки» и передачи его в режиме реального времени в диспетчерские центры для оперативного решения вопросов безопасности, эксплуатационной и сервисной работы на всем контракте жизненного цикла локомотива. Все это позволит повысить информативность эксплуатационной работы и технического состояния локомотива, контроль их влияния на безопасность движения поезда.

ЯГОВКИН Д.А., МЕЛЬНИЧЕНКО О.В., ЛИНЬКОВ А.О., ШРАМКО С.Г., ПОРТНОЙ А.Ю. (ИрГУПС, г. Иркутск)

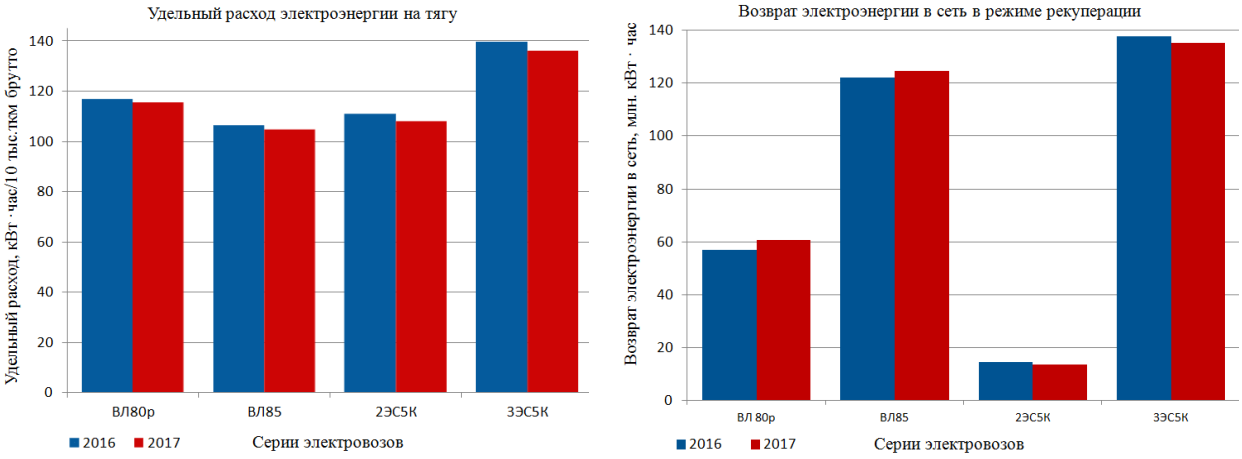
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ ВИП И ВУВ ЭЛЕКТРОВОЗА НА БАЗЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ В УСЛОВИЯХ У-УЛВРЗ

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – важнейшая задача, стоящая перед российской экономикой. В Федеральном законе № 261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» энергетическая эффективность экономики определена в качестве главного стратегического ориентира долгосрочной государственной энергетической политики.

Энергетическая эффективность в современных условиях – важнейший фактор повышения конкурентоспособности ОАО «РЖД» на внутреннем и международном рынках транспортных услуг. Руководство ОАО «РЖД», учитывая значимость влияния энергоэффективности на финансовые результаты деятельности компании, приняло стратегию научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга), комплексную программу инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2020 года, цель которых – оптимизация энергопотребления при оказании услуг по перевозке грузов, разработка и тиражирование энергоэффективных технических решений.

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов в стране. На Восточно-Сибирской железной дороге (ВСЖД) значительную часть перевозок осуществляют электровозы переменного тока серий ВЛ80р, ВЛ85, 2(3)ЭС5К «Ермак» с коллекторными тяговыми электродвигателями (ТЭД), тиристорными выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) и выпрямительными установками возбуждения (ВУВ). В компании ОАО «РЖД» постоянно проводятся мероприятия, носящие комплексный характер, направленные на снижение удельного расхода электроэнергии на тягу поездов, на повышение энергоэффективности перевозок. На рисунке 1 приведен анализ потребленной электроэнергии электровозами ВСЖД на тягу и возвращенной ими в сеть в режиме рекуперации за 2016-2017 года. [1].

В условиях возрастающего энергодефицита и постоянного роста тарифов на энергоресурсы, остро стоит проблема энергосбережения, и одним из приоритетных направлений в этой области должны стать инновационные технологии, примером которых является применение новой элементной базы в преобразователях электровоза переменного тока с коллекторными ТЭД.



а) б)

Рисунок 1 – Статистика потребления (а) и возврата (б) электроэнергии на полигоне ВСЖД по сериям электровозов за 2016-2017 года

Техническое решение применения новой элементной базы содержит принципы, структуру и схемное решение ВИП и ВУВ на основе IGBT-транзисторов, а также новые алгоритмы их управления. Технические решения проверены в ходе выполнения физического моделирования на лабораторном стенде, которое подтвердило его эффективность и целесообразность применения на электроподвижном составе [2; 3; 4].

Предлагаемые ВИП и ВУВ на основе IGBT-транзисторов являются перспективным направлением развития тяговых преобразователей для электровозов переменного тока, которые необходимо внедрять на электроподвижной состав. Разработка технологического процесса изготовления и сборки предложенных авторами ВИП и ВУВ представляет собой важнейшую задачу при подготовке их к производству и создает предпосылки для его организации, расширения и обновления.

На территории Восточного полигона расположен Улан-Удэнский локомотивовагоноремонтный завод (У-УЛВРЗ), одно из крупнейших предприятий в Восточной Сибири. В рамках локомотиворемонтного производства на заводе осуществляется ремонт электровозов переменного тока ВЛ85, ВЛ80 всех индексов и модификаций, 2ЭС5К, 3ЭС5К "Ермак",

капитальный ремонт с продлением срока службы электровозов ВЛ80, электрических машин электровозов, ремонт и новое формирование колесных пар, изготовление запасных частей для электровозов. Завод имеет огромные производственные, научно-технические мощности, которые позволяют организовать полный цикл производства ВИП и ВУВ на базе IGBT-транзисторов, а также их установку на электровозы в рамках проведения капитального ремонта.

На производственных площадях У-УЛВРЗ для организации производства изготовления, сборки ВИП и ВУВ на базе IGBT-транзисторов, исходя из специфики производственной деятельности, возможно использование производственного участка, находящегося в аппаратном цехе локомотивосборочного комбината. Площадь участка, в зависимости от планируемого объёма и программы выпуска – не менее 600 м^2, не включая участки дополнительной подготовки. Участки цехов укомплектованы всем необходимым оборудованием и оснасткой необходимой для изготовления преобразователей ВИП и ВУВ.

На рисунке 2 представлена структурная схема организации операций по изготовлению ВИП и ВУВ.

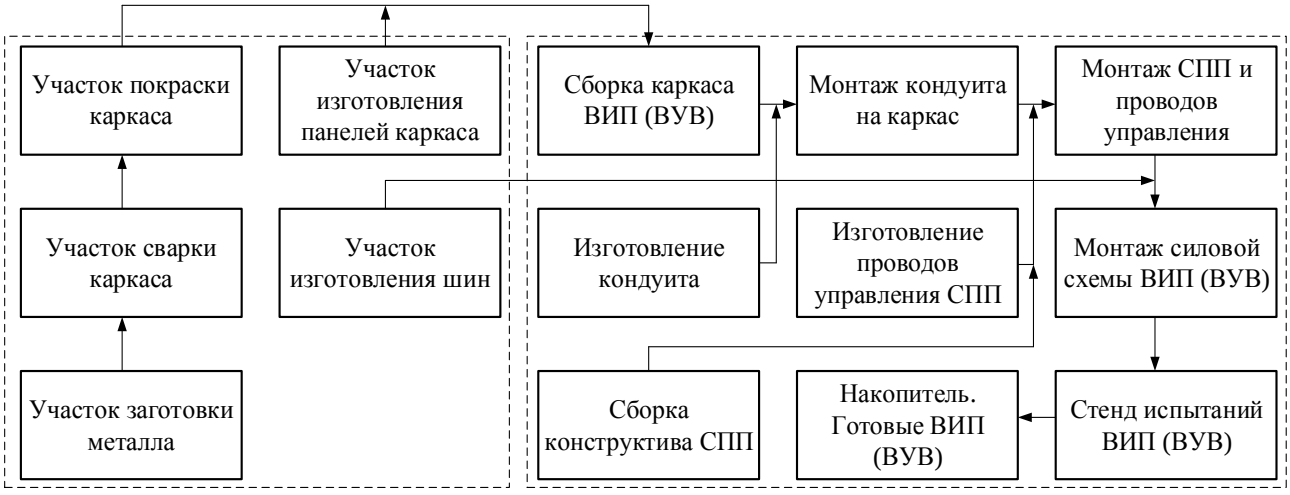


Рисунок 2 – Структурная схема операций по изготовлению ВИП и ВУВ

Приведем краткое описание каждого участка и операции, выполняемые на нем: на участке заготовки металла площадью 180 м^2, в соответствии с конструкторской документацией (рабочими чертежами), осуществляется разметка, нарезка металла (лист, прут, швеллер), в полученных деталях выполняются технологические отверстия. Далее на участке сварки каркаса площадью 90 м^2, из деталей, подготовленных на участке заготовки, в

соответствии с рабочими чертежами производится сваривание каркасов ВИП и ВУВ. На участке покраски каркаса площадью 40 м^2, производится подготовка поверхности каркаса ВИП и ВУВ к покраске, покраска и сушка каркаса после окрашивания. На участке изготовления шин площадью 75 м^2 производится изготовление шин силовой схемы ВИП и ВУВ в соответствии с рабочими чертежами, выполняются технологические отверстия. На участке изготовления панелей каркаса площадью 85 м^2, в соответствии с конструкторской документацией (рабочими чертежами), осуществляется разметка, нарезка из стеклотекстолита панелей каркаса блоков ВИП и ВУВ. Все вышеупомянутые участки планируется разместить в цехе металлоконструкций завода У-УЛВРЗ.

Далее детали передаются на участок сборки и испытаний готовых ВИП и ВУВ площадью не менее 645 м^2, на котором осуществляется сборка каркасов блоков, установка подобранных модулей силовых полупроводниковых приборов (СПП), изготовление и подключение проводов управления, сборка силовой схемы ВИП и ВУВ. Готовые ВИП и ВУВ проходят послесборочные испытания.

На позиции сборки каркаса ВИП и ВУВ подготовленные на участке изготовления панели в соответствии с рабочими чертежами устанавливаются в каркас блока ВИП и ВУВ. Параллельно осуществляется операция изготовления кондуита, на которой из заготовок проводов формируется в соответствии с электромонтажной схемой кондуит (жгут проводов) системы управления, устанавливаются наконечники и разъемы. Далее каркас и кондуит передаются на позицию монтажа кондуита на каркас, где производится укладка и крепление кондуита системы управления на каркас блоков ВИП и ВУВ. Параллельно изготавливаются провода управления СПП, обеспечивающие передачу сигналов управления к силовыми полупроводниковыми приборами, а также сборка конструктива СПП, в ходе которой осуществляется проверка, подбор СПП и установка их согласно технологии в охладитель, после чего на собранный модульный блок устанавливается текстолитовая крышка. Далее производится монтаж СПП и проводов управления, осуществляется установка сборок ветвей плеч и проводов управления в каркас блоков ВИП и ВУВ. На позиции монтажа силовой схемы ВИП и ВУВ блоки СПП в соответствии с электротехнической схемой соединяются последовательно и параллельно соединительными шинами, устанавливаются силовые шины.

После окончательного монтажа готовые блоки передаются на позицию послесборочных испытаний, где осуществляется проверка и испытания готового изделия на соответствие фактических характеристик заданным требованиям технических условий и стандартов. Далее готовые ВИП и ВУВ отправляются на склад для хранения и последующей установки на электровоз.

Описанный технологический процесс изготовления и сборки ВИП и ВУВ, выполняемый в соответствии с технологической документацией, можно наглядно представить в виде диаграммы Ганта. На рисунке 3 представлена диаграмма технологического процесса изготовления и сборки на примере ВИП, где приведены все необходимые для производства операции, очередность их выполнения, а также длительность этих операций. По диаграмме видно, что часть операций при изготовлении возможно выполнять параллельно.

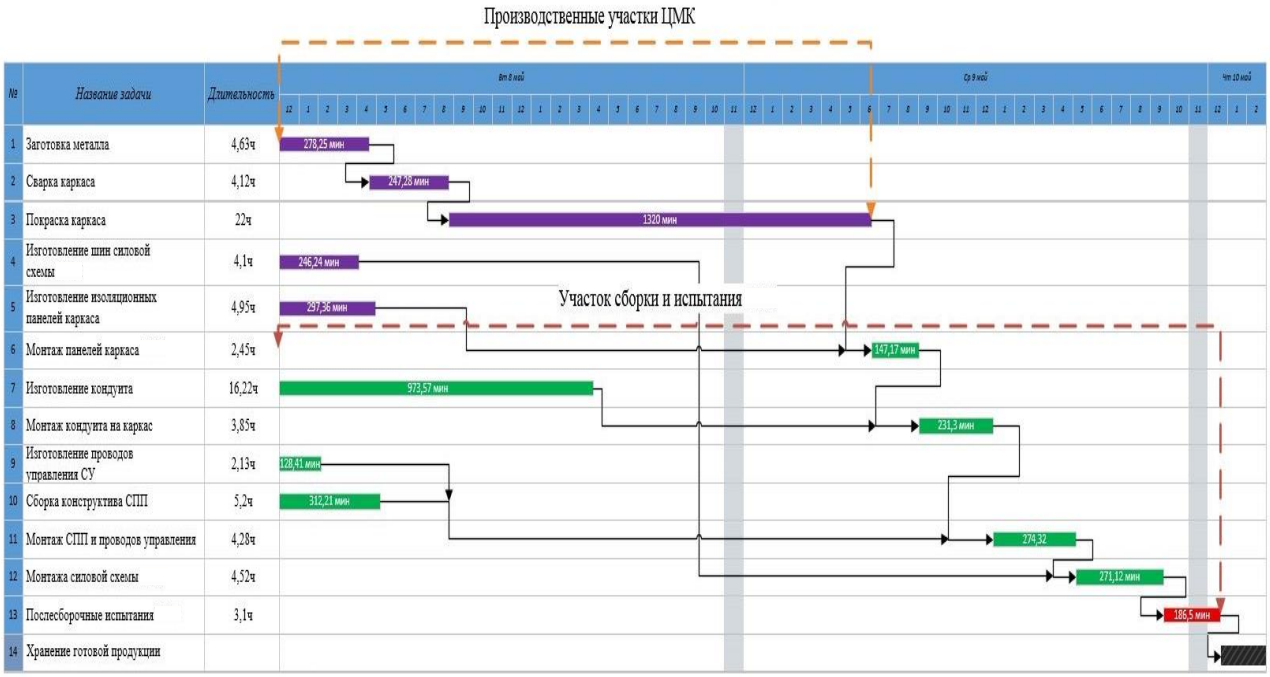


Рисунок 3 – Диаграмма Ганта технологического процесса изготовления и сборки ВИП

Разработана технология изготовления и сборки ВИП на базе IGBT-транзисторов, составлена сводная технологическая карта производственного процесса. По предварительной оценке, затраты времени на изготовление одного ВИП составят 81,62 часа, а при трудоемкости годовой программы 750 шт. 60 624 часов. В целях выполнения годовой программы по изготовлению ВИП произведен предварительный расчет количества необходимого оборудования и площадей участков. Общая необходимая площадь производственных участков составляет не менее 1115 м^2. Численность работников участков при условии

работы производства в одну смену составляет 40 человек. По предварительным технико-экономическим расчетам цеховая себестоимость производства ВИП составит 2,7 млн. рублей.

Список использованных источников:

1. Анализ использования топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов за 12 месяцев 2017 г., Восточно-Сибирская железная дорога, филиал ОАО «РЖД». – Иркутск, 2018. – 56с.

2. Линьков, А. О. Результаты испытаний на электровозе новой выпрямительной установки возбуждения на IGBT /А.О. Линьков, О.В. Мельниченко, Д. А. Яговкин, И. Полянский, Ю.В. Газизов // Силовая электроника, 2016. №6. С. 46 – 49.

3. Яговкин, Д. А. Экспериментальный стенд для исследования процессов работы тиристорного и транзисторного выпрямительно-инверторных преобразователей электровоза переменного тока в режиме тяги на первой зоне регулирования / Д. А. Яговкин, С.В. Власьевский, О.В. Мельниченко, А.Ю. Портной, С.Г. Шрамко // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: Энергетика / Изд-во ЮУрГУ, Челябинск, 2014. Т.14 №4. С. 52 – 59.

4. Яговкин, Д. А. Экспериментальный стенд для исследования процессов работы тиристорного и транзисторного выпрямительно-инверторных преобразователей электровоза переменного тока в режиме тяги на высших зонах регулирования / Д. А. Яговкин, О.В. Мельниченко, А.Ю. Портной, С.Г. Шрамко // Вестник Иркутского государственного технического университета, Иркутск, 2014. №11. С. 251 – 259.

ФОТОГАЛЕРЕЯ










Организация мониторинга и технического диагностирования локомотивов на полигонах ООО «ЛокоТех – Сервис»
Сегодня к АДЦ уже подключены:
• Нижний Новгород
• Казань
• Краснофимск
• Алексеево
• Канаш
• Киров
• Муром
• Агрыз
Информационно Аналитический Центр ЛокоТех – Сервис
АДЦ
Метрологическая лаборатория
Группа технической поддержки
Диагностические комплексы
Полигоны на базе существующего АДЦ ООО «ДиаТех» реализуют:
1. Обновление средств технологического оснащения базовых депо и ПТОЛ.
2. Сокращение количества осмотров и ремонтов локомотивов в связи с увеличением норм межремонтных периодов.
3. Совершенствование системы ремонта локомотивов в условиях полигонной эксплуатации локомотивного парка, переход на ремонт по фактическому техническому состоянию ТПС.





Ускорение вибрации колесно-моторного блока, м/с²
(норма среднеквадратического ускорения - не более 108 м/с²)
Lenovo


LG
LED TV


НИИТКД
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕ
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАН
ВСЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭСУПН:


ДИПЛОМ


ШЕРБАКОВ
Михаил
Иванович


ТРЕТЬЯ
ПУЖИВ
ИВОВ


ЛокоТех//
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА (МИИТ)
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕРВИСНОГО


Panasonic






ЛокоТех




МИХАЛЬЧУК Николай Львович


БОГИНСКИЙ Сергей Антонович


ТРЕТЬЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ


ЛокоТех
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)
ТРЕТЬЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ




ЛокоТех
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕРВИСНОГО




Panasonic
TOUGHBOOK CF-20
ДВЕ ЧАСТИ. ОДНО ЦЕЛОЕ.
Вибродиагностика всех эксплуатируемых видов ТПС
СБД-1

УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ

ASTREYA
Panasonic
Siemens PLM Software (ООО «СИСВ»)
АВП Технология
Алпамыс-СК
Алюминий Казахстана
Ам-Тех
Байкальская пригородная компания
БелГУТ
Береке 2004
Брянский машиностроительный завод
БГУ имени академика И.Г. Петровского
ВидеоТехСтронг
ВНИКТИ
ГУДОК
ДВГУПС
ДиаТех
Дизельавтоматика
Департамент технической политики ОАО "РЖД"
Дирекция тяги – филиал ОАО "РЖД"
ДЦВ Красноярской ж.д.
Евразийская группа ERG
ЕЭК
ЖДРМ – локомотивостроительные заводы: Уссурийск, Улан-Удэ, Новосибирск, Челябинск, Ярославль, Воронеж, Оренбург, Ростов-на-Дону, Астрахань.
Журнал "Локомотив"
Журнал «Железные дороги мира»
Журнал «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»
Инжиниринговый центр АО "Желдорреммаш"
Институт проблем естественных монополий (ИПЕМ)
Инфоком
ИрГУПС
Иртис/Irtis
ИРТРАНС
Казанский национальный исследовательский технический университет
Кловер Групп
КрИЖТ
Қамқор Локомотив
Казахстан Темир Жолы
ЛокоТех

ЛокоТех-Литейные заводы
ЛокоТех-Сервис. Филиалы: Дальневосточный, Восточно-Сибирский, Западно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Западный, Московский, Южный, Северо-Кавказский.
ЛТПС
Национальная инжиниринговая корпорация
НИИ ПРЭФЖС
НИИАС
НИИТКД
Новочеркасский электровозостроительный завод (ООО "ПК НЭВЗ")
НПК «Энергосервис-Резерв
НПО ТрансИнфоПроект
ОмГУПС
Общероссийский народный фронт
ПГУПС
ПКБ ЦТ ОАО "РЖД"
РГУПС
Рослокомотив
РУТ (МИИТ)
СамГУПС
СервисСнабКомплект
Синоппс
СТАНКОИНСТРУМЕНТ
Трансмашхолдинг
ТМХ-Инжиниринг
Техника железных дорог
ТНК «Казхром»
Торговый дом ЛокоТех
Транко
Транском
Трансойл-сервис
ТСТ (Технические системы и технологии)
УкрГУЖТ
ФРИТЕКС
Центр инновационного развития - филиал ОАО "РЖД"
Шубарколь Комир
Эксергия
Электровыпрямитель
Энергосервис


РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)
ЛокоТех
РЖД
ЖЕЛДОРРЕММАШ
открытое акционерное общество
ТРАНСМАШХОЛДИНГ
РОСПРОФЖЕЛ
АВП Технология
БМЗ
БРЯНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД
ВЭлНИИ
НИИТКД
CLOVER GROUP
ИРГУПС
ОмГУПС
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
1809
РГУПС
РОСТОВ-НА-ДОНУ
БелГУТ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ТРАНСОЙЛ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ГРУППА
ОАО НИИАС
ДВ
ИРТРАНС
ИРТИС
SIEMENS
Panasonic
TRANCO
КАМКОР ЛОКОМОТИВ
ДиаТех
ВТС
ВИДЕОТЕХСТРОНГ
Дизельавтоматика
fritex
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭЛЕКТРОВЫПРЯМИТЕЛЬ
Институт проблем
ИПЕМ
естественных монополий
ERG
ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ МИРА
Отраслевой научно-технический журнал
СТАНКОИНСТРУМЕНТ
НАУКА | ПРОЕКТИРОВАНИЕ | ПРОИЗВОДСТВО
ТСТ
ЛОКОМОТИВ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ
ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
ГУДОК